



# REVISIÓN DE BIOSENSORES DE BAJO COSTO PARA LA DETECCIÓN DEL ESTRÉS

REVIEW OF LOW-COST BIOSENSORS FOR STRESS DETECTION

**Ulises Nieto García**

[nietoulises0@gmail.com](mailto:nietoulises0@gmail.com)

ORCID: [0000-0002-9227-5970](https://orcid.org/0000-0002-9227-5970)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO, Hidalgo - México

**Julia Y. Arana Llanes**

[julia\\_arana@uaeh.edu.mx](mailto:julia_arana@uaeh.edu.mx)

ORCID: [0000-0002-4986-9765](https://orcid.org/0000-0002-4986-9765)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO, Hidalgo - México

**Tomás E. Higareda Pliego**

[tomas.hp@zacatepec.tecnm.mx](mailto:tomas.hp@zacatepec.tecnm.mx)

ORCID: [0000-0003-4015-519X](https://orcid.org/0000-0003-4015-519X)

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZACATEPEC, Zacatepec, Morelos - México

**Gabriel Sánchez Bautista**

[gabriel\\_sanchez@uaeh.edu.mx](mailto:gabriel_sanchez@uaeh.edu.mx)

ORCID: [0000-0002-9955-8711](https://orcid.org/0000-0002-9955-8711)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO, Hidalgo - México

**Matilde Reyes Fuentes**

[matilde\\_reyes@uaeh.edu.mx](mailto:matilde_reyes@uaeh.edu.mx)

ORCID: [0000-0001-7902-2840](https://orcid.org/0000-0001-7902-2840)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO, Hidalgo - México

**Recepción** 29 de Mayo del 2024

**Publicación** 14 de Junio del 2024

## RESUMEN

El mundo actual y su nuevo estilo de vida, ha incrementado algunos padecimientos en la salud física y emocional de la mayoría de la población. Una de las principales afecciones detectadas ha sido el estrés, que puede desencadenar otros padecimientos como problemas cardíacos, ira, depresión, entre otros.

Por ello, se propone determinar biosensores de bajo costo para que puedan ser implementados en un prototipo basado en Arduino; los cuales permitan monitorear bioseñales para identificar el nivel de estrés percibido por el usuario, y que a su vez sea administrado desde una aplicación móvil.

Por tal motivo, este artículo tiene por objetivo la investigación, comparación y análisis de biosensores propuestos a aplicar a un proyecto final; obteniendo como resultado un acercamiento a la tecnología existente y de bajo costo para que pueda ser integrada.

## ABSTRACT

Today's world and its new lifestyle have increased some ailments in the physical and emotional health of the majority of the population. One of the main conditions detected has been stress, which can trigger other ailments such as heart problems, anger, depression, among others.

Therefore, it is proposed to determine low-cost biosensors that can be implemented in an Arduino-based prototype; which allow monitoring biosignals to identify the level of stress perceived by the user, and which in turn can be managed from a mobile application.

For this reason, this article aims to investigate, compare and analyze proposed biosensors to be applied to a final project, resulting in an approach to existing technology and low cost so that it can be integrated.

**Palabra clave:** Estrés; EMG; EEG; ECG; Respuesta galvánica de la piel; Bioseñales

**Keyword:** Stress; EMG; EEG; ECG; Galvanic skin response; Biosignals





## INTRODUCCIÓN

Según la American Psychological Association (s.f.) define al estrés, como una respuesta natural del organismo ante situaciones percibidas como amenazas. Por consiguiente, el cuerpo lo genera como un mecanismo de supervivencia, el cual nos permite adaptarnos a los cambios y superar los obstáculos. Sin embargo, cuando el estrés se vuelve crónico o comienza a afectar el comportamiento de las personas, puede tener consecuencias negativas para la salud tanto física como mental; generando el padecimiento o complicaciones de enfermedades cardiovasculares e incluso provocando la degeneración de la salud y terminar en la muerte. Otra de las complicaciones provocadas por la existencia de estrés, pueden ser los padecimientos de ira en el entorno laboral o familiar, desencadenando problemas del tipo social, que con el tiempo y si no son atendidos, pueden generar casos de violencia física y agresiones.

Es relevante detectar e identificar a tiempo los síntomas del estrés, porque hacerlo puede ser de gran ayuda para atender el problema de forma oportuna y evitar que desemboque en alguna situación de gravedad. En tal sentido, es congruente destacar algunos de los síntomas mencionados por la National Library of Medicine (s.f.)

- Físicas: Dolor de cabeza, tensión muscular, fatiga, problemas digestivos, alteraciones del sueño, aumento de la frecuencia cardíaca y la presión arterial.
- Emocionales: Irritabilidad, ansiedad, tristeza, dificultad para concentrarse, cambios de humor, sensación de estar abrumado o impotente.
- Conductuales: Aumento del consumo de alcohol o tabaco, cambios en los hábitos alimenticios, aislamiento social, dificultad para tomar decisiones.

Así mismo, existen múltiples situaciones que pueden llevar a la población a padecer un episodio de estrés, y al analizarlo, podemos considerar que cualquier persona está propensa a padecerlo en cualquier momento de su vida.

Algunos de los factores detonantes del estrés más comunes mencionados por la Organización Mundial de la Salud (OMS, s.f.) son los indicados a continuación:

- Demandas del trabajo o estudio: Exceso de trabajo, plazos ajustados, relaciones conflictivas con compañeros o jefes.
- Problemas económicos: Dificultades para pagar las cuentas, deudas, inestabilidad financiera.
- Problemas familiares o de pareja: Conflictos, discusiones, separación o divorcio.
- Problemas de salud: Enfermedades propias o de familiares, dolor crónico.
- Eventos traumáticos: Accidentes, desastres naturales, violencia.

Cabe destacar y como ya ha sido mencionado este padecimiento puede generar grandes estragos en la vida diaria sin tener distinción de raza, sexo o edad; provocando una infinidad de consecuencias adversas, y que pueden llevar al desgaste y mortalidad de quien lo padece. A continuación, se muestran algunos de los efectos contraproducentes provocados por el padecimiento de estrés no atendido.

- Enfermedades cardiovasculares: Hipertensión, ataques cardíacos, accidentes cerebrovasculares.
- Enfermedades mentales: Ansiedad, depresión, trastornos del sueño.
- Debilitamiento del sistema inmunológico: Mayor susceptibilidad a infecciones y enfermedades.
- Problemas digestivos: Úlceras gástricas, síndrome de intestino irritable.
- Dolores crónicos: Dolor de espalda, migrañas, artritis.
- Dificultades de aprendizaje y memoria.
- Disminución de la libido.

Por consiguiente, este artículo es parte del proyecto realizado en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo Campus Escuela Superior de Tlahuelilpan y el TECNM Campus Zacatepec, en la cual se busca apoyar desde la disciplina de la Ingeniería de Software y Sistemas Computacionales la mitigación de este padecimiento a través de la creación de un software y un dispositivo que permita detectar la existencia de posibles episodios de estrés y poder brindar una primera atención o





canalización para reducir la existencia del mismo, a través de la adquisición de señales bioeléctricas por medio del uso de sensores biométricos conectados a una aplicación móvil.

Debido a ello, y ante el creciente impacto del estrés en la salud pública, la búsqueda de nuevas herramientas para su prevención y manejo, se ha convertido en un tema de gran interés. En este contexto, el desarrollo de sensores para el monitoreo del estrés representa una línea de investigación prometedora con un gran potencial para mejorar la calidad de vida de las personas.

Los sensores de estrés pueden ser dispositivos portátiles o integrados en entornos cotidianos que miden indicadores fisiológicos, conductuales y ambientales asociados al estrés. Algunos ejemplos de estos indicadores incluyen:

- Frecuencia cardíaca y variabilidad de la frecuencia cardíaca.
- Presión arterial.
- Nivel de conductancia de la piel.
- Actividad muscular.
- Patrones de sueño.
- Expresiones faciales.
- Entorno acústico.

La información recopilada por estos sensores puede ser utilizada para:

- Identificar los factores estresores: Los patrones en los datos sensoriales pueden ayudar a identificar las situaciones, personas o actividades que desencadenan el estrés en una persona.
- Monitorear los niveles de estrés: El monitoreo continuo del estrés puede ayudar a las personas a tomar conciencia de su estado de estrés y a realizar acciones para prevenir esta condición o reducirla.
- Desarrollar intervenciones personalizadas: Los datos sensoriales pueden ser utilizados para desarrollar intervenciones personalizadas para el manejo del estrés, como técnicas de relajación, terapia cognitivo-conductual o cambios en el estilo de vida.

## MÉTODO

El objetivo de detectar y mitigar el estrés de forma inmediata para evitar los problemas causados por la enfermedad da lugar a la importancia de la tecnología médica que está presente desde el diagnóstico hasta el tratamiento. Para realizar mediciones y detecciones en pacientes, se deben considerar las principales características de los sistemas fisiológicos del organismo, como el sistema cardiovascular, el sistema nervioso y el sistema respiratorio.

Por esta razón la presente investigación busca llevar a cabo una detección no invasiva de estos datos fisiológicos, de forma sencilla y sin necesidad de un médico experto, sino utilizando instrumentos electrónicos, inteligencia artificial y análisis de datos con el uso de dispositivos móviles y aplicaciones.

Por otro lado, cabe destacar que, a partir del análisis de los sensores a utilizar, se ha iniciado la creación de un dispositivo de pulsera, que permitirá la interconexión con los sensores y componentes; los cuales a su vez recibirán las señales bioeléctricas del usuario que lo porta.

Como resultado, este artículo se centra en la descripción de algunos de los sensores y dispositivos que se pueden utilizar, así como la descripción de las señales que se pueden obtener a partir de ellos.





## DESARROLLO Y DISCUSIÓN

### Bioseñales

El término "bioseñal" se aplica a todos los tipos de señales que pueden medirse y controlarse continuamente en entidades biológicas y se refiere a bioseñales eléctricas y no eléctricas.

Una señal se define como un canal de transmisión de información cuya adquisición permite obtener información sobre la fuente que la generó. En el caso de las bioseñales, las fuentes son los diferentes sistemas fisiológicos del organismo.

La captura de bioseñales permite obtener datos, para ser procesados y analizados para encontrar la asociación de un evento a una situación particular.

Para determinar qué tipo de señales biológicas podrían indicar la existencia de estrés, esta investigación se basa en estudios, como el publicado por García, S. M., Garzón, L., y Camargo, L. H. (2011) y Valenzuela, L., Barrachina, M., Sánchez, C. (2020), para el cual se ha determinado el tipo de señales bioeléctricas que se describen a continuación.

Por ende, se realiza la revisión de distintos sensores biométricos comparados y analizados en cuanto a características que permitan obtener la información requerida para el desarrollo del prototipo propuesto.

### Electroencefalograma (EEG)

El registro de los potenciales bioeléctricos generados por la actividad neuronal del cerebro se denomina electroencefalograma (EEG), que tiene formas de onda que varían según la ubicación de los electrodos de medición en la superficie de la cabeza. (Clínica Universidad de Navarra [CUM], s.f.)

Los bioseñales de EEG representan el efecto combinado de los potenciales neuronales de una amplia región de la corteza y de diferentes puntos internos.

Una persona despierta o atenta presenta un EEG asincrónico de alta frecuencia. Por otro lado, una persona fatigada produce una actividad rítmica en torno a los 8-13 Hz.

La frecuencia del EEG se ve afectada por la actividad mental de una persona. Otro tipo de medición del EEG es la respuesta evocada, que es una medida de la alteración de la señal del EEG producida por un estímulo externo fácilmente repetible. En la Tabla 1 se describen algunos de los sensores de EEG que se han analizado





Tabla 1.  
Sensores de EEG analizados. Elaboración propia

Nombre	Aplicación	Descripción
Sensor de electroencefalografía (EEG) PLUXSKU: RB-PLU-47 Número de fabricante: SENSPRO-EEG (RobotShop, s.f.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de potencial evocado</li> <li>• Neurofeedback</li> <li>• Estudios del sueño</li> <li>• Interacción persona-ordenador</li> <li>• Estudios de neurofisiología</li> <li>• Psicofisiología</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor diferencial de un solo canal, con dos electrodos de medición y una diadema elástica.</li> <li>• Para la medición clásica y localizada del EEG</li> <li>• Ganancia: 40000 / Rango: <math>\pm 37.5\mu V</math> (con VCC = 3V)</li> <li>• Ancho de banda: 0.8-49Hz / Impedancia de entrada: <math>&gt;100G\Omega</math></li> <li>• Salidas de datos sin procesar analógicas y de grado médico pre acondicionadas</li> <li>• Características técnicas</li> <li>• Ganancia: 40000</li> <li>• Rango: <math>\pm 37,5 \mu V</math> (con VCC = 3 V)</li> <li>• Ancho de banda: 0.8-49Hz</li> <li>• Consumo: ~3mA</li> <li>• Impedancia de entrada: <math>&gt;100G\Omega</math></li> <li>• CMRR: 100dB</li> </ul>
Módulo de EEG inalámbrico Cyton (aliexpress, s.f.)	La placa OpenBCI Cyton permite obtener señales biológicas de tipo electroencefalograma, electromiograma y electrocardiograma.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La placa OpenBCI Cyton es una interfaz de 8 canales compatible con Arduino con un procesador de 32 bits.</li> <li>• La placa OpenBCI Cyton implementa el microcontrolador PIC32MX250F128B, lo que le proporciona una gran memoria local y velocidades de procesamiento rápidas.</li> <li>• La placa viene pre-flasheada con el chipKIT™ Bootloader y el último firmware OpenBCI. Los datos se muestran a 250 Hz en cada uno de los ocho canales.</li> <li>• La placa OpenBCI Cyton se puede utilizar para evaluar la actividad cerebral (EEG), la actividad muscular (EMG) y la actividad cardíaca (ECG).</li> <li>• La placa se comunica de forma inalámbrica con un ordenador a través del dongle USB OpenBCI mediante módulos de radio RFduino.</li> <li>• También puede comunicarse de forma inalámbrica con cualquier dispositivo móvil o tableta compatible con Bluetooth Low Energy (BLE).</li> </ul>

### Electromiograma (EMG)

Los potenciales bioeléctricos asociados a la actividad muscular constituyen el electromiograma (EMG). Se pueden medir en la superficie del cuerpo cerca del músculo de interés o directamente en el músculo perforando la piel con electrodos de aguja. Dado que la mayoría de las mediciones de EMG obtienen la actividad de uno o más músculos, en lugar de una fibra muscular individual, la señal es una suma de los potenciales de acción individuales de las fibras que componen el músculo o los músculos donde se mide. (Torres Campa, J.M., s.f.)

Los electrodos EMG recogen potenciales de todos los músculos de su rango, esto significa que los potenciales de los músculos grandes cercanos pueden interferir con los intentos de medir la EMG de los músculos pequeños, incluso cuando los electrodos se colocan directamente sobre los músculos pequeños. La amplitud de la forma de onda EMG medida es la suma instantánea de todos los potenciales generados en el mismo instante. Dado que estos potenciales de acción ocurren con polaridades positivas y negativas en un par de electrodos dados, a veces se suman y a veces se





cancelan. Por lo tanto, la señal EMG se asemeja al ruido aleatorio, siendo la energía de la señal una función de la cantidad de actividad muscular y la colocación de los electrodos. (Soto, 2016)

En la Tabla 2 se describen los sensores EMG que se han analizado.

Tabla 2  
Análisis de los sensores EMG.

Nombre	Aplicación	Descripción
Sensor de electromiografía EMG (tecbolivia, s.f.)	El sensor de electromiografía EMG detecta señales musculares pequeñas, las amplifica y las filtra para que la señal resultante pueda ser leída por un procesador como Arduino o similar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conector de 3,5 mm</li> <li>• 6 electrodos desechables</li> <li>• Voltaje de alimentación: 3.3V-5V</li> <li>• Cable de 1 m</li> <li>• No requiere suministro de voltaje adicional</li> <li>• Rango: <math>\pm 37,5 \mu V</math> (con VCC = 3 V)</li> <li>• Ancho de banda: 0.8-49Hz</li> <li>• Consumo: ~3mA</li> <li>• Impedancia de entrada: &gt;100GOhm</li> <li>• CMRR: 100dB</li> </ul>
EMG Hessenboom	Módulo de sensor electromiográfico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatible con Arduino Uno</li> </ul>
Sensor de electromiografía Sensor muscular V3 (mercadolibre, s.f.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sensor EMG se utiliza para medir la actividad muscular mediante la detección del electromiograma (EMG).</li> <li>• El sensor de señal muscular se utiliza tradicionalmente en la investigación médica.</li> <li>• El circuito y el sensor de electromiografía se pueden utilizar en una variedad de sistemas de control.</li> <li>• La fuente de alimentación EMG continúa surgiendo con microcontroladores y circuitos integrados más pequeños, pero más potentes.</li> <li>• Este sensor de señal muscular está diseñado específicamente para microcontroladores, cómodo de usar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatible con Arduino Uno</li> <li>• Tipo de artículo: Sensor EMG</li> <li>• Material: semiconductor</li> <li>• Enviar datos: Compatible con la placa de pruebas</li> <li>• Voltaje: + -9 V de doble fuente de alimentación, mínimo + -3,5 V</li> <li>• Tamaño del producto: aprox. 25 x 26 x 10 mm / 0,98 x 1,02 x 0,39 pulgadas</li> <li>• Peso: Aprox. 40 g / 1,4 oz</li> </ul>

### Respuesta galvánica de la piel (GSR)

La función de las glándulas sudoríparas ecninas está relacionada con la regulación de la temperatura corporal. La vía aferente se origina a partir de varios termorreceptores (cutáneos e hipotalámicos) que emiten impulsos a través de la médula espinal y el tálamo hasta el hipotálamo, donde se integran las señales sensoriales. La sudoración también tiene un componente de control emocional (sudoración emocional) regulado por la corteza cingulada anterior y el sistema límbico. (Brainsigns, s.f.)

Cuando se aplica un pequeño voltaje a un área superficial de las glándulas sudoríparas a través de un sensor de acero inoxidable, se crea una corriente eléctrica debido a la reacción electroquímica.

Debido a este bajo voltaje, el estrato córneo actúa como un condensador y solo permite la transmisión de iones sudorosos. Esto garantiza que la corriente eléctrica medida (conductancia) corresponda exclusivamente a la función de sudoración. Esta medida también se denomina respuesta galvánica de la piel y se mide en microsiemens  $\mu S$  (Neurolabcenter, 2021).

En la Tabla 3 se describen algunos de los sensores GSR que se han analizado.





Tabla 3  
Sensores GSR analizados

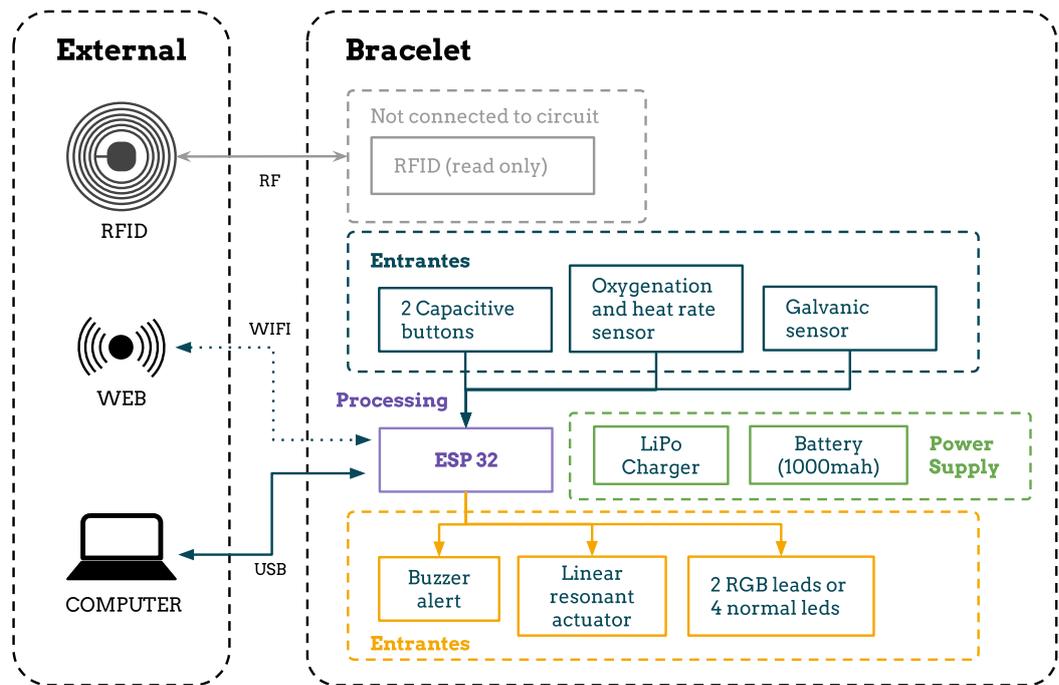
Nombre	Aplicación	Descripción
Sensor de resistencia galvánica de la piel GSR (Tecbolivia, 12 de Junio del 2024)	El sensor GSR permite detectar emociones colocando electrodos en dos dedos de una mano. Es una opción interesante para crear proyectos relacionados con las emociones, como la monitorización de la calidad del sueño.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correas para los dedos para electrodos</li> <li>• Voltaje de entrada 5V / 3.3V</li> <li>• Señal analógica de salida</li> <li>• Sensibilidad ajustable a través de un potenciómetro</li> </ul>
EMG Hessenboom	Módulo de sensor electromiográfico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatible con Arduino Uno</li> </ul>
Grove - Sensor de conductancia eléctrica GSR V1.2 (Sawers, s.f.)	Grove - GSR le permite detectar emociones tan fuertes simplemente colocando dos electrodos en dos dedos de una mano. Es interesante crear proyectos relacionados con las emociones como el monitor de calidad del sueño. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta versión V1.2 el cambio de este sensor es el siguiente, añadir C3 100nf entre M324PW-TSSOP14 y GND.</li> <li>• El sensor funciona con Arduino y Raspberry.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltaje de funcionamiento: 3,3 V / 5 V</li> <li>• Sensibilidad: Ajustable mediante potenciómetro</li> <li>• Señal de entrada: Resistencia, conductividad NO</li> <li>• Señal de salida: Voltaje, lectura analógica</li> <li>• Material de contacto con los dedos: níquel</li> </ul>

### Diseño de interconexión de sensores de pulsera

A partir del análisis de algunos de los sensores revisados, será posible iniciar la creación del diseño de un dispositivo de pulsera, que permitirá la interconexión de estos y los componentes que portará el usuario para lograr la adquisición de señales bioeléctricas.

La Figura 1 muestra el diagrama propuesto de la primera estructura del dispositivo en desarrollo en su versión beta. Este dispositivo estará controlado por la aplicación móvil que también se encuentra en desarrollo.

Figura 1  
Bioelectric signal acquisition device box diagram



Fuente: Produced by ITZ 2023





## CONCLUSIONES

El estrés es un problema de salud pública que afecta a millones de personas en todo el mundo. La búsqueda de sensores para el monitoreo del estrés representa una importante oportunidad para mejorar la comprensión del estrés y desarrollar nuevas herramientas para su prevención y manejo. La integración de estos sensores en dispositivos portátiles, entornos inteligentes y aplicaciones de salud móvil puede contribuir a un futuro en el que las personas puedan gestionar mejor su estrés y vivir una vida más saludable y plena.

El realizar este primer análisis ha permitido identificar algunos de los sensores de bajo costo, necesarios para detectar la existencia de estrés en los usuarios, y aunque la experimentación aún no ha comenzado, ha dado el preámbulo para conocer los requisitos electrónicos básicos que se requieren para desarrollar este sistema de lazo cerrado.

Por otro lado, y aunque en este artículo no se menciona, el sistema de filtrado e interpretación para la adquisición de señales bioeléctricas se encuentra en su fase inicial, así como el estudio y análisis para la generación de interfaces de usuario que se implementarán para el control del sistema de lazo cerrado, las cuales permitirán al usuario mitigar el estrés percibido.

## REFERENCIAS

- American Psychological Association (s.f.). El estrés. *Apa*  
<https://www.apa.org/topics/stress>
- National Library of Medicine (s.f.). Estrés. *MedlinePlus en español*.  
<https://medlineplus.gov/spanish/stress.html>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (s.f.). El estrés y la salud mental.  
<https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/stress>
- García, S. M., Garzón, L., y Camargo, L. H. (2011). Revisión de dispositivos electrónicos para la determinación de estrés a partir de variables fisiológicas. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. 5(1), 114 - 122  
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/visale/article/view/3521>
- Valenzuela, L., Barrachina, M., Sánchez, C. (2020). Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema de detección de estrés en conductores basado en la señal de actividad electrodermal. *XXXVIII Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica. CASEIB 2020*, (pp. 97-100)  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8202802>
- Clínica Universidad de Navarra [CUM] (s.f.). Electroencefalograma.  
<https://www.cun.es/enfermedades-tratamientos/pruebas-diagnosticas/electroencefalograma#:~:text=El%20electroencefalograma%20es%20un%20estudio,tambi%C3%a9>
- RobotShop (s.f.). Sensor de Electroencefalografía (EEG)  
<https://www.robotshop.com/us/es/sensor-electroencefalografia-eeg.html>
- Aliexpress. (s.f.). Módulo EEG inalámbrico Cyton  
<https://es.aliexpress.com/item/1005003456815964.html>
- Torres Campa, J.M. (s.f.). La Electromiografía (EMG, Miograma, Electromiograma) es un examen que verifica la salud de los músculos y los nervios que controlan los músculos. *Neurocirujatorres*  
<https://neurocirujatorres.com/articulos-y-consejos/electromiografia-emg-electromiograma/>
- Soto, M. A. (2016). Procesado y filtrado de señales biológicas destinadas a un electrocardiograma. [Proyecto de fin de carrera, Universidad de Sevilla]. *Biblioteca de Ingeniería de la Universidad de Sevilla*  
<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/12334/>
- Tecbolivia (12 de Junio del 2024). Sensor de Resistencia Galvánica de la Piel GSR:  
<http://www.tecbolivia.com/index.php/venta-de-componentes-electronicos-11/sensores/sensor-de-resistencia-galvanica-de-la-piel-gsr-detail>
- mercadolibre.com (s.f.). Sensor Electromiográfico Sensor V3 Muscular  
<https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1441696272-sensor-electromiografico-sensor-v3-muscular- JM>





scienceevolution

ISSN: 2810-8728 (En línea)

**2.10**

ABRIL - JUNIO 2024

Artículo

**18-26**

REVISIÓN DE BIOSENSORES DE BAJO COSTO PARA LA DETECCIÓN DEL ESTRÉS

**Ulises Nieto García**

ORCID: 0000-0002-9227-5970

**Gabriel Sánchez Bautista**

ORCID: 0000-0002-9955-8711

<https://revista.scienceevolution.com/>

**Julia Y. Arana Llanes**

ORCID: 0000-0002-4986-9765

**Matilde Reyes Fuentes**

ORCID: 0000-0001-7902-2840

**Tomás E. Higuareda Pliego**

ORCID: 0000-0003-4015-519X

Brainsigns (s.f). Respuesta galvánica de la piel (GSR). Universidad de Roma  
<https://www.brainsigns.com/es/science/s2/technologies/gsr>

Neurolabcenter. (2021). Respuesta galvánica de la piel (GSR). Universidad Complutense de Madrid.  
<https://neurolabcenter.com/gsr/>

Tecbolivia (12 de Junio del 2024). Sensor de Electromiografía (EMG)  
<http://www.tecbolivia.com/index.php/venta-de-componentes-electronicos-11/sensores/sensor-de-electromiograf%C3%ADa-emg-detail>

Sawers (s.f.). Grove - GSR V1.2 Sensor de conductancia electrica  
<https://tienda.sawers.com.bo/Sensor-Grove-GSR-V1-2-con-Sensor-de-Dedos>

