

PROTOTIPO FUNCIONAL DE MEDICIÓN DE VARIABLES FISIOLÓGICAS CORPORALES INDICADORAS DE ESTRÉS

Fabián Steven Roncancio

702183

Jaime Antonio Sánchez

702158

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C.
2020**

**PROTOTIPO FUNCIONAL DE MEDICIÓN DE VARIABLES FISIOLÓGICAS
CORPORALES INDICADORAS DE ESTRÉS**

Fabián Steven Roncancio

Jaime Antonio Sánchez

**Trabajo De Grado Para Optar Al Título De Ingeniero Electrónico Y De
Telecomunicaciones**

Director

**Yury Andrea Jiménez Agudelo
Ingeniera De Telecomunicaciones, Msc., PhD**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ
2020**



Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Compartir bajo la Misma Licencia — Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta.

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

PAGINA DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto realizado a nuestras familias, ya que su apoyo en el transcurso de nuestra etapa universitaria ha sido fundamental para llegar a estas instancias.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en primera instancia a Dios por cuidar y proteger a nuestras familias y a nosotros en el transcurso de la crisis sanitaria que estamos afrontando en este año, a nuestros padres y personas que han apoyado la realización de este proyecto.

Por último, nuestro más sincero agradecimiento a nuestra directora, Ing. Yury Andrea Jiménez por su colaboración, atención, y su mano guía en todo el proceso de elección y de elaboración de esta idea.

Bogotá, noviembre de 2020

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	18
1 GENERALIDADES	19
1.1 ANTECEDENTES.....	19
1.1.1 Análisis de búsqueda de información bases de datos científicas	19
1.1.2 Estudios y test para determinar el estrés	21
1.1.3 Dispositivos y métodos en desarrollo.	31
1.1.4 Dispositivos en el mercado	33
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	38
1.3 OBJETIVOS	39
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	39
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	39
1.4 JUSTIFICACION	40
1.5 DELIMITACION	41
1.6 MARCO REFERENCIAL.....	41
1.6.1 MARCO TEÓRICO.	41
1.6.1.1 Estrés 41	
1.6.1.2 Respuesta Galvánica de la piel.....	41
1.6.1.3 Sistema Nervioso Autónomo	42
1.6.1.4 Hipertensión arterial.....	43
1.6.1.5 Apoplejía 43	
1.6.1.6 Cardiopatías	43
1.6.1.7 Insuficiencia cardíaca (IC)	43
1.7 METODOLOGIA	44
1.7.1 Búsqueda y análisis de la información	44
1.7.2 Selección de Hardware y Software para utilizar	45
1.7.3 Diseño e Integración de etapas de captación de datos	46

1.7.4	Selección de Hardware y Software	47
1.7.5	Validación del prototipo	47
1.8	DISEÑO METODOLOGICO	47
1.8.1	Búsqueda y análisis de la información	47
1.8.2	Selección de Hardware y Software para utilizar	48
1.8.3	Diseño e Integración de etapas de captación de datos	49
1.9	IMPACTO Y RESULTADOS ESPERADOS.....	50
2	DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES	51
2.1	MATERIALES.....	51
2.1.1	Arduino MEGA 2560.....	51
2.1.2	Módulo Wifi ESP8266.....	53
2.1.3	Módulo Bluetooth HC-05	54
2.1.4	Termómetro Certificado LANDWIND LW-FT118.....	55
2.1.5	Termómetro genérico	56
2.1.6	Grove GSR Sensor	57
2.1.7	Tensiómetro digital	59
2.1.8	Sensor de pulso cardiaco	62
3.	DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO.	64
3.1	Captación datos biométricos.....	64
3.2	Encuesta Psicosomática.....	65
4	IMPLEMENTACION.....	67
4.1	PROCEDIMIENTOS REALIZADOS	67
4.1.1	Diseño y Construcción Base de Datos	67
4.1.2	Implementación encuestas de sintomatología y psicología de estrés servicios Web.....	70
4.1.3	Extracción valores de temperatura	79
4.1.4	Extracción valores de Sensor de Pulso Cardiaco	80
4.1.5	Extracción valores de Tensiometro de muñeca	85

4.1.6	Diseño prototipo protoboard y tarjeta desarrollo PCB	85
5	PRUEBAS DEL PROTOTIPO.....	89
6	DESCRIPCION ECONOMICA DEL PROYECTO	94
7	CONCLUSIONES.	95
8	TRABAJOS FUTUROS.....	97
9	BIBLIOGRAFÍA	98
10	TRANFERENCIA DE RESULTADOS.....	100

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Variables medidas en las pruebas de estrés seleccionadas	31
Tabla 2. Características microcontroladores Arduino	52
Tabla 3 Especificaciones Técnicas Grove GSR Sensor	58
Tabla 4 Mediciones Tensiómetro Genérico vs Tensiómetros Certificados	62
Tabla 5 Costo Final de la Implementación	94

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Palabras claves en VOSviewer base de datos Science Direct.	19
Figura 2 Mapa de calor Palabras claves base de datos Science Direct.	20
Figura 3 Autores en VOSviewer base de datos Scopus.	20
Figura 4 Modelo de impedancia de la piel modelo que permite representar las características en frecuencia	22
Figura 5 Acupuntura, cultura China	22
Figura 6 Test en línea del Instituto de Psicoterapia & Investigación Psicosomática....	23
Figura 7 Método para medir el nivel de hormonas del estrés en el plasma sanguíneo	24
Figura 8 Prueba de estrés DASS-21	25
Figura 9 Prueba de estrés EEP-10.....	27
Figura 10 Prueba de estrés OIT	29
Figura 11 Bandu, Stress meter watch	32
Figura 12 Gokaraju Rangaraju Institute of Engineering and Technology, skin's conductivity sensor	33
Figura 13 IRelax, your personal anti-stress trainer	34
Figura 14 IBreve, controlador de respiración y regulador de estrés	35
Figura 15 Samsung S9 Note, Blood Pressure Monitor	36
Figura 16 Detección de estrés por medio de voz	36
Figura 17 Mediciones de cortisol por medio de parches	37
Figura 18 Sony Smart band.....	37

Figura 19 Fisiología del sistema nervioso autónomo.....	42
Figura 20 Descripción funcional de insuficiencia cardiaca	44
Figura 21 Diagrama de bloques metodología de proyecto	44
Figura 22 Ejemplo Software – Hardware	46
Figura 23 Scopus y Science Direct, bases de datos científicas.....	47
Figura 24 Ejemplo de Integración de dispositivos y plataformas	48
Figura 25 Servidores WAMPP y XAMPP	49
Figura 26 Arduino Mega 2560	51
Figura 27 Método de ampliación de puertos seriales	53
Figura 28 Módulo Wifi ESP8266.....	54
Figura 29 Módulo HC-05	55
Figura 30 Termómetro Infrarrojo LANDWIND.....	56
Figura 31 Sensor Grove (Sensor de respuesta galvánica).....	57
Figura 32 Respuesta del sensor de respuesta galvánica de la piel (resistencia de la piel vs actividad del sueño)	58
Figura 33 Tensiómetro CK de muñeca genérico	60
Figura 34 Tensiómetro W1 Basic	60
Figura 35 Tensiómetro BP B2 Basic.....	61
Figura 36 Sensor de pulso cardiaco	63
Figura 37 Toma de temperatura y sudor	64
Figura 38 Esquema funcionamiento sistema de medición de estrés.....	65
Figura 39 Caricatura que demuestra el estrés laboral.....	66
Figura 40 Escala de medición de estrés psicosomática	66

Figura 41. Sistema Cliente – Servidor	67
Figura 42 Software Base de Datos MySQL	68
Figura 43 Diagrama de Flujo Modelo ER	69
Figura 44 Base de Datos en MySQL	70
Figura 45 Servidor Web Apache 2.4.....	71
Figura 46 Esquema Sistema Base de datos -Servicio Web	71
Figura 47 Test de estrés psicosomático	72
Figura 48 Test Implementado en PHP y HTML	73
Figura 49 Edad de los encuestados	74
Figura 50 Gráfico de ocupación de los encuestados.....	75
Figura 51 Resultados Imposibilidad de conciliar el sueño	75
Figura 52 Resultados obtenidos sobre jaquecas y dolores de cabeza	76
Figura 53 Respuestas sobre indigestión y/o molestias gastrointestinales	77
Figura 54 Respuestas sobre sensación de cansancio y agotamiento	77
Figura 55 Resultados obtenidos de tendencias de comer, beber o fumar más de lo habitual.....	78
Figura 56 Respuestas acerca de disminución del interés sexual	78
Figura 57 Respuestas asociadas con síntomas de problemas respiratorios	79
Figura 58 Ubicación corporal para la toma de pulso cardiaco	80
Figura 59 Sensor de pulso cardiaco implementado con el Arduino.....	81
Figura 60 La marca de corazón, debe estar en contacto de la piel	82
Figura 61 Respuesta en cantidad de pulsos por minuto.....	83
Figura 62 Librería Pulse Sensor para la detección de BPM en Monitor Serial	84

Figura 63 Primera toma de datos Tensiómetro CK1000	85
Figura 64 Primer diseño PCB	86
Figura 65 Implementación de prototipo en Protoboard.....	86
Figura 66 Esquemático electrónico diseñado en Altium	87
Figura 67 Fase de ruteo PCB	87
Figura 68 Diseño impreso de la tarjeta de desarrollo	88
Figura 69 Inicio sistema Stress free Health	89
Figura 70 Toma de datos pulsos cardiacos	89
Figura 71 Captación datos temperatura Monitor Serial	90
Figura 72 Toma de temperatura	90
Figura 73 Toma de datos Tensiómetro CK1000.....	91
Figura 74 Finalización y envío de datos al Servidor	91
Figura 75 Diligenciamiento encuesta psicosomática	92
Figura 76 Recopilación datos variables fisiológicas y psicológicas	93

LISTADO DE ANEXOS

- A. Código Fuente
- B. Código de captación de datos Sensor de pulso cardiaco

GLOSARIO

AUTOMATIZACION: es el uso de sistemas o elementos computarizados que sirven para controlar maquinas o procesos industriales

ARDUINO: es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

ESTRÉS: Respuesta del sistema nervioso parasimpático ante situaciones de alta complejidad o adaptabilidad, que corresponden a señales de alerta.

SUDOR: El sudor también puede ser causado por una respuesta física a la estimulación y el miedo, ya que estos estímulos aumentan la excitación que el sistema nervioso simpático ejerce sobre las glándulas sudoríparas.

TEMPERATURA: magnitud física que hace referencia al movimiento de las partículas de un cuerpo, las cuales están directamente relacionadas con la sensación de calor y frío.

RESUMEN

Código	Nombre	Doc. Identidad	Teléfono	E-Mail
702183	Fabián Steven Roncancio Carrero	C.C 1.015.476.15 6	3058762018	fsrcancio83@ucato lica.edu.co
702158	Jaime Antonio Sanchez Hernandez	C.C 80.153.102	3138074820	jasanchez@ucato lica.edu.co

Palabras clave:

Hipertensión, Respuesta Galvánica de la piel, estrés, cardiopatías.

INTRODUCCIÓN

El estrés se ha convertido en el principal problema en el día a día de la población mundial, según estudios el 35% de la población mundial sufre de estrés en el ámbito laboral, perjudicando entre un 50% a 60% el rendimiento en las actividades laborales. Pero las consecuencias no solo afectan en el bajo rendimiento del trabajo, este problema afecta también a la salud de las personas ayudando a desarrollar problemas cardíacos, hipertensión arterial, enfermedades mentales, arritmias, trastornos en los músculos, etc., una serie de enfermedades que son realmente serias y que causan fatales muertes en la población.¹

La OIT (Organización Internacional del Trabajo) menciona que el tema de la salud ocupacional se debe controlar para un buen bienestar en la salud de las personas, que de no ser controlada podrían entrar a niveles elevados de estrés, lo cual se quiere evitar dando una mejor calidad mental y social con programas de integración de evaluación de riesgos psicosociales. Los riesgos psicosociales afectan en la realización de actividades laborales, siendo cada vez más estresantes y monótonos en la cual, se pierde fácilmente la concentración y baja el rendimiento del trabajo en mismo. Este problema está afectando a todos los trabajadores profesionales y técnicos en países desarrollados y en vía de desarrollo.²

Adicionalmente, la crisis sanitaria que estamos afrontando, ha sido motivo de adaptación a una nueva forma de nuestras actividades diarias: estudio, trabajo, la convivencia en nuestros hogares entre otras. El distanciamiento social ha sido una de las maneras más eficaces de evitar el contagio de este virus que ataca nuestra sociedad, por ende, las empresas, universidades y colegios se han visto en la obligación de la virtualidad. Sin embargo, todos los procesos de adaptación tienen un alto costo, tanto psicológico como físico, las altas horas de sedentarismo en las actividades escolares y laborales elevan los niveles de estrés, de impaciencia, de impotencia, de cansancio físico y mental, elevan los niveles de toxina en el cuerpo y demás alteraciones que se han podido evidenciar a lo largo de la pandemia.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se decide realizar este trabajo de grado que propone el desarrollo de un prototipo de medición de estrés, ayudando a complementar e iniciar tratamientos más eficaces para reducir los niveles de este.

¹ Lazarus, R. S. & Folkman, S. (1986). El estrés y procesos cognitivos. Barcelona: Martínez Roca. (v.o.: 84).

² La promoción del empleo decente por medio de la iniciativa empresarial; Organización Mundial del trabajo(OIT). Disponible en: [<http://www.ilo.org/public/spanish/standards/relm/gb/docs/gb289/pdf/esp-1.pdf>]

En la figura 2 se evidencia que la parte de calor de color rojo es en donde se encuentra más intensidad de las palabras claves relacionadas con la tesis propuesta, las partes de color amarillo son también palabras que tienen algo que ver con lo que se quiere investigar y finalmente las partes verdes son las palabras que poco tienen que ver con la tesis.

20

Los autores con mayor número de citas son: Amon, Thomas en el año 2019, Frank, Matthewg en el año 2020 y Maier, Steven F. en el año 2020, autores que son resultados gracias a la ecuación de búsqueda formulada con similitudes a la información necesitada para la tesis (Ver figura 3). En general se puede concluir de la gráfica bibliográfica que los autores publicaron sus escritos en el año 2020, información que es actualizada y cada vez más útiles para varios fines (investigaciones, tesis, etc.).

La formulación de la ecuación de búsqueda que se plantea en las bases de datos aclara las investigaciones y preferencias que son más citadas y similares dentro de un rango de años de 1 a 5 años (2015-2020) lo que permite manejar para la investigación artículos, escritos, documentos, tesis que se asimilan con la tesis planteada.

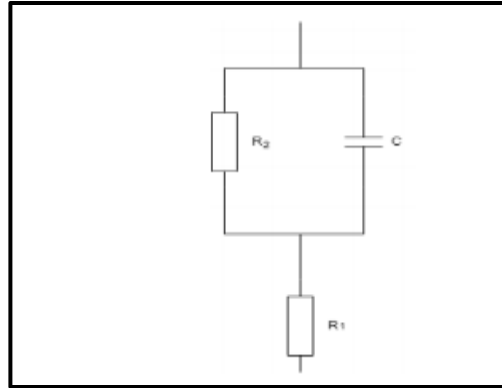
1.1.2 Estudios y test para determinar el estrés

En el año de 1988, Fere médico y pionero electrónico se convirtió en el primer investigador en obtener cambios eléctricos sobre la superficie de la piel humana. Este descubrimiento se dio, mediante dos electrodos situados en el antebrazo derecho y la región torácica, de tal manera que un cambio del sistema nervioso se pudiera ver reflejado como un impulso de voltaje recorriendo en la superficie dérmica. Aunque los cambios eran pequeños, el descubrimiento de Fere sobre la respuesta eléctrica de la piel, ha sido base para las pruebas tales como de verdad, tal como lo es el polígrafo. En el ámbito psicológico, pioneros generaron numerosos estudios sobre las respuestas evocadas o condicionadas con el método pavloviano, a partir de la revisión y discusión del condicionamiento instrumental de la respuesta galvánica.³

En la década de los setenta se empezó a realizar el acondicionamiento instrumental de la serie de respuesta viscerales, con el fin de analizar los cambios tales como la salivación y ritmo cardíaco y poco tiempo después empezaron a aparecer los trabajos e investigaciones respecto a los cambios que se realizaban a partir del sistema nervioso autónomo. Esto con el fin de modelar el sistema de medición de la conductancia de tal manera que aumentara la precisión en las medidas, ya que se quería demostrar que la piel funciona como un sistema de alimentación y de liberación de energía, el cual, estudiaron la posibilidad de realizar los primeros dispositivos que fueran portables sin fuente de alimentación externa (ej. Baterías) y que la liberación de energía del individuo fuera su fuente principal. (Ver Figura 4)

³ Gallegos, Xochitl., Torres Torrija, F. Javier., Biorretroalimentación de la respuesta galvánica de la piel y entrenamiento en relajación: un estudio piloto. Revista Latinoamericana de Psicología [en línea]. 1983, 15(1-2), 259-275[fecha de Consulta 2 de octubre de 2019]. ISSN: 0120-0534. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=80515218>

Figura 4 Modelo de impedancia de la piel modelo que permite representar las características en frecuencia



Fuente: Hernández Cabrera, J. F. (2018, 1 julio). Modelo de impedancia de la piel propuesto por Lykken. [Ilustración]. Estudio de los parámetros eléctricos de la piel y su temperatura superficial (efectos del estrés). <https://cutt.ly/ThJsn2v>

En la figura 4 se ilustra el modelo de impedancia que propuso Lykken, en el que modela las características eléctricas de la piel en un circuito equivalente en corriente alterna. En el cual fue base para la investigación de medición en la respuesta galvánica ya que cada componente representa una capa de la piel de la siguiente manera:

- R1: Modela las capas externas de la piel, más exactamente la epidermis.
- R2: Modela las estructuras internas del cuerpo y las capas internas de la piel, es decir, el sistema nervioso autónomo, la dermis y la hipodermis.

La acupuntura ha sido uno de los métodos de relajación y curación más importante en la cultura china, en la cual la medicina natural y la medicina alternativa ha tomado como iniciativa, recurrir a estas técnicas para relajación y sanación mental, corporal y espiritual. No obstante, la medicina china junto con la ingeniería china, mediante la acupuntura, los impulsos presentados en la piel podían ser tomados por la distribución de las agujas en distintos meridianos del cuerpo. (Ver figura 5)

Figura 5 Acupuntura, cultura China



Fuente. Méndez, J. (2018, 13 septiembre). *acupuntura* [Ilustración]. La acupuntura, a examen. <http://dixitciencia.com/2018/09/13/la-acupuntura-a-examen/>

El Dr. Yoshio Nakatani notó que la distancia entre agujas era equivalente a una línea de secuencia eléctrica, es decir, equivalente a un camino de cobre de un circuito eléctrico.⁴ El Dr. Nakatani afinó su investigación y su método de tal manera que ubicó cada meridiano situado en el cuerpo, con el fin de establecer patrones eléctricos en cada uno de los meridianos. Esos patrones vendrían a ser reflejados a medida que la respuesta galvánica aumentara o disminuyera, a partir de los impulsos generados por el sistema nervioso. Este método se convirtió en una de las investigaciones más marcadas a nivel de medicina, puesto que, situando cada meridiano, se conectaba con un órgano en específico, y recopilando información de cambios eléctricos, determinar qué órgano pudiese estar fallando.⁵

El instituto de Psicoterapia e investigación psicosomática en Madrid España, a través de una prueba de estrés en línea se estudia las reacciones que tiene cada persona ante el estrés, que pueden ser peligroso, nocivo y desagradable para el cuerpo y la mente del que la padece, esta prueba consta de 32 preguntas que se podrán contestar a través de internet y se guardarán en la base de datos del instituto para ser estudiados y así analizar esa base de datos para sacar conclusiones. (Ver figura 6)

Figura 6 Test en línea del Instituto de Psicoterapia & Investigación Psicosomática



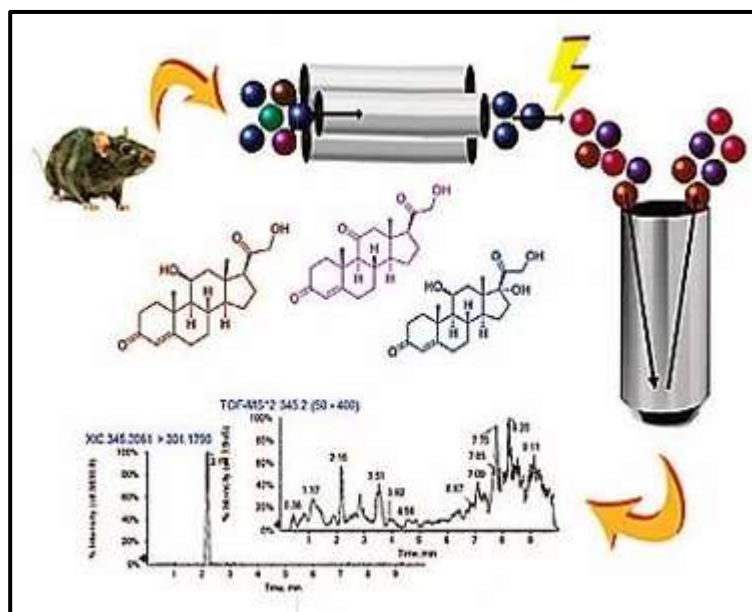
Fuente: Instituto de Psicoterapia & Investigación Psicosomática. (2017, 23 agosto). *Test de Estrés* [Ilustración]. Instituto de Psicoterapia & Investigación Psicosomática. <https://www.psicoter.es/tests/test-de-estres>

⁴ Gallegos, Xochitl., Torres Torrija, F. Javier., Biorretroalimentación de la respuesta galvánica de la piel y entrenamiento en relajación: un estudio piloto. *Revista Latinoamericana de Psicología* [en línea]. 1983, 15(1-2), 259-275[fecha de Consulta 2 de octubre de 2019]. ISSN: 0120-0534. Disponible en: [\[https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=80515218\]](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=80515218)

⁵ Acugraph., Tecnología para la acupuntura. *Inicios y bases*. 2013. Disponible en: <https://www.acugraph.com/es/features/history.php>

En la universidad de Sao Paulo (Brasil), en el área de ciencias farmacéuticas, encontraron que las personas que están en un nivel de estrés elevados suelen aumentar los niveles sanguíneos de una hormona llamada cortisol, esta hormona se presenta en momentos desafiantes del cuerpo provocando elevación de la frecuencia cardíaca y el aumento del nivel de la sangre. El método en que se basa el estudio se llama espectrometría de masas como se muestra en la figura 7, para poder medir con precisión el nivel de 6 hormonas, hormonas que forman parte de patologías que genera en el cuerpo, una de ellas la depresión y el estrés. “La ventaja de este nuevo método reside en que además de los mediadores lipídicos de interés para nuestra investigación también se cuantifican otras hormonas esteroides presentes en la misma muestra. Otros grupos interesados en estudiar la influencia de estos mediadores podrán utilizar esta herramienta en diversos tipos de enfermedades y procesos infecciosos”, Lucia Helena Faccioli. (Fuente: AGÊNCIA FAPESP/DICYT)

Figura 7 Método para medir el nivel de hormonas del estrés en el plasma sanguíneo



Fuente: Toledo, K. (2018, 6 septiembre). Método para medir el nivel de hormonas del estrés [Ilustración]. Agencia FAPESP. <https://agencia.fapesp.br/un-nuevo-metodo-para-medir-el-nivel-de-hormonas-del-estres-en-el-plasma-sanguineo/28651/>

Escalas abreviadas de Depresión, Ansiedad y Estrés fueron creadas con el objetivo de evaluar la presencia de los efectos negativos de depresión y ansiedad para lograr una baja en estas condiciones. Es un instrumento de autor reporte, breve, fácil de responder y ha demostrado adecuadas propiedades psicométricas en estudios de validación en personas adultas. Este cuestionario de 21 ítems que se basa en tres subescalas, depresión ansiedad y estrés. (Ver figura 8)

Es un cuestionario muy sensible por lo que se utiliza para medir periodos de tiempo breves, concretamente a la hora de cumplimentarlo se tienen que concentrar en y decir cómo se ha sentido en la última semana incluido el día que se llene el cuestionario. Por ello es una medida que conviene repetirse al cabo de un mes, para ir viendo la evolución de la persona. En menos de 3 minutos se habrá completado la prueba.

Figura 8 Prueba de estrés DASS-21

DASS-21 Nombre: _____ Fecha: _____

Por favor lee cada afirmación y encierra en un círculo un número 0, 1, 2 o 3 que indique cuanto de esa afirmación se aplica a su caso durante el último mes. No existen respuestas correctas o incorrectas. No gaste mucho tiempo en cada afirmación.
La escala a utilizar es como se presenta a continuación:

0 No se aplica a mí en absoluto. NUNCA (N)
1 Se aplica a mí en algún grado o parte del tiempo. A VECES (AV)
2 Se aplica a mí en un grado considerable, o en una buena parte del tiempo. A MENUDO (AM)
3 Se aplica a mí, mucho. CASI SIEMPRE (CS)

EN EL ÚLTIMO MES					Para uso del Profesional		
Item	N	AV	AM	CS	0	1	2
1. Me costó mucho relajarme	0	1	2	3			
2. Me da cuenta que tenía la boca seca	0	1	2	3			
3. No podía sentir ningún sentimiento positivo	0	1	2	3			
4. Se me hizo difícil respirar	0	1	2	3			
5. Se me hizo difícil tomar la iniciativa para hacer cosas	0	1	2	3			
6. Reaccioné exageradamente en ciertas situaciones	0	1	2	3			
7. Sentí que mis manos temblaban	0	1	2	3			
8. Sentí que tenía muchos nervios	0	1	2	3			
9. Estaba preocupado por situaciones en las cuales podía tener pánico o en las que podría hacer el ridículo	0	1	2	3			
10. Sentí que no tenía nada por que vivir	0	1	2	3			
11. Noté que me agituaba	0	1	2	3			
12. Se me hizo difícil relajarme	0	1	2	3			
13. Me sentí triste y deprimido	0	1	2	3			
14. No toleré nada que no me permitiera continuar con lo que estaba haciendo	0	1	2	3			
15. Sentí que estaba a punto de pánico	0	1	2	3			
16. No me pude entusiasmar por nada	0	1	2	3			
17. Sentí que valía muy poco como persona	0	1	2	3			
18. Sentí que estaba muy irritable	0	1	2	3			
19. Sentí los latidos de mi corazón a pesar de no haber hecho ningún esfuerzo físico	0	1	2	3			
20. Tuve miedo sin razón	0	1	2	3			
21. Sentí que la vida no tenía ningún sentido	0	1	2	3			
TOTALES							

Fuente: Guerrero, R. (2018, 5 julio). DASS-21 [Ilustración]. SCRIBD.
<https://es.scribd.com/document/383274769/DASS-21>

Escala de valoración DASS-21

0: No me ha ocurrido

1: Me ha ocurrido un poco, o durante parte del tiempo

2: Me ha ocurrido bastante, o durante una buena parte del tiempo.

3: Me ha ocurrido mucho, o la mayor parte del tiempo.

Análisis e interpretación de puntuación

1. Me ha costado mucho descargar la tensión: Aumenta la presión arterial cuando hay tensión emocional.
2. Me di cuenta de que tenía la boca seca: Boca seca
3. No podía sentir ningún sentimiento positivo: Sensibilidad al frío, presión sanguínea aumenta, cardiopatías.
4. Se me hizo difícil respirar: Dificultad para respirar
5. Se me hizo difícil tomar la iniciativa para hacer cosas: Aumento de presión arterial
6. Reaccione exageradamente en ciertas situaciones: Aumenta la frecuencia cardíaca, hay tensión muscular.
7. Sentí que mis manos temblaban: Contracción muscular y rítmica
8. He sentido que estaba gastando una gran cantidad de energía: Se presenta fatiga, aumenta la respiración, aumento de la frecuencia cardíaca.
9. Estaba preocupado por situaciones en las cuales podía tener pánico o en las que podría hacer el ridículo: aumento de presión arterial, aumenta la frecuencia cardíaca
10. He sentido que no había nada que me ilusionara: presión sanguínea, cardiopatías
11. Me he sentido inquieto: Aumento de frecuencia cardíaca
12. Se me hizo difícil relajarme: Aumento de presión arterial, se presenta tensión muscular, aumenta la respiración.
13. Me siento triste y deprimido: Aumento de ritmo cardíaco, aumento presión arterial
14. No toleré nada que no me permitiera continuar con lo que estaba haciendo: Sin cambios.
15. Sentí que estaba al punto de pánico: Aumento de presión arterial, aumento de frecuencia cardíaca.
16. No me pude entusiasmar por nada:
17. Sentí que valía muy poco como persona: Aumentó de ritmo cardíaco, aumento de presión arterial.
18. He tendido a sentirme enfadado con facilidad: Bajo oxígeno en los pulmones, aumento de frecuencia cardíaca, aumento presión arterial.

19. Sentí los latidos de mi corazón a pesar de no haber hecho ningún esfuerzo físico: aumento de frecuencia cardiaca, aumento de presión arterial.

20. Tuve miedo sin razón: Aumento de presión arterial, aumento de frecuencia cardiaca.

21. Sentí que la vida no tenía ningún sentido: aumento del ritmo cardíaco, aumento presión arterial.

La prueba EEP-10, mide la percepción de estrés psicológico, situaciones cotidianas que lleva a acercarse al estrés, explorando el nivel de estrés desde cierto tiempo. Es la prueba más conocida en la cuantificación de estrés emocional usando investigaciones clínicas. Es una prueba con poco desempeño psicométrico. (Ver figura 9)

Figura 9 Prueba de estrés EEP-10

Durante el último mes:	Nunca	Casi nunca	De vez en cuando	A menudo	Muy a menudo
1. ¿Con qué frecuencia ha estado afectado por algo que ha ocurrido inesperadamente?	0	1	2	3	4
2. ¿Con qué frecuencia se ha sentido incapaz de controlar las cosas importantes en su vida?	0	1	2	3	4
3. ¿Con qué frecuencia se ha sentido nervioso o estresado?	0	1	2	3	4
4. ¿Con qué frecuencia ha estado seguro sobre su capacidad para manejar sus problemas personales?	4	3	2	1	0
5. ¿Con qué frecuencia ha sentido que las cosas le van bien?	4	3	2	1	0
6. ¿Con qué frecuencia ha sentido que no podía afrontar todas las cosas que tenía que hacer?	0	1	2	3	4
7. ¿Con qué frecuencia ha podido controlar las dificultades de su vida?	4	3	2	1	0
8. ¿Con qué frecuencia se ha sentido que tenía todo bajo control?	4	3	2	1	0
9. ¿Con qué frecuencia ha estado enfadado porque las cosas que le han ocurrido estaban fuera de su control?	0	1	2	3	4
10. ¿Con qué frecuencia ha sentido que las dificultades se acumulan tanto que no puede superarlas?	0	1	2	3	4

Fuente: Campos Arias, A., & Herazo, E. (2014, 28 mayo). Escala de Estrés Percibido-10: Desempeño psicométrico en estudiantes de medicina de Bucaramanga, Colombia The psychometric performance of the Perceived Stress Scale-10 on medical students from Bucaramanga, Colombia [Ilustración]. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revfacmed/article/download/43735/64378>

Análisis e interpretación de puntuación

1. ¿Con qué frecuencia ha estado afectado por algo que ha ocurrido inesperadamente? Aumento ritmo cardíaco.
2. ¿Con qué frecuencia se ha sentido incapaz de controlar las cosas importantes en su vida?: Aumento de ritmo cardíaco, aumento de presión arterial, aumento de la respiración, tensión muscular.
3. ¿Con qué frecuencia se ha sentido nervioso o estresado?: Aumento presión arterial, aumento frecuencia cardíaca.
4. ¿Con qué frecuencia ha estado seguro sobre su capacidad para manejar sus problemas personales? No hay reacciones fisiológicas.
5. ¿Con qué frecuencia ha sentido que las cosas le van bien? No hay reacciones fisiológicas.
6. ¿Con qué frecuencia ha sentido que no podía afrontar todas las cosas que tenía que hacer? No hay reacciones fisiológicas.
7. ¿Con qué frecuencia ha podido controlar las dificultades de su vida? No hay reacciones fisiológicas.
8. ¿Con qué frecuencia se ha sentido que tenía todo bajo control? No hay reacciones fisiológicas.
9. ¿Con qué frecuencia ha estado enfadado porque las cosas que le han ocurrido estaban fuera de su control?: Aumento presión arterial, aumento en la respiración, aumento ritmo cardíaco.
10. ¿Con qué frecuencia ha sentido que las dificultades se acumulan tanto que no puede superarlas? No hay reacciones fisiológicas.

La prueba de escala de estrés laboral OIT OMS analiza el estrés que se maneja a nivel laboral según como se sienta el trabajador dependiendo de factores como el lugar de trabajo, el trato hacia él, una serie de preguntas que al final arrojará si el trabajador se siente satisfecho o maneja un nivel de estrés. En la figura 10 se observa el formato de prueba de estrés psicológico y sintomatológico (psicosomático) el cual determina el estrés y fatiga afectados por situaciones laborales o académicas, con el fin de indicar diagnósticos relacionados a las jornadas o a nivel de exámenes médicos especializados.

Figura 10 Prueba de estrés OIT

Instrucciones:

A continuación encontrará un cuestionario que servirá para medir el nivel de estrés en su trabajo. Para cada ítem indicará con qué frecuencia la condición descrita es fuente actual de estrés, anotando el número que mejor la describa al lado derecho de cada enunciado:

1 si la condición NUNCA es fuente de estrés.
 2 si la condición RARAS VECES es fuente de estrés.
 3 si la condición OCASIONALMENTE es fuente de estrés.
 4 si la condición ALGUNAS VECES es fuente de estrés.
 5 si la condición FRECUENTEMENTE es fuente de estrés.
 6 si la condición GENERALMENTE es fuente de estrés.
 7 si la condición SIEMPRE es fuente de estrés.

1. El que no comprenda las metas y misión de la empresa me causa estrés
2. El que mi supervisor no me respete me estresa
3. El rendirle informes a mis supervisores y a mis subordinados me estresa
4. El que no esté en condiciones de controlar las actividades de mi área de trabajo me produce estrés
5. El que el equipo disponible para llevar a cabo mi trabajo sea limitado me estresa
6. El que mi supervisor no dé la cara por mí ante los jefes me estresa
7. El que no sea parte de un equipo de trabajo que colabore estrechamente me causa estrés
8. El que mi equipo de trabajo no me respalde en mis metas me causa estrés
9. El que las personas que están a mi nivel dentro de la empresa tengamos poco control sobre el trabajo me causa estrés
10. El no tener el conocimiento técnico para competir dentro de la empresa me estresa
11. El que mi supervisor no tenga confianza en el desempeño de mi trabajo me causa estrés
12. El que la empresa carezca de dirección y objetivos me causa estrés
13. El que mi equipo no me brinde protección en relación con las injustas demandas de trabajo que me hacen los jefes me causa estrés
14. El que tenga que trabajar con miembros de otros departamentos me estresa
15. El que mi equipo de trabajo no me brinde ayuda técnica cuando lo necesito me causa estrés
16. El que no respeten a mis supervisores, a mí y a los que están debajo de mí, me causa estrés
17. El no contar con la tecnología adecuada para hacer un trabajo de calidad me causa estrés
18. El que mi equipo de trabajo me presione demasiado me causa estrés
19. El que mi equipo de trabajo se encuentre desorganizado me estresa
20. El que se maneje mucho papeleo dentro de la empresa me causa estrés
21. El que mi supervisor no se preocupe por mi bienestar me estresa
22. El no tener un espacio privado en mi trabajo me estresa
23. El que mi equipo de trabajo no tenga prestigio ni valor dentro de la empresa me causa estrés
24. El que la forma en que trabaja la empresa no sea clara me estresa
25. El que las políticas generales de la gerencia impidan mi buen desempeño me estresa

Fuente: Suárez, A. (junio, 2013). Adaptación de la escala de estrés laboral de la OIT-OMS en trabajadores de 25 a 35 años de edad de un contact center de Lima. Revista PsiqueMag. Recuperado de <http://blog.ucvlima.edu.pe/index.php/psiquemag/article/view/8/8>

Para el análisis de los datos que arroja esta prueba se tiene que diseñar una base de datos, para el análisis estadístico. También se debe considerar los criterios de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y el valor de esfericidad Bartlett para determinar la pertinencia del análisis factorial. La estructura factorial de la escala se evalúa mediante el método de componentes principales y rotación varimax ortogonal y se considera cada factor si el valor eigen es igual o superior a uno, hallar el peso factorial. Después se establece el punto de corte con la distribución cuartil y se clasifica según el número de participantes.

En esta prueba se puede observar que todas las preguntas están relacionadas con que las actividades causan estrés. Con esto los síntomas fisiológicos que causa el estrés son los siguientes:

Presión arterial alta, ritmo cardíaco alto, arritmias, tensión muscular, fatiga, aumento de pulso, dolores de cabeza, problemas estomacales. Efectos que, aunque las persona no se dé cuenta, pueden causar a largo plazo problemas graves de salud por causa de no poder controlar el estrés.

De acuerdo con las muestras analizadas por cada uno de los test mencionados a lo largo de este apartado, se observa la relación con partes del cuerpo afectadas al tener sintomatologías de estrés, en sus cambios, sus alteraciones más relevantes y que son candidatas como variables a implementar para la tesis:

- Frecuencia cardiaca
- Tensión Muscular
- Presión arterial
- Pulso
- Respiración

Se realiza un breve resumen a partir de la tabla 1, estableciendo la medida de cada una de las variables junto con las pruebas analizadas. Adicionalmente, se observa una comparación entre las diferentes pruebas de estrés que se han implementado para realizar la medición del estrés en ámbitos psicológicos. Validando estas, que son resultados medibles, se puede manejar la prueba EEP-10, debido a que es mayormente utilizado en el área de psicología y que, a partir de los resultados de esta prueba, es posible realizar la relación con variables fisiológicas para un mayor entendimiento y obtener un mayor alcance a las alteraciones psicológicas y fisiológicas

Tabla 1 Variables medidas en las pruebas de estrés seleccionadas

Variable	DASS 21	EEP-10	OIT OMS
Frecuencia Cardiaca	x	x	x
Presión arterial	x	x	x
Tensión muscular	x	x	x
Cambios en la respiración	x	x	x
Boca seca			
Dolor de cabeza			x
Aumento de pulso	x	x	x

Fuente: Los autores

1.1.3 Dispositivos y métodos en desarrollo.

El Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), se ha dedicado durante años a desarrollar sensores que logren captar los cambios fisiológicos que genera el cuerpo humano (sudoración, temperatura corporal, ritmo cardiaco), con el objetivo de identificar el inicio de sucesos como los ataques de ansiedad. Uno de los dispositivos en desarrollo, es un brazalete que va puesto en la muñeca, una vez se obtienen los datos del sensor, estos son analizados con el fin de detectar si la persona está en un momento de ansiedad. El objetivo de esta tecnología experimental es detectar comportamientos fuera de los normales en pacientes con problema bipolares y de drogas.

El MIT lleva a cabo otro proyecto llamado Bandu (Ver figura 11), es un dispositivo que mide variables fisiológicas para medir indicadores de emociones o el estrés, tales como el nerviosismo, conductividad de la piel a través de la sudoración y la temperatura corporal. Una vez estas variables son medidas, Bandu las transmite a un celular, donde las variables son analizadas, al mismo tiempo, se emiten mensajes de alertas y consejos para el paciente. El reto es determinar mediante los cambios fisiológicos una medida exacta del nivel de estrés.⁶

Figura 11 Bandu, Stress meter watch



Fuente: Brown, E. (2015, 19 octubre). Llevar el estrés a un nuevo nivel [Ilustración]. MIT News on campus around the world. <https://news.mit.edu/2015/startup-neumitra-stress-tracking-wearables-1019>

En la Universidad Nacional De Colombia (Medellín) se estudió la realización de un dispositivo portátil capaz de identificar y dar el diagnóstico del estrés, esto por medio de la reacción de la tensión muscular con el método de Electromiografía (sEMG) utilizando sensores MyoWare Tm Muscle (AT-04-001), conectado a una tarjeta Arduino que por medio de un módulo bluetooth, se comunica con una interfaz de Matlab para hacer el registro de las señales recibidas y analizar si la persona padece de estrés o no.⁷

En el año 2010 en la universidad (Gokaraju Rangaraju Institute of Engineering and Technology) un grupo de tres estudiantes investigaron como medir el estrés utilizando sondas hechas con materiales conductores, que registra la excitación mecánica de las fibras musculares. Las señales capturadas son transmitidas a un sistema de análisis

⁶ **Technology, Review MIT.** <https://www.technologyreview.es/s/3229/un-sensor-para-la-muneca-te-indica-tu-nivel-de-estres>. [En línea] 04 de 01 de 2013.

⁷ **Margarita, Rodriguez.** Diseño y desarrollo de un sistema portable para el diagnóstico del estrés a través de la tensión muscular. <http://bdigital.unal.edu.co/73235/1/1122399503.2017.pdf#page=22&zoom=100,0,828>. [En línea] 2017.

electrónico, si los músculos tienen mayor contracción mayor es el nivel de estrés o si la piel tiene menos resistencia es más propenso a que su estado emocional sea bajo.⁸

Investigadores de la universidad de Stanford desarrollaron un biosensor en forma de parche que es capaz de medir la presencia de la hormona cortisol en el sudor que genera la persona, el dispositivo se construyó que fuera elástico y rectangular, con una membrana especial que especifique la presencia de la hormona, los iones cargados como el potasio o el sodio presentes en el sudor pasan a una membrana a menos que estén bloqueados por cortisol, estos iones son los que detecta el sensor. (Ver figura 12)

Figura 12 Gokaraju Rangaraju Institute of Engineering and Technology, skin's conductivity sensor



Fuente: Notimex. (2018, 1 agosto). Desarrollan dispositivo que mide el estrés a través del sudor [Ilustración]. Diario de Yucatán.

<https://www.yucatan.com.mx/imagen/desarrollan-dispositivo-mide-estres-traves-del-sudor>

1.1.4 Dispositivos en el mercado

En el mercado actual, existen gran variedad de dispositivos que miden el nivel de estrés de diferentes formas, como por ejemplo con una manilla instalada en la muñeca, con electrodos conectados en ciertas partes del cráneo de paciente, con el fin de sensar los niveles de sudoración y los niveles de temperatura. La información recibida es almacenada en archivos planos de bajo consumo de memoria en el cual se puede realizar consultas de días y meses anteriores para la creación de reportes y

⁸ PRANATHI KAVURU, K. PRANNOY KOUNDINYA AND SHILPA ANBALAGAN. *STRESS METER USING SKIN RESISTANCE AND MUSCLE STRENGTH*. INDIA: s.n., 2010.

diagnósticos, para el beneficio en el tratamiento a desarrollar con la persona. A continuación, se puede observar algunos de los dispositivos que están presentes en el mercado para soluciones de medición de estrés:

1.1.4.1 iRelax

Es un dispositivo que monitoriza la variación del ritmo respiratorio y ritmo cardiaco que genera el cuerpo detectando así si es estrés y/o ansiedad. El objetivo con este aparato es que si el usuario ve el dato de que está dentro de un nivel de estrés alto, entrene su respiración para oxigenar su mente y cuerpo para lograr superar este estado negativo para sí mismo. Lo novedoso es que en la pantalla aparece una gráfica de los pulmones indicando la toma de aire del paciente y así mismo mostrando como va disminuyendo los latidos en el corazón, síntoma de que la persona se está relajando lentamente y llegando a un nivel bajo de estrés.⁹ (Ver figura 13)

Figura 13 IRelax, your personal anti-stress trainer



Fuente: iRelax. (2017, 15 junio). El estrés ya no es un problema, elimínalo sin esfuerzo con la avanzada tecnología de iRelax [Ilustración]. iRelax Tu entrenador personal anti-estrés. <https://www.irelax.es/como-funciona-irelax/>

1.1.4.2 IBreve

Es un dispositivo que analiza los patrones de la respiración, para hacer una retroalimentación antes de que el nivel de estrés aumente. La teoría de los creadores es que al hacer una respiración en el momento adecuado se reduce instantáneamente el estrés y la persona se va a sentir más tranquila. Es solamente diseñado para mujeres

⁹ **Nascia.** <https://www.infosalus.com/farmacia/noticia-nascia-lanza-dispositivo-portatil-biofeedback-medir-nivel-estres-20150127140154.html>. [En línea] 2019.

y su conexión es por medio de Bluetooth para teléfonos con sistema operativo IOS o Android donde se visualizará el nivel de estrés.¹⁰ (Ver figura 14)

Figura 14 iBreve, controlador de respiración y regulador de estrés



Fuente: Breve. (2018, 5 marzo). El Wearable que mejora la resiliencia al estrés [Ilustración]. El iBreve Wearable. <https://www.ibreve.com/>

La empresa Norte Americana GARMIN especialista en la fabricación de relojes inteligentes, lanza al mercado su reloj Vivoactive-v3, es capaz de leer la variabilidad de la frecuencia cardiaca la cual se utiliza para calcular y arrojar el nivel de estrés, con el fin de que la persona encuentre un método para aliviar su emoción.¹¹

Samsung con sus celulares (Galaxy S5, s9 y note9, figura 15) unida con la aplicación S-Health es capaz de medir el nivel de estrés, con su sensor toma las medidas de variables como la saturación de oxígeno, ritmo cardiaco y la presión arterial, con un algoritmo especial que utiliza la empresa Samsung, dan un resultado que sirve hacia el futuro para evolucionar y llegar a una medida más precisa del estrés.

¹⁰ **iBreve**. <https://www.ibreve.com/>. [En línea] 2019.

¹¹ 8. **GARMIN**. <https://www.garmin.com.co/vivoactive-3>. [En línea] 2019.

Figura 15 Samsung S9 Note, Blood Pressure Monitor



Fuente: Samsung. (2016, 5 julio). Las nuevas funciones de S health [Ilustración]. Samsung NewsRoom. <https://news.samsung.com/global/new-s-health-features-add-fun-to-fitness>

En Sídney científicos del Centro NICTA desarrollaron un dispositivo de estrés, esta toma como variable la voz para poder identificar (opciones a un puesto de trabajo) para ver como reaccionaban bajo presión. Con las entonaciones de la voz se puede detectar que el habla se vuelve constante y monótona que justificaría que la persona esta con estrés. (Ver figura 16) Este dispositivo lo probaron a distintas personas relajadas durante unas pruebas de competencia para conseguir empleo, el resultado fue un 6% aproximado en la reducción de personas que desertaban a su puesto después de un tiempo de 3 meses. Esto hacia futuro con más precisión permitirá reducir cada vez la deserción de personas a su empleo, se seleccionarán mejor a las personas a contratar a ciertas empresas.

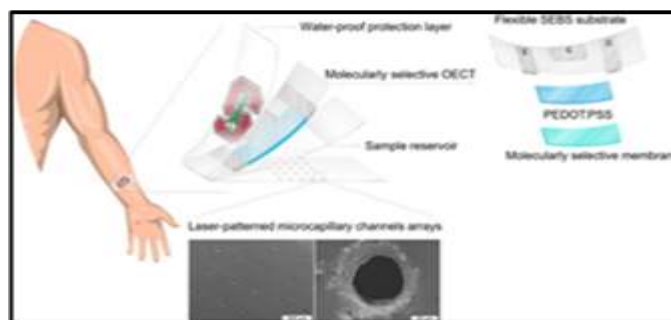
Figura 16 Detección de estrés por medio de voz



Fuente: visible outsource. (2018, 22 mayo). Voice Stress Analysis (VSA) [Ilustración]. <https://visibleoutsource.com/blog/entrada/5>

En Stanford University se ha creado un parche con elongación (Ver figura 17) para ser puesto sobre la piel, esto con el fin de adsorber el sudor y al mismo tiempo analizar el nivel de cortisol en el cuerpo, al hallar el cortisol se podría ver a las personas que tienen un desorden hormonal y así determinar que tanto están estresados. El sudor como menciona el investigador Onur Parlak ayuda a detectar condiciones fisiológicas, es decir, permitirá la detección temprana no solo del estrés sino también de enfermedades (hipertensión, diabetes, arritmias, etc.) y ser aplicado en la evaluación en el rendimiento deportivo.

Figura 17 Mediciones de cortisol por medio de parches



Fuente: Parlak, O., Keene, S. T., Marais, A., & Curto, V. F. (2018, 5 julio). Dispositivo electroquímico orgánico portátil basado en membrana nanoporosa molecularmente selectivo para la detección de cortisol no invasivo [Ilustración]. ScienceAdvances. <https://advances.sciencemag.org/content/4/7/eaar2904>

Sony Smart Band 2 que es capaz de monitorizar el ritmo cardiaco, recreando al mismo tiempo un mapa de la frecuencia cardiaca, con los latidos del corazón se puede obtener información sobre el nivel de estrés que se tiene a durante una jornada diaria. Este dispositivo se conecta vía bluetooth a sistemas operativos Android y IOS, que a través de una app analiza las variables obtenidas y arroja los resultados para ser almacenados en el celular y al mismo tiempo monitorizar la reacción fisiológica del cuerpo en actividades diarias. (Ver figura 18)

Figura 18 Sony Smart band



Fuente: Palazón, J. (2015, 13 octubre). Una pulsera con corazón para medir el estrés [Ilustración]. EL PAÍS. https://elpais.com/tecnologia/2015/09/30/actualidad/1443635387_980398.html

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los cuadros de estrés elevados dan lugar a comportamientos no habituales dentro del ser humano, provocando una deficiencia a nivel físico y a nivel mental, por ejemplo, bajo rendimiento laboral, educativo y deportivo, metabolismo alterado como lo es el sueño y la buena alimentación, e incluso llevar a actividades poco saludables, como fumar, excesos en consumo de alcohol y el consumo de sustancias alucinógenas y psicoactivas.¹² El mal manejo del estrés puede afectar el sistema inmunológico, reduciendo la capacidad del individuo ante la lucha contra infecciones, del mismo modo sufrir problemas físicos como:

- Cardiopatías
- Trastornos digestivos
- Diabetes
- Aumento de la tensión arterial
- Enfermedades cardiovasculares
- Trastorno Musculoesqueléticos

Partiendo del boletín brindado por la OMS, en el mundo más de 20 millones de ciudadanos pierden la vida a causa de enfermedades no transmisibles, el 50% de estas muertes causadas por enfermedades cardiovasculares, el 30% por enfermedades cerebrovasculares y el 20% por enfermedades hipertensivas y cardiopatías asociadas.¹³

De acuerdo con la mencionado anteriormente, se hace imperativa un mecanismo en el cual permita la medición de los niveles de estrés de manera eficaz y práctica, que brinde la información al personal médico y psicológico de los tratamientos que se llevan a cabo, añadiendo la autonomía y control que el paciente podrá tener sobre su condición.¹⁴ En este contexto, el proyecto plantea diseñar e implementar un prototipo que permita medir los niveles estrés, a partir de la toma de datos de las principales variables fisiológicas afectadas tales como presión arterial, frecuencia cardíaca,

¹² Organización Mundial de la Salud (OMS). (1984). La organización del trabajo y estrés. Disponible en: https://www.who.int/occupational_health/publications/pwh3sp.pdf

¹³ **OMS. Organización Mundial de la Salud.** Enfermedades cardiovasculares. Disponible en: https://www.who.int/cardiovascular_diseases/about_cvd/es/

¹⁴ BALAMBA, Brayan; SACRISTAN, Esteban. Prototipo funcional de un servicio E-Health para monitorear, transmitir y almacenar el estado de la presión arterial de paciente crónicos-hipertensos. Bogotá.2019. Disponible en: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23503/1/DOCUMENTO_FINAL%20E-HEALTH.pdf

respuesta galvánica de la piel y la temperatura corporal, y la toma de datos cualitativos por medio de la aplicación de prueba de estrés (como, por ejemplo, el test EEP-10).

Con base a lo anterior, surge la siguiente pregunta: ¿Cómo realizar una medición confiable del nivel de estrés de la población colombiana?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar un prototipo de un dispositivo electrónico que permita sensor algunas variables fisiológicas corporales para identificar si una persona presenta estrés.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los estudios e implementaciones que se han realizado para medir el estrés de manera cuantitativa y cualitativa.
- Diseñar un sistema electrónico para la medición de estrés implementando instrumentos de medición de frecuencia cardiaca, presión arterial y temperatura.
- Diseñar una base de datos para almacenar los valores obtenidos del sistema electrónico y una prueba de estrés validado por expertos.
- Validar el funcionamiento del prototipo implementado.

1.4 JUSTIFICACION

Las enfermedades cardiovasculares se han convertido en una de las mayores causantes de muertes a nivel mundial. Según cálculos que ha notificado la OMS (Organización Mundial de la Salud), en el año de 2018 aproximadamente 17,5 millones de personas que padecieron esta enfermedad fallecieron, es decir que, el 30% de defunciones en el mundo, fueron a causa de estas. La OMS indica que, en el 2030, cerca de 24 millones de personas fallecerán a causa de enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares.¹⁵

No obstante, el alto peligro que puede conllevar un cuadro de estrés sin tener control alguno aumenta las posibilidades que se lleve derrames cerebrales, tal como lo determinó la investigación realizada en la Universidad del norte, en la cual afirman y demuestran que los altos niveles de adrenalina liberadas en el torrente sanguíneo reducen los niveles de extracción de oxígeno cerebral. Por tanto, las arterias coronarias empiezan a sufrir una leve inflamación provocando un desbalance entre el aporte oxígeno miocardio y un metabolismo anaeróbico miocárdico, el cual se refleja mediante dolor torácico, infarto del miocardio y arritmias.¹⁶

Con base a la investigación de los antecedentes en esta sección, se denota la magnitud de las enfermedades que conllevan los niveles de estrés altos que, sin un tratamiento adecuado puede conllevar a consecuencias a nivel cardiovascular y a nivel de sistema nervioso graves. A causa de esto surge la necesidad de diseñar y construir un prototipo en el cual se pueda captar las variaciones fisiológicas y psicológicas en escenarios de estrés o en su caso, con trastornos de estrés, con el fin de prevenir enfermedades cardiovasculares, cardiopatías, trastornos físicos y mentales que son causados por el estrés.

Partiendo de nuestros antecedentes, la respuesta eléctrica de la piel (respuesta galvánica) se produce debido a una alteración del sistema nervioso, el cual, produce una excitación de las glándulas sudoríparas de la piel generando un aumento en la resistencia de la piel, estudios han destacado la relación entre la señal GSR y algunos estados mentales, como por ejemplo estrés, cansancio y compromiso. El estrés es una de las causas principales de alteración del sistema nervioso, por ende, esta variación de la resistencia de la piel es uno factores que acompañado de otros (frecuencia cardiaca, temperatura de la piel y presión arterial), se podrán relacionar los momentos de estrés y relajación o “estado estable” y encontrar así patrones que nos permitan correlacionar los datos censados y la prueba mencionada anteriormente.

¹⁵ **OMS. Organización Mundial de la Salud.** Enfermedades cardiovasculares. Disponible en: https://www.who.int/cardiovascular_diseases/about_cvd/es/

¹⁶ Kuper, H., Marmot, M. & Hemingway, H. (2002). Systematic review of prospective cohort studies of psychosocial factors in the etiology and prognosis of coronary heart disease. *Semin Vasc Med*, 267-314. Disponible en: [<https://www.redalyc.org/jatsRepo/213/21359522004/index.html>]

1.5 DELIMITACION

Este trabajo de grado está limitado en el diseño e implementación de la fase de medición de las variables fisiológicas, tales como, la conductancia de la piel. Para la medición de la temperatura y la presión arterial se adaptarán dispositivos que ya cumplen con la función mencionada.

Una de las limitaciones que se presentan, es la falta de estandarización de cuadros de estrés, pues no se ha determinado oficialmente por especialistas de la salud física y mental.

No obstante, debido a la situación sanitaria que el mundo está afrontando, la medición a más de 10 personas resulta una falta de responsabilidad social en la prevención al contagio del Covid-19. por ende, las personas a las que se le vaya a realizar la toma de mediciones con el prototipo implementado no pueden superar a las 4 personas. Al usar los equipos médicos se requiere el contacto físico tanto en los instrumentos de medición como en la participación directa en contacto físico de los voluntarios junto con los autores de este trabajo de grado.

1.6 MARCO REFERENCIAL

1.6.1 MARCO TEÓRICO.

1.6.1.1 Estrés

El estrés significa todo tipo de fuerzas que distorsionan el cuerpo humano, y esas fuerzas ponen a las personas en un estado de ansiedad y amenaza cuando enfrentan una situación difícil de manejar física o mentalmente. Las respuestas corporales al estrés incluyen las psicológicas, así como variables físicas o fisiológicas. El sistema que mide las respuestas al estrés es el sistema nervioso autónomo (SNA), que consiste en los sistemas simpático y parasimpático. Las respuestas al estrés son iniciadas por el sistema simpático e incluyen una presión sanguínea elevada, un ritmo cardíaco aumentado y un nivel elevado de glucosa en sangre.¹⁷

1.6.1.2 Respuesta Galvánica de la piel

Se denomina respuesta eléctrica dérmica o resistencia dérmica, la cual se puede medir mediante la sudoración, formando así un conductor natural en la que se caracteriza por

¹⁷ **JAE LEE, WANG.** Stress. Vitamin C in Human health and Disease., DOI= 10.1007/978-94-024-1713-5_8 Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/334998446_Stress

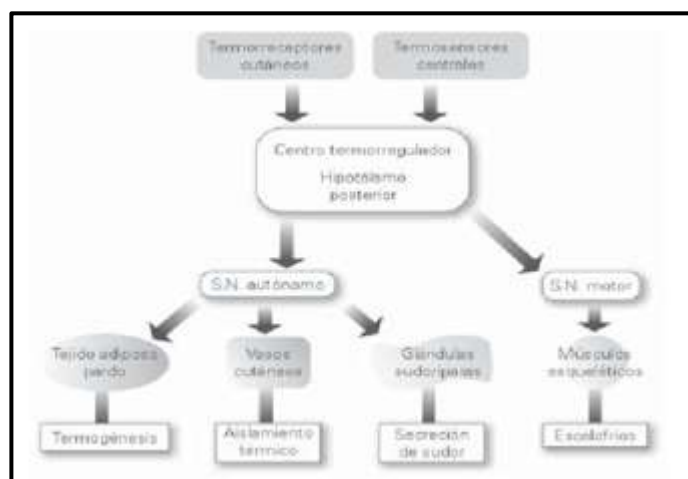
la relación directa que tiene con el SNA (sistema nervioso autónomo), si la rama simpática del sistema nervioso autónomo esa muy excitada, la actividad de la glándula sudorípara también aumenta, lo que a su vez aumenta la conductancia de la piel.¹⁸

1.6.1.3 Sistema Nervioso Autónomo

El sistema nervioso autónomo (SNA) o vegetativo es un componente importante del sistema nervioso constituido por un complejo conjunto de neuronas y vías nerviosas que controlan la función de los diferentes sistemas viscerales del organismo.¹⁹

En la figura 19 se observa la composición a nivel estructural fisiológico el sistema nervioso, modelando los diferentes subniveles y niveles de cada uno, con el fin de determinar el subnivel a detallar y estudiar en este trabajo de grado

Figura 19 Fisiología del sistema nervioso autónomo



Fuente: Navarro, X. (2002, febrero). Fisiología del sistema nervioso autónomo [Ilustración]. Research Gate.

https://www.researchgate.net/publication/331120303_Fisiologia_del_sistema_nervioso_autonomo

¹⁸ Álvarez Ávila, Alejandro; Vázquez Gómez, Lorena; Andrea Sucasas, Andrea. La conductancia de la piel para evaluar el dolor y el estrés durante el cribado de la retinopatía de la prematuridad., Disponible en : https://www.researchgate.net/publication/333952915_La_conductancia_de_la_piel_para_evaluar_el_dolor_y_el_estres_durante_el_cribado_de_la_retinopatia_de_la_prematuridad/citations

¹⁹

1.6.1.4 Hipertensión arterial

La hipertensión, también conocida como tensión arterial alta o elevada, es un trastorno en el que los vasos sanguíneos tienen una tensión persistentemente alta, lo que puede dañarlos. En ocasiones, la hipertensión causa síntomas como dolor de cabeza, dificultad respiratoria, vértigos, dolor torácico, palpitaciones del corazón y hemorragias nasales, pero no siempre. Si no se controla, la hipertensión puede provocar un infarto de miocardio, un ensanchamiento del corazón y, a la larga, una insuficiencia cardíaca.²⁰

1.6.1.5 Apoplejía

Este tipo de enfermedades suceden cuando se produce un derrame a nivel cerebral, ya sea por la obstrucción de una arteria o por la explosión de esta, provocando que la sangre no circule con normalidad, y las células del cerebro mueran por falta de oxígeno, como consecuencia fallando con el desempeño adecuado de las funciones delegadas.

1.6.1.6 Cardiopatías

Se producen por el estrechamiento de los vasos sanguíneos que suministran sangre y oxigenación al corazón. A su vez, estas tienen la siguiente categorización

- Las que producen cortocircuitos izquierda-derecha (paso de sangre de la circulación sistémica a la pulmonar)
- Las que producen obstrucción al flujo sanguíneo,
- Las cardiopatías congénitas cianógenos,²¹

1.6.1.7 Insuficiencia cardíaca (IC)

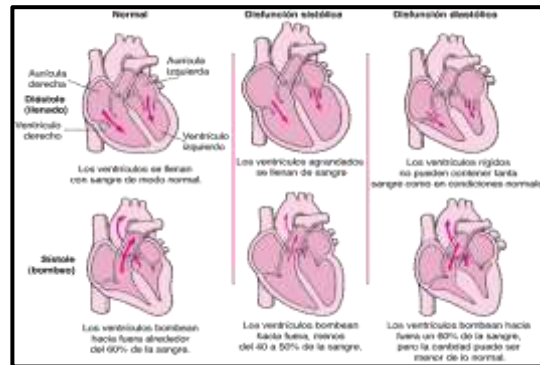
La insuficiencia cardíaca es un síndrome caracterizado por la presencia de síntomas (falta de aire, cansancio, dificultad para respirar tumbado, etc.) y signos de que el corazón no funciona bien (expulsa mal la sangre) y se acumula en las piernas, abdomen, etc. Muchas de las enfermedades del corazón acaban en esta.²² (Ver figura 20)

²⁰ OMS. Organización Mundial de la Salud. Enfermedades cardiovasculares. Disponible en: https://www.who.int/cardiovascular_diseases/about_cvd/es/

²¹ CORIENCE. Plataforma europea independiente sobre cardiopatías congénitas. [Disponible en: <https://www.corience.org/es/cardiopatias/tipos-de-cardiopatias/index.html>]

²² MANUAL MSD. Insuficiencia cardíaca. [Disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es/hogar/trastornos-del-corazón-y-los-vasos-sanguíneos/insuficiencia-cardíaca/insuficiencia-cardíaca>]

Figura 20 Descripción funcional de insuficiencia cardíaca



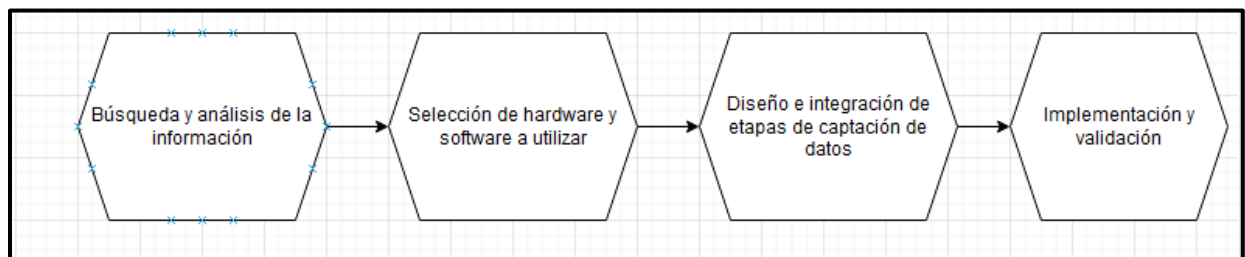
Fuente: Manual Msd Versión para público general. (s. f.). Insuficiencia Cardíaca [Ilustración]. Manual Msd Versión para público general.

<https://www.msdmanuals.com/es/hogar/trastornos-del-coraz%C3%B3n-y-los-vasos-sangu%C3%ADneos/insuficiencia-card%C3%ADaca/insuficiencia-card%C3%ADaca>

1.7 METODOLOGIA

La metodología del trabajo de grado está definida en 3 etapas como muestra el esquema de bloques en la figura 21:

Figura 21 Diagrama de bloques metodología de proyecto



Fuente: Los autores

1.7.1 Búsqueda y análisis de la información

Inicialmente se comienza la búsqueda de información relacionada al tema de estrés, tales como:

- Estrés como enfermedad

- Principales sintomatologías presentadas en cuadros de estrés
- Diagnóstico médico de estrés
- Enfermedades asociadas al estrés
- Investigaciones y desarrollos que se han implementado para medir los niveles de estrés, entre otros temas.

Como resultado de la información recopilada a partir de la búsqueda en bases datos indexadas, sitios web oficiales, libros y reseñas, se hará una descripción detallada de cada una de las soluciones encontradas, identificando las principales características, así las ventajas y desventajas de cada una de las soluciones encontradas. Como resultados de esta etapa se construirá una tabla comparativa de las soluciones encontradas en la que se resaltarán las principales características, tomando en cuenta:

- Objetivo de la investigación
- Variables a medidas
- Implementación realizada
- Validación y resultados.

Las pruebas psicológicas tienen como finalidad, encontrar un resultado por medio de la suma de puntajes que son asignados a cada pregunta que contenga la prueba. Usualmente las pruebas psicológicas pueden abarcar alrededor de 10 – 12 preguntas dependiendo la topología que se vaya a usar:

- Prueba psicológica de admisión académica
- Prueba psicológica de admisión laboral
- Prueba psicológica de comportamiento
- Prueba psicológica de estrés

En nuestro caso la prueba de estrés tiene dos pruebas psicológicas y una psicosomática o sintomatológica. Para el caso de la prueba psicológica existe el DASS-21 y EEP-10, ambas pruebas están certificadas por el ICP (Instituto Colombiano de Psicometría).

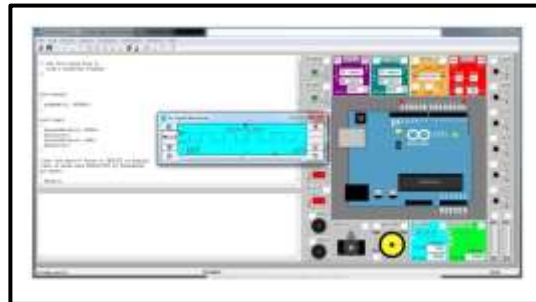
1.7.2 Selección de Hardware y Software para utilizar

Para la selección de materiales a nivel de hardware, es decir, a nivel físico los microcontroladores, sensores, adaptadores entre otros es necesario determinar las

necesidades del sistema en cuanto a los procesos de medición y la capacidad de captación, puertos disponibles, consumo y costos de implementación.

A nivel de implementación de software se requiere de un sistema de base de datos y un servidor web, debido a que la correlación de los datos se realiza a nivel de programación y de niveles de medición contrastados al estrés psicológico y fisiológico. En la figura 22 se muestra un ejemplo de la ejecución de scripts en el software Arduino, el cual es el módulo principal para la ejecución de este trabajo de grado.

Figura 22 Ejemplo Software – Hardware



Fuente: Arduino. (s. f.). Integración de datos vía software Arduino IDE [Ilustración]. Arduino.CC. <https://www.arduino.cc/en/software>

1.7.3 Diseño e Integración de etapas de captación de datos

En esta etapa, se definirán los principales requerimientos del prototipo a realizar, tales como:

- Alta precisión
- Amplia cobertura
- Una visualización práctica y amigable.
- Uso fácil.

Con base a estos requerimientos, se definirán los dispositivos electrónicos que mayor se adapten a nuestro objetivo, equipos biométricos, tarjetas de desarrollo. De la misma manera se determinará el dispositivo que se implementará, el cual será el encargado de procesar los datos obtenidos a partir de microcontroladores (ej. Arduino, Raspberry, Tarjetas de desarrollo Microchip, entre otros). A partir de un test de estrés se realizará un estudio analítico para determinar los efectos del estrés sobre las personas de

manera fisiológica, tal como dolores de cabeza, fatigas musculares, dolores fuertes en el cuello entre otros.

1.7.4 Selección de Hardware y Software

Una vez se haya definido los criterios y requerimiento que el sistema debe contener para cumplir con los objetivos definidos, se crea la lista de materiales a nivel de hardware y software a utilizar para realizar la implementación total del sistema.

La selección a nivel de hardware debe contener tecnología que se adaptable a la portabilidad en una extremidad superior (las muñecas o la parte superior del brazo), puesto que las mediciones que tengan.

1.7.5 Validación del prototipo

En la etapa final del trabajo de grado se integrará cada una de las fases mencionadas anteriormente, conformado por un sistema de medición de obtención de datos y un sistema de tratamiento de información el cual indicará la presencia de estrés es una persona. Posteriormente la validación del prototipo se realizó en la ciudad de Bogotá, convocando a una población de 3 personas, este límite de personas fue debido a la pandemia que se enfrenta actualmente a nivel mundial.

1.8 DISEÑO METODOLOGICO

1.8.1 Búsqueda y análisis de la información

Por medio de las bases de datos científicas de Scopus, Science Direct, Scielo y Redalyc, se realiza la consulta de tesis, artículos, revistas y documentos que tengan temas de estrés asociados a una medición por medio fisiológica y también por medio de psicología implementada a encuestas y trabajos de especialistas de la salud mental. (Ver figura 23)

Figura 23 Scopus y Science Direct, bases de datos científicas



Fuente: ELSEVIER SciTech Connect. (2017, 25 octubre). 8 Tips for Finding Open Access Content on ScienceDirect and Scopus [Ilustración].

<http://scitechconnect.elsevier.com/8-tips-finding-open-access-sciencedirect-scopus/>

Del mismo modo se validaron todos los dispositivos que tengan la tecnología de medición más comunes como lo son pulso cardiaco, oximetría y variables físicas que comúnmente son medibles para deportistas de alto rendimiento o relojes inteligentes de uso casual.

Se investiga la tecnología de grandes marcas como Samsung, Garmin, Huawei y Apple que son los pioneros en tecnología de deporte, comodidad y accesibilidad en las mediciones de las variables que se catalogaron como perceptibles al estrés. Se realiza una tabla comparativa de cada dispositivo para la evaluación de las prestaciones y de los sensores que tienen equipado cada uno de ellos.

1.8.2 Selección de Hardware y Software para utilizar

En esta sección se realiza la búsqueda de tarjetas de desarrollo, módulos, sensores a utilizar dispositivos comerciales que ya realizan las mediciones con el fin de integrarlos al sistema. La integración de módulos, sistemas y dispositivos en la actualidad colabora al avance de nuevas y poderosas innovaciones en los mercados tecnológicos en cada una de las áreas de la ciencia y la vida diaria, en la figura 24 da a conocer el esquema de integración actual, basado en sistemas de conectividad local y almacenamiento en la nube (Ej. iCloud, Google Drive, Claro Cloud entre otros)

Figura 24 Ejemplo de Integración de dispositivos y plataformas



Fuente: SocialGround. (s. f.). Integración de páginas y sistemas [Ilustración]. Páginas web profesionales para cada uno. <https://socialground.eu/es/oferta/integracion-de-paginas-y-sistemas/>

De igual manera se escoge el software necesario para crear una base de datos y el servidor web localmente con el fin de almacenar y realizar consultas de los datos que el sistema toma de los sensores y dispositivos integrados.

Una de las maneras es realizar la búsqueda de servidores locales por medio de WAMPP o XAMPP o LAMPP que son servidores locales que son comúnmente utilizados en desarrollos web (Véase en la figura 25)

Figura 25 Servidores WAMPP y XAMPP



Fuente: Instalar WAMM o XAMPP. (s. f.). [Ilustración]. Servicios Web. <https://no-minus.com/instalar-wamp-xamp/>

Otra de las maneras son implementar servidores por separado, realizando las conexiones por medio de conectores de bases de datos e integraciones a aplicaciones como Excel, MySQL u Oracle. Para estas implementaciones de tipo local se realiza el desarrollo por medio de XAMP ya que cuenta con los conectores de MySQL y PHP para realizar la programación, creación y consulta sobre la base de datos y funciones por PHP.

1.8.3 Diseño e Integración de etapas de captación de datos

Para el diseño e integración de datos se realiza la siguiente subdivisión:

1.8.3.1 Recepción de datos

En esta subdivisión se realiza todo el envío de datos de los sensores y dispositivos a integrar, con el fin de poder visualizar los datos que se muestran en las pantallas LCD de los dispositivos en el monitor serial del sistema. Para ello es necesario realizar la implementación del osciloscopio del software Proteus y mediante los pines analógicos que brinda la tarjeta de desarrollo Arduino validar los comportamientos de cada pin de envío de los dispositivos: termómetro digital y tensiómetro.

1.8.3.2 Tratamiento de datos

Para el tratamiento de los datos, se realiza el almacenamiento y envío de los datos al servidor con el fin de tener los registros de las mediciones realizadas en la base de datos y poder consultarlos. Para ello se implementa el controlador de MySQL con el

módulo Wifi para Arduino, con el fin de tener conexión de la base de datos y el sistema de medición.

1.8.3.3 Correlación de datos

La implementación de una encuesta de sintomatologías y el sistema de medición realiza la correlación de los datos para determinar los niveles de estrés y poder brindar al usuario información verídica y confiable.

1.8.4 Validación del prototipo

En la etapa final del trabajo de grado se integrará cada una de las fases mencionadas anteriormente, conformado por un sistema de medición de obtención de datos y un sistema de tratamiento de información el cual indicará la presencia de estrés una persona.

1.9 IMPACTO Y RESULTADOS ESPERADOS

Actualmente el estrés es un tema común en investigaciones psicológicas, fisiológicas y laborales, debido a las condiciones ambientales, sociales, personales y económicas a las que nos enfrentamos cotidianamente, en las cuales se hacen presentes diferentes eventos que pueden considerarse estresantes. Por ello, es importante saber identificar adecuadamente la presencia de estrés. En el estrés laboral existen desencadenantes que están ligados específicamente al desempeño de una profesión.

El trabajo en hospitales ha sido considerado como una fuente estresante, porque implica estar continuamente en contacto con el dolor y a menudo con la muerte. La competitividad laboral, cargas de trabajo y las tensiones a la que se somete el profesional de enfermería, desequilibran su sistema nervioso provocando un estado de ansiedad. Esto, a su vez, desencadena un descontrol de las emociones y se convierte en la causa de enfermedades psicosomáticas como úlceras gástricas, aumento del colesterol, hipertensión arterial, comportamientos agresivos entre otras.

Poder realizar un monitoreo preventivo de las variables que se ven afectadas a causa de estrés, a través de un sistema que me determine los niveles de estrés ya sean leves o sean elevados, pueda generar alarmas y recomendaciones al usuario, contribuye con los grandes programas de la salud como lo es la Organización Panamericana de Salud y la Organización Mundial de la Salud ante problemáticas de la hipertensión, Diabetes y distorsiones psicológicas que pueden generar estos excesos de estrés

2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

2.1 MATERIALES

Para la implementación del circuito electrónico del sistema de medición de estrés se requieren los siguientes componentes:

2.1.1 Arduino MEGA 2560

El Arduino Mega es probablemente el microcontrolador más capaz de la familia Arduino. Posee 54 pines digitales que funcionan como entrada/salida; 16 entradas análogas, un cristal oscilador de 16MHz, una conexión USB, un botón de reset y una entrada para la alimentación de la placa.²³ (Ver figura 26)

Figura 26 Arduino Mega 2560



Fuente: AG Electrónica. (s. f.). MB0014: OEM ARDUINO MEGA 2560 [Ilustración]. AG información. <http://www.agspecinfo.com/pdfs/M/MB0014.PDF>

La elección del microcontrolador se debe a que cuenta con más opciones de entradas analógicas y de puertos seriales para facilitar las conexiones mediante sistemas de comunicación inalámbrica como lo es el bluetooth y Wifi. En la Tabla 2 se puede observar las características de los microcontroladores de la familia Arduino.

²³ AG ELECTRÓNICA. MB0014: OEM ARDUINO MEGA 2560. Disponible en: [<http://www.agspecinfo.com/pdfs/M/MB0014.PDF>]

Tabla 2. Características microcontroladores Arduino

	Arduino UNO	Arduino Leonardo	Arduino Mega	Arduino DUE
Microcontrolador	ATmega328P	ATmega32u4	ATmega2560	AT91SAM3X8E
Cantidad de Pines Análogos	6	12	6	12
Cantidad de Pines Digitales	14	20	54	54
Memoria Flash	32 KB	32 KB	256 KB	512 KB
SRAM	2 KB	2.5 KB	8 KB	96 KB
EEPROM	1 KB	1 KB	4 KB	No se especifica en la ficha técnica
Velocidad de Reloj	16 MHz	16 MHz	16 MHz	84 MHz

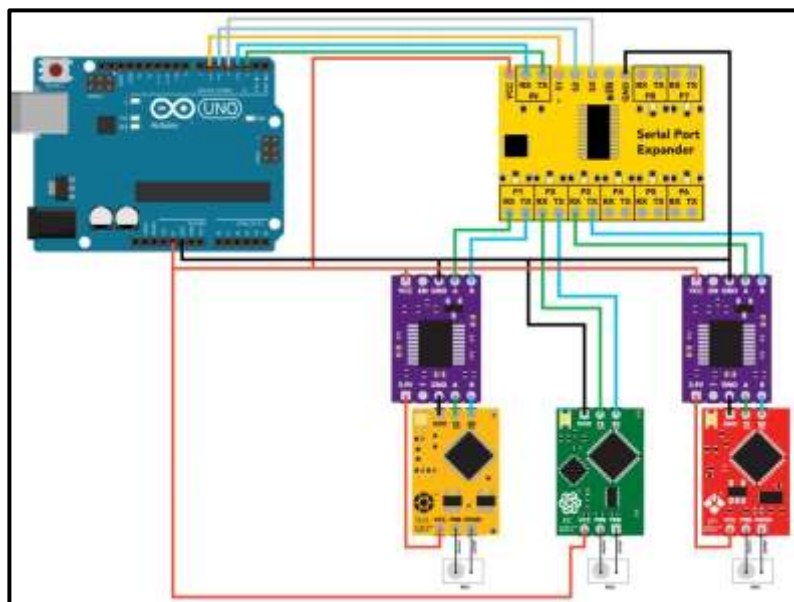
Fuente: Los autores

La elección del microcontrolador se basa en los siguientes requerimientos:

- El sistema debe contener 3 puertos seriales para las comunicaciones inalámbricas de los sensores.
- Tener la capacidad de tener el puerto de recepción y transmisión (RX/TX) no serial, para realizar el envío de datos por medio Wifi a la base de datos que almacena la información de los sensores.
- Brinda la información por medio de una LCD de Crystal para la información de las mediciones realizadas.

De acuerdo con lo mencionado el anteriormente, el Arduino Uno y Arduino Leonardo no cuentan con la incapacidad de pines digitales, ya que al adaptar la pantalla LCD ocupan aproximadamente 9 pines, sin contar los pines requeridos para los módulos bluetooth ya que se toman serial, y el módulo Wifi que ocupa otros 3 pines.

Figura 27 Método de ampliación de puertos seriales



Fuente: Arduino. (s. f.-b). Método de ampliación de puertos seriales [Ilustración]. ProjectHub. <https://create.arduino.cc/projecthub/atlas-scientific>

En la figura 27, se muestra una de las posibilidades de usar el Arduino Uno para realizar múltiples conexiones por puertos seriales; por ejemplo: Adaptaciones de Tarjetas Ethernet, Módulos Wifi, Sensores de propósito simple o multipropósito, entre otros. Esto es posible adaptar por medio de un módulo de ampliación de puertos seriales, sin embargo, a pesar de que es un buen método para continuar con el uso de este Arduino, la eficiencia del microcontrolador puede disminuir, aumenta en forma el dispositivo a implementar y aumenta el costo de adquisición del módulo.

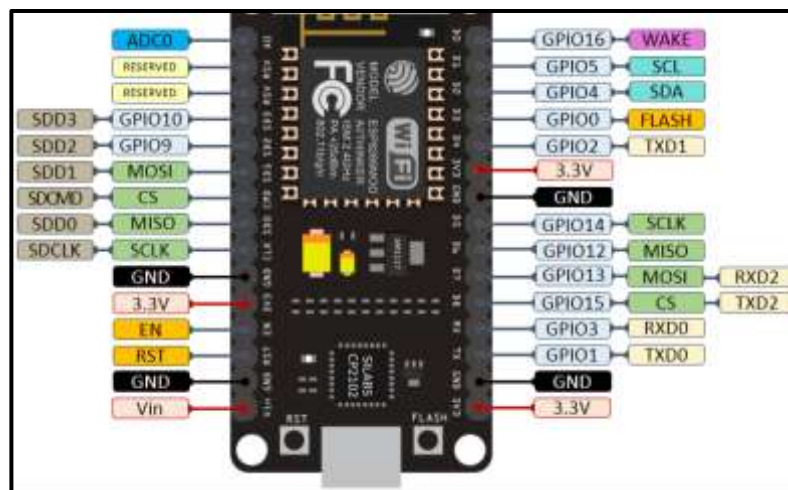
El Arduino Mega indica que tiene 54 pines de los cuales 8 son definidos desde fábrica como puertos seriales, 14 pines de los cuales son de doble funcionalidad, es decir, puede ser configurado como puertos analógicos de entrada o puertos digitales, dependiendo la programación y el uso que requiera para dichos puertos.

2.1.2 Módulo Wifi ESP8266

El módulo ESP8266EX ofrece una solución de red Wifi completa y autónoma; se puede utilizar para alojar la aplicación o para descargar funciones de red Wifi desde otro procesador de aplicaciones. Cuando ESP8266EX se aloja en la aplicación, se inicia directamente desde una memoria flash externa. Este cuenta con caché integrado para mejorar el rendimiento del sistema en este tipo de aplicaciones. Alternativamente, al funcionar como un adaptador Wifi, el acceso inalámbrico a Internet se puede agregar a

cualquier diseño basado en microcontroladores con conectividad simple (interfaz SPI / SDIO o I2C / UART). ESP8266EX es uno de los chips Wifi más integrados de la industria; integra los interruptores de antena, balun de RF, amplificador de potencia, amplificador de recepción de bajo ruido, filtros, módulos de administración de energía, requiere un mínimo de circuitos externos, y toda la solución, incluido el módulo frontal, está diseñada para ocupar un área de PCB mínima.²⁴ (Ver figura 28)

Figura 28 Módulo Wifi ESP8266



Fuente: Espressif systems IOT team. (s. f.). [Ilustración]. Wifi Shield ESP8266. <https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/2471/0A-ESP8266>

El módulo Wifi nos será de utilidad al momento de conectar el microcontrolador con el motor de base de datos MySQL donde se encuentran la base diseñada para almacenar la información de los sensores. En el apartado de implementación se describe el proceso de conexión vía JavaScript y comandos SQL para la conexión entre la base de datos y el módulo Wifi.

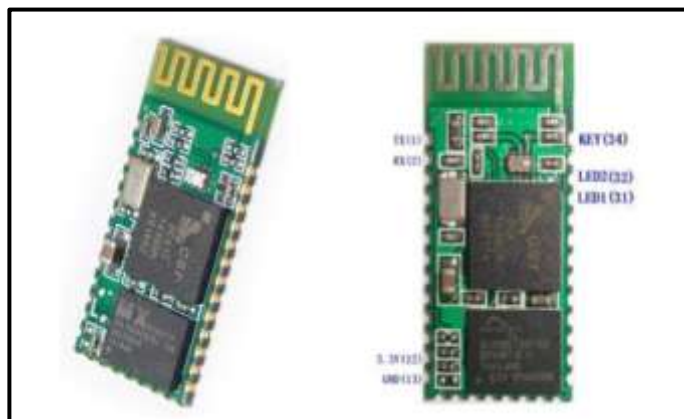
2.1.3 Módulo Bluetooth HC-05

El módulo de bluetoothHC-05 es el que ofrece una mejor relación de precio y características, ya que es un módulo Maestro-Esclavo, quiere decir que además de recibir conexiones desde una PC o Tablet, también es capaz de generar conexiones hacia otros dispositivos bluetooth. Esto nos permite, por ejemplo, conectar dos módulos

²⁴ Espressif Systems IOT Team. ESP8266EX_Datasheet. Disponible en: https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/2471/0A-ESP8266_Datasheet_EN_v4.3.pdf]

de bluetooth y formar una conexión punto a punto para transmitir datos entre dos microcontroladores o dispositivos.²⁵ (Ver figura 29)

Figura 29 Módulo HC-05



Fuente: SIGMA Electrónica. (s. f.). Bluetooth HC-05 [Ilustración]. Catálogo de productos. <https://www.sigmaelectronica.net/>

2.1.4 Termómetro Certificado LANDWIND LW-FT118

El termómetro infrarrojo utiliza tecnología infrarroja avanzada para mostrar lecturas precisas en un segundo. Con solo un botón, puede medir la temperatura en cualquier momento y en cualquier lugar. Cuando la temperatura es superior a 37.8 °C, el termómetro emitirá una alarma durante la medición. (Ver figura 30)

Una de las grandes virtudes de los sistemas de medición de temperatura por infrarrojo, es la rápida respuesta, el resultado de medición oscila entre los 2,5 a 3 segundos. Esta tecnología se ha implementado en los grandes dispositivos de relojes inteligentes (Smartwatch) que entregan resultados en tiempo real y realizando monitoreo continuo de temperatura por medio de infrarrojos.

²⁵ SIGMA ELECTRONICA. HC-05 Ficha Técnica. Disponible en [\[http://www.sigmaelectronica.net/manuals/HOJA%20REFERENCIA%20TARJETA%20HC-05%20ARD.pdf\]](http://www.sigmaelectronica.net/manuals/HOJA%20REFERENCIA%20TARJETA%20HC-05%20ARD.pdf)

Figura 30 Termómetro Infrarrojo LANDWIND



Fuente: Technology&System. (s. f.). Termómetro LANDWIND LW-FT118 [Ilustración]. Termómetro LANDWIND LW-FT118. <https://fptecnologi.com/producto/termometro-landwind-lw-ft118/>

2.1.5 Termómetro genérico

El termómetro digital electrónico es de uso Universal para toda la familia, también es ideal para los niños. Comúnmente es utilizado para controlar midiendo continuamente con este Termómetro Digital que nos indica que tan alta puede tener la temperatura y así poder proceder de la manera más apropiada para proteger la salud de sus hijos y la propia. Mide rápidamente la temperatura en recién nacidos niños y adultos dos veces más rápido que los termómetros convencionales. Utiliza un microchip con sensor de punta altamente sensible y preciso para uso en boca, bajo el brazo y rectal. Lectura segura y cómoda de la temperatura corporal. Diseño impermeable con la comodidad y seguridad, aprobado por profesionales. Funcionamiento con un botón. Alarma de fiebre y aviso de medición de terminación, auto prueba automática. El termómetro es diseñado

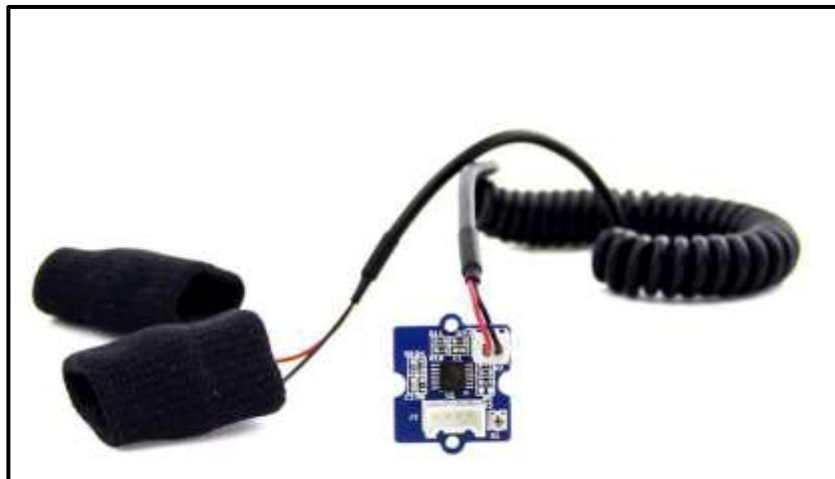
con punta suave y flexible, lo que garantiza que no radiará o rozará la delicada piel del bebé cuando esté tomando su temperatura.²⁶

2.1.6 Grove GSR Sensor

El sensor GSR (Galvanic Skin Response), realiza las mediciones de variación de la resistencia que produce la piel en cualquier escenario. Las emociones fuertes pueden provocar un estímulo en el sistema nervioso simpático, lo que resulta en que las glándulas blanquecinas secreten más secreciones. Grove - GSR le permite detectar emociones tan fuertes simplemente uniéndolos a dos dedos de una mano. Este tipo de sensores han sido implementados en proyectos como lo son actividades del sueño, monitoreo y estudios de colesterol. (Ver figura 31)

Advertencia El sensor Grove-GSR mide la resistencia de las personas, NO la conductividad.

Figura 31 Sensor Grove (Sensor de respuesta galvánica)



Fuente: Seed - The IoT Hardware Enabler. (s. f.). Grove - GSR sensor [Ilustración]. Biomedical Sensors. <https://www.seeedstudio.com/Grove-GSR-sensor-p-1614.html>

Este sensor cuenta con los terminales Grove adaptados, lo que facilita su conexión y permite un rápido reemplazo de la pieza en caso de que se presenten fallas en las terminales o en el módulo. A continuación, en la tabla 3 se da a conocer las características electrónicas del sensor:

²⁶ Insumédicos del Valle. Termómetro Digital con punta flexible. Disponible en: [<https://insumedicosdelvalle.com/equipos-medicos/termometro-digital-para-bebe/>]

Tabla 3 Especificaciones Técnicas Grove GSR Sensor

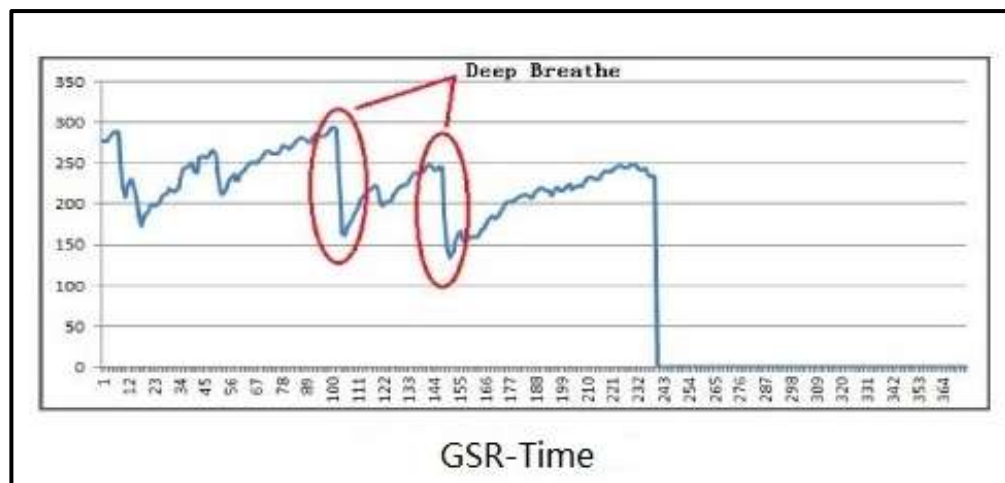
Parámetros	Valor/Rango
Voltaje Operación	3.3 V
Sensibilidad	Ajustable por medio de potenciómetro o puente Wingston
Señal de Entrada	Resistencia
Señal de Salida	Voltaje, Lectura Análoga
Material de Contacto	Níquel

Fuente: Seed - The IoT Hardware Enabler. (s. f.-b). Grove - GSR Sensor [Tabla].
Grove - GSR Sensor Specification.

https://raw.githubusercontent.com/SeeedDocument/Grove-GSR_Sensor/master/res/Grove-GSR_Sensor_WiKi.pdf

El sensor requiere de la activación de las glándulas sudoríparas, uno de los métodos de activación es la respuesta del sistema nervioso parasimpático en situaciones de estrés o adrenalina en el cuerpo.

Figura 32 Respuesta del sensor de respuesta galvánica de la piel (resistencia de la piel vs actividad del sueño)



Fuente. Seed - The IoT Hardware Enabler. (s. f.-b). Grove - GSR Sensor [Ilustración].
Grove - GSR Sensor Specification.

https://raw.githubusercontent.com/SeeedDocument/Grove-GSR_Sensor/master/res/Grove-GSR_Sensor_WiKi.pdf

En la figura 32, se muestra por medio de un monitor serial brindado por el fabricante del sensor, la respuesta galvánica percibida por el sensor durante varias horas de monitoreo. Esta respuesta se obtuvo mediante el estudio de sueño realizado como prueba de monitoreo correcto del GSR (Respuesta Galvánica de la Piel) captado por el

sensor. En la gráfica se observan los picos descendentes que se señalan en rojo, estos picos corresponden a la actividad de la piel mientras el paciente se encontraba en reposo, es decir, dormido. La demás actividad ascendente son las respuestas que tenía en situaciones distintas al sueño, como despertarse, o pesadillas.

2.1.7 Tensiómetro digital

El tensiómetro digital es un aparato semiautomático que permite medir la presión arterial sistólica y diastólica y el pulso, de forma rápida y fiable, mediante un método de medición oscilométrica. El aparato ofrece una exactitud de medición muy alta y clínicamente comprobada, y ha sido diseñado para proporcionar un máximo de sencillez en su utilización. El diseño de palma proporciona el manejo cómodo y buena visibilidad de lecturas durante las mediciones.²⁷

En el mercado se encuentra variedad de tensiómetros que nos pueden garantizar la medición de nuestra tensión en valores de diastólica y sistólica, sin embargo, no todos los dispositivos del mercado brindan la posibilidad de obtener los datos de otra manera para poder tratar esa información que nos brinda el dispositivo. De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se realiza la comparación entre 3 dispositivos del mercado:

2.1.7.1 Tensiómetro CK de muñeca genérico

Como primer dispositivo para la toma de tensión, se toma un tensiómetro genérico (Ver figura 33) que se puede encontrar fácilmente en droguerías del sector y que es de bajo costo. Con el fin de poder realizar una comparación entre las medidas que puede ofrecer un dispositivo genérico con uno totalmente certificado, además compararlo con un dispositivo de medición de tensión de la parte superior del brazo.

²⁷ TENSIOMETRO SEMIAUTOMATICO DIGITAL. SAN_UP. Manual de Instrucciones BP3AS1-2. Disponible en: [<https://d3lfzbr90tctqz.cloudfront.net/epi/resource/r/tensiometro-san-up-702/4de488a33a6751a84d56c8d17ebd77152072a484dd54d561c87d8ab191e73ee7>]

Figura 33 Tensiómetro CK de muñeca genérico



Fuente. Linio. (s. f.). Tensiómetro de muñeca digital [Ilustración]. Tensiómetro de muñeca digital. <https://www.linio.com.mx/p/eh-tensiometro-de-mun-eca-digital-blanco-vd5qdc>

2.1.7.2 Tensiómetro de muñeca BPW1 Basic

El Microlife W1 Basic es un tensiómetro automático de muñeca con indicador de posicionamiento LED, que ayuda al paciente a encontrar la posición correcta de la muñeca para una lectura precisa de la tensión arterial. Además, está equipado con tecnología IHB para el reconocimiento temprano de arritmias cardíacas y registra hasta 60 valores de medición.²⁸ (Ver figura 34)

Figura 34 Tensiómetro W1 Basic



Fuente: microlife. (s. f.). BP w1 basic tensiómetro de muñeca con la tecnología IHB [Ilustración]. Dispositivos de muñeca. <https://www.microlife.es/consumer-products/tensiometros/wrist-devices/bp-w1-basic>

²⁸ BP W1 Basic, Tensiómetro de muñeca con la tecnología IHB. Microlife “A partner for people. For life”. Disponible en: [<https://www.microlife.es/consumer-products/tensiometros/wrist-devices/bp-w1-basic>]

El dispositivo W1 Basic, cuenta con la certificación clínica del protocolo BHS (Sociedad Británica de Hipertensión) lo cual garantiza que superan las pruebas de validación y que demuestran la precisión y eficiencia a la hora de realizar mediciones de presión arterial.

2.1.7.3 Tensiómetro para parte superior del brazo

El modelo para principiantes BP B2 Basic de Microlife proporciona todas las características importantes que necesita para medir la tensión arterial de forma fiable y precisa: Memoria de 30 datos para el seguimiento a largo plazo de su nivel de tensión arterial, tecnología PAD para la detección de arritmias y la nueva función "Comprobación del ajuste del manguito" que garantiza que el manguito esté correctamente colocado en la parte superior del brazo.²⁹ (Ver figura 35)

Figura 35 Tensiómetro BP B2 Basic



Fuente: microlife. (s. f.). BP B2 basic tensiómetro de muñeca con la tecnología IHB [Ilustración]. Dispositivos de muñeca. <https://www.microlife.es/consumer-products/tensiometros/wrist-devices/bp-w1-basic>

Los dispositivos de medición de tensión que utilizan la parte superior del brazo como ubicación para realizar la toma de tensión, cuentan con una tecnología y una precisión mayor a la que se obtiene de un dispositivo de muñeca. Los dispositivos por encima del brazo cuentan con la detección de arritmias cardíacas y mayor respuesta en los tiempos de toma de datos. Se realiza la toma de presión arterial con los 3 dispositivos mencionados antes, posteriormente se visualizan en la tabla 4 para analizar los diferentes datos obtenidos en la medición.

²⁹ BP B2 Basic, Tensiómetro para la parte superior del brazo con tecnología IHB. Microlife "A partner for people. For life". Disponible en. [<https://www.microlife.es/consumer-products/tensiometros/upper-arm-automatic/bp-b2-basic>]

Tabla 4 Mediciones Tensiómetro Genérico vs Tensiómetros Certificados

	Tensiómetro de muñeca Genérico	Tensiómetro de muñeca BP W1 Basic	Tensiómetro BP B2 Basic
Diastólica	66 mmHg	59 mmHg	60 mmHg
Sistólica	102 mmHg	107 mmHg	90 mmHg
Pulso/Mi n	82 lpm	60 lpm	70 lpm

Fuente. Los autores

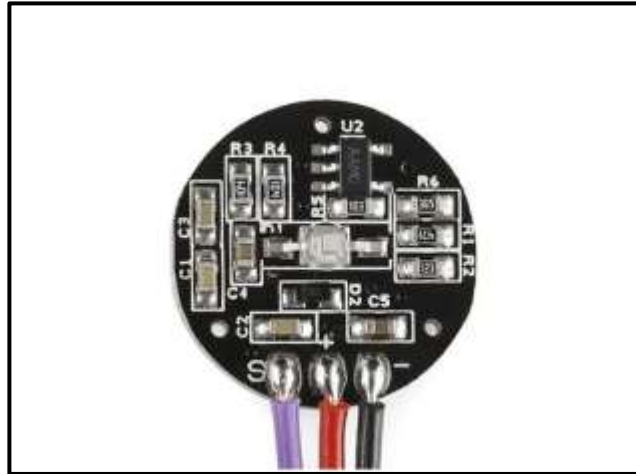
En la tabla 4 se observa los resultados de las diferentes tomas de tensión arterial, como se mencionaba anteriormente tiene más precisión los dispositivos que son tomados por la parte superior del brazo, debido a su dinamismo y a su posición, y su vez por las normas y pruebas a la cual está sometido por el protocolo BHS. Sin embargo, en cuestiones de movilidad y comodidad para el usuario y los intereses del trabajo de grado, no cumple con los requisitos. Al momento de realizar las mediciones, el usuario tiene que contar con la ayuda de otra persona para posicionar el tensiómetro correctamente, y no cuenta con una movilidad amplia.

En este caso lo más adecuado y óptimo es usar el tensiómetro de muñeca, ya que es más práctico, móvil y de fácil uso. No obstante, el tensiómetro certificado de Microlife, no permite tomar los datos de tensión para poder procesarlos al Arduino. De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se utiliza el tensiómetro de muñeca genérico ya que cuenta con el pin visible de datos y de fácil obtención.

2.1.8 Sensor de pulso cardiaco

El sensor de pulso Amped es un sensor de frecuencia cardíaca que solo basta conectarlo para usarlo (plug-and-play) para Arduino. (Ver figura 36) Puede ser usado por estudiantes, artistas, deportistas, fabricantes, desarrolladores de juegos y aplicaciones móviles que quieran incorporar fácilmente los datos de la frecuencia cardíaca en vivo en sus implementaciones. En esencia combina un simple sensor de frecuencia cardíaca óptica con amplificación, y un circuito de cancelación de ruido haciendo que las lecturas de pulso sean fiables, fáciles y rápidas de obtener. Además, necesita solo 4 mA de corriente a 5 V, lo que lo hace ideal para aplicaciones móviles.

Figura 36 Sensor de pulso cardíaco



Fuente. Dualtrónica. (s. f.). Sensor de ritmo - pulso Cardíaco [Ilustración]. Sensor de ritmo - pulso Cardíaco. <https://dualtronica.com/sensores/311-sensor-de-ritmo-pulso-cardiaco.html>

3. DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO.

El sistema de monitoreo y medición de variables de estrés cuenta con dos ramas de medición: La medición por medio de variables fisiológicas y valores psicológicos asociados al estrés.

El usuario está sujeto a las dos mediciones por medio de la interfaz web y la interfaz de microcontrolador para la medición, con el fin de brindar niveles de estrés verídicos y acertados.

3.1 Captación datos biométricos

En la sección de captación de datos biométricos, se realizarán varias mediciones fisiológicas por medio de los sensores que fueron implementados para la toma de datos de las variables que son afectadas a los cambios de estrés. La temperatura, tensión arterial y el pulso cardiaco son medidos en simultaneo, es decir, se pueden realizar las 3 mediciones al tiempo. La figura 37 es un ejemplo de la toma de datos de sudoración, donde se requiere que los sensores de temperatura, pulso y tensión estén detenidos, debido a un error que se produce en las medidas, por ende, la medida de sudor se realiza 10 segundos después de haber realizado la medición sobre las demás variables.

Una vez el sistema realiza todo el proceso de medición de las variables mencionadas, se realiza el envío a la base de datos localizada en un servidor local (computador portátil autores) y allí se almacenan hasta completar el proceso de medición psicosomático.

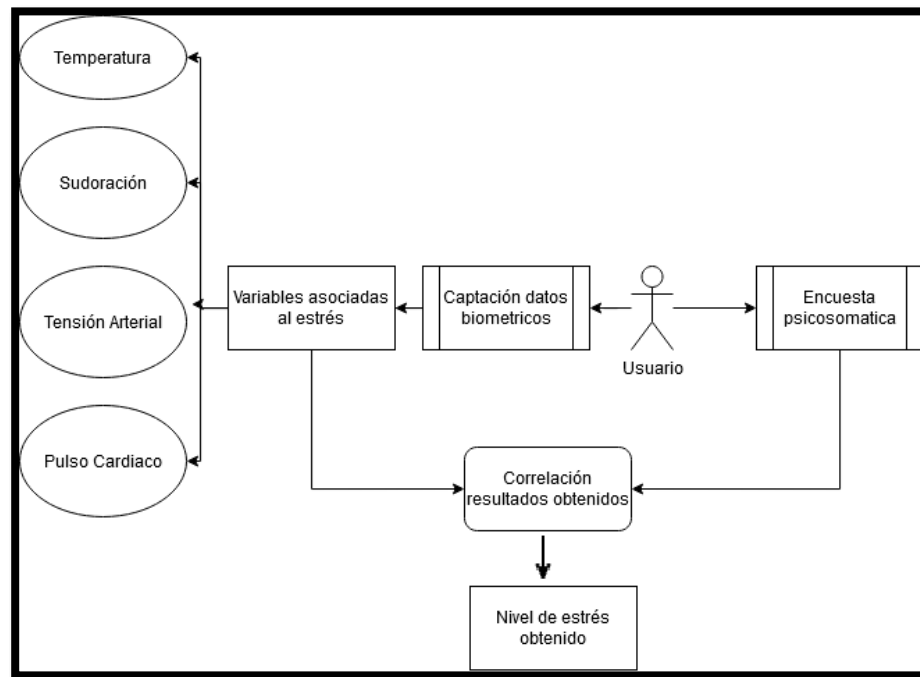
Figura 37 Toma de temperatura y sudor



Fuente: Saludigital. (2020, 14 marzo). Un sensor corporal para medir los electrolitos del sudor [Ilustración]. Innovación Electrónica.

https://www.consalud.es/saludigital/193/sensor-corporal-medir-electrolitos-sudor_74677_102.html

Figura 38 Esquema funcionamiento sistema de medición de estrés



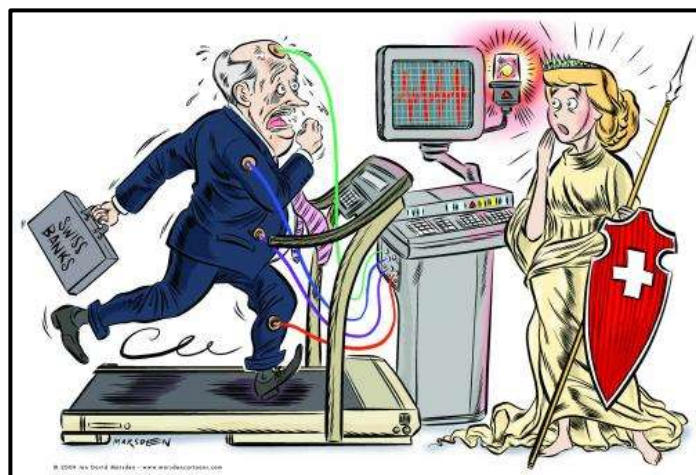
Fuente: Los autores

El esquema de funcionamiento que se visualiza en la figura 38, explica el proceso de captación, medición y almacenamiento de los datos psicosomáticos obtenidos del paciente/usuario.

3.2 Encuesta Psicosomática

En esta etapa del sistema, se recopila información de los niveles de estrés que percibe el usuario por medio de una encuesta psicosomática, la cual nos permite percibir las sensaciones físicas del usuario. Esto permite que el sistema interactúe con el usuario de tal manera que pueda recopilar más información y llevar registros de monitoreo. (Ver figura 39)

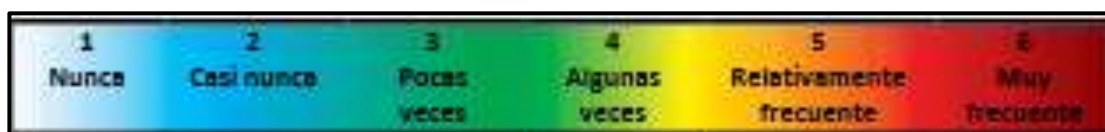
Figura 39 Caricatura que demuestra el estrés laboral



Fuente: ¿Qué es un test de estrés ? ¿Servirá para algo? (2011, 14 julio). [Ilustración]. El Paniol. <http://elpaniol.blogspot.com/2011/07/que-es-un-test-de-estres-servira-para.html>

Para los niveles psicosomáticos se realiza una escala de medición:

Figura 40 Escala de medición de estrés psicosomática



Fuente: IMSS. (s. f.). *Escala de medición de estrés psicosomática* [Ilustración]. Escala de medición de estrés psicosomática.

<http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/salud/estreslaboral/Test-Estres-Laboral.pdf>

A partir de esta escala de medición de la figura 40, se realiza la correlación de los datos fisiológicos con los psicológicos. Y se entrega al usuario los niveles de estrés percibidos de manera asertiva y verídica.

4 IMPLEMENTACION.

4.1 PROCEDIMIENTOS REALIZADOS

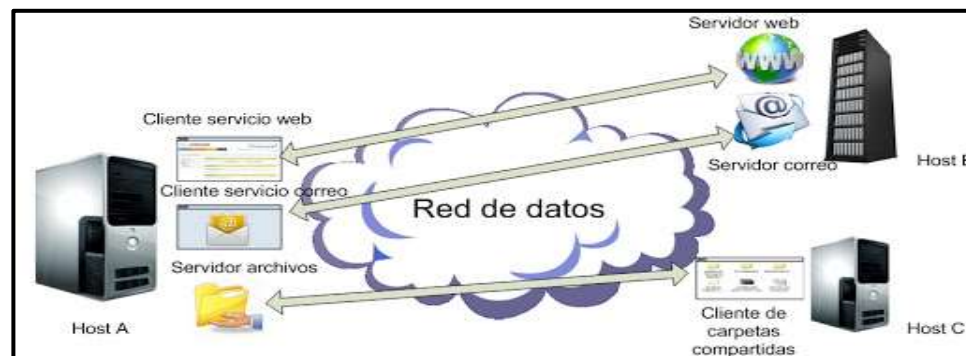
En el diseño del sistema de monitoreo de estrés, se plantea la capacidad de almacenamiento y visualización de los datos capturados por los sujetos a quienes se practica la medición fisiológica, a partir de lo anterior la implementación del sistema consta de 4 fases:

- Diseño y construcción Base de datos
- Diseño y construcción Test EEP
- Diseño e implementación de Dispositivo de medición de estrés
- Integración Test EEP – Dispositivo de medición de estrés

4.1.1 Diseño y Construcción Base de Datos

En esta primera fase, el diseño de la base de datos se basó en los sistemas cliente-servidor, con el fin de poder diversificar el bus de información que realiza cada aplicación, plataforma, integraciones, entre otras, con el fin de que los clientes no tengan una sobrecarga. La arquitectura de este sistema permite que la capacidad de los procesos este dividida entre los clientes y los servidores, otorgando la centralización de gestión de la información y la separación de procesos, facilitando y otorgando los diseños del sistema.³⁰ (Ver figura 41)

Figura 41. Sistema Cliente – Servidor



Fuente: Redes Telemáticas. (2017, 4 septiembre). [Ilustración]. El modelo cliente-servidor en las redes de datos. <http://redestelematicas.com/el-modelo-cliente-servidor-en-las-redes-de-datos/>

³⁰ MARINI, Emiliano. EL MODELO CLIENTE/SERVIDOR. 2012. Disponible en: [https://www.linuxito.com/docs/el-modelo-cliente-servidor.pdf]

Partiendo de la figura 41, el sistema diseñado es local, es decir, el servidor de base de datos y el motor de servicios web se encuentra en nuestra máquina, en el cual se puede hacer la intervención en el uso de máquinas virtuales o aprovechar los recursos de conectividad de los software de bases de datos que existen en la actualidad tales como MySQL, Oracle, Microsoft Azure, con interfaces web.

El sistema Cliente/ Servidor consta de 2 componentes:

- **Software de Servidor**

Este tiene como función almacenar y manejar las bases de datos del sistema cliente-servidor, cada servidor requiere un sistema manejador de bases de datos (DBMS) como Mysql que se instala en nuestro computador

- **Software Cliente**

La aplicación que trabaja para solicitar información al servidor. Este software puede ser desarrollado por ejemplo. En nuestro caso, el sistema cliente es nuestro arduino.

Se requiere descargar el software de Base de Datos MySQL que brinda un servidor de base de datos, lo cual facilita realizar la conexión entre dispositivos o servidores externos a la red. Dicho software puede descargarse en la fuente de la figura 42.

Figura 42 Software Base de Datos MySQL



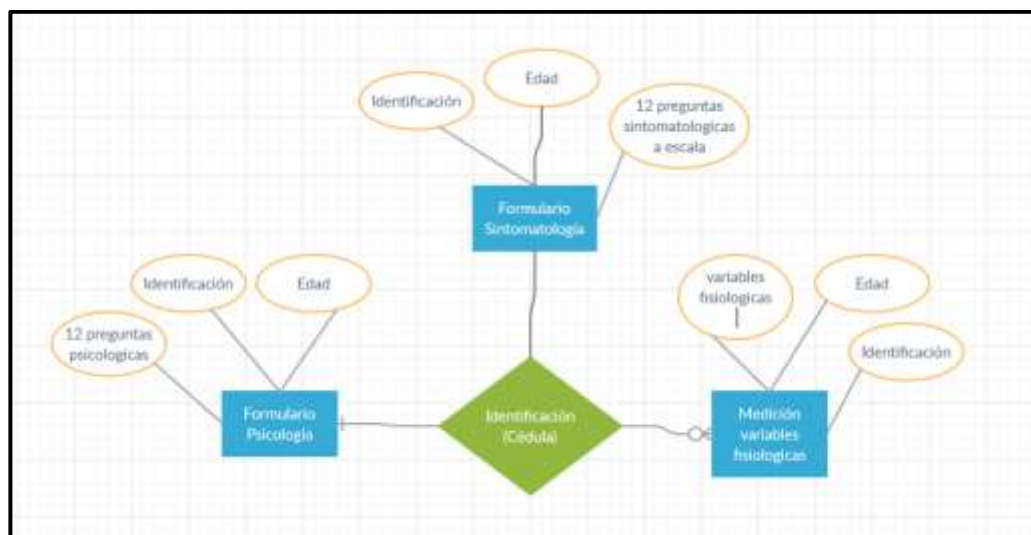
Fuente: Oracle. (s. f.). MySQL database service [Ilustración]. MySQL Enterprise Edition. <https://www.mysql.com/>

Para el diseño de la base de datos se tiene en cuenta los siguientes parametros:

- ¿Cuál es mi campo que me va a asociar los datos que tome de los pacientes?
- ¿Qué información voy a almacenar?

Con base a las dos preguntas base mencionadas anteriormente se diseña la base de datos partiendo del diagrama de flujo mostrado en la figura 43:

Figura 43 Diagrama de Flujo Modelo ER



Fuente: Los autores

De acuerdo con la figura 43, el principal campo para poder hacer la relación de los datos es el número de identificación del usuario/paciente, ya que es un número único e irrepetible entre los demás usuarios.

La base de datos contiene 3 tablas principales de acuerdo al modelo establecido anteriormente:

- **Formulario Psicología**

Esta tabla almacena los siguientes valores:

- Nombre
- Identificación
- 12 preguntas en los cuales tienen valores de 1 a 4

- **Formulario Sintomatología**

Esta tabla almacena los siguientes valores:

- Nombre
- Identificación
- 12 preguntas en los cuales tienen valores de 1 a 6

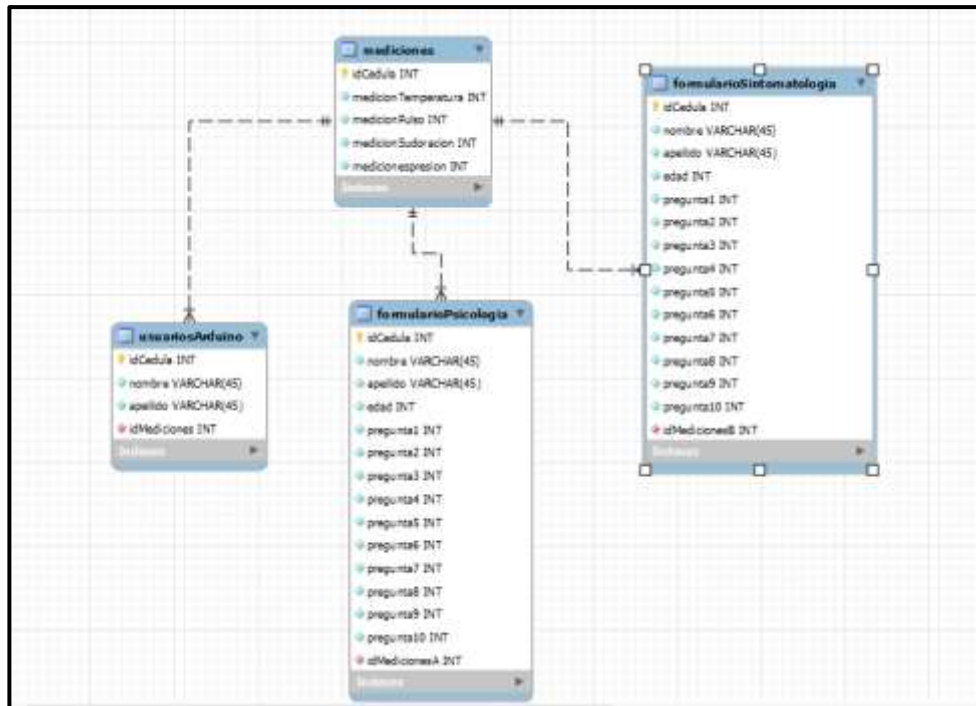
- **Datos de Medición desde el Arduino**

Esta tabla almacena los siguientes valores:

- Nombre
- Identificación
- 4 datos fisiologicos (presión, temperatura, pulso, sudoración)

Una vez ya se definen los campos y las variables que conforma la base de datos se procede con la construcción de la misma, en la figura 44 se puede visualizar el modelo entidad-relacion diseñado en las tablas construidas en el software MySQL.

Figura 44 Base de Datos en MySQL



Fuente: Los autores

4.1.2 Implementación encuestas de sintomatología y psicología de estrés servicios Web

Por medio del servicio web Apache (Ver figura 45)y usando el lenguaje de programación HTML y PHP, se implementa la encuesta de sintomatología de estrés avalada por Cuestionario de Problemas Psicosomáticos del Instituto Mexicano de Seguridad Social, con el fin de determinar por medio de 10 preguntas de síntomas asociados al estrés.

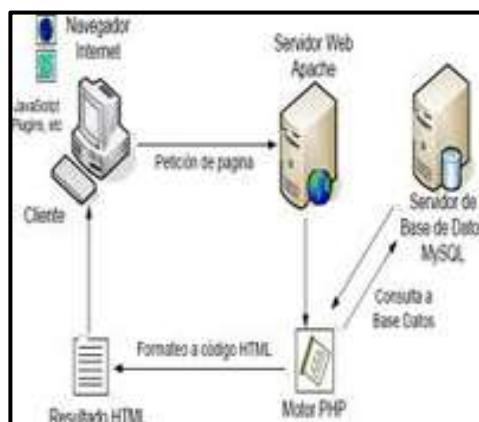
Figura 45 Servidor Web Apache 2.4



Fuente: Servidor Web Apache 2.4. (s. f.). [Ilustración]. Apache http server project.
<https://httpd.apache.org/docs/2.4/es/>

Lo síntomas presentados en la encuesta van directamente asociados a cambios en el sistema nervioso parasimpático, lo cual será medido por método de puntaje en cada pregunta, tomando valores de 1 a 6. El resultado final será la suma de los puntajes de cada determinar a partir de los síntomas presentados los niveles de estrés que presenta cada paciente. En la figura 46, se puede observar la estructura que conforma la prueba de estrés sintomatológica o psicopatológica.

Figura 46 Esquema Sistema Base de datos -Servicio Web



Fuente: SERVIDOR DE BASE DE DATOS. (s. f.). [Ilustración]. ELEMENTOS DE UNA RED. <https://sites.google.com/site/iycayszunigasaldana/indice-de-tercera-unidad/servidor-de-base-de-datos>

Figura 47 Test de estrés psicosomático

Instrucciones:
De los siguientes síntomas, selecciona el grado experimentado durante los últimos 3 meses de acuerdo al semáforo presentado.

	1 Nunca	2 Casi nunca	3 Pocas veces	4 Algunas veces	5 Relativamente frecuente	6 Muy frecuente
Imposibilidad de conciliar el sueño.	1	2	3	4	5	6
Jaquecas y dolores de cabeza.	1	2	3	4	5	6
Indigestiones o molestias gastrointestinales.	1	2	3	4	5	6
Sensación de cansancio extremo o agotamiento.	1	2	3	4	5	6
Tendencia de comer, beber o fumar más de lo habitual.	1	2	3	4	5	6
Disminución del interés sexual.	1	2	3	4	5	6
Respiración entrecortada o sensación de ahogo.	1	2	3	4	5	6
Disminución del apetito.	1	2	3	4	5	6
Temblores musculares (por ejemplo tics nerviosos o parpadeos).	1	2	3	4	5	6
Pinchazos o sensaciones dolorosas en distintas partes del cuerpo.	1	2	3	4	5	6
Tentaciones fuertes de no levantarse por la mañana.	1	2	3	4	5	6
Tendencias a sudar o palpitaciones.	1	2	3	4	5	6

Fuente: IMSS. (s. f.). Escala de medición de estrés psicosomática [Ilustración]. Escala de medición de estrés psicosomática.

<http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/salud/estreslaboral/Test-Estres-Laboral.pdf>

En el computador local se cuenta con dos servicios instalados, uno de base de datos que corresponde a MySQL y otro que es el servicio web que permite realizar la visualización, conexión y envío de datos entre los servidores HTTP y Web de base de datos de manera independiente y no centralizada, con el fin de poder tener administración controlada de cada uno de los servicios, optimizando y garantizando la solución y recuperación del sistema en situaciones de falla y de errores que se pueda presentar.

La implementación de los test de estrés (figura 47) se realizan por medio del lenguaje de php, ya que por medio de este lenguaje se puede realizar la programación orientada a objetos (POO) y permite realizar funciones especiales como lo es la conexión a los motores de bases de datos y realizar el almacenamiento de las variables que mencionan cada uno de los items a evaluar en cada pregunta del test. La implementación en PHP y HTML del test de estrés se puede observar en la figura 48.

Figura 48 Test Implementado en PHP y HTML

Instrucciones

De los siguientes síntomas, selecciona el grado experimentado durante los últimos 3 meses de acuerdo al semáforo presentado

1	2	3	4	5	6
Nada	Poco	Algunos	Algunos	Algunos	Mucho

Imposibilidad de conciliar el sueño

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐

Jaquecas y dolores de cabeza

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐

Indigestiones o molestias gastrointestinales.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐

Sensación de cansancio extremo o agotamiento.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐

Tendencia de comer, beber o fumar más de lo habitual.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐

Disminución del interés sexual.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐

Disminución del interés sexual.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐

Disminución del apetito.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐

Alteraciones musculares (tics nerviosos, parpadeos)

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐

Sensación de molestia y/o dolor en distintas partes del cuerpo.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐

Tendencia de no levantarse por la mañana.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐

Tendencias a sudar o palpitaciones

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐

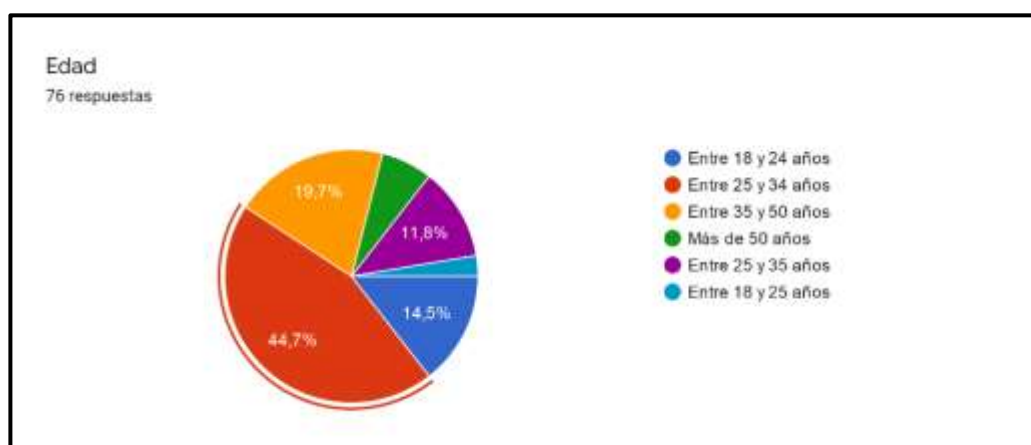
Enviar

Fuente: Los autores

Con el fin de analizar el impacto del estrés debido a la pandemia que la humanidad atraviesa en la actualidad, se implementa la encuesta psicosomática que se muestra anteriormente en la figura 48 en Google Forms. Estas encuestas que se aplican se realizan con el fin de realizar un breve análisis sobre el estrés generado en ámbitos académicos y laborales.

La prueba de estrés psicosomático se aplicó a 77 personas entre hombres y mujeres cuya situación radica como empleado, independiente y/o estudiante, debido a que en estas actividades diarias tienen una mayor tendencia a presentar cuadros de estrés leves e incluso llegar a ser demasiado altos. La encuesta de sintomatología se realiza en el formato de Google Forms con el fin de poder obtener en primera instancia los resultados de jóvenes y adultos ante la situación laboral y/o académica afrontando el distanciamiento social y la aplicación de la virtualidad en las actividades diarias.

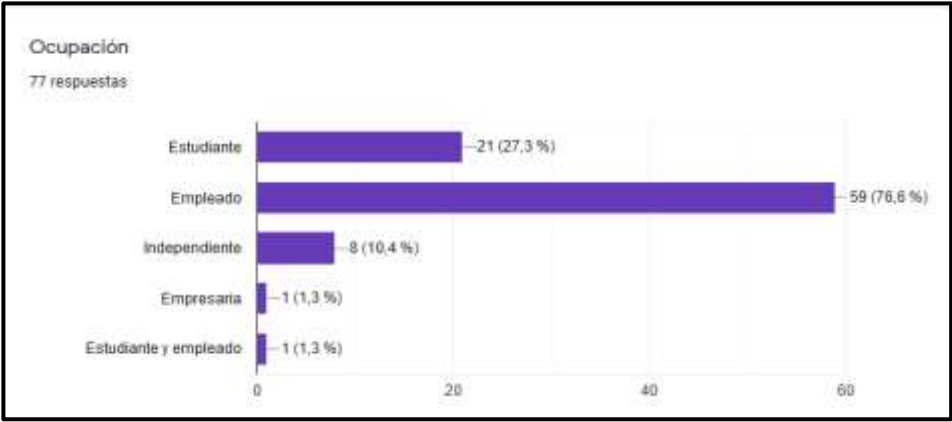
Figura 49 Edad de los encuestados



Fuente: Los autores

De acuerdo con lo mencionado anteriormente las edades de las personas a las que se aplicaron la encuesta de sintomatología se aplicaron a personas cercanas a los círculos sociales de los autores (compañeros de trabajo, compañeros de estudio y familiares). El 44.7% de los encuestados están en los rangos de edad entre 25 y 34 años, que son el rango de edad que actualmente se encuentran como empleados dentro de sus trabajos. (Ver figura 49)

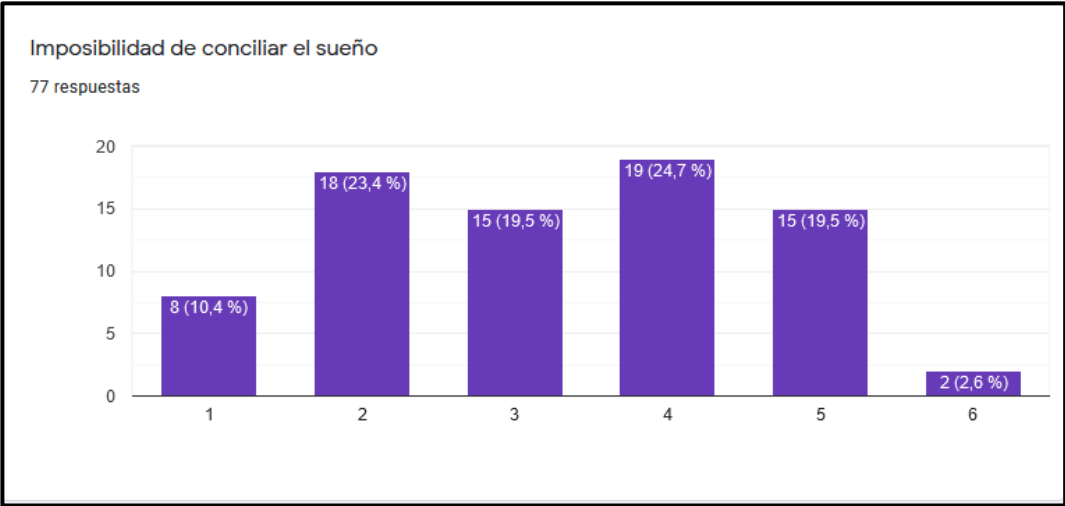
Figura 50 Gráfico de ocupación de los encuestados



Fuente: Los autores

Los porcentajes más altos en ocupación de encuestados son empleados con 76.6% y estudiantes con el 27.3%, estas ocupaciones son más propensas a generar estrés por las actividades que emplean (trabajos, informes, entrega de resultados, cumplimiento de horario, movilización, etc.). (Ver figura 50)

Figura 51 Resultados Imposibilidad de conciliar el sueño

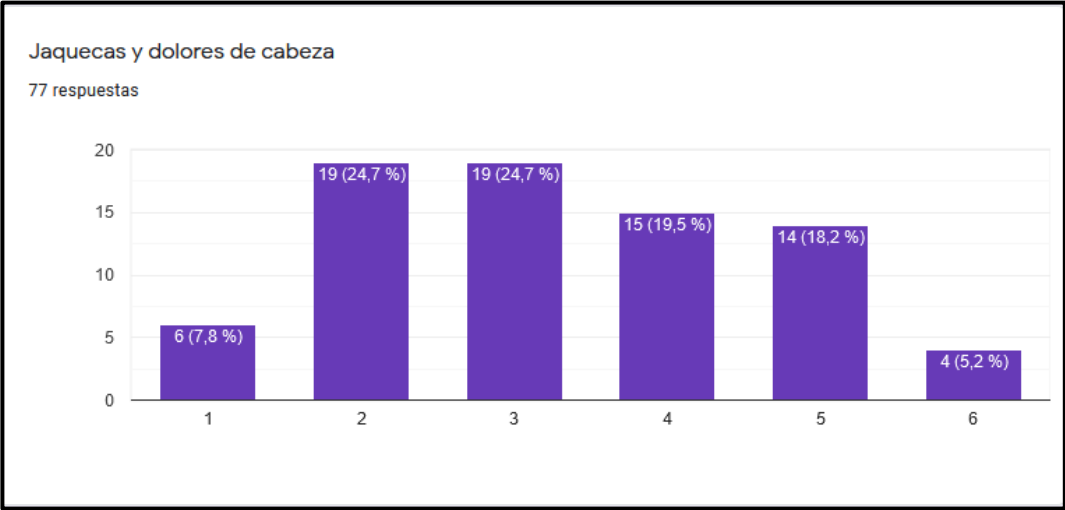


Fuente: Los autores

Se puede decir que la mayoría de personas dependiendo del día y de la actividad que estén realizando, pueden algunas veces conciliar el sueño. La conciliación del sueño

es una gran ayuda para manejar el nivel de estrés y evitar sensación de cansancio. (Ver figura 51)

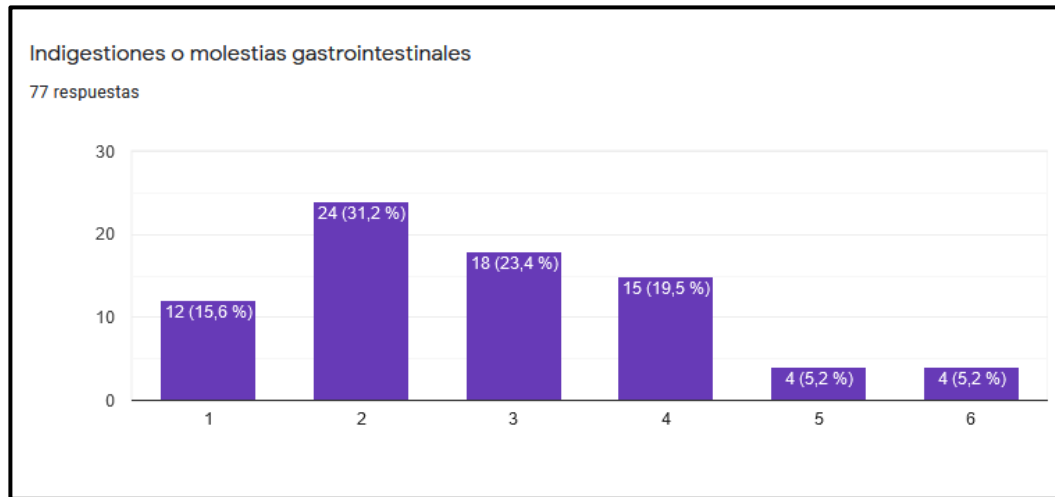
Figura 52 Resultados obtenidos sobre jaquecas y dolores de cabeza



Fuente: Los autores

En este punto se analiza que el dolor de cabeza y las jaquecas estan en un nivel medio cuando la persona presenta estrés. Recordar que no a todas las personas les da dolor de cabeza o jaquecas cuando entran a este estado, esto es dependiendo el manejo del estrés y la condicion de salud de las personas. (Ver figura 52)

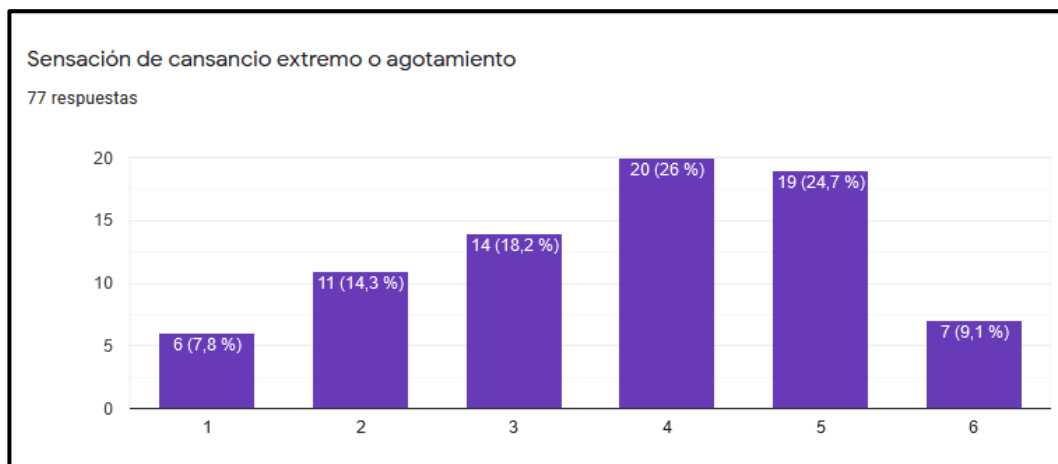
Figura 53 Respuestas sobre indigestión y/o molestias gastrointestinales



Fuente. Los autores

En problemas de indigestion o gastrointestinales, los resultados estan en un nivel de pocas veces. Estos problemas de este tipo no son tan frecuentes en la mayoria de personas cuando presentan estrés pero si hay que manejarlo si se presenta para evitar problemas secundarios a largo plazo. (Ver figura 53)

Figura 54 Respuestas sobre sensación de cansancio y agotamiento

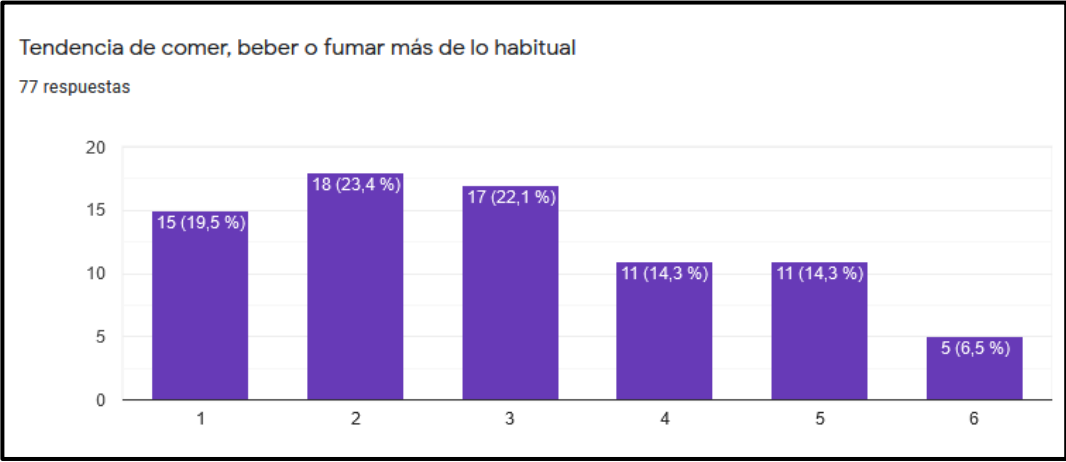


Fuente. Los autores

El cansacio es un estado en donde el estres puede estar presente. La mayoria de personas encuestadas presentan un nivel frecuente de cansacio, esto a causa posible de las actividades que realizan diariamente. Lo mejor es tomar un descanso tanto

mental y físicamente, conciliando el sueño y teniendo una buena alimentación para que el cuerpo tenga energía para las actividades diarias. (Ver figura 54)

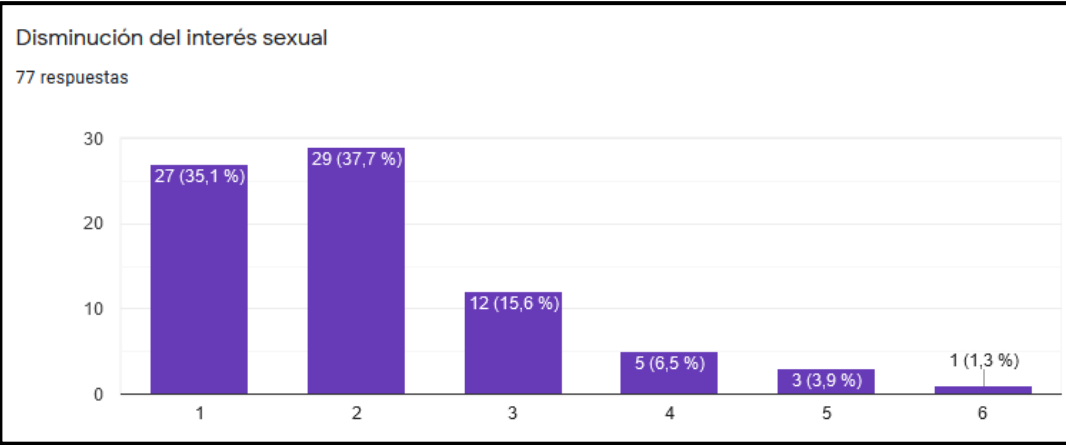
Figura 55 Resultados obtenidos de tendencias de comer, beber o fumar más de lo habitual



Fuente. Los autores

El 28.6% de las personas encuestadas cuando presentan estrés tienen tendencia frecuentes a consumir alimentos, beber o fumar mas de lo normal , esto a largo plazo si no se controla puede generar otros porblemas como la obesidad, problemas pulmonares, problemas en riñones, entre otras. (Ver figura 55)

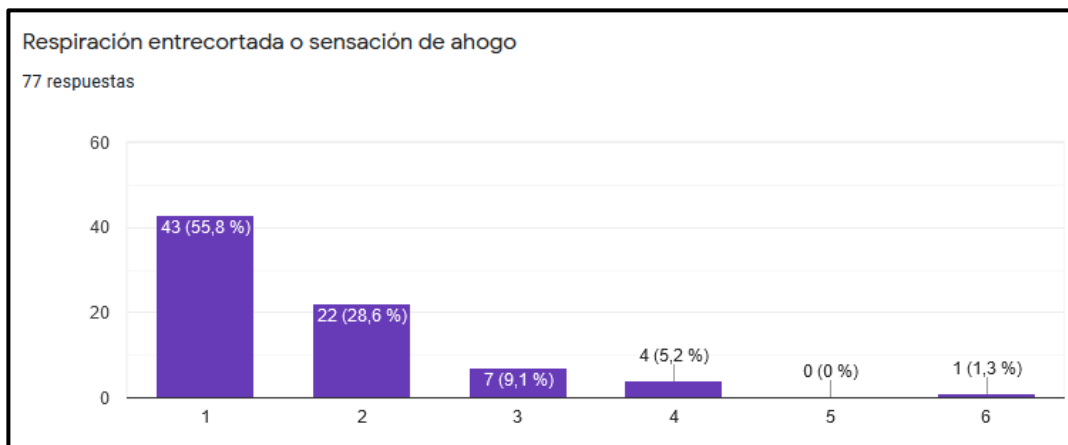
Figura 56 Respuestas acerca de disminución del interés sexual



Fuente. Los autores

En el interés sexual en general no se ve afectado. Estudios dicen que la actividad sexual disminuye muchos riesgos para el cuerpo. Se dice que si la persona tiene una actividad sexual frecuente es menos propenso a padecer niveles de estrés. (Ver figura 56)

Figura 57 Respuestas asociadas con síntomas de problemas respiratorios



Fuente. Los autores

En esta pregunta sobre si la persona ha presentado ahogo o respiración entrecortada, se puede analizar que mas del 75% de las personas no padecen esta sensación cuando está estresado. Cabe aclarar que cuando hay un estado de estrés hay que manejar la respiración (un segundo aire) que es muy importante para manejar el estrés. (Ver figura 57)

4.1.3 Extracción valores de temperatura

La contribución del sector de la atención de salud con las liberaciones ambientales de mercurio a nivel mundial y con los impactos asociados con la salud ha sido, en gran medida, por los termómetros y tensiómetros de mercurio. En un documento del 2005 sobre su política, la Organización Mundial de la Salud (OMS) observó que “de todos los instrumentos de mercurio utilizados en la atención de salud, los que más utilizan mercurio son los tensiómetros (entre 80 y 100 g/unidad), y su uso extendido los hace colectivamente uno de los más grandes reservorios de mercurio en el escenario de la atención de salud”. En un llamado a sustituir gradualmente los implementos de medición con mercurio en la atención de salud, explica que “escogiendo alternativas libres de mercurio, una institución de la atención de salud puede lograr un impacto tremendo reduciendo la exposición potencial al mercurio de los pacientes, del personal y del medio ambiente. Es importante reconocer que, sin importar el tipo de instrumento

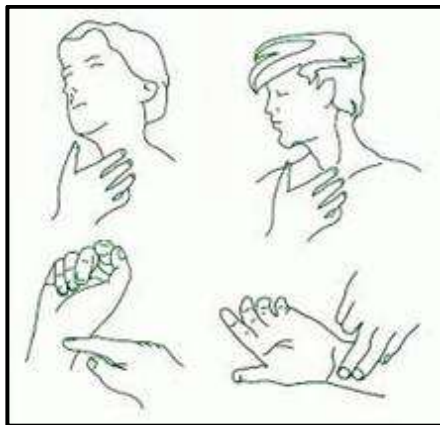
que se use para la medición de la presión arterial, tanto los tensiómetros de mercurio como los aneroides deben ser chequeados regularmente para evitar errores”.³¹

4.1.4 Extracción valores de Sensor de Pulso Cardíaco

Mediante el sensor de pulso cardíaco, el sensor SEN0203 de la compañía PulseSensor ofrece la facilidad de monitoreo y obtención de datos del pulso cardíaco mediante su diseño minimalista y de fácil adaptación.

El fabricante brinda el diseño de sensor óptimo para las mediciones en el dedo anular o en la muñeca (lugar en donde se centraliza la mayor parte de sensorica), partiendo de que en estas ubicaciones del cuerpo son las más apropiadas para tomar este tipo de valores, ya que el flujo de sangre y las contracciones cardíacas, juntos con los estímulos constantes del sistema nervioso se encuentran en las extremidades superiores. (Ver figura 58)

Figura 58 Ubicación corporal para la toma de pulso cardíaco



Fuente: Heart rate sensor SKU SEN0203. (s. f.). [Ilustración]. DFROBOT - Drive the future. https://wiki.dfrobot.com/Heart_Rate_Sensor_SKU_SEN0203

La compatibilidad con el shield de Arduino permite que el sensor pueda entregar los datos y visualizarlos por medio de un monitor serial o por medio de Plotter serial, en el arduino se configura la librería que brinda PulseSensor para realizar la captación de datos de pulso. (Ver figura 59)

31

La velocidad de captación del monitor serial debe estar configurada a 9600 Baudios, lo cual es la velocidad ideal para el inicio del puerto serial, y la velocidad correcta para la visualización de los datos.

Figura 59 Sensor de pulso cardiaco implementado con el Arduino



Fuente: Heart rate sensor SKU SEN0203. (s. f.). [Ilustración]. DFROBOT - Drive the future. https://wiki.dfrobot.com/Heart_Rate_Sensor_SKU_SEN0203

El sensor funciona con un sensor de ritmo cardiaco óptico, una etapa de amplificación y un filtro para el ruido, lo cual hace que su señal de salida sea confiable y estable. El consumo de corriente es bajo siendo de 4mA con una alimentación de 5V DC. Para su funcionamiento solo debes de poner en contacto el sensor con tu cuerpo, alimentarlo de 3V a 5V y ya estara listo para tomar las medidas del ritmo cardiaco.³²

El frente del sensor marcado con el logo de un corazón es el lado que hace contacto con la piel como se observa en la figura 60. En la parte frontal el sensor cuenta con un LED y un sensor de luz ambiental como el que se utiliza en algunos celulares, tabletas y laptops para ajustar el brillo de la pantalla en diferentes condiciones de luz.

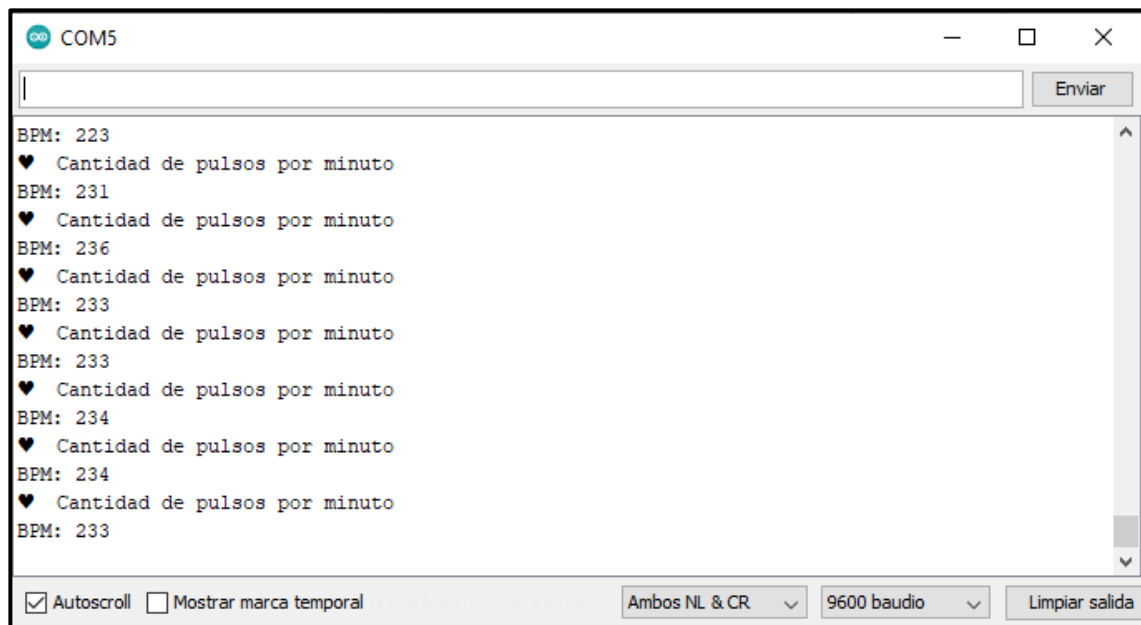
³² RAUTEC. Sensor de Pulso Cardiaco. Experimentación. Disponible en: [<https://sites.google.com/site/rauteccinvestav/experimentacin/sensor-de-pulso-cardiaco>]

Figura 60 La marca de corazón, debe estar en contacto de la piel



Fuente: RAUTEC. (s. f.). *Sensor de pulso cardíaco* [Ilustración]. Experimentos con el sensor de pulso cardíaco.
<https://sites.google.com/site/rauteccinvestav/experimentacin/sensor-de-pulso-cardiaco>

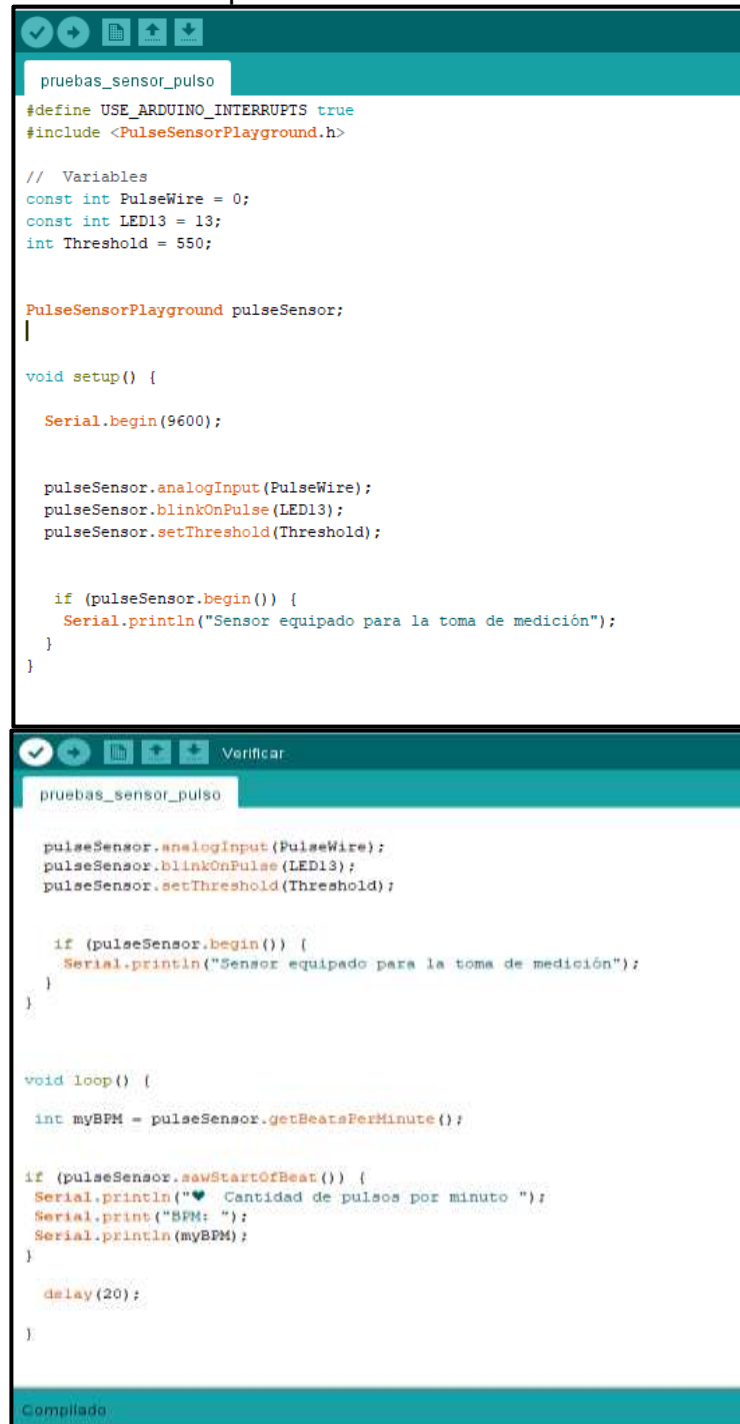
Figura 61 Respuesta en cantidad de pulsos por minuto



Fuente: Los Autores

En la figura 61 se observa la respuesta en pulso cardiaco con la medición de uno de los autores con ayuda de las librerías de programación de arduino (Ver figura 62). La lectura del pulso se realiza cada 20 ms y con una interrupción de cada 4 minutos. Lo anterior es con el fin de que el buffer tenga tiempo de liberarse y depurar los registros antiguos que se pueden saturar de información, debido a la gran cantidad de información que almacena en el lapso de una medición.

Figura 62 Librería Pulse Sensor para la detección de BPM en Monitor Serial



```
pruebas_sensor_pulso

#define USE_ARDUINO_INTERRUPTS true
#include <PulseSensorPlayground.h>

// Variables
const int PulseWire = 0;
const int LED13 = 13;
int Threshold = 550;

PulseSensorPlayground pulseSensor;

void setup() {

  Serial.begin(9600);

  pulseSensor.analogInput(PulseWire);
  pulseSensor.blinkOnPulse(LED13);
  pulseSensor.setThreshold(Threshold);

  if (pulseSensor.begin()) {
    Serial.println("Sensor equipado para la toma de medición");
  }
}

pulseSensor.analogInput(PulseWire);
pulseSensor.blinkOnPulse(LED13);
pulseSensor.setThreshold(Threshold);

if (pulseSensor.begin()) {
  Serial.println("Sensor equipado para la toma de medición");
}

void loop() {

  int myBPM = pulseSensor.getBeatsPerMinute();

  if (pulseSensor.sawStartOfBeat()) {
    Serial.println("❤ Cantidad de pulsos por minuto ");
    Serial.print("BPM: ");
    Serial.println(myBPM);
  }

  delay(20);
}
```

Compilado

Fuente: Los autores

4.1.5 Extracción valores de Tensiómetro de muñeca

Basandonos en el trabajo de grado de los Ings. Brayan Balamba y Cristian Sacristan, donde el sistema E-Health implementado por ellos, utilizan el tensiometro de muñeca CK1000, realizando una adición del módulo bluetooth HC-05 para enviar la información.³³ (Ver figura 63)

Figura 63 Primera toma de datos Tensiómetro CK1000



Fuente: Los autores

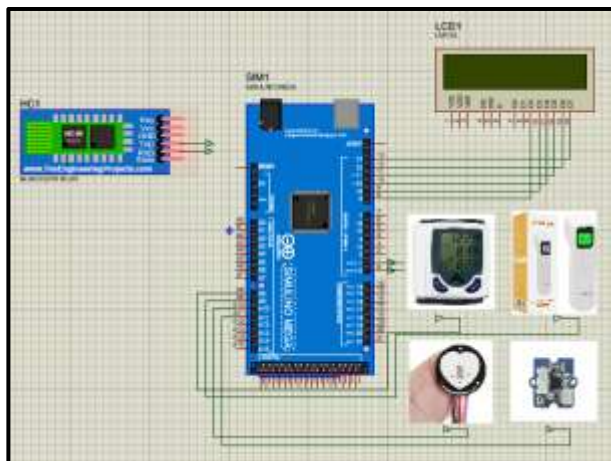
4.1.6 Diseño prototipo protoboard y tarjeta desarrollo PCB

Se realiza el diseño en primera instancia en el software de Proteus del fabricante Labcenter Electronics, el cual nos permite realizar esquematicos electrónicos, poder realizar simulaciones y desarrollar la tarjeta de desarrollo en impresos PCB. En la figura 64 se observa un primer esquemático informático de lo que corresponde a las

³³ BALAMBA, Brayan; SACRISTAN, Esteban. Prototipo funcional de un servicio E-Health para monitorear, transmitir y almacenar el estado de la presión arterial de paciente crónicos-hipertensos. Bogotá.2019. Disponible en: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23503/1/DOCUMENTO_FINAL%20E-HEALTH.pdf

integraciones con los dispositivos y la tarjeta de Arduino junto con el modulo bluetooth que acompaña esta implementación.

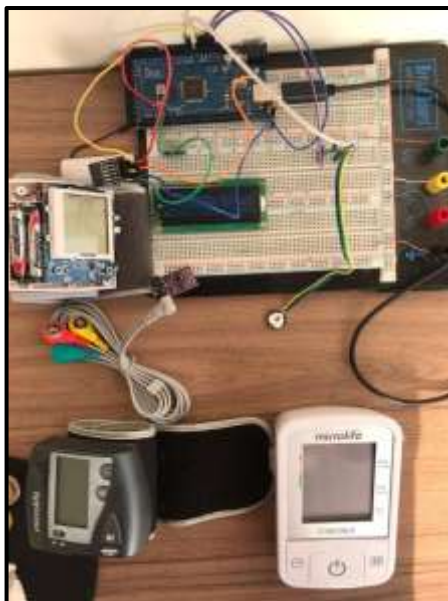
Figura 64 Primer diseño PCB



Fuente: Los autores

De acuerdo al plano gráfico que se muestra en la figura 65, se realiza la implementación y pruebas del prototipo mediante la integración de todos los sensores y de los dispositivos comerciales seleccionados en la sección de materiales.

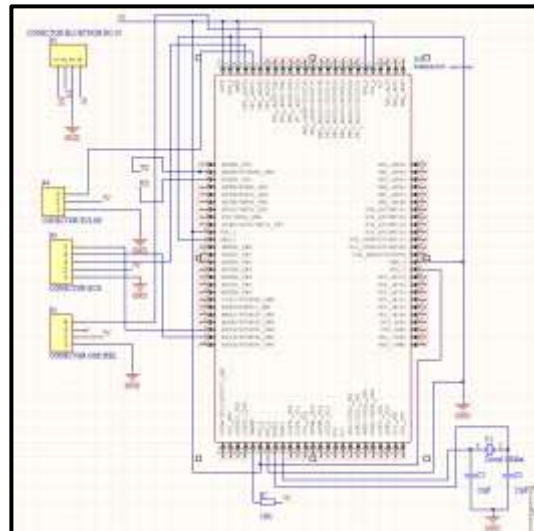
Figura 65 Implementación de prototipo en Protoboard



Fuente. Los autores

Basandonos en la figura 64 y figura 65 se realiza el esquemático a nivel electrónico, tomando la tarjeta Arduino como un microcontrolador ATmega2560 y los dispositivos comerciales de temperatura y tensiometro como sensores externos, con el fin de poder desarrollar la tarjeta propia del dispositivo diseñado.

Figura 66 Esquemático electrónico diseñado en Altium



Fuente. Los autores

En la figura 66 se demuestra el diseño del microcontrolador ATmega 2560 implementado en el software Altium, el cual nos facilita la descarga de librerías con rápido acceso para la impresión en PCB.

Figura 67 Fase de ruteo PCB

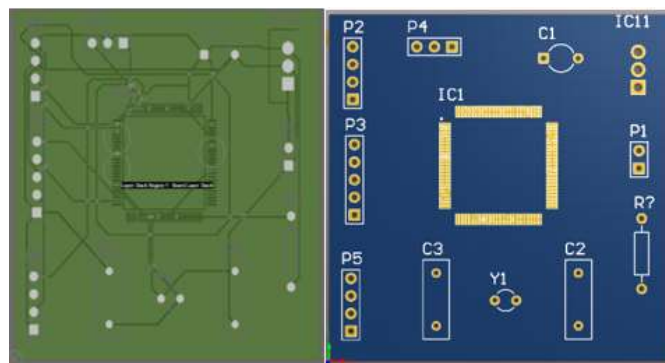


Fuente. Los autores

El software Altium cuenta con una poderosa función, en la cual consiste en realizar el modelado automático de las pistas, caminos o puentes correctos para las conexiones entre los dispositivos que deben implementarse en la PCB, como se puede observar en la figura 67, el software realiza la vinculación de cada uno de los dispositivos con el fin de evitar cortos circuitos o la falta de conexión que impida el buen funcionamiento del prototipo.

Con el fin de presentar un producto más organizado y de mayor movilidad y acceso, se realizan los diseños impresos del prototipo. En la figura 68 se muestran los PCBs finalizados y preparados para su impresión y ensamble del prototipo diseñado.

Figura 68 Diseño impreso de la tarjeta de desarrollo

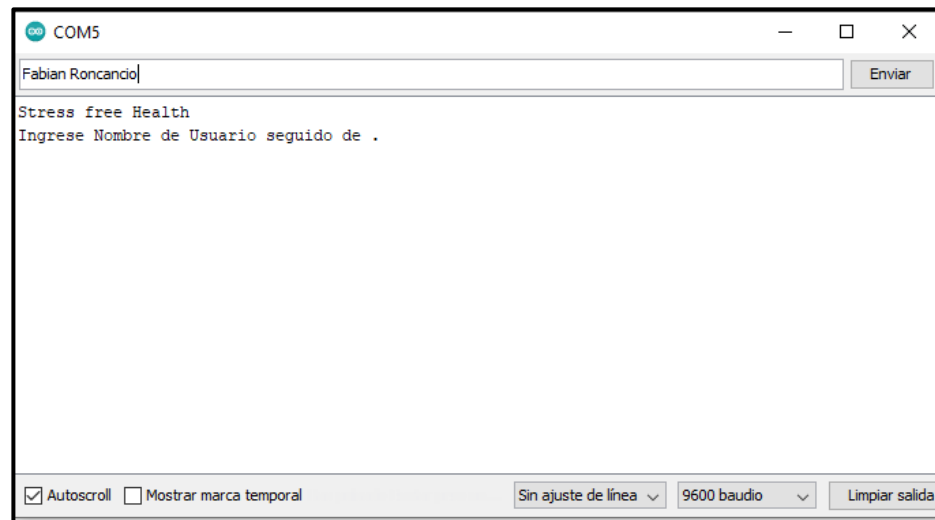


Fuente: Los autores

5 PRUEBAS DEL PROTOTIPO

Se inicia con el ingreso del nombre del usuario en el Arduino para realizar las mediciones, el sistema da la bienvenida para iniciar la medición. (Ver figura 69)

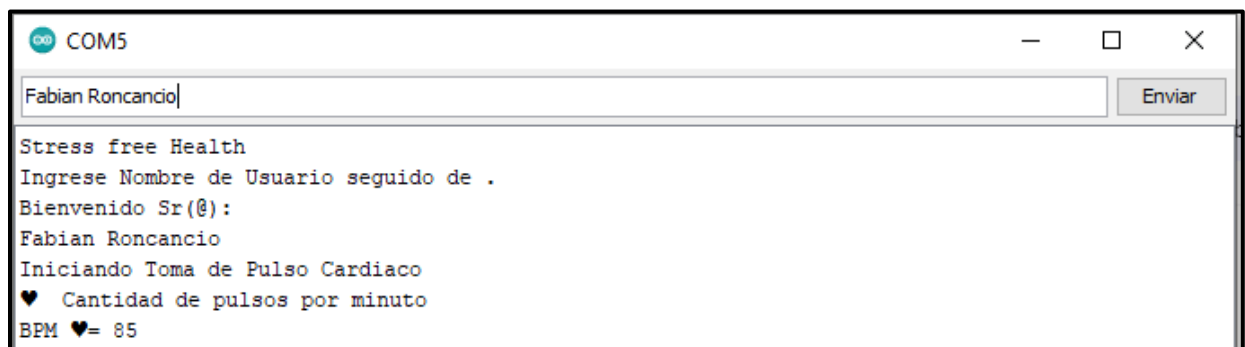
Figura 69 Inicio sistema Stress free Health



Fuente: Los autores

Una vez ingresado el nombre del usuario para iniciar las mediciones, el sensor de pulso cardiaco inicia con la toma de datos y muestra al usuario la cantidad de pulsos por minuto como se observa en el monitor serial en la figura 70.

Figura 70 Toma de datos pulsos cardiacos



Fuente. Los autores

Los datos quedan almacenados en la variable de "*pulsos_sensor*", con el fin de ser enviados a la base de datos ubicada en nuestro servidor local. Posterior se procede

con la toma de temperatura por medio del termómetro infrarrojo como se observa en la figura 71.

Figura 71 Captación datos temperatura Monitor Serial



Fuente. Los autores

Figura 72 Toma de temperatura



Fuente. Los autores

De la misma manera que se realiza el almacenamiento de los pulsos, se procede con el almacenamiento de las mediciones de temperatura del usuario en la variable

“temp_medicion” (ver figura 72), debido a la rápida respuesta del termómetro infrarrojo el envío del dato de temperatura no demora más de 2 segundos en mostrar la información en el monitor serial del Arduino.

Figura 73 Toma de datos Tensiómetro CK1000



Fuente: Los autores.

Una vez realizada la toma de datos del tensiómetro (Ver figura 73) se visualiza la información de diastólica y sistólica en el monitor serial, finalizando el proceso de medición y enviando los datos al servidor, para proceder con la toma de datos de la encuesta psicosomática, como se puede observar en la figura 74.

Figura 74 Finalización y envío de datos al Servidor



Fuente: Los autores

Finalizado el proceso de medición de los datos, el sistema re direccionamiento a la url de la encuesta psicosomática para proceder con la siguiente fase de medición. En la figura 75 se observa la encuesta con los puntajes por pregunta de acuerdo con la estructura de la prueba de la IMSS para la aplicación de dicha encuesta.

Figura 75 Diligenciamiento encuesta psicosomática

Fuente: Los autores

La encuesta consta de 10 preguntas con puntajes correspondientes de 1 a 6, esta encuesta debe ser diligenciada en su totalidad, de lo contrario el sistema arroja un error para garantizar la totalidad de respuestas.

El usuario diligencia toda la encuesta, y se procede a visualizar la cantidad de puntos percibidos de acuerdo con la encuesta y las mediciones de temperatura, tensión y pulsos se verán reflejados al momento de calcular el estrés percibido. (Ver figura 76)

Figura 76 Recopilación datos variables fisiológicas y psicológicas

The screenshot shows a web browser window with the title "Encuesta Síntomas de estrés". The address bar shows "localhost/72000/". The form contains the following sections:

- Medición Temperatura:** A text input field containing the value "36".
- Medición Tensión:** Two text input fields. The first contains "79" and the second contains "104".
- Medición Pulso Cardíaco:** A text input field containing the value "38".
- Señor usuario recuerde que las medidas de nivel de estrés psicosomático va de niveles de 10-60:** A text input field containing the value "28".
- Nivel de estrés psicosomático:** A text input field containing the value "28".
- Calcular Estrés Total:** A button with the text "Calcular Estrés Total".

Fuente: Los autores

6 DESCRIPCION ECONOMICA DEL PROYECTO

Los autores cuentan con un presupuesto inicial de \$1'700.000 (moneda colombiana) para la adquisición de los materiales necesarios para la implementación del dispositivo. De igual manera se cuenta con 3 tensiómetros certificados de la marca microlife, para realizar las mediciones y comparaciones entre estos dispositivos, lo que permite disminuir los costos.

Se adquieren 2 termómetros digitales, infrarrojo y termómetro de niños genérico con el fin de observar la diferencia en cada una de las mediciones y los tiempos de respuesta de dichas mediciones. Adicionalmente, por medio de la tienda Didácticas Electrónica se adquiere el sensor de conductividad dérmica, como un sensor adicional al sistema. (Ver tabla 5)

Tabla 5 Costo Final de la Implementación

Elemento	Valor Final (COP)
Termómetro Infrarrojo LANDWIND (certified) LW FT118	\$ 200.000
Arduino Mega 2560	\$ 45.000
Sensor de pulso cardiaco	\$ 20.000
Electrocardiógrafo para Arduino	\$ 115.000
Termómetro digital genérico	\$ 18.000
Sensor de conductividad dérmica	\$ 48.000
Pantalla LCD	\$ 16.000
Módulo Wifi ESP8266	\$ 13.000
Tensiómetro Muñeca CK 1000	\$ 70.000
Valor Total	\$462.000

Fuente: Los autores

7 CONCLUSIONES.

- El dispositivo diseñado cumple con las funciones para detectar medidas fisiológicas (temperatura, tensión arterial y pulso) que están relacionadas al estrés a partir de variables que se ven alteradas o perceptibles a un cambio en sus patrones debido a situaciones de estrés o sensaciones similares. Sin embargo, se observa en el proceso de construcción y pruebas que la determinación de estrés no es factible realizar por reporte diario, debido al constante cambio de sensaciones que hay en el día, se pudo determinar que un reporte semanal es la mejor opción para dichos niveles de estrés.
- Basado en las investigaciones de los productos que realizan mediciones sobre las variables asociadas al estrés, se determinó que el sistema que se diseñó puede brindar monitoreos más amplios de salud no solo física, sino psicológica, perfecto para usuarios que tienen extensos turnos de trabajo, de gran esfuerzo físico, de jornadas de alta presión.
- El estrés ha sido un problema de salud común para el día a día de las personas; si bien, cuando el estrés no es controlado puede provocar afecciones, enfermedades graves a largo plazo como la presión arterial alta, diabetes, depresión, entre otros. Por eso de gran importancia poder percibir y prevenir la frecuencia con que se presente el estrés para prevenir problemas de salud mental y físico en un futuro.
- Para poder realizar una correlación de datos psicológicos más detallada, es necesario el acompañamiento de un psicólogo en el momento de las pruebas, ya que no es suficiente con el semáforo que indican las pruebas de estrés, sino que requiere todo el análisis desde el punto de vista de un profesional de la salud mental, con el fin de poder realizar un proceso de calibración en la entrega de los niveles de estrés.
- De acuerdo con las investigaciones sobre dispositivos que miden el estrés, se identificó que no es posible entregar un resultado 100% verdadero, ya que se necesita tomar más mediciones que garanticen la existencia de cuadros de estrés. Los dispositivos existentes en el mercado utilizan sensores de pulso cardíaco, temperatura y oxímetros, pero no son variables suficientes para poder realizar medición confiable.
- Al realizar la implementación del sistema diseñado, se pudo observar a partir de las encuestas realizadas para estudiar el comportamiento de los síntomas de estrés de acuerdo con situaciones laborales y académicas en la presente pandemia, que las personas encuestadas mostraron un alto cuestionamiento y despertó curiosidad ante la propuesta del dispositivo medidor de estrés. Puesto

que el estrés, es el causante de grandes alteraciones y causantes de enfermedades tales como Hipertensión, Insuficiencia cardíaca, diabetes y produce alto cuadros de ansiedad, y al implementar este dispositivo, se brinda la opción de llevar un monitoreo de todas estas variables para poder prevenir enfermedades futuras.

- De acuerdo con las encuestas que se realizaron a las 77 personas, se identifica que el 59% de la población encuestada labora o se encuentra en la ocupación de empleado lo cual el 39% demostró excesivas sensaciones de cansancio y dificultades de conciliar el sueño. Lo cual nos da a conocer la importancia de tener un tratamiento y monitoreo adecuado de estos síntomas de estrés, con el fin de poder evitar futuros problemas psicológicos más críticos por problemas de sueño y migrañas.

8 TRABAJOS FUTUROS

En una mejora de implementación, se desea unificar todos los componentes a nivel de hardware, en un dispositivo portable de muñeca (reloj, manilla) con el fin de que todo el dispositivo quede centralizado. Adicionalmente, se trabajará en el desarrollo de un software móvil en el cual la interfaz del usuario sea más conveniente y de fácil lectura para el usuario y para los galenos en consultas de medicina general.

Mediante el uso de la tecnología Deep Learning, realizar el estudio de medición de los niveles de impulsos electromagnéticos que genera el sistema nervioso parasimpático ante situaciones de estrés, cansancio y demás síntomas que provocan el cansancio del cuerpo. Estos estudios del sistema nervioso parasimpático, a nivel neuronal, permitirían aumentar la efectividad de las mediciones del dispositivo planteado en este proyecto, adicionalmente, se obtendría monitoreo continuo del SNP, teniendo como resultado asociar las acciones psicológicas y físicas que resultan alteradas ante situaciones de estrés, fatigas entre otras.

Los niveles de estrés producen que el sistema nervioso esté siempre en estado defensivo, es decir, está siempre alerta a cualquier percepción de ataque o peligro cuando está en una situación de estrés. Estos comportamientos del sistema nervioso aumentan la cantidad de adrenalina y cortisol, estas dos hormonas actúan sobre las células adiposas del cuerpo produciendo una reacción química denominada lipólisis, liberando en sangre ácidos graso y glicerol, que posteriormente es transformado en glucosa en el hígado. Una forma de aumentar la efectividad y la veracidad de las mediciones de los niveles de estrés es adaptar un glucómetro, con el fin de realizar monitoreos en los niveles de glucosa en el cuerpo, y con la ayuda de las pruebas de estrés que proporciona el sistema, comparar los niveles de glucosa en la sangre con los datos de los demás sensores, con el fin de encontrar niveles de estrés más verídicos y poder prevenir problemas futuros como lo es la Hiperglicemia y diabetes.

9 BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Signos Vitales: Temperatura Corporal, Pulso, Frecuencia Respiratoria y Presión Sanguínea - Health Encyclopedia - University of Rochester Medical Center», 17-nov-2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.urmc.rochester.edu/encyclopedia>
- [2] A. de Santos Sierra, C. Sánchez Ávila, J. Guerra Casanova, G. Bailador del Pozo, "A Stress-Detection System Based on Physiological Signals and Fuzzy Logic" IEEE Transactions on Industrial Electronics. Vol. 58. No. 10. October 2011. Pp. 4
- [3] A. Healey, R. W. Picard, "Detecting stress during real world driving tasks using physiological sensors". Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on. Volumen 6. Junio 2013. Pp. 156-166.
- [4] A. M. E. Sánchez, O. G. Pérez, S. L. Leija, "Medición integral de estrés crónico". Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica. Volumen 25. 2004. Pp. 60-67.
- [5] Buechley, L.; Eisenberg, M. The LilyPad Arduino: Toward Wearable Engineering for Everyone. IEEE Pervasive Compute. 2008, 7, 12–15.
- [6] C. Schubert, M. Lambertz, R.A. Nelesen, W. Bardwell, J. B. Choi, J.E. Dimsdale. "Effects of stress on heart rate complexity—A comparison between short-term and chronic stress". Biol Psychol. Vol. 80. No. 3. March 2010. Pp. 325-332.
- [7] Cooking Hacks, «e-Health Sensor Platform V2.0 for Arduino and Raspberry Pi [Biometric / Medical Applications]», 12-may-2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.cookinghacks.com/documentation/tutorials/ehealth-biometric-sensor-platfo>
- [8] D. Wu, C. G. Courtney, B. J. Lance, S. S. Narayanan, M. E. Dawson, K. S. Oie, and T. D. Parsons, "Optimal arousal identification and classification for affective computing using physiological signals: Virtual reality stroop task," IEEE Tra
- [9] DUALTRONICA. 2020. DUALTRONICA. [En línea] Abril de 2020. <https://dualtronica.com/sensores/311-sensor-de-ritmo-pulso-cardiaco.html>. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. 2013. Reemplazo de los termómetros y de los tensiómetros de mercurio
- [10] F. Hernando-Gallego and A. Artés-Rodríguez, "Individual performance calibration using physiological stress signals," pp. 1–6, 2015.
- [11] G. Tanev, D. B. Saadi, K. Hoppe, B. D. Sorensen. "Classification of Actual Stress using Linear and Non Linear Heart Rate Variability Analysis Derived from Sternal ECG". IEEE Engineering in Medicine and Biology. August 2014. Pp 3386-3389.

- [12] González de Rivera, J.L. Estrés. Psicología médica. 1994; p. 1-7.
- [13] Guo, F.; Li, Y.; Kankanhalli, M.; Brown, M. An evaluation of wearable activity monitoring devices. In Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Personal Data Meets Distributed Multimedia, Barcelona, Spain, 22 October 2013.
- [14] J. a. Healey, "Wearable and automotive systems for affect recognition from physiology," p. 158, 2000.
- [15] J. Z. J. Zhai, A. Barreto, C. Chin, and C. L. C. Li, "Realization of stress detection using psychophysiological signals for improvement of humancomputer interactions," IEEE SoutheastCon, 2005., pp. 415–420, 2005.
- [16] M. A. Picó, "Caracterización de medidas de regularidad en señales biomédicas". Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Julio 2014.
- [17] M. Maksimović, V. Vujović, y B. Perišić, «A custom Internet of Things healthcare system», en 2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), 2015, pp. 16.
- [18] Miwa, H.; Sasahara, S.; Matsui, T. Roll-over Detection and Sleep Quality Measurement Using a Wearable Sensor. In Proceedings of the 2007 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Lyon,
- [19] Orlandini, A. Es estrés: que es y cómo evitarlo. Madrid: Fondo de cultura económica de España; 1999.
- [20] P. Mellino, M. Bracale, L. Pecchia. "Nonlinear Heart Rate Variability features for real-life stress detection. Case study: students under stress due to university examination". Biomedical Engineer. 2011. Pp. 1-13.
- [21] Pasquali L. Principios de elaboraÇao de escalas psicológicas. Revista de Psiquiatria Clínica. 1998 septiembre - Octubre; 25(5).
- [22] Sazonov, E.; Neuman, M. Wearable Sensors: Fundamentals, Implementation and Applications; Academic Press: Waltham, MA, USA, 2014.
- [23] Swan, M. Sensor Mania! The Internet of Things, Wearable Computing, Objective Metrics, and the Quantified Self 2. J. Sens. Actuator Netw. 2012, 1, 217–253.
- [24] V. S. Anischenko, N. B. Igoshcheva, A. N. Pavlov, I. A. Khovanov, T. A. Yakusheva. "Comparative Analysis of Methods for Classifying the Cardiovascular System's States Under Stress". Critical Reviews in Biomedical Engineering. No. 2. 2001.

10 TRANSFERENCIA DE RESULTADOS

- Una de las maneras de poder realizar la transferir los resultados obtenidos en este trabajo de investigación es por medio de la sustentación que se realiza el día 9 de diciembre ante los jurados y demás público que se presente.
- Mediante la realización de un artículo del prototipo implementado y la ponencia en el semillero de “*Social TIC*” liderado por la Ing. Yury Andrea Jimenez, se explicará y se dará a conocer la problemática del estrés como enfermedad, y la implementación del prototipo como resultado preventivo del mismo.
- Mediante la exposición y demostración en el evento CONITI edición 2021 que se realiza en la Universidad Católica de Colombia.

Anexos

A. Código fuente para la implementación de la prueba de estrés

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="utf-8">
  <title>Encuesta Sintomas de estres</title>
</head>
<body>
  <form action="recibe.php" method="post">
    <h1>Estudio de los niveles de estrés en los ámbitos laborales y
académicos</h1>
    <br>
    <h3>
      Debido a la pandemia que se está afrontando, la situación y los ritmos
de vida han pasado por varios procesos de adaptación en los ámbitos académicos y
laborales. Sin embargo, los niveles de estrés por las medidas de aislamiento y
prevención al contagio, como lo es la permanencia en casa constante, generan
alteraciones psicológicas y físicas.

      De acuerdo a lo mencionado anteriormente, se implementa la siguiente
encuesta con el fin de conocer los grados de estrés que se presentan en los
individuos en situaciones laborales y/o académicas.
    </h3>
    <br>
    <input type="text" name="Nombre" placeholder="Nombre">
    <input type="text" name="Apellido" placeholder="Apellido">
    <input type="text" name="Edad" placeholder="Edad">
    <br>
    <h3>Instrucciones</h3>
    <h3>De los siguientes síntomas, selecciona el grado experimentado
durante los últimos 3 meses de acuerdo al semáforo presentado</h3>
    <br>

    <h4>Imposibilidad de conciliar el sueño</h4>

    <label for="1">1</label>
    <input type="radio" name="pregunta1" value="1" id="1">

    <label for="2">2</label>
```

```
<input type="radio" name="pregunta1" value="2" id="2">
```

```
<label for="3">3</label>
```

```
<input type="radio" name="pregunta1" value="3" id="3">
```

```
<label for="4">4</label>
```

```
<input type="radio" name="pregunta1" value="4" id="4">
```

```
<label for="5">5</label>
```

```
<input type="radio" name="pregunta1" value="5" id="5">
```

```
<label for="6">6</label>
```

```
<input type="radio" name="pregunta1" value="6" id="6">
```

```
<h4>Jaquecas y dolores de cabeza</h4>
```

```
<label for="1">1</label>
```

```
<input type="radio" name="pregunta2" value="1" id="1">
```

```
<label for="2">2</label>
```

```
<input type="radio" name="pregunta2" value="2" id="2">
```

```
<label for="3">3</label>
```

```
<input type="radio" name="pregunta2" value="3" id="3">
```

```
<label for="4">4</label>
```

```
<input type="radio" name="pregunta2" value="4" id="4">
```

```
<label for="5">5</label>
```

```
<input type="radio" name="pregunta2" value="5" id="5">
```

```
<label for="6">6</label>
```

```
<input type="radio" name="pregunta2" value="6" id="6">
```

```
<h4>Indigestiones o molestias gastrointestinales. </h4>
```

```
<label for="1">1</label>
```

```
<input type="radio" name="pregunta3" value="1" id="1">
```

```
<label for="2">2</label>
```

```
<input type="radio" name="pregunta3" value="2" id="2">
```

```
<label for="3">3</label>
```

<input type="radio" name="pregunta3" value="3" id="3">

<label for="4">4</label>

<input type="radio" name="pregunta3" value="4" id="4">

<label for="5">5</label>

<input type="radio" name="pregunta3" value="5" id="5">

<label for="6">6</label>

<input type="radio" name="pregunta3" value="6" id="6">

<h4>Sensación de cansancio extremo o agotamiento. </h4>

<label for="1">1</label>

<input type="radio" name="pregunta3" value="1" id="1">

<label for="2">2</label>

<input type="radio" name="pregunta3" value="2" id="2">

<label for="3">3</label>

<input type="radio" name="pregunta3" value="3" id="3">

<label for="4">4</label>

<input type="radio" name="pregunta3" value="4" id="4">

<label for="5">5</label>

<input type="radio" name="pregunta3" value="5" id="5">

<label for="6">6</label>

<input type="radio" name="pregunta3" value="6" id="6">

<h4>Tendencia de comer, beber o fumar más de lo habitual. </h4>

<label for="1">1</label>

<input type="radio" name="pregunta4" value="1" id="1">

<label for="2">2</label>

<input type="radio" name="pregunta4" value="2" id="2">

<label for="3">3</label>

<input type="radio" name="pregunta4" value="3" id="3">

<label for="4">4</label>
<input type="radio" name="pregunta4" value="4" id="4">

<label for="5">5</label>
<input type="radio" name="pregunta4" value="5" id="5">

<label for="6">6</label>
<input type="radio" name="pregunta4" value="6" id="6">

<h4>Disminución del interés sexual. </h4>

<label for="1">1</label>
<input type="radio" name="pregunta5" value="1" id="1">

<label for="2">2</label>
<input type="radio" name="pregunta5" value="2" id="2">

<label for="3">3</label>
<input type="radio" name="pregunta5" value="3" id="3">

<label for="4">4</label>
<input type="radio" name="pregunta5" value="4" id="4">

<label for="5">5</label>
<input type="radio" name="pregunta5" value="5" id="5">

<label for="6">6</label>
<input type="radio" name="pregunta5" value="6" id="6">

<h4>Disminución del apetito. </h4>

<label for="1">1</label>
<input type="radio" name="pregunta6" value="1" id="1">

<label for="2">2</label>
<input type="radio" name="pregunta6" value="2" id="2">

<label for="3">3</label>
<input type="radio" name="pregunta6" value="3" id="3">

<label for="4">4</label>
<input type="radio" name="pregunta6" value="4" id="4">


```

<label for="5">5</label>
<input type="radio" name="pregunta6" value="5" id="5">

<label for="6">6</label>
<input type="radio" name="pregunta6" value="6" id="6">

<h4>Alteraciones musculares (tics nerviosos, parpadeos) </h4>

<label for="1">1</label>
<input type="radio" name="pregunta7" value="1" id="1">

<label for="2">2</label>
<input type="radio" name="pregunta7" value="2" id="2">

<label for="3">3</label>
<input type="radio" name="pregunta7" value="3" id="3">

<label for="4">4</label>
<input type="radio" name="pregunta7" value="4" id="4">

<label for="5">5</label>
<input type="radio" name="pregunta7" value="5" id="5">

<label for="6">6</label>
<input type="radio" name="pregunta7" value="6" id="6">

<h4>Sensación de molestia y/o dolor en distintas partes del cuerpo.
</h4>

<label for="1">1</label>
<input type="radio" name="pregunta8" value="1" id="1">

<label for="2">2</label>
<input type="radio" name="pregunta8" value="2" id="2">

<label for="3">3</label>
<input type="radio" name="pregunta8" value="3" id="3">

<label for="4">4</label>
<input type="radio" name="pregunta8" value="4" id="4">

<label for="5">5</label>
<input type="radio" name="pregunta8" value="5" id="5">

```

```
<label for="6">6</label>
<input type="radio" name="pregunta8" value="6" id="6">
```

```
<h4>Tendencia de no levantarse por la mañana. </h4>
```

```
<label for="1">1</label>
<input type="radio" name="pregunta9" value="1" id="1">
```

```
<label for="2">2</label>
<input type="radio" name="pregunta9" value="2" id="2">
```

```
<label for="3">3</label>
<input type="radio" name="pregunta9" value="3" id="3">
```

```
<label for="4">4</label>
<input type="radio" name="pregunta9" value="4" id="4">
```

```
<label for="5">5</label>
<input type="radio" name="pregunta9" value="5" id="5">
```

```
<label for="6">6</label>
<input type="radio" name="pregunta9" value="6" id="6">
```

```
<h4>Tendencias a sudar o palpitaciones</h4>
```

```
<label for="1">1</label>
<input type="radio" name="pregunta10" value="1" id="1">
```

```
<label for="2">2</label>
<input type="radio" name="pregunta10" value="2" id="2">
```

```
<label for="3">3</label>
<input type="radio" name="pregunta10" value="3" id="3">
```

```
<label for="4">4</label>
<input type="radio" name="pregunta10" value="4" id="4">
```

```
<label for="5">5</label>
<input type="radio" name="pregunta10" value="5" id="5">
```

```
<label for="6">6</label>
<input type="radio" name="pregunta10" value="6" id="6">
<br>
```

```
        <br>
        <input type="submit" value="Enviar">

    </form>

</body>
</html>
```

B. Código de captación de datos Sensor de pulso cardiaco

```
#define USE_ARDUINO_INTERRUPTS true
#include <PulseSensorPlayground.h>

const int PulseWire = 0;
const int LED13 = 13;
int Threshold = 550;

PulseSensorPlayground pulseSensor;

void setup() {

    Serial.begin(9600);

    pulseSensor.analogInput(PulseWire);
    pulseSensor.blinkOnPulse(LED13);
    pulseSensor.setThreshold(Threshold);

    if (pulseSensor.begin()) {
        Serial.println("Sensor equipado para la toma de medición");
    }
}

void loop() {

    int myBPM = pulseSensor.getBeatsPerMinute();

    if (pulseSensor.sawStartOfBeat()) {
```

```
Serial.println("♥ Cantidad de pulsos por minuto ");  
Serial.print("BPM: ");  
Serial.println(myBPM);  
}  
  
delay(20);  
}
```