



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**“SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL MONITOREO DE LOS NIVELES DE
ESTRÉS LABORAL QUE PADECEN PROFESIONALES APLICANDO ALGORITMOS
DE MACHINE LEARNING”**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO EN TELECOMUNICACOINES**

AUTOR: ERICK FERNANDO FLORES ALCUCER

DIRECTOR: MSC. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN

IBARRA

2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003941539		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Flores Alcucer Erick Fernando		
DIRECCIÓN:	Ibarra- Quetzal 1-31 y Tungurahua		
EMAIL:	effloresa@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062605968	TELÉFONO MÓVIL:	0958642801

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL MONITOREO DE LOS NIVELES DE ESTRÉS LABORAL QUE PADECEN PROFESIONALES APLICANDO ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING
AUTOR (ES):	Flores Alcucer Erick Fernando
FECHA: DD/MM/AAAA	01/09/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> X PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Telecomunicaciones
ASESOR /DIRECTOR:	MSC. Jaime Michilena

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 01 de septiembre de 2023.

EL AUTOR:



Erick Fernando Flores Alcucer

100394153-9



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN:

MSc. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA:

Que el presente trabajo de Titulación "SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL MONITOREO DE LOS NIVELES DE ESTRÉS LABORAL QUE PADECEN PROFESIONALES APLICANDO ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING", ha sido desarrollado por el señor Erick Fernando Flores Alcucer bajo mi supervisión.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Jaime Roberto Michilena Calderón". The signature is stylized and written over a horizontal line.

MSc. Jaime Roberto Michilena Calderón
DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mi familia y mis seres queridos por ser un apoyo incondicional en cada paso que he dado para poder alcanzar esta meta. A mis padres Fernando y Marina, por ser un gran ejemplo de lucha, por poner su confianza en mí, por su paciencia, por su ayuda y apoyo en cada dificultad, ya que sin ellos este logro no sería posible.

A mis hermanos Angelo y Leonardo por ser una parte muy importante del pilar fundamental en mi vida, por su apoyo inquebrantable a lo largo de este camino, por enseñarme a ser un equipo y mantenernos unidos.

Al amor de mi vida, Carolina, quien ha sido mi fiel compañera en cada paso, mi fuente de inspiración y mi refugio en todo momento, su apoyo incondicional y sus palabras de aliento han sido mi motivación constante.

Este logro es dedicado a ustedes que han conformado mi pilar fundamental y que han iluminado mi camino para alcanzar este logro que también les pertenece.

Flores Alcucer Erick Fernando



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por creer en mí, por su sacrificio, sus consejos, por la orientación y el ánimo constante, a mis hermanos por su complicidad, su apoyo, su comprensión y ayuda en cada etapa de mi camino y a mi compañera de vida por ser mi fuente de fuerza y motivación.

A mis docentes por brindarme sus conocimientos y enseñanzas que han sido de mucha ayuda para culminar con éxito esta etapa. Sus consejos y su compromiso han sido invaluable.

A mis amigos por todo su apoyo y por la oportunidad de compartir momentos valiosos, por la compañía y la posibilidad de vivir alegrías y experiencias que hicieron este proceso más fácil y llevadero, juntos hemos superado y alcanzado esta meta tan importante.

A mi director y asesor de tesis, MSc. Jaime Michilena y MSc. Luis Suárez por su dedicación, su paciencia y por brindarme su guía y conocimientos a lo largo de este proceso. Sus valiosas sugerencias y asesoramiento fueron fundamentales para alcanzar esta meta con éxito.

Finalmente agradezco al MSc. Jorge Gordón, cuya contribución y orientación experta jugaron un papel muy importante en este proyecto, de igual forma, al personal administrativo de la facultad FECYT que colaboró en el desarrollo del mismo.

Flores Alcucer Erick Fernando

RESUMEN

El presente trabajo de titulación consiste en el desarrollo de un sistema electrónico que permita realizar la predicción del nivel de estrés laboral mediante el uso de algoritmos de Machine Learning, donde el principal objetivo es detectar y monitorear los niveles de estrés en un grupo de profesionales y contribuyendo así en su control, para que de esta forma se pueda mejorar el rendimiento laboral, lo cual puede ser utilizado como un apoyo en el ámbito de la salud ocupacional, brindando herramientas que permitan un manejo efectivo del estrés en el entorno laboral.

El desarrollo de este sistema sigue la metodología del Modelo en "V", garantizando un enfoque estructurado y eficiente en cada etapa del proceso. Para el diseño del prototipo se cuenta con algunos sensores que permiten obtener las señales de algunas variables fisiológicas, también se emplean placas como Arduino UNO y Raspberry Pi 4 para el procesamiento de los datos, con lo que se permitirá calcular el nivel de estrés laboral que experimenta el usuario. Los datos y resultados obtenidos se podrán visualizar a través de una interfaz gráfica desarrollada en Django.

Por último, para verificar la funcionalidad y validez de este sistema, se llevaron a cabo pruebas con un grupo del personal administrativo de la facultad FECYT de la Universidad Técnica del Norte, que incluyó tanto hombres como mujeres, analizando los distintos niveles de estrés dependiendo de cada paciente. Además, al aplicar las técnicas sugeridas, se pudo constatar una reducción en los niveles de estrés, y los participantes pudieron notar un mejor rendimiento en sus funciones laborales. Este sistema puede ser un gran apoyo en el ámbito de la salud ocupacional, aportando un mejor diagnóstico y seguimiento adecuado en los profesionales afectados.

ABSTRACT

This degree work consists of the development of an electronic system that allows the prediction of the level of work stress through the use of Machine Learning algorithms, where the main objective is to detect and monitor the levels of stress in a group of professionals and thus contributing to its control, so that in this way it can improve work performance, which can be used as a support in the field of occupational health, providing tools that allow effective stress management in the workplace.

The development of this system follows the "V" Model methodology, ensuring a structured and efficient approach at each stage of the process. For the design of the prototype there are some sensors that allow to obtain the signals of some physiological variables, also boards such as Arduino UNO and Raspberry Pi 4 are used for data processing, which will allow to calculate the level of occupational stress experienced by the user. The data and results obtained can be visualized through a graphical interface developed in Django.

Finally, to verify the functionality and validity of this system, tests were carried out with a group of administrative personnel from the FECYT faculty of the Universidad Técnica del Norte, which included both men and women, analyzing the different levels of stress depending on each patient. In addition, by applying the suggested techniques, a reduction in stress levels was observed, and the participants were able to notice a better performance in their work functions. This system can be a great support in the field of occupational health, providing a better diagnosis and adequate follow-up in the affected professionals.

INDICE DE CONTENIDOS

Capítulo I	1
1.1. Tema.....	1
1.2. Problema.....	1
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Alcance.....	3
1.5. Justificación.....	5
Capitulo II.....	7
1.1. Estrés	7
1.1.1. Estrés laboral	8
1.1.1.1. Causas.....	12
1.1.1.2. Efectos en la salud.....	13
1.1.1.2.1. Efectos en el sistema cardiovascular	14
1.1.1.2.2. Efectos en el sistema musculoesquelético.....	15
1.1.1.2.3. Efectos en el sistema endócrino	15
1.1.1.2.4. Efectos en el sistema respiratorio.....	16
1.1.1.2.5. Efectos en el sistema metabólico	17
1.1.1.2.6. Efectos en el sistema gastrointestinal.....	18

1.1.1.3. Efectos en el desempeño	19
1.2. Análisis de variables fisiológicas del estrés laboral	19
1.2.1. Frecuencia cardíaca	20
1.2.2. Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (Heart Rate Variability o HRV)....	20
1.2.3. Frecuencia respiratoria	21
1.2.4. Temperatura corporal	21
1.3. Técnicas de medición del estrés	21
1.4. Estudio de sistemas embebidos	22
1.4.1. Características generales	23
1.4.2. Características de hardware.....	23
1.4.2.1. Microprocesadores	24
1.4.2.2. Microcontroladores	24
1.4.2.3. Procesadores Digitales de Señal (DSP).....	25
1.5. Acondicionamiento de señales	27
1.5.1. Amplificadores operacionales	28
1.5.2. Filtros	28
1.6. Machine Learning	30
1.6.1. Aprendizaje supervisado	31
1.6.1.1. Algoritmo de clasificación k Nearest Neighbour	31
1.6.1.2. Algoritmo de clasificación k Naïve Bayes	32

1.6.1.3. Algoritmo de clasificación Árbol de decisión.....	32
1.6.2. Aprendizaje no supervisado	33
1.7. Descripción de la metodología.....	34
1.7.1. Modelo en V.....	34
Capitulo III.....	37
3.1. Metodología	37
3.2. Análisis.....	37
3.2.1. Situación actual	38
3.2.2. Técnicas de investigación.....	41
3.3. Requerimientos.....	42
3.3.1. Stakeholders	42
3.3.2. Requerimientos de Stakeholders	43
3.3.3. Requerimientos del Sistema.....	44
3.3.4. Requerimientos de Arquitectura.....	46
3.4. Elección de Hardware y Software para el sistema	49
3.4.1. Elección del Hardware	49
3.4.1.1. Elección de sensores.....	49
3.4.1.2. Elección de placas o sistemas embebidos.	53
3.4.2. Elección del Software.....	55
3.5. Diseño del prototipo	56

3.5.1. Arquitectura del sistema.....	56
3.5.2. Diagrama de bloques.....	57
3.6. Diseño del sistema.....	59
3.6.1. Bloque 1: Obtención de datos	59
3.6.2. Bloque 2: Procesamiento de datos	63
3.6.3. Bloque 3: Almacenamiento de datos y entrenamiento de algoritmo	66
3.6.4. Bloque 4: Visualización	70
3.6.5. Bloque 5: Alimentación	77
Capitulo IV.....	79
4.1. Pruebas de funcionamiento unitarias.....	79
4.1.1. Pruebas del bloque de obtención de datos.....	79
4.1.1.1. Pruebas de sensor ECG	79
4.1.1.2. Pruebas de sensor de temperatura	81
4.1.2. Pruebas del bloque de procesamiento de datos	82
4.1.3. Pruebas del bloque de almacenamiento de datos y entrenamiento de algoritmo	83
4.1.4. Pruebas del bloque de visualización.....	85
4.2. Integración del sistema.....	86
4.2.1. Elaboración de la carcasa	86
4.3. Pruebas de funcionamiento	88

4.3.1. Pruebas de operatividad de hardware.....	88
4.3.2. Pruebas de funcionamiento con usuarios	89
4.3.2.1. Análisis de nivel bajo de estrés laboral	97
4.3.2.2. Análisis de nivel moderado de estrés laboral	99
4.3.2.3. Análisis de nivel alto de estrés laboral	102
4.3.2.4. Análisis de los casos que no presentan niveles de estrés	104
4.3.3. Discusión de resultados	105
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
Conclusiones	123
Recomendaciones.....	125
REFERENCIAS.....	127
ANEXOS	139
Anexo 1: Entrevista realizada para determinar requerimientos para el diseño del sistema.....	139
Anexo 2: Encuesta de evaluación del sistema dirigida al grupo de pruebas.....	141

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Arquitectura del sistema.	5
Figura 2 Representación del estrés	7
Figura 3 Representación del estrés laboral	9
Figura 4 Nivel medio de estrés laboral según el género y distintos roles laborales.	12

Figura 5 _Sistema Cardiovascular	14
Figura 6 _Sistema endócrino	16
Figura 7 _Sistema respiratorio.....	17
Figura 8 _Sistema gastrointestinal.....	18
Figura 9 _Proceso de acondicionamiento de señal	28
Figura 10 _Algoritmo K-NN	32
Figura 11 _Estructura de un árbol de decisión	33
Figura 12 _Diagrama del modelo en V.....	35
Figura 13 _Sensor de temperatura MAX6675.....	50
Figura 14 _Sensor ECG AD8232	51
Figura 15 _Ubicación de electrodos para obtener las señales ECG	52
Figura 16 _Arquitectura del sistema.....	57
Figura 17 _Diagrama de bloques del sistema	58
Figura 18 _Correcta ubicación de electrodos ECG	59
Figura 19 _Circuito de filtro basa banda	61
Figura 20 _Filtros implementados	62
Figura 21 _Diagrama de flujo del bloque de obtención de datos	63
Figura 22 _Filtros digitales implementados.....	64
Figura 23 _Cálculo de HRV y obtención de intervalo RR	65
Figura 24 _Diagrama de flujo del bloque de procesamiento de datos.....	66
Figura 25 _Diagrama de base de datos implementada	67
Figura 26 _Tabla de pacientes	68
Figura 27 _Tabla de mediciones	68

Figura 28	Diagrama de flujo del proceso del algoritmo "Árbol de decisión"	69
Figura 29	Implementación de algoritmo de clasificación Árbol de decisión	70
Figura 30	Registro de usuarios	71
Figura 31	Diagrama de flujo del bloque de visualización	72
Figura 32	Visualización del listado de mediciones	73
Figura 33	Sugerencias de técnicas de control dependiendo del nivel de estrés laboral...	74
Figura 34	Sugerencia de técnicas de control	75
Figura 35	Alimentación de placas	78
Figura 36	Obtención de señal ECG para prueba de sensor ECG AD8232.....	80
Figura 37	Cálculo de FC y HRV	81
Figura 38	Mediciones de temperatura	82
Figura 39	Envío de datos procesados a BDD	83
Figura 40	División de datos en grupos de entrenamiento y de evaluación.....	84
Figura 41	Predicción de nivel de estrés y almacenamiento en resultados	85
Figura 42	Lista de acciones que se pueden visualizar en la interfaz	86
Figura 43	Diseño de carcasa en Fusion360	87
Figura 44	Integración de componentes en el sistema	88
Figura 45	Ubicación de electrodos y sensores en usuarios.....	97
Figura 46	Obtención de valores de variables fisiológicas	98
Figura 47	Nivel bajo de estrés laboral	98
Figura 48	Técnicas de control sugeridas para el nivel bajo de estrés laboral	99
Figura 49	Estresores que se pueden presentar en la jornada laboral	100
Figura 50	Ubicación de electrodos y sensores de forma adecuada.....	100

Figura 51 _Variación de datos en caso de nivel de estrés moderado	101
Figura 52 _Resultado y sugerencia de técnicas de control para el nivel moderado de estrés laboral	101
Figura 53 _Técnicas de control sugeridas para el nivel moderado de estrés.....	102
Figura 54 _Variación de datos en el caso del nivel alto de estrés laboral	103
Figura 55 _Sugerencias de técnicas de control para el nivel alto de estrés laboral	104
Figura 56 _Datos de los casos donde no se experimentan niveles de estrés laboral	105
Figura 57 _Desarrollo de técnicas de control sugeridas	107
Figura 58 _Selección de rango de fechas.....	109
Figura 59 _Resultados de los niveles de estrés en el mes de junio.....	109
Figura 60 _Resultados de los niveles de estrés en el mes de julio.....	110
Figura 61 _Resultado de los niveles de estrés en la semana del 19 al 23 de junio de Alexandra Cupuerán	111
Figura 62 _Resultado de los niveles de estrés en la semana del 17 al 21 de julio de Alexandra Cupuerán	112
Figura 63 _Resultado de los niveles de estrés en la semana del 19 al 23 de junio de Patricio Villacís.....	112
Figura 64 _Resultado de los niveles de estrés en la semana del 17 al 21 de julio de Patricio Villacís	113
Figura 65 _Resultado de los niveles de estrés en la semana del 19 al 23 de junio de Marta Vásquez.....	113
Figura 66 _Resultado de los niveles de estrés en la semana del 17 al 21 de julio de Marta Vásquez.....	114

Figura 67 Resultado de los niveles de estrés en la semana del 19 al 23 de junio de Lesly Arias	114
Figura 68 Resultado de los niveles de estrés en la semana del 17 al 21 de julio de Lesly Arias	115
Figura 69 Resultado de los niveles de estrés en la semana del 19 al 23 de junio de Estefanía Bedón	115
Figura 70 Resultado de los niveles de estrés en la semana del 17 al 21 de julio de Estefanía Bedón	116
Figura 71 Resultado de los niveles de estrés en la semana del 19 al 23 de junio de Raúl Torres	116
Figura 72 Resultado de los niveles de estrés en la semana del 17 al 21 de julio de Raúl Torres	117
Figura 73 Resultado de los niveles de estrés en la semana del 10 al 14 de julio de Daniel Viveros	117
Figura 74 Resultado de los niveles de estrés en la semana del 17 al 21 de julio de Daniel Viveros	118
Figura 75 Resultado de los niveles de estrés en la semana del 10 al 14 de julio de Paulina Farinango	118
Figura 76 Resultado de los niveles de estrés en la semana del 17 al 21 de julio de Paulina Farinango	119
Figura 77 Resultado de los niveles de estrés en la semana del 10 al 14 de julio de Luis Revelo	119

Figura 78 Resultado de los niveles de estrés en la semana del 17 al 21 de julio de Luis Revelo	120
Figura 79 Resultado de los niveles de estrés en la semana del 10 al 14 de julio de Ana Quintana.....	120
Figura 80 Resultado de los niveles de estrés en la semana del 17 al 21 de julio de Ana Quintana.....	121
Figura 81 Resultado de los niveles de estrés del grupo de estudio en todo el periodo de pruebas	122

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Intensidad del estrés laboral según el género.....	10
Tabla 2 Intensidad del estrés laboral según el género y la falta de apoyo social.....	11
Tabla 3 Lista de Stakeholders	42
Tabla 4 Requerimientos de Stakeholders.....	43
Tabla 5 Requerimientos del Sistema.....	44
Tabla 6 Requerimientos de Arquitectura	46
Tabla 7 Elección de sensores	49
Tabla 8 Especificaciones del sensor de temperatura MAX6675	51
Tabla 9 Especificaciones del sensor de frecuencia cardíaca ECG AD8232	52
Tabla 10 Elección de sistemas embebidos.....	53
Tabla 11 Especificaciones de Arduino Uno.....	54
Tabla 12 Especificaciones de Raspberry Pi 4.....	54
Tabla 13 Elección de software	55

Tabla 14 Pruebas de operatividad de hardware	89
Tabla 15 Grupo de personal para pruebas.....	90
Tabla 16 Resultados obtenidos mediante las pruebas en usuarios.....	92
Tabla 17 Clasificación de niveles de estrés del grupo según la influencia de los días ..	106
Tabla 18 Resultados de la encuesta de evaluación	108

Capítulo I

Antecedentes

En este capítulo se especifica el sustento y los fundamentos para el desarrollo del proyecto de titulación, siendo estos: el tema seleccionado, el problema, los objetivos, el alcance y la justificación, los cuales serán la base para el desarrollo de este proyecto, con la finalidad de realizar un sistema electrónico de forma apropiada.

1.1. Tema

SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL MONITOREO DE LOS NIVELES DE ESTRÉS LABORAL QUE PADECEN PROFESIONALES APLICANDO ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING.

1.2. Problema

El estrés es considerado como una enfermedad o un problema psicológico de mucha importancia que ha surgido últimamente, llegando a valoraciones que se deberán tener en cuenta en el entorno laboral debido a su significativa influencia tanto en la persona, así como en el ambiente de trabajo. El aumento de este desorden se ha observado en el medio ecuatoriano, donde el 30% de las enfermedades profesionales son provocadas por el estrés. (Ramos, Pantoja, Tejera, & Gonzales, 2019) En los trabajadores, el estrés laboral en la actualidad se puede dar como consecuencia debido a varios factores como: el aumento de las obligaciones o demandas del entorno y a la vez por los crecientes niveles de competitividad en el mercado. El estrés se produce cuando estas demandas esperadas superan la capacidad de reacción de una persona en particular y

pueden perjudicar tanto la salud física como la mental y al ser la causa de varias patologías, se lo puede considerar un aspecto grave como un factor epidemiológico. (Bupa, 2020)

En el Ecuador, según la encuesta realizada por la empresa GFK en el año 2012 en las ciudades de Quito y Guayaquil (Expreso, 2012) se observó que alrededor del 10% de la población se siente estresada, pero en los últimos años se pronostica que este porcentaje sea mayor, en el ambiente laboral de instituciones como los establecimientos públicos no se alejan de esta realidad, debido a que tienen como objetivo principal el servicio hacia la comunidad, donde son sujetos de un alto nivel de estrés laboral, ya que se tienen altas expectativas del desempeño que se realizan en estos tipos de instituciones. Esto puede afectar de forma negativa en el rendimiento laboral en estas entidades, dado que los síntomas fisiológicos de este problema, como es el estrés, pueden ocasionar aflicciones de salud o desgastes como el físico, el emocional o mental, lo cual dificulta o repercute tanto en el desempeño laboral de los trabajadores. (Delgado, Calvanapón, & Cárdenas, 2020)

En ese contexto para aportar en la solución del problema mencionado, es factible proponer un sistema o dispositivo que aspira facilitar el proceso de monitorización de los niveles del estrés laboral para así evitar complicaciones y riesgos, haciendo posible que este proceso sea más accesible, confiable y óptimo para mejorar la calidad de vida de las personas que se desempeñan en este ámbito.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema electrónico que permita el monitoreo de los niveles de estrés laboral para mejorar el rendimiento mediante sugerencias de técnicas de control.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar los datos sobre la alteración de los tipos de señales o signos vitales que son causadas por las variaciones fisiológicas debido al estrés laboral.
- Establecer los mecanismos y parámetros para la detección del estrés laboral mediante el uso de la metodología del modelo en V.
- Diseñar el prototipo y una aplicación que permita mostrar los resultados de la condición de los usuarios y sugerir técnicas de control de esta.
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema en un determinado grupo de profesionales.

1.4. Alcance

Para el desarrollo del presente proyecto se estudiarán las ideas principales acerca de las condiciones a las que están propensos los profesionales, así mismo los datos sobre las alteraciones que se dan en los signos vitales, las cuales son causadas por las variaciones fisiológicas, que se generan por las altas exigencias en el ámbito ocupacional, como es el estrés laboral, para lo cual a través de un sistema electrónico se tiene como objetivo principal procesar los parámetros que permitan determinar el nivel de estrés laboral.

La elaboración de este proyecto se basará en el modelo en V, donde en la etapa de la especificación de los requerimientos se analizarán y validarán los parámetros y mecanismos, los cuales serán la base para determinar la existencia del estrés laboral, para que de esta forma se pueda identificar el funcionamiento de las señales vitales, así como de las variaciones fisiológicas, permitiendo así el monitoreo y un posible control de la condición a tratar, considerando que este sistema no tomará el lugar de un diagnóstico médico.

En la etapa del diseño funcional del sistema, se manejará una arquitectura que permita observar cada uno de los procesos que se cumplirán y mediante los cuales se podrán obtener las señales de los parámetros de estudio para su evaluación y procesamiento y que por medio del desarrollo de algoritmos se pueda realizar la toma de decisiones, conocidos como árboles de decisión, y así de esta forma se pueda determinar la condición o el nivel de estrés del usuario, sugiriendo a la vez posibles técnicas de control.

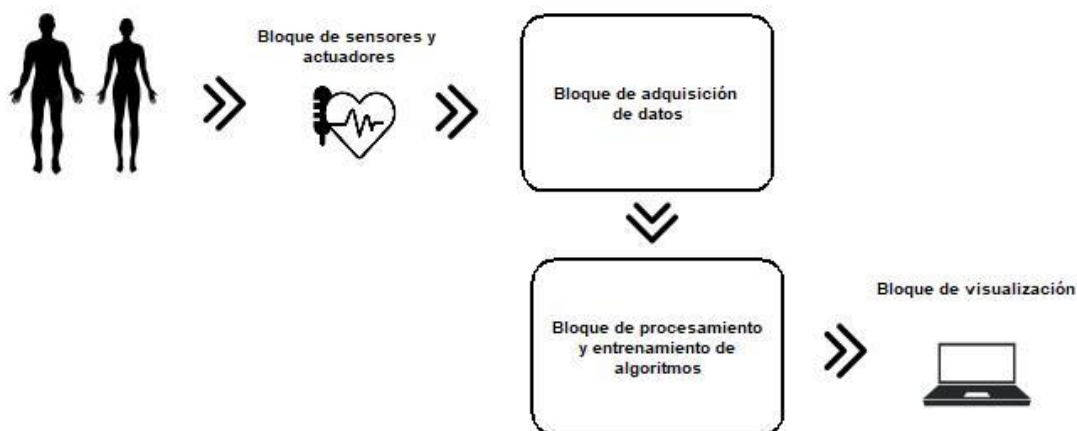
El hardware debe cumplir con parámetros para el diseño del sistema que permitan una mejor vinculación entre ellos, además entre estos se elegirá el sistema embebido que se adapte a los procesos del sistema electrónico, de la misma forma se integrarán elementos para la adquisición y captura de los datos en base a los parámetros de estudio como son sensores de frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y de temperatura, considerando que cada uno de estos tiene que ser calibrado para una correcta lectura de los datos, evitando así errores desmedidos.

En el diseño del sistema se implementará una aplicación, como se muestra en la Figura 1, la cual tendrá que ser desarrollada con la finalidad de mostrar los resultados obtenidos de la condición del usuario y que a la vez permita la interacción con el mismo, para que de este modo se pueda llevar a cabo el proceso de monitorización del estrés laboral, esto por medio de la pantalla de un dispositivo en el que también se podrá observar la sugerencia de técnicas de control

dependiendo del nivel de estrés que sea detectado, las cuales serán avaladas por expertos del ámbito psicológico.

Figura 1

Arquitectura del sistema.



Fuente: Autoría

Para la implementación del sistema se realizarán etapas de pruebas, las cuales permitirán determinar tanto el grado de funcionamiento, así como algoritmo con un mejor rendimiento, esta etapa se realizará en un grupo determinado de personas que se desempeñen en el campo profesional, teniendo así la validación del sistema por parte de los usuarios y a la vez los puntos a considerar para la corrección de posibles errores que se puedan presentar

1.5. Justificación

En la actualidad el estrés ha llegado a ser una de las condiciones más comunes, teniendo que el estrés laboral, es una de las principales causas del estrés en general en el mundo, es por esto que la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha desarrollado un plan para poder contrarrestar esta enfermedad, el plan se denomina “La organización del trabajo y el estrés”, en el que se observará a detalle cómo se puede distinguir y las distintas formas de control del estrés laboral para que de

esta forma se eviten las consecuencias negativas como la mala salud física al igual que la mental de las personas. (Griffiths, Leka, & Cox, 2004)

El alto peligro que puede conllevar un cuadro de estrés sin tener control alguno aumenta las posibilidades de que se detonen enfermedades cardiovasculares así como consecuencias graves a nivel del sistema nervioso según algunas investigaciones, aunque se considera también que esta condición puede afectar de forma distinta en cada persona, pero en general provocando problemas como son los emocionales, entre los que se pueden encontrar la depresión, ansiedad, problemas psicológicos y de la misma forma los fisiológicos. (Robinson, 2017)

Aunque en estos tiempos existe una variedad de información que ha sido proporcionada por instituciones u organizaciones nacionales e internacionales, al igual que una amplia diversidad de tratamientos para la detección de estrés, los índices de este no se han reducido. Esto se debe a que la mayoría de los métodos utilizados resultan en cierta parte inciertos, ya que estos se fundamentan únicamente en test psicológicos y de la misma forma, porque las personas no conocen el nivel de estrés en el que se encuentran en ese momento. (Hernández del Rey, Baranera, & Armario, 2002)

Con base a la investigación realizada en esta sección, se resalta la importancia y el volumen de las enfermedades que se pueden derivar de los niveles más altos de esta condición. A causa de esto se presenta la necesidad de diseñar un sistema o prototipo mediante el cual se puedan obtener los datos de las variaciones fisiológicas al igual que los signos vitales en ambientes de estrés, o de la misma forma escenarios donde se genere en la persona los trastornos relacionados con el estrés, con la finalidad de poder predecir los niveles de estrés y a la vez mejorar la condición de salud de la persona. (Ramos, Pantoja, Tejera, & Gonzales, 2019)

Capítulo II

Fundamento Teórico

Este capítulo contiene la introducción a los conceptos afines al estudio del estrés y los aspectos fisiológicos del sistema cardiovascular y respiratorio del cuerpo humano, principalmente enfocándose en el estrés, el estrés laboral y cuáles son sus causas y efectos. De la misma forma se comprenden conceptos tecnológicos como placas de sistemas embebidos, sensores y los componentes que integran el sistema electrónico de monitoreo.

1.1. Estrés

Según (Griffiths, Leka, & Cox, 2004) la OMS considera que el estrés es uno de los problemas de salud mental que afecta a una de cada cuatro personas, debido a las consecuencias que puede presentar, como son físicas, emocionales y de igual forma conductuales, también se considera como el detonante de otros problemas como los mentales y sociales, como se representa en la Figura 2, lo cual puede resultar en enfermedades incapacitantes en las personas.

Figura 2

Representación del estrés



Fuente: (Psicología y trabajo social, 2021)

Se debe tener en cuenta que esta condición es algo compleja, debido a la implicación de impulsos, respuestas e incluso procesos, los cuales consisten en los cambios que se pueden presentar en un sistema fisiológico, esto como consecuencia de una situación donde predomina el sobreesfuerzo, en la que se involucran también los agentes estresantes del entorno.

En este sentido, (Angulo Rincón, Bayona Quiñonez, & Marnelly, 2014) señalan que el riesgo que presentan los factores de estrés pueden generar distintas formas de respuesta, presentando alteraciones fisiológicas tanto internas como externas, lo cual tiene relevancia en el ámbito laboral ya que pueden tener consecuencias en características como la falta de claridad en el desempeño del trabajo, la mala relación laboral, depresión e incluso suicidios en los casos extremos.

Las variables fisiológicas se dan como respuesta física del cuerpo ante situaciones estresantes. Las bioseñales de estos cambios fisiológicos pueden ayudar en la detección del estrés en el individuo, lo cual se puede lograr con el uso de ciertos sensores específicos dependiendo de la variable que se quiera medir. Con la ayuda de técnicas de aprendizaje automático, como lo es el Machine Learning, se puede lograr que este proceso se realice por sí mismo, basándose en los datos fisiológicos que se han registrado previamente, y así de esta forma detectar los niveles de estrés que padezca una persona. (Bobade & M., 2020)

1.1.1. Estrés laboral

Hay varios vínculos que relacionan la condición de estrés con el trabajo, debido a que una gran cantidad de personas destinan más tiempo de su vida diaria a la carga laboral, es por eso que el trabajo se considera una tarea cotidiana de mucha importancia, pero a la vez estresante.

(Ramos, Pantoja, Tejera, & Gonzales, 2019) indican que el estrés laboral se puede considerar como un grupo reacciones o alteraciones negativas que tienen consecuencias en la salud del

trabajador, tanto en la física como en la mental. Estas alteraciones generalmente resultan debido a factores como el entorno físico, la sobrecarga y organización del trabajo, incluso irregularidades de las funciones biológicas, lo que genera un sentimiento de incapacidad de poder afrontar dichas presiones, impidiendo así las reacciones positivas del trabajador en su desempeño, como se representa en la Figura 3. Es importante mencionar que los trabajadores pueden reaccionar de distintas formas, por lo que para algunos puede representar situaciones amenazantes, mientras que para otros la misma situación puede pasar inadvertida.

Figura 3

Representación del estrés laboral



Fuente: (FormaTalent, 2022)

De esta forma, (Díaz D. , 2011) destaca que las circunstancias en las que se puede producir el estrés laboral, es cuando se presentan altas demandas en las actividades que se ejerzan, superando el nivel de capacidad del trabajador, otros de los motivos son las habilidades y conocimientos del empleado, cuando estos no son suficientes para cumplir con las exigencias de una empresa. Por otro lado, también se tiene que destacar la importancia de la apreciación del entorno competitivo,

ya que las funciones laborales implican ciertas transformaciones, dependiendo de parámetros como la tecnología, lo cual puede conllevar a consecuencias negativas afectando el rendimiento de la persona.

También existen distintos factores que se relacionan con los niveles de estrés dependiendo del género de la persona, de esta forma (Azoifeifa, Solano, Salas, & Héctor, 2016) en el ejemplo de la investigación realizada en empleados del sector público de Costa Rica, mencionan que las mujeres tienen una mayor afectación en este sentido, esto se debe a que en la actualidad cumplen distintos roles en la sociedad, como el rol de madres, esposas, trabajadoras y miembros activos de esta, que son circunstancias que pueden producir cambios de tensión al mantenerse en un intercambio constante entre estos roles o contextos.

Este escenario puede contribuir al desarrollo de factores agravantes como el agotamiento físico y mental, la falta de posibilidades de desarrollo laboral, así como la falta de integración social, que a diferencia de los hombres, estos aspectos tienen un mayor rango de afectación en las mujeres. De esta forma en la Tabla 1 se puede observar la comparación de la intensidad del nivel de estrés en ambos géneros. Donde los principales factores estresores son la presión laboral y la falta de organización, lo cual está relacionado con una alta demanda de energía para sobrellevar este tipo de situaciones.

Tabla 1

Intensidad del estrés laboral según el género

	Presión laboral	Factor organizacional
Femenino	43.3	52.27
Masculino	39.36	46.83

Fuente: (Azoifeifa, Solano, Salas, & Héctor, 2016)

Otro factor de estudio que se vincula directamente con la presencia del estrés laboral es el apoyo social, ya que este parámetro puede ayudar a reducir los efectos negativos de esta patología. Como destacan (Caravaca, Pastor, Barrera, & José, 2021), se han realizado investigaciones en las que se constata que la presencia del apoyo social reducía en términos significantes los efectos como los intentos de abandonar el trabajo, por el contrario en la falta de este factor se asociaba claramente con el desarrollo de este tipo de patologías, por ejemplo el síndrome de Burnout. En la Tabla 2 se muestra la relación de este factor con factores previamente mostrados.

Tabla 2

Intensidad del estrés laboral según el género y la falta de apoyo social

	Presión laboral	Falta de apoyo social	Factor organizacional
Femenino	48.8	21.42	53.48
Masculino	41.4	18.67	45.79

Fuente: (Azofeifa, Solano, Salas, & Héctor, 2016)

De esta forma se tiene que generalmente las personas que son mayormente afectadas por el estrés laboral tienden a ser mujeres, en la Figura 4 se pueden observar datos estadísticos que se han obtenido del Instituto Nacional de Estadística de España, en los que se compara el nivel medio del estrés laboral, en base al cumplimiento de distintos roles y comparando estos en ambos géneros, comprobando así que el género femenino es el más afectado ante las situaciones o estresores que se encuentran en el campo laboral, es importante considerar que para la elaboración de estos datos la población es mayor a 16 años de edad.

Figura 4

Nivel medio de estrés laboral según el género y distintos roles laborales.



Fuente: (Instituto Nacional de Estadística, 2018)

1.1.1.1. Causas

Según (Ramos, Pantoja, Tejera, & Gonzales, 2019) las principales fuentes que pueden generar este tipo de estrés son las situaciones ambientales o del entorno de trabajo, así como sus elementos, que son capaces de generar un estado mental o emocional negativo en los trabajadores, teniendo así que el empleado estará expuesto a esta condición.

Las causas del estrés laboral también son conocidos como estresores, los cuales también dependerán de cierta forma del sector organizacional, ya que algunos de estos representan diferencias dependiendo del tipo de organización, por ejemplo, la falta de oportunidades de carrera, este estresor no se presenta en el sector privado, al contrario, está presente en los principales estresores del sector público. De esta forma (Ramos & Jordão, 2015) ratifican que existen fuentes universales, ya que estas no representan algún tipo de diferencia dependiendo del sector laboral, siendo estos los principales:

- La confusión del rol que está desempeñando.
- La falta de correlación entre el rol y la actividad que se desarrolla.
- La falta de relación interpersonal.

- La sobrecarga de trabajo.
- La diferencia jerárquica en los roles.

1.1.1.2. Efectos en la salud

El estrés laboral en general puede resultar peligroso y desfavorable para el empleado, ya que puede generar afecciones o sentimiento de frustración o tensión en el entorno laboral y consecuentemente tendrá repercusiones tanto en la salud física como en la salud mental, esta condición, de no ser atendida o tratada a tiempo puede terminar incluso en consecuencias fatales.

Uno de los efectos que se desarrollan debido al padecimiento del estrés laboral crónico es el Síndrome de Burnout, en el que se distinguen reacciones, sentimientos o actitudes negativas en el entorno laboral, es decir, hacia las personas con las que está relacionado en el trabajo, así como con en el propio desempeño laboral, debido a la sensación de desgaste o agotamiento. Una de las principales características de este síndrome son las alteraciones que se pueden presentar, tanto emocionales, físicas o de conducta, las cuales se relacionan con las características laborales y sociales de cada empleado. (Velázquez, González, & Maldonado, 2008)

Según la OMS, el estrés laboral se puede considerar como el conjunto de respuestas tanto cognitivas y conductuales, así como psicológicas y emocionales, ante las demandas laborales en las que se superan tanto los conocimientos como las habilidades del empleado en su desempeño. Por lo que algunos ejemplos de estas reacciones en la salud pueden ser: el aumento de la presión sanguínea y del ritmo cardíaco, la presencia de tensión muscular; mientras que en el aspecto psicológico se puede presentar: enojo, depresión, entre otras afecciones. (Griffiths, Leka, & Cox, 2004)

1.1.1.2.1. Efectos en el sistema cardiovascular

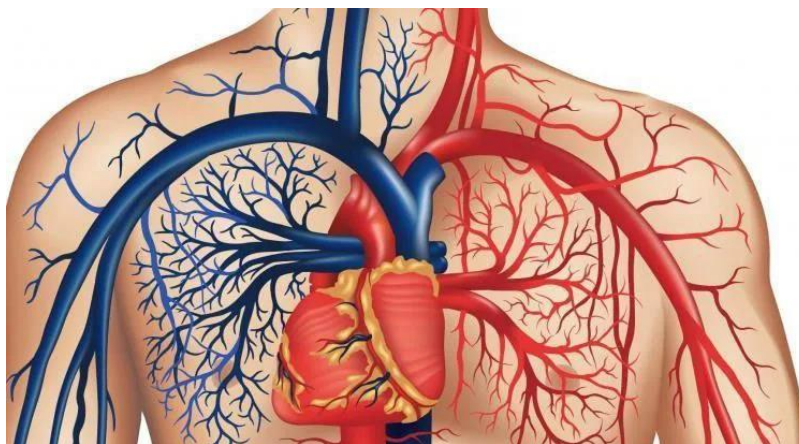
En el vínculo que existe entre las patologías cardiovasculares y el estrés laboral, es necesario considerar la dependencia de las organizaciones, ya que los empleados vinculados a las instituciones públicas muestran cuadros más cercanos al nivel de riesgo en la salud cardiovascular que los empleados vinculados al sector privado.

Otro parámetro con el que tiene relación el estrés laboral es el agotamiento o el cansancio, este puede ser físico o mental, ya que se considera que mientras se sufra mayor agotamiento, generado en el entorno laboral, mayor será la presencia de síntomas de enfermedades en el sistema cardiovascular que se muestra en la Figura 5.

De la misma forma se tienen que considerar las variaciones de los parámetros fisiológicos, ya que en casos de variaciones extremas como en la presión arterial o en la frecuencia cardíaca están relacionadas con el acontecimiento de eventos como enfermedades cardiovasculares, es importante recordar que este tipo de patología es una de las causas más importantes de muerte en la sociedad. (Herrera & Varona, 2016)

Figura 5

Sistema Cardiovascular



Fuente: (Rivero, *Sistema Cardiovascular*, 2022)

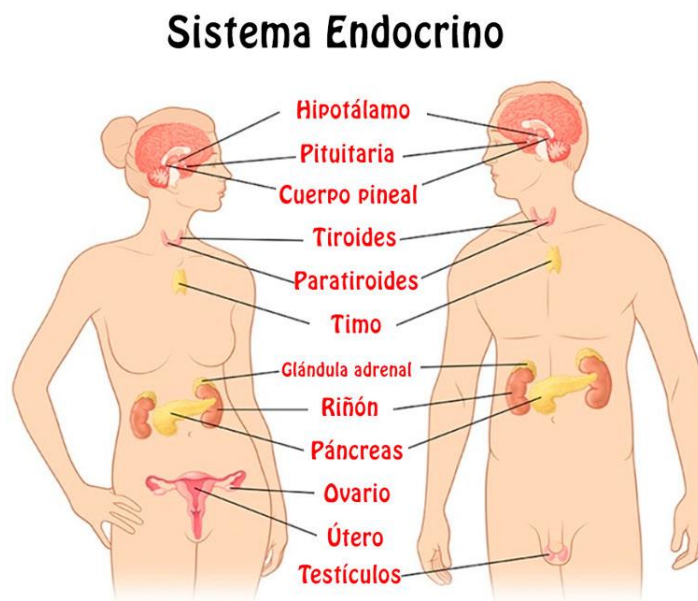
1.1.1.2.2. Efectos en el sistema musculoesquelético

El entorno laboral también puede generar un estrés crónico, lo cual puede tener consecuencias en los músculos del cuerpo, una de las reacciones que se pueden dar, es la tensión en los músculos, esta tensión se suele liberar cuando pasa la situación de estrés, pero cuando se está expuesto a largos períodos de tensión muscular se pueden generar trastornos como el caso de la migraña, la cual se relaciona con la tensión en los músculos de la zona de la cabeza, cuello y hombros, lo cual se genera a partir del estrés al que se está expuesto en el entorno laboral. (Shaw, y otros, 2018)

1.1.1.2.3. Efectos en el sistema endócrino

Es importante considerar la relación de algunas hormonas con el estrés laboral, una de las más importantes es el cortisol, ya que es un indicador de respuesta a la presencia de forma particular en el estrés crónico y en el estrés en general, además los niveles de esta hormona están vinculados a efectos negativos en la salud del empleado, como son distintos tipos de patologías como la fatiga, entre otros trastornos. (Serrano, Moya, & Salvador, 2009)

Como se ha mencionado también existe la presencia de otras hormonas en el sistema endócrino, representado en la Figura 6, que se relacionan con el estrés laboral, éstas son tanto la noradrenalina, así como la adrenalina, donde (Serrano, Moya, & Salvador, 2009) afirma que según estudios realizados se presentan niveles de estas hormonas cuando el empleado se encuentra en una situación donde percibe la sensación de esfuerzo, de la misma forma, la presencia de noradrenalina en el sistema puede llegar a ser la causa de condiciones como el agotamiento.

Figura 6*Sistema endócrino*

Fuente: (Rivero, Sistema endócrino, 2022)

1.1.1.2.4. Efectos en el sistema respiratorio

La relación del estrés laboral con el sistema respiratorio, que se observa en la Figura 7, se da a través de las alteraciones fuertes de sentimientos o emociones, ya que estas pueden causar ciertas dificultades para respirar, como disnea o el aumento de la frecuencia respiratoria. Estos síntomas se tienen que valorar con mayor importancia en empleados que presenten enfermedades respiratorias, esto porque si se exponen a factores estresantes pueden complicar la condición de la persona, mientras que en las personas que no presentan estas complicaciones el cuerpo puede manejar de mejor forma esta situación. (Shaw, y otros, 2018)

Figura 7*Sistema respiratorio*

Fuente: (Rivero, Sistema respiratorio, 2022)

1.1.1.2.5. Efectos en el sistema metabólico

La presencia del estrés laboral o estrés crónico puede generar lo que se conoce como síndrome metabólico, este es el conjunto de distintos tipos de factores de riesgo en el empleado, lo que puede ampliar las posibilidades de la presencia de patologías cardiovasculares.

Dentro de estos riesgos se tienen patologías como la obesidad, la cual tiene una relación directa entre el estrés laboral y el aumento del índice de masa corporal. Otra enfermedad que se considera dentro del síndrome metabólico también es la hipertensión, ya que el estrés laboral se le asocia a la elevación del grado de la presión arterial. (Navinés, Martín-Santos, Olivé, & Valdés, 2016)

Por otro lado, (Navinés, Martín-Santos, Olivé, & Valdés, 2016) mencionan que el padecimiento de estrés laboral puede provocar el surgimiento de diabetes mellitus tipo 2, también representada por la abreviación DM2. La relación entre estas patologías se establece en estudios, donde la sobrecarga de trabajo o la exageración del horario laboral se vincularon con un mayor riesgo de padecer diabetes mellitus tipo 2.

1.1.1.2.6. Efectos en el sistema gastrointestinal

El vínculo de este sistema con el estrés laboral reside en que este puede afectar en la comunicación que se produce entre el cerebro y el intestino, es decir el sistema gastrointestinal como se muestra en la Figura 8, la cual se produce mediante millones de neuronas que permiten mantener esa comunicación. Esta afección puede generar dolencias o molestias que pueden perjudicar el intestino. Estos malestares también se relacionan con las bacterias que se encuentran en el intestino lo cual puede contribuir en las afecciones de la salud, tanto física como emocional. Todos estos factores permiten que el riesgo de padecer enfermedades intestinales sea mayor. (Shaw, y otros, 2018)

Figura 8

Sistema gastrointestinal



Fuente: (Maryniak, 2018)

1.1.1.3. Efectos en el desempeño

La forma en la que el estrés laboral afecta al desempeño de los empleados se presenta con una relación negativa que se establece entre los estresores, los cuales se basan en las dificultades que se presentan en el entorno y el desempeño laborales. Por ejemplo, cuando los empleados notan que las tareas laborales asignadas sobrepasan los límites de conocimiento y habilidad, dedican energía y tiempo a lidiar con ese estresor y las reacciones que se pueden generar tanto en lo emocional, como en la salud física. (Gilboa, Shirom, Fired, & Cooper, 2008)

Por lo tanto, se cree que los factores estresantes relacionados con el trabajo afectan disminuyendo el desempeño de los empleados, ya que los esfuerzos que se deberían enfocar en las funciones laborales se enfocan en lidiar con los estresores.

Por otra parte, (Delgado, Calvanapón, & Cárdenas, 2020) consideran que los altos niveles de estrés se relacionan con las respuestas o las variables fisiológicas, las que también pueden interferir en el rendimiento del empleado, por ejemplo, puede causar la reducción de la atención de las personas, la falta de eficiencia, entre otros síntomas que se asocian al desempeño laboral y al efecto negativo que los estresores causan en este.

1.2. Análisis de variables fisiológicas del estrés laboral

Como se ha mencionado el estrés laboral y los factores estresantes generan reacciones corporales, en las que se pueden encontrar las fisiológicas, las cuales son producidas por el organismo ante los estímulos de los estresores. En este tipo de reacciones se involucran principalmente los sistemas nervioso y endócrino, y de la misma forma con el sistema nervioso autónomo, en especial el sistema nervioso simpático. (Gálvez, Martínez, & Martínez, 2017)

Estos sistemas son los encargados de regular, estimular e incluso inhibir la actividad de ciertos órganos y glándulas, entre ellos el corazón y los vasos sanguíneos, mientras que por el sistema endócrino se encuentran las glándulas como la hipófisis o pituitaria, de esta forma se tendrá la posibilidad de medir las variables fisiológicas como la presión sanguínea, la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria, la temperatura corporal, entre otras. (Nogareda)

1.2.1. Frecuencia cardíaca

Se conoce como frecuencia cardíaca al número de latidos o contracciones que realiza el corazón por minuto, sin considerar si la persona se encuentra en estado de actividad o de reposo. Las pulsaciones por minuto (PPM) del corazón están relacionados con parámetros como la edad, condiciones ambientales, entre otras. Los valores normales de la frecuencia cardíaca en las personas adultas se encuentran entre los 60 y 100 PPM. (Laskowski, 2020)

1.2.2. Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (Heart Rate Variability o HRV)

La variabilidad de la frecuencia cardíaca hace referencia a la variación del tiempo que existe en el ritmo cardíaco, es decir, el tiempo que transcurre entre cada latido, esto como resultado de cualquier tipo de evento sea este eléctrico, mecánico o nervioso que exista en el corazón. Esto se relaciona con el sistema nervioso autónomo (SNA) y el sistema nervioso parasimpático (SNP) los cuales son los principales indicadores de la existencia de alguna condición de estrés, ya que cuando existe alguna de estas condiciones el SNA es el más activo y la frecuencia cardíaca aumenta, por el contrario, cuando el SNP es el más activo la frecuencia cardíaca disminuye. Teniendo así que debido a esto el HRV es otro de los principales indicadores de esta condición ya que cuando el HRV es menor se presenta un mayor estrés y viceversa. (Pedraza, y otros, 2020)

1.2.3. Frecuencia respiratoria

Según (Pillou, 2013) la frecuencia respiratoria es el número de ciclos de respiración que una persona realiza por minuto. Estos ciclos respiratorios se conforman por la inhalación y la exhalación de aire. Los valores normales de esta variable fisiológica varían de acuerdo con la edad, es decir, disminuye naturalmente conforme la edad. Los valores normales de ciclos respiratorios en adultos generalmente están alrededor de 16 ciclos por minuto, mientras que en recién nacidos oscila entre los 50 ciclos por minuto.

1.2.4. Temperatura corporal

El control de la temperatura corporal es de mucha importancia, al igual que las anteriores variables fisiológicas dependen de parámetros como la edad, el medio ambiente, entre otros. Los valores normales de la temperatura corporal promedio en las personas, generalmente se encuentra entre los 36,5 y 37.2 °C. Existen varios parámetros que pueden afectar de forma perjudicial esta variable, aumentando o disminuyendo la temperatura corporal, uno de esos parámetros puede ser el estrés generado en el entorno laboral. (Picón, Orozco, Molina, & Franky, 2020)

1.3. Técnicas de medición del estrés

Se pueden encontrar distintas técnicas o métodos para poder detectar el estrés en general, el método más común, o que se usa de forma convencional para que los especialistas puedan determinar la condición de esta patología, es el uso de test o evaluaciones, que se centran en buscar las fuentes de estrés o estresores mediante el análisis de las respuestas, la desventaja que este método presenta es que pueden resultar no muy eficaces, ya que las respuestas de las personas a las que se realice la evaluación pueden ser inciertas. (Patlán, 2019)

(García, Garzón, & Camargo, 2011) señalan que en la actualidad existen varios dispositivos o sistemas autónomos que permiten detectar el estrés en base a distintos parámetros como alteraciones psicológicas o fisiológicas, pero algunos de estos pueden resultar de cierta forma invasivos para los empleados que hagan uso de estos dispositivos, como en el caso de medición de la amilasa salival o de la medición del diámetro de la pupila, donde la obtención de estas medidas resulta en situaciones incómodas para los individuos.

Actualmente existen también dispositivos inteligentes, los cuales presentan algunas ventajas, entre ellas que su uso puede ser más cómodo o hasta pueden ser dispositivos portátiles, pero de la misma forma se tienen que considerar sus limitaciones, ya que se dice que para que la medida de la variable sea más precisa se requiere un grado de movilidad mínimo, otro de los inconvenientes que se pueden encontrar es el valor económico de estos, pues la mayoría tienen valores elevados y no todos los empleados podrían adquirirlos. (Ruipérez, 2016)

1.4. Estudio de sistemas embebidos

Como (Galeano, 2009) menciona, los sistemas embebidos también se conocen como circuitos electrónicos computarizados, los cuales tienen como objetivo cumplir una función en específico, estos sistemas están conformados por microprocesadores o microcontroladores, dependiendo del tipo de sistema embebido, los cuales son computadores programables integrados que permiten definir las funciones específicas mediante un software, que también es un componente importante del sistema al igual que los circuitos integrados.

Aunque estos sistemas estén compuestos por computadoras, no se consideran como computadoras genéricas como tal, ya que difieren en que los sistemas embebidos o integrados están encapsulados por los dispositivos que controlan y son específicos de la aplicación, es por

esto que una vez que el sistema haya sido diseñado, su funcionalidad no se puede modificar fácilmente. Un aspecto importante que define los sistemas embebidos es su interacción con el entorno, puesto que se tienen que respetar ciertos límites de tiempo, a estos sistemas que funcionan en base a este concepto se les conoce como sistemas en tiempo real. (Camargo, 2011)

1.4.1. Características generales

Los sistemas embebidos presentan algunas características las cuales hacen que estos se diferencien de otros sistemas, a continuación, se detallan algunas de las más relevantes:

- Realiza una o un grupo pequeño de funciones predeterminadas. Esto se debe a que un sistema embebido puede realizar las actividades que se especifican en un programa, de forma reiterada.
- Presenta restricciones o limitaciones. Esta característica se basa en que estos sistemas tienen que cumplir un buen trabajo en el procesamiento de los datos, con las limitaciones tanto en consumo, como en el costo y en los atributos de implementación, así como el tamaño.
- Sistemas reactivos con características de tiempo real. Para un sistema embebido es de mucha importancia ser reactivo, esto significa que tienen que poder responder ante ciertas variaciones en el entorno, enfatizando de esta forma en las características de tiempo real, ya que también deberán realizar cálculos para presentar resultados sin retardo, frente a cualquier tipo de imprevisto. (Pérez, 2009)

1.4.2. Características de hardware

Por lo general un sistema embebido está comprendido por módulos electrónicos que se han implementado dentro de un sistema más general, los cuales son conocidos también como hardware del sistema, es decir, los elementos físicos que lo conforman, los cuales ayudarán a cumplir con

ciertas funciones del sistema dependiendo de su propósito, por lo que resulta de mucha importancia comprender la acción que realizará cada uno de estos y las aplicaciones que se realizarán en el sistema embebido. (Úbeda, 2009)

Referente al tipo de hardware que se utiliza en los sistemas embebidos, dependen de ciertos factores para su implementación, es por esto que existen algunos tipos que son los más comunes, a continuación, se detallarán los aspectos más importantes de estos:

1.4.2.1. Microprocesadores

Generalmente se consideran como el núcleo de cómputo en el que se pueden definir las funcionalidades del sistema, es decir, se especifican las tareas requeridas en ese módulo que consta de un circuito integrado. Otros de los factores que influyen para el uso de los microprocesadores en los sistemas embebidos son los requerimientos como la cantidad de memoria y la velocidad de procesamiento que estos necesitan, lo cual variará dependiendo de la aplicación que se quiera realizar. (Camargo, Cortés, & Jiménez, Implementación de sistemas digitales complejos utilizando sistemas embebidos, 2012)

(García P. , 2019) menciona que la diferencia que tienen con los microcontroladores es que los microprocesadores requieren apoyo externo, haciendo referencia a las conexiones, para estos puedan funcionar. En base a esto se pueden encontrar algunos tipos de procesadores, que dependerán de la finalidad que tengan. De esta forma se tienen procesadores de propósito general y de propósito específico.

1.4.2.2. Microcontroladores

Según (Silva & Morejón, 2019) los microcontroladores también se consideran como un tipo de microprocesador, pero en este caso es específico de aplicación, el cual se ha optimizado para cumplir funciones de control. Una de sus principales características es que estos son

autosuficientes, es decir, sus periféricos de entrada y salida están explícitamente definidos para realizar tareas particulares.

Un factor importante de los microcontroladores es que, al tener aplicaciones o tareas específicas, no requieren de gran cantidad de recursos, como puertos o memoria RAM, por esta razón todos los recursos pueden ser implementados en un solo chip, con la integración de estos factores es posible reducir tanto el costo como el tamaño de los microcontroladores. (Valencia, 2021)

1.4.2.3. Procesadores Digitales de Señal (DSP)

Los Procesadores Digitales de Señal son mayormente conocidos por sus siglas DSP, los cuales tienen como objetivo realizar tareas que requieran altas tasas de cómputo, es decir, que están optimizados para realizar aplicaciones que requieran alta velocidad, así como el procesamiento en tiempo real, un ejemplo de esto es el procesamiento de señales de audio o video y en general las comunicaciones. Estas características hacen que, en comparación con los microprocesadores de propósito general, sean de dos a tres veces más rápidos en el procesamiento de sus respectivas aplicaciones. (Silva & Morejón, 2019)

En cuanto a las características físicas de los DSP, estos cuentan con ciertos periféricos especiales en el mismo chip, de igual forma tienen incorporadas interfaces que facilitan la comunicación entre el procesador el resto de los elementos del sistema, haciéndola también una comunicación eficiente. A nivel de software, los DSP pueden ser programados mediante ensambladores o de igual forma en lenguajes de alto nivel. (García P. , 2019)

1.4.3. Sensores

(Reyes, 2019) señala que los sensores pueden ser considerados como dispositivos que en su entrada pueden captar o detectar distintos tipos de magnitudes o variables, estas variables pueden

ser actividad o estímulos a los cuales se tendrán reaccionar y para su salida son convertidas a señales eléctricas. Mediante estas señales de salida los sensores brindan la información de la magnitud que se está midiendo.

El funcionamiento de los sensores se basa en que estos siempre se mantendrán en contacto o leyendo las variables de estudio, por lo que se dice que estos dispositivos sacan provecho de sus características, para que de esta forma las señales obtenidas o medidas se puedan transformar y así ser interpretadas en otros dispositivos. Para esto se realiza un proceso en el que se tiene: la captación del fenómeno o variable para ser convertida en una señal eléctrica, el acondicionamiento de la señal para obtener como salida un voltaje, que generalmente se establece entre 0 y 5 voltios, y así obtener una señal de salida que pueda ser tratada dependiendo de la aplicación. (Pérez, 2009)

1.4.3.1. Sensores analógicos

Estos dispositivos pueden dar como resultado a la salida una señal continua, la cual estará comprendida por valores que cambian con respecto al tiempo, estos también dependerán del elemento o el fenómeno que se esté midiendo. Para esto el dispositivo se acoplará con otro componente de control. De esta forma, el funcionamiento de este tipo de sensores tiene como objetivo captar las variaciones en su entorno y enviarlos a los componentes de control, que generalmente es un procesador. (Valenzuela, 2020)

1.4.3.2. Sensores digitales

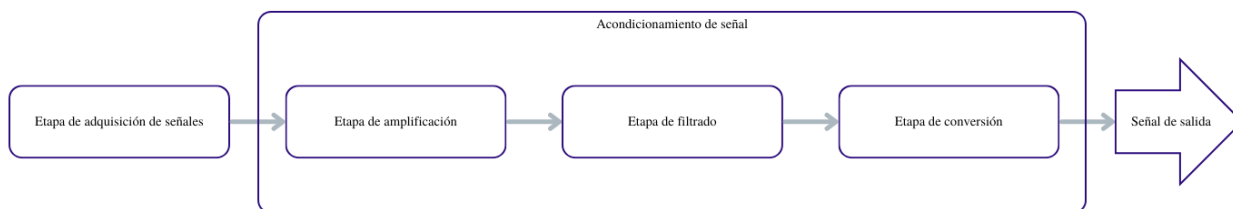
Por otro lado, los sensores digitales son aquellos en los que se obtiene en la salida únicamente dos valores, como 0 y 1, los cuales representan los estados de un sistema. Estos estados se obtienen como consecuencia de una reacción ante un estímulo que se haya producido en el ambiente de

estudio. Una característica importante de este tipo de sensores es que al tener su salida de forma digital o discreta esta no requiere una conversión previa de su señal, por lo que resulta más fácil realizar la transmisión de esta. De la misma forma, (Areny, 2004) señala que los sensores digitales pueden presentar mayor fidelidad, fiabilidad y mayor exactitud, en comparación con otros dispositivos.

1.5. Acondicionamiento de señales

Generalmente con una señal de salida que se obtuvo de la medición de algunas variables, es necesario adaptarla o procesarla de cierta forma para que sea adecuada para la siguiente fase del sistema, es decir, que tendrá que ser modificada según se requiera en el sistema. (Yallico, 2015) indica que, dentro de este proceso de acondicionamiento de la señal, se pueden encontrar acciones como la amplificación, en caso de que la señal es muy pequeña y esta tenga que ser amplificada, la filtración en el caso de que la señal contenga ciertos componentes incensarios o interferencias que tengan que ser eliminadas, entre otros procesos como la conversión de la señal dependiendo si esta es analógica o digital.

Las principales ventajas del acondicionamiento de señales, se ven reflejadas en el estudio de la señal en la siguiente etapa del sistema, ya que mediante este proceso, que se muestra en la Figura 9, la señal puede ser protegida utilizando elementos de protección, en el entorno físico del sistema, también puede ser convertida según la conveniencia, otra de las ventajas es que se puede obtener una señal relativamente más clara o pura ya que se puede reducir el ruido que afecta la señal, al igual que mantenerla en un nivel correcto. De esta forma, se tiene que la modificación o la adaptación de la señal es de mucha importancia según se requiera en el sistema. (Valencia & Londoño, 2022)

Figura 9*Proceso de acondicionamiento de señal*

Fuente: (Valencia & Londoño, 2022)

1.5.1. Amplificadores operacionales

Comúnmente las señales de entrada son pequeñas y requieren ser amplificadas para que se puedan trabajar en los procesos de las siguientes etapas, por lo que estos componentes son de mucha importancia en los sistemas para el acondicionamiento, ya que su función es aumentar la amplitud de la señal recibida a un nivel suficiente para poder realizar el tratamiento de esta. (Yallico, 2015)

Como (Díaz F. , 2002) señala, una de las principales características de los amplificadores operacionales es que su respuesta se puede considerar como lineal, es decir, que dentro de un intervalo de tensiones se tiene una pendiente, la cual determina la ganancia del amplificador, y el comportamiento fuera de ese intervalo la respuesta no será lineal, y a esa región se le conoce como zona de saturación.

1.5.2. Filtros

Existen condiciones, pueden ser externas o propias del sistema, en las que los elementos pueden generar cierto tipo de problemas en las señales, estos problemas pueden ser provocados tanto por el entorno de implementación del sistema, así como por causas particulares del sistema, como la mala conexión de algún componente, generando así que se adhieran a la señal factores no

deseados. Para solventar este tipo de complicaciones se hace uso de filtros, los cuales se encargan de poder eliminar ciertas frecuencias de señal que permite que el tratamiento de esa señal sea menos complicado. (Gómez, 2017)

El tipo de filtro que se acoplará en el sistema dependerá del rango de frecuencias en el que se esté trabajando, a continuación, se tiene la clasificación de estos elementos:

- Los **filtros pasa bajos** se encarga de eliminar o retener las frecuencias que superen la frecuencia de corte que se haya especificado, mientras que permite el paso de las componentes de frecuencia que estén por debajo de la frecuencia de corte.
- En los **filtros pasa altos**, sucede lo contrario que en el caso de un filtro pasa bajos, ya que en este las frecuencias que son mayores a la frecuencia de corte establecida se atenuaran de forma muy leve, mientras que para las frecuencias menores se les agrega mucha atenuación o se eliminan.
- Los **filtros pasa banda** presentan dos frecuencias de corte, una baja y una alta, el funcionamiento de este se basa en que las componentes de frecuencia que se encuentren fuera del rango comprendido entre las frecuencias de corte serán atenuadas en mayor grado o se eliminarán, mientras que a las frecuencias que se encuentran dentro de ese rango se les permitirá el paso sin ningún tipo de atenuación.
- **Filtros rechaza banda**, de la misma forma que en los filtros pasa banda, estos presentan dos frecuencias de corte, pero se consideran el caso opuesto, ya que elimina las frecuencias que se encuentran dentro del rango entre las frecuencias de corte, permitiendo pasar el resto de las frecuencias. (Miyara, 2004)

- Los **filtros digitales FIR**, como su nombre lo indica (Respuesta finita al impulso), si tiene como entrada un impulso, a la salida se podrá obtener una respuesta de duración finita o un número limitado de valores no nulos.
- En los **filtros digitales IIR**, conocidos así por su nombre (Respuesta infinita al impulso), tendrán una respuesta de infinita duración, ante la entrada que será un impulso, es decir el número de valores no nulos será infinito y no podrá volver a su estado anterior. (Corredor, Pedraza, & Hernández, 2009)

1.6. Machine Learning

En la actualidad, las técnicas de Machine Learning son uno de los métodos más utilizados para el análisis de datos, en este caso se estudiarán datos que se relacionan con el comportamiento y el bienestar de las personas. De esta forma (Navarro, Soto, Saucedo, José, & Rivera, 2021) destacan que la salud mental es un indicador del bienestar psicológico, así como emocional, donde se tienen factores que influyen de forma negativa generando problemas como es el estrés. Es por esto que se pueden aprovechar las técnicas o algoritmos de machine learning para realizar la detección o monitoreo de esta patología ante situaciones laborales estresantes.

La inteligencia artificial, particularmente las técnicas de machine learning han realizado varios aportes importantes en el ámbito de la salud mental, enfocándose en el tratamiento de los datos para que sirvan de apoyo, dando una mayor confiabilidad en las decisiones de los profesionales de la salud. Esto se debe a que este tipo de tecnología permite que un sistema pueda aprender de los datos que se están tratando, lo cual se basa en varios algoritmos para que este proceso se realice de forma iterativa y así pueda perfeccionarse y lograr que los resultados sean mejores. El perfeccionamiento de la salida del modelo de Machine Learning se debe al entrenamiento de este

en función de los datos, de esta forma cuando el modelo tenga datos en la entrada, éste podrá predecir la salida. (Navarro C. , 2018)

Para el aprendizaje y entrenamiento del sistema existen distintos tipos de algoritmos, los cuales podrán ser ajustados de forma automática dependiendo de las variables que se estén procesando, estas pueden ser los datos que se estén estudiando, en este caso, los datos obtenidos de los sensores.

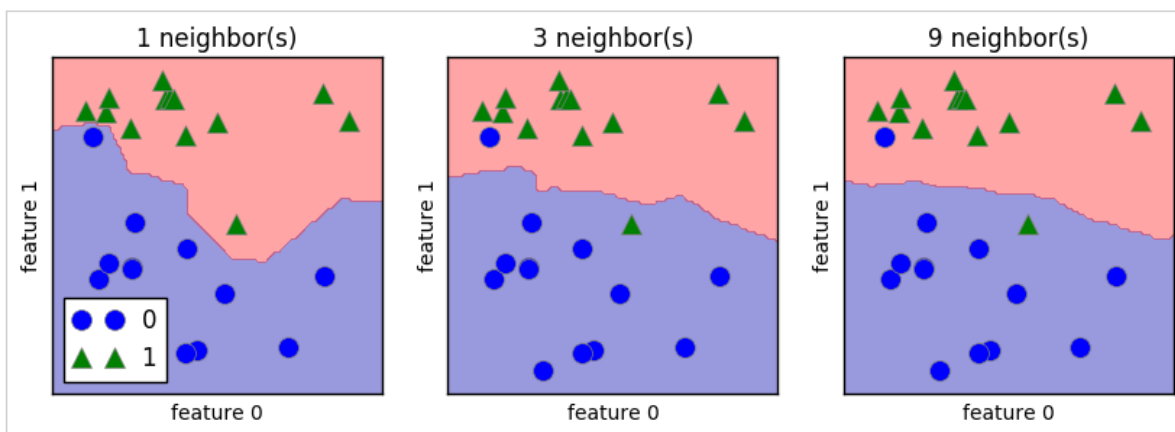
1.6.1. Aprendizaje supervisado

El aprendizaje supervisado se basa en el entrenamiento de un algoritmo de Machine Learning, en el que se le da algunas características, como preguntas y de la misma forma las respuestas correspondientes. Es decir, mediante un conjunto de datos, que se rigen a una idea, se pueden encontrar patrones en los que se pueda aplicar un análisis para tener una salida, en otras palabras, en base al análisis de los datos que se proporcionan se intenta buscar algún tipo de patrón que existan en estos. (Navarro C. , 2018)

Dentro de estos tipos de algoritmos se encuentran dos subdivisiones las cuales se basan en algoritmos de regresión y los de clasificación, a continuación, se dará a conocer algunos de los algoritmos más importantes de los algoritmos de clasificación.

1.6.1.1. Algoritmo de clasificación k Nearest Neighbour

Este tipo de algoritmo conocido también como algoritmo K-NN, por sus siglas, se basa en el principio de que cuando se tengan nuevos datos, estos se clasificarán con la misma clase de datos que tengan una mayor cantidad de vecinos que se parezcan, para esto se considera solo el vecino más próximo, por lo que no puede aprovechar eficientemente la totalidad de la información que se obtenga del entrenamiento de este algoritmo. La clasificación que se realiza en este método se considera como una clasificación binaria, ya que únicamente se manejarán dos clases, como se representa en la Figura 10. (Sancho, 2020)

Figura 10*Algoritmo K-NN*

Fuente: (Sancho, 2020).

1.6.1.2. Algoritmo de clasificación k Naïve Bayes

Este algoritmo se basa en un modelo predictivo el cual se puede determinar mediante una herramienta, a diferencia del algoritmo anterior, este se considera como un algoritmo de clasificación multiclases y de igual forma aplica también para clases binarias. Este método tiene como fundamento que se trabaja con variables que pueden predecir y son independientes entre sí, es decir, que la característica de una de las clases, en las que se estén clasificando, no tendrá ningún tipo de relación con las características de otras clases. Existen dos modelos de clasificación, los cuales dependen de las probabilidades que se estén aplicando, estas son: probabilidad de las clases en las que la probabilidad es para cada clase y la probabilidad condicionada donde la probabilidad es para el valor de entrada de cierta clase. (Navarro C. , 2018)

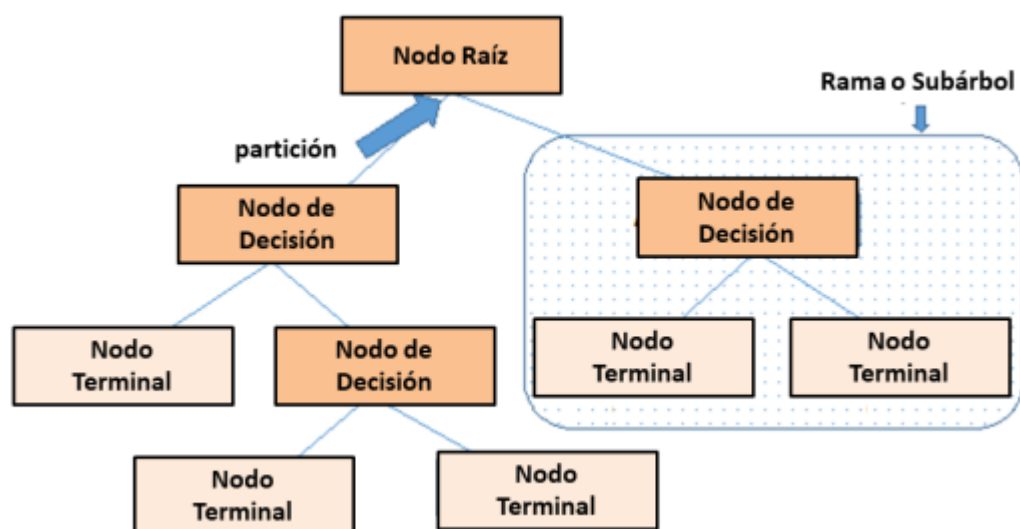
1.6.1.3. Algoritmo de clasificación Árbol de decisión

El Algoritmo de árboles de decisión es uno de los métodos más confiables y de mejor performance para conseguir predicciones, ya que en este se establecen reglas, que se irán aplicando a las nuevas entradas o nuevos datos y así determinar que clasificación es la más conveniente de

acuerdo con sus atributos o mediciones. Este, a la vez, está basado en otro algoritmo para poder formar los árboles, como se representa en la Figura 11, el cual se conoce como "partición binaria recursiva", el cual se enfoca en que, en cada etapa del entrenamiento del modelo, se van construyendo divisiones de forma continua, dependiendo del análisis de las variables que permitirán separar los datos en dos nuevos subconjunto en cada paso. Este proceso puede continuar hasta el punto en el que finalmente se obtenga el clasificador por árbol de decisión, donde cada nueva entrada o dato en el modelo tendrá que recorrer las continuas ramificaciones, basándose en las reglas o decisiones que se han generado en cada etapa. (Arana, 2021)

Figura 11

Estructura de un árbol de decisión



Fuente: (Arana, 2021)

1.6.2. Aprendizaje no supervisado

En el aprendizaje o algoritmos no supervisados, los datos no son etiquetados o clasificados, únicamente se asignan las características para que en base a estas puedan agrupar los datos, por lo que se tienen que establecer estructuras para el conjunto de datos de entrada mediante procesos

matemáticos o de igual forma organizando estos de acuerdo a la semejanza entre ellos, de manera que se asuma que pueden pertenecer al mismo grupo. (Sandoval, 2018)

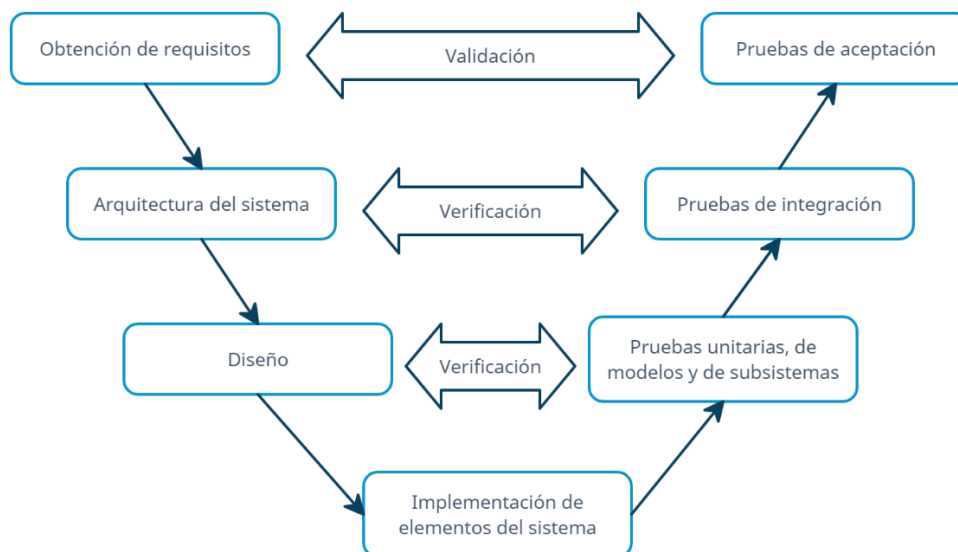
1.7. Descripción de la metodología

Para el desarrollo del sistema electrónico propuesto se tienen que considerar las metodologías y cada una de las etapas que se deben cumplir, para esto se tiene que conocer el modelo que se utilizará en este proyecto.

1.7.1. Modelo en V

El modelo V es un modelo de desarrollo genérico que aborda varios pasos del proceso de desarrollo. En esencia el símbolo de la “V” representa la descomposición del sistema en sus elementos en la parte izquierda y la integración gradual de elementos y subsistemas en todo el sistema técnico en la parte derecha, como se presenta en la Figura 12. Además de estas dos partes de la “V”, las propiedades del producto en desarrollo son validadas y verificadas continuamente. Generalmente, los pasos del desarrollo de un sistema basado en el modelo V se dividen en dos categorías principales: los pasos de definición del sistema y los pasos de verificación. (Graessler & Hentze, 2020)

Como (Al-Momani, Kargl, Schmidt, Kung, & Bösch, 2019) mencionan, en la definición del sistema se determinan cuáles son los requisitos del sistema. En la fase de implementación tiene lugar antes de que comiencen los pasos de verificación, estos pasos de verificación incluyen pruebas tanto a nivel de unidad como de sistema, de la misma forma sirve para asegurar que la funcionalidad que ofrece el sistema implementado cumple con los requisitos definidos en etapas anteriores del desarrollo.

Figura 12*Diagrama del modelo en V*

Fuente: (Graessler & Hentze, 2020)

El modelo en V básicamente consiste en 4 niveles, donde el nivel de la obtención de requisitos es la base del proceso de desarrollo, este se basa en las necesidades y deseos de las diferentes partes interesadas. El objetivo de esto es tener todos los requisitos esenciales definidos cuantitativamente al final de la arquitectura del sistema. Se tiene que considerar que el resultado de la obtención de requisitos es una descripción de las características del sistema que debe cumplir. (Al-Momani, Kargl, Schmidt, Kung, & Bösch, 2019)

En el nivel de arquitectura del sistema se desarrolla una estructura de solución general del sistema. La arquitectura del sistema comprende la estructura en el sentido físico, las estructuras de flujo de señales y los diagramas de circuitos en el sentido electrónico, así como la estructuración de un programa de software en sus módulos y componentes, desde la perspectiva del software. De esta forma se incorporan elementos, relaciones y principios necesarios para el diseño del sistema, siendo esta una fase preliminar del diseño. (Fowler, 2015)

(Graessler & Hentze, 2020) señalan que, partiendo de las funciones y propiedades requeridas del sistema, el diseño se desglosa paso a paso desde el punto de vista funcional, de propiedades e implementación. El resultado de esto son unidades verificables, es decir, componentes del sistema en base a los requisitos especificados. El diseño del sistema se basa en la arquitectura definida y se enfoca en la adaptabilidad y capacidad de prueba de un sistema.

El nivel de implementación tiene lugar antes de que comiencen los pasos de verificación. En la implementación de los elementos del sistema, los elementos del sistema especificados se presentan, dimensionan, diseñan y detallan para el cumplimiento de la función. Durante el detallado y la implementación, se tienen en cuenta las características electrónicas y de software. Al mismo tiempo, esta sección sirve para resolver problemas que han surgido durante la integración del sistema. (Graessler & Hentze, 2020)

Capítulo III

Desarrollo experimental

En el siguiente capítulo se detallarán los temas que corresponden al diseño del sistema electrónico, como determinar los mecanismos y parámetros, y de la misma forma la elección del hardware y del software que permitirá realizar la detección de los niveles del estrés laboral, lo cual estará basado en la metodología del modelo en V. Asimismo se abordará el desarrollo de la interfaz que permitirá la visualización de los resultados.

3.1. Metodología

La importancia del uso de una metodología para el desarrollo del proyecto radica en que esta permite seguir una sucesión de procesos, estos pueden ser tanto de carácter [investigativo](#), así como experimental, para que de esta forma se pueda cumplir con los requerimientos que se hayan establecido. La realización de esta serie de procesos de investigación permite comprender el enfoque de lo que se quiere lograr y la forma en la que se lo quiere hacer. Por lo que resulta de mucha importancia definir la metodología con la que se trabajará, en este caso el modelo en “V”. Se tiene que considerar también que la metodología estará conformada por etapas, donde el cumplimiento de cada una de estas permitirá satisfacer el propósito de los procesos que se hayan establecido.

3.2. Análisis

Mediante este proceso se podrán determinar las demandas o los requerimientos con los que el sistema debe cumplir, basándose en los componentes de este, tanto software como hardware, lo cual se podrá definir por medio de la adquisición de datos de las personas que están involucradas

en la realización de este proyecto. De esta forma [los apropiados procesos](#) de investigación permitirán realizar un análisis adecuado y la valoración del problema a solucionar.

3.2.1. Situación actual

El punto de partida de este proyecto es la evaluación de la situación actual, basada en el problema que se está tratando, por lo que es necesario fundamentar la información que permita definir las variables que provocan el estrés laboral en los empleados. Para esto es importante reconocer cuáles son las necesidades que tienen los individuos de interés de este proyecto.

En la actualidad el estrés es considerado la enfermedad del siglo XXI, por lo que ha sido objeto de interés en la investigación por los efectos que genera en la salud de las personas y en su entorno laboral, por tal motivo se considera una condición que afecta la calidad de vida sin distinción. El origen de este fenómeno se puede encontrar en múltiples factores, como trabajos monótonos o desagradables, volumen de trabajo excesivo o insuficiente, falta de participación o control en la toma de decisiones, fomento del trabajo ineficiente, entre otros. Esta condición ha sido reconocida como muy importante en el ámbito laboral, pues se ha demostrado que un trabajador estresado puede provocar aumento del ausentismo, reducción de la productividad, problemas en la empresa, etc. (Mejía, y otros, 2019)

De esta forma, la (Organización Internacional del Trabajo, 2016) menciona que hasta el 60% de los días de trabajo perdidos son por estrés, hay que tener en cuenta que estos estudios se han realizado principalmente en países desarrollados, como Japón y Taiwán. Por otro lado, (Mejía, y otros, 2019) afirman que en América Latina este tema ha sido estudiado en pocos países, mostrando que los empleados que han estado sujetos a situaciones estresantes en el trabajo tienen más probabilidades de sufrir problemas de salud mental, como depresión o síndrome de burnout.

(Zuñiga, 2019) hace referencia a una investigación de Marulanda realizada en el 2007, en la que se muestra que, en Latinoamérica, entre el 70 y 80% de los trabajadores que no asisten a su lugar de trabajo es por temas de estrés, que ha sido generado en ese mismo ámbito, aunque pueden estar encubiertos por otras aflicciones tanto emocionales como físicas, pero que de cierta forma se derivan del estrés laboral. Los síntomas que se presentan con mayor frecuencia son la irritabilidad en un 44%, la ansiedad en un 43%, sentirse abrumado con un 42% y la ira en un 35%, teniendo que los empleados que presentan mayores niveles de estrés según la edad son los adultos jóvenes, lo que se relaciona a la falta de estrategias o mecanismos para el afrontamiento de este problema. (American Psychological Association, 2014)

Por otro lado, en el país, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) realizó estudios en los que menciona que más del 40% de los empleados ecuatorianos padecen este tipo de patologías se desarrollan en el ambiente laboral y que afectan a la salud mental de los trabajadores. Llegando al 55% en el 2022 como consecuencia de la pandemia, ya que se generó el temor a contagiarse y por ende perder el empleo, así como cambios en los horarios de trabajo habituales, entre otros factores. (La Hora, 2022)

Según (Paucar, 2022) en Ecuador se desarrollaron otros estudios en los que se da a conocer la influencia de condiciones como el estrés laboral en el rendimiento de los empleados de instituciones públicas, donde se puede observar que los niveles inapropiados de esta patología se involucran con factores psicosociales, los cuales perjudican el desempeño de los trabajadores. Es por eso por lo que (Grijalva, Castro, & Guamán, 2019) señalan que en el país en ambientes laborales óptimos el 56% de los trabajadores presentan una mejor productividad y cumplimiento con sus actividades laborales.

Asimismo, en el (Diario Crónica, 2022) se menciona que debido a dos los factores producidos por el estrés laboral afectan no únicamente al trabajador, sino que también su baja productividad tiene efectos negativos, en la empresa en la que trabaja, en su familia y de la misma forma en el país, ya que según la OIT esto tiene un impacto del 0.6% del PIB, lo que se traduce como 1.6 millones al día.

Debido a esto, (Quiroz, Acosta, & Torres, 2021) mencionan que en los últimos años la ciencia médica ha evolucionado y ha integrado distintos tipos de tecnologías para el uso en procedimientos médicos y que así estos resulten más precisos y seguros. Un ejemplo de ello son los dispositivos electrónicos o sistemas que permitan evaluar el nivel del estrés laboral mediante la fisiología del organismo y sus señales que se presentan bajo ciertas circunstancias y que permitan obtener los valores de estas sin ser tan invasivos. Por otro lado, se pueden encontrar también otros dispositivos pero que presentan ciertas limitaciones como el alto valor económico para su adquisición. Por esta razón se desarrolla un sistema electrónico, donde se funcionamiento se basa en la obtención y el análisis de las señales de variables fisiológicas para la determinación del nivel del estrés laboral.

En este contexto, para definir el grupo de estudio de esta condición se realizará un análisis del personal administrativo que trabaja en la Universidad Técnica del Norte, en la que existen 5 facultades, las mismas que cuentan con distintas carreras, siendo la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología (FECYT) la que presenta mayor oferta académica al tener 13 carreras, deduciendo así que el personal administrativo de esta facultad está expuesto a distintas situaciones debido a la alta afluencia de estudiantes y por ende los procesos que conlleva, de esta forma se puede determinar que es viable trabajar con el personal administrativo de esta facultad.

3.2.2. *Técnicas de investigación*

En las técnicas de investigación se pueden encontrar distintos métodos, una de ellas son las entrevistas, las cuales servirán de apoyo ya que se realizará a un experto en el tema del estrés laboral. De esta forma se tienen las preguntas que se enfocan el ámbito de la salud ocupacional, permitiendo así abordar el tema del estrés laboral relacionado con el sistema planteado para así determinar algunos de los requerimientos para el diseño del sistema.

Las preguntas realizadas en dicha entrevista a manera de encuesta se pueden encontrar en el Anexo 1, donde se pudo determinar algunas conclusiones en base a estas:

- En la actualidad la tecnología es de mucha ayuda en el ámbito de la salud, ya que es un apoyo en el diagnóstico de algunas enfermedades en general y también en las que se desarrollan en área de salud ocupacional y de esta forma permite también un mayor control en estas enfermedades.
- Con el uso de componentes electrónicos se facilita de cierta forma la medición de algunas variables fisiológicas, ya que al contar con elementos como sensores se tiene una mayor precisión en estas medidas y de esta forma poder realizar un mejor diagnóstico del paciente.
- Es importante que este tipo de sistemas o dispositivos cuenten con la opción del registro de pacientes y verificar que esta información sea correcta, ya que con estos datos se puede dar un seguimiento adecuado a cada paciente.
- Cada etapa se debe cumplir con exactitud ya que, al trabajar con datos y medidas de este tipo, el análisis de estos también tiene que ser preciso, porque en base a esto se determinará la condición del paciente, es decir el diagnóstico para cada caso y esto ayudará a que el proceso sea más cercano a la realidad.

- Es de mucha importancia el uso de aplicaciones que sean intuitivas y entendibles tanto para el profesional que haga uso de esta, así como para el paciente, ya que esto permite que se conozca con mayor facilidad el estado de su condición y los posibles tratamientos para que tenga una mejor calidad de vida.

3.3. Requerimientos

Esta etapa hace referencia al primer nivel del modelo en V que se ha definido previamente en el capítulo 2. En este punto se da a conocer todos los factores que se involucran en el desarrollo del sistema, como las parte involucradas en el proyecto y de la misma forma definiendo los requerimientos que cumplan con las necesidades del sistema, para esto se analizarán los requerimientos tanto de usuarios, de sistema, así como de arquitectura.

3.3.1. Stakeholders

Como menciona (Bello, 2021) se conoce como Stakeholders a los individuos o el grupo de interés en los que se tendrá impacto con el desarrollo del sistema, es decir, son las partes que pueden influir o estar involucrados de forma directa o indirecta en el proyecto. En la tabla se puede observar la lista de los Stakeholders que colaboran para el desarrollo de este sistema.

Tabla 3

Lista de Stakeholders

Stakeholders
1. Sr. Erick Flores (Desarrollador del proyecto)
2. MSc. Jaime Michilena (Tutor del trabajo de titulación)
3. Personal profesional de la Universidad Técnica del Norte y familiares
4. MSc. Luis Suárez (Asesor del trabajo de titulación)

Fuente: Autoría

3.3.2. *Requerimientos de Stakeholders*

Los requerimientos de los Stakeholders (STSR) de un proyecto son las necesidades y expectativas de las partes interesadas en el proyecto, en estas pueden incluir características específicas del sistema, requisitos operacionales, requisitos de usuarios, entre otros. Es importante identificar estos requerimientos para así satisfacer todas las necesidades relevantes del proyecto.

Tabla 4

Requerimientos de Stakeholders

REQUERIMIENTOS DE STAKEHOLDRES				
#	Requerimiento	Prioridad		
		Alta	Media	Baja
Requerimientos Operacionales				
STSR1	Fuente de alimentación adecuada.	X		
STSR2	Identificar y procesar las variables fisiológicas.	X		
STSR3	Procesar los resultados del nivel de estrés para sugerir técnicas de control.	X		
STSR4	Implementar una interfaz para presentar los resultados de la condición del paciente.	X		
Requerimientos de Usuarios				
STSR5	Poseer métodos no invasivos para la obtención de las variables.		X	
STSR6	El usuario debe conocer claramente lo que realiza el sistema.		X	
STSR7	El sistema debe ser de bajo costo.			X
STSR8	El sistema debe ser estable y de fácil uso y acceso.		X	

Fuente: Autoría

3.3.3. *Requerimientos del Sistema*

Los requerimientos del sistema (SYSR) son las especificaciones que definen las funcionalidades y características que el sistema debe tener para satisfacer las necesidades y expectativas de los usuarios y Stakeholders. Entre estos requerimientos se encuentran los requerimientos funcionales que describen las funciones y características que el sistema debe tener para realizar sus tareas y cumplir con sus objetivos, de la misma forma, se tienen los requerimientos no funcionales que se enfocan en cómo el sistema debe realizar sus tareas o lo que también se conoce como requerimientos de uso.

Tabla 5

Requerimientos del Sistema

REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA				
#	Requerimiento	Prioridad		
		Alta	Media	Baja
Requerimientos Funcionales				
SYSR1	Cuando el sistema se encienda se debe presentar una interfaz gráfica en la que el usuario pueda ingresar sus datos.	X		
SYSR2	El sistema validará si la información ingresada por el usuario es correcta.		X	
SYSR3	El sistema será capaz de mostrar mensajes de advertencia si existe algún error.	X		
Requerimientos de Uso				

SYSR4	Los componentes del sistema deben asegurar que la toma de datos no cause malestar o incomodidad.	X
SYSR5	La ubicación de los componentes tiene que ser adecuada para la toma de datos.	X
SYSR6	El sistema requiere de una fuente de alimentación de 5V a 12 V para su funcionamiento.	X
SYSR7	La medición de variables deberá ser en tiempo real.	X
Requerimientos Físicos		
SYSR8	La ubicación del dispositivo debe ser en un lugar de condiciones ambientales normales.	X
SYSR9	El sistema debe contar con una carcasa hecha material que ayude a su protección y conservación.	X
Requerimientos de Interfaz		
SYSR10	El sistema debe contar con puertos seriales que permitan la comunicación de las placas.	X
SYSR11	El sistema debe tener pines o interfaces de entrada y salida que permitan la lectura de las señales y la representación de los resultados.	X
SYSR12	Los sensores deben contar con los componentes o extensiones necesarias para la toma de datos sea de mayor precisión.	X
Requerimientos Modos/Estados		

SYSR13	El sistema ofrece una retroalimentación y sugerencias de acuerdo con las condiciones del paciente.	X	
Requerimientos de Rendimiento			
SYSR14	Las mediciones tomadas por los sensores se tendrán que almacenar en una base de datos.	X	
SYSR15	El sistema deberá tener comunicación serial.		X
SYSR16	La medición de las variables se iniciará una vez que los componentes de los sensores se encuentren ubicados adecuadamente.		X

Fuente: Autoría

3.3.4. *Requerimientos de Arquitectura*

Los requerimientos de arquitectura (SRSH) son las especificaciones técnicas y de diseño que definen la estructura, componentes y la interacción entre ellos en el sistema a desarrollar, donde pueden incluir aspectos como la selección y definición de los componentes de software y hardware, según las necesidades que se quieran cubrir.

Tabla 6

Requerimientos de Arquitectura

REQUERIMIENTOS DE ARQUITECTURA				
#	Requerimiento	Prioridad		
		Alta	Media	Baja
Requerimientos Lógicos				
SRSR1	El microcontrolador debe ser compatible con los elementos del sistema.	X		

SRSH2	Las placas de adquisición de datos y de procesamiento tienen que ser compatibles entre sí.	X
SRSH3	Los lenguajes de programación de las placas deben ser compatibles con el sistema operativo.	X

Requerimientos de Diseño

SRSH4	Los sensores tienen que ser ubicados de forma correcta en los lugares que permitan adquirir las variables a medir.	X
SRSH5	El sistema debe contar con un botón que permita comenzar el proceso y mostrar el resultado.	X
SRSH6	La realización de las pruebas con el sistema debe ser poco invasivas, asegurando la comodidad del usuario.	X
SRSH7	La transmisión de la información se debe realizar mediante comunicación serial.	X
SRSH8	La interfaz gráfica debe ser intuitiva para una buena interacción con el usuario.	X
SRSH9	La carcasa del sistema debe tener la capacidad suficiente para alojar todos los componentes.	X

Requerimientos de Hardware

SRSH10	El sistema debe contar con sensores que permitan medir variables fisiológicas como la temperatura y la frecuencia cardíaca.	X
SRSH11	Se requiere una placa que permita la conexión de los sensores para la adquisición de datos.	X

SRSH12	El sistema requiere una placa que permita el entrenamiento del algoritmo de machine learning.	X
SRSH13	El sistema debe contar con la conexión de un dispositivo de visualización para mostrar los resultados.	X
SRSH14	Se tiene que garantizar la conexión del sistema en todo momento.	X
SRSH15	Se debe contar con la protección ante factores que perjudiquen la integridad del sistema.	X

Requerimientos de Software

SRSH16	El sistema operativo y el lenguaje de programación deberán ser de código abierto.	X
SRSH17	El software deberá permitir que el uso de los recursos del sistema de forma dinámica para el entrenamiento de los algoritmos de Machine Learning.	X
SRSH18	El software debe ser compatible con los microcontroladores a utilizar.	X
SRSH19	El software para el desarrollo de la interfaz gráfica tendrá que ser compatible con los archivos de almacenamiento de la base de datos.	X
SRSH20	Se deberá contar con la disponibilidad de librerías para los módulos y placa de procesamiento.	X
SRSH21	El software de base de datos deberá tener bajo impacto o consumo en el rendimiento del sistema.	X

Requerimientos Eléctricos

SRSH22	Fuente de alimentación entre 5V a 12 V.	X
--------	---	---

Fuente: Autoría

3.4. Elección de Hardware y Software para el sistema

Para la selección de hardware y software se realizan tablas comparativas en las cuales se indican las especificaciones y características como es el caso de los sensores, también se basa en los requerimientos establecidos, evaluando si cada componente cumple con estos, para seleccionar de esta forma los componentes que mejor se adapten al proyecto. Para esto si el componente cumple con el requerimiento se asignará el valor "1", en el caso contrario se asignará el valor "0".

3.4.1. Elección del Hardware

Para la elección de los componentes físicos del sistema se basa en los requerimientos del sistema definidos en la Tabla 5 y en los requerimientos de arquitectura definidos en la Tabla 6, de esta forma se podrá seleccionar las placas o sistemas embebidos más convenientes y de la misma forma los sensores adecuados para la medición de las variables fisiológicas en cuestión.

3.4.1.1. Elección de sensores.

Para la elección de los sensores del sistema se tiene que considerar las variables fisiológicas que se medirán como son la temperatura corporal, así como la frecuencia cardíaca, para esto se han considerado distintos sensores por cada variable que se desea medir, para de esta forma elegir el que mejor se adapte a los requerimientos establecidos.

Tabla 7

Elección de sensores

Sensores	Requerimientos			Total
	SYSR4	SYSR12	SRSH10	

MLX90614	1	0	1	2
MAX6675	1	1	1	3
Amped	1	0	1	2
ECG AD8232	1	1	1	3

Fuente: Autoría

Como se puede observar en la Tabla 7 se tienen cuáles son los sensores que cumplen con los requerimientos que se han establecido, de esta forma se puede determinar que los sensores que se adaptan de mejor forma al sistema son los sensores MAX6675 para la medición de la temperatura corporal y de la misma forma el sensor ECG AD8232 para la medición de la frecuencia cardíaca. De esta forma se indicarán las especificaciones y características de los sensores que se han seleccionado.

- **Sensor MAX6675**

En la Figura 13 se tiene el sensor que permite medir la temperatura en distintas aplicaciones, consta de un termopar que es el componente que permite realizar la medición y a la vez proporciona una salida digital de este parámetro medido en grados Celsius o Fahrenheit, según se requiera. También cuenta con un convertidor analógico-digital (ADC) y un amplificador de ganancia para mejorar la precisión de las mediciones. (Naylamp Mechatronics)

Figura 13

Sensor de temperatura MAX6675



Fuente: (Naylamp Mechatronics)

De la misma forma se detallan las características de funcionamiento del módulo MAX6675.

Tabla 8

Especificaciones del sensor de temperatura MAX6675

Especificaciones	Propiedades
Tensión de alimentación	3.0 a 5 V
Corriente máxima de operación	1.5 mA
Temperatura máxima	1024°C
Resolución	12 bits (0.25°C)
Costo	\$10

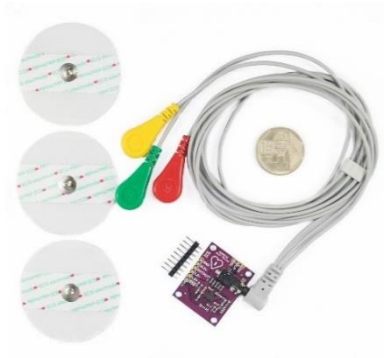
Fuente: (Naylamp Mechatronics)

- **Sensor ECG AD8232**

En la Figura 14 se observa el módulo que permite la medición de la actividad eléctrica del corazón a través de un electrocardiograma (ECG), el cual se considera como un diagnóstico no invasivo para evaluar el ritmo y la función cardíaca. En este incluye un amplificador de señal ECG de alta precisión, al igual que filtros para eliminar el ruido que se pueda generar, los cuales están calibrados para las señales ECG.

Figura 14

Sensor ECG AD8232

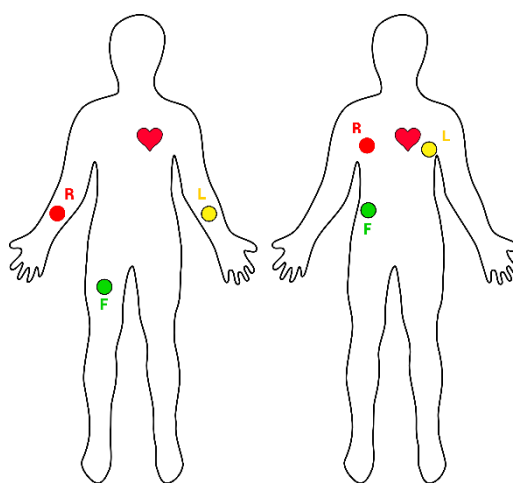


Fuente: (Naylamp Mechatronics)

Como sugiere (Naylamp Mechatronics) la actividad eléctrica del corazón puede ser detectada por los electrodos colocados en la piel en lugares específicos como los brazos, las piernas y en el pecho, como se muestra en la Figura 15. De la misma forma, cómo menciona (Bloe, 2021) para el monitoreo del ritmo cardíaco se requiere al menos 3 electrodos los cuales serán posicionados de acuerdo a lo recomendado por la American Heart Association.

Figura 15

Ubicación de electrodos para obtener las señales ECG



Fuente: (Ramírez, 2022)

A continuación, en la Tabla 9 se detallan algunas características para el funcionamiento del módulo ECG AD8232.

Tabla 9

Especificaciones del sensor de frecuencia cardíaca ECG AD8232

Especificaciones	Propiedades
Tensión de alimentación	3.3 V
Consumo de corriente	170 uA
Temperatura de funcionamiento	0 a 70°C

Tipo de salida	Analógica
Costo	\$25

Fuente: (Naylamp Mechatronics)

3.4.1.2. Elección de placas o sistemas embebidos.

En este apartado se llevará a cabo la elección de las placas tanto el procesamiento de los datos que han sido obtenidos por cada sensor, es decir, donde se realizará el acondicionamiento de las señales necesario y de la misma forma para el almacenamiento de los datos ya procesados y el entrenamiento del algoritmo de ML que se utilizará en el sistema. Para definir que placas o sistemas embebidos son los más aptos para el funcionamiento del sistema se analizarán los siguientes requerimientos:

Tabla 10

Elección de sistemas embebidos

Sistemas Embebidos	Requerimientos						Total
	SYSR7	SYSR11	SRSR1	SRSR11	SRSR12	SRSR22	
Arduino Uno	1	1	1	1	0	1	5
Raspberry Pi 4B	1	1	1	0	1	1	5

Fuente: Autoría

En la Tabla 10 se han definido las placas que cumplen con la mayoría de los requerimientos, considerando que una de ellas cumplirá con la etapa del procesamiento de datos y la otra con la función de almacenamiento y de la misma forma el entrenamiento de los algoritmos de ML,

teniendo así que estas dos son las adecuadas para el sistema de acuerdo con la función que cumplen.

A continuación, en las Tablas 11 y 12 respectivamente se pueden observar las especificaciones técnicas principales de cada una de las placas seleccionadas:

Tabla 11

Especificaciones de Arduino Uno

Especificaciones	Propiedades
Tensión de operación	5V
Tensión de entrada recomendado	7-12V
Pines digitales E/S	14
Pines de entrada analógicos	6
Consumo de corriente por pin	20 mA
Memoria flash	32 KB donde 0.5 KB se usan en el bootloader

Fuente: (ARDUINO)

Tabla 12

Especificaciones de Raspberry Pi 4

Especificaciones	Propiedades
Tensión de operación	5V vía conector USB-C mínimo 3 ^a
Pines de E/S	40 GPIO (de propósito general)
SDRAM	4 GB
Temperatura de operación	0 – 50°C
Interfaces (Puertos)	2 USB 3.0, 2USB 2.0, 2 micro-HDMI

Fuente: (Raspberry Pi)

3.4.2. Elección del Software

Una vez que se ha seleccionado el hardware que conformará el sistema, se seleccionará el software, de la misma forma se tomarán como base los requerimientos del sistema y de arquitectura definidos en las Tablas 5 y 6 respectivamente, donde se tendrán que enfocar en los lenguajes de programación y que estos permitan realizar las aplicaciones requeridas como la interfaz gráfica de usuario, así como el entrenamiento de los algoritmos de ML, como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13

Elección de software

Software	Requerimientos							Total
	SYSR3	SYSR13	SRSR3	SRSR17	SRSR18	SRSR19	SRSR20	
Phyton	1	1	1	1	1	1	1	7
Arduino	1	1	1	1	1	0	1	6
IDE								
Django	1	1	1	0	1	1	1	6
Processing	1	1	1	0	1	1	0	5

Fuente: Autoría

Como se puede observar en la Tabla 13 se han definido los requerimientos que debe cumplir el software con el que se trabajará o desarrollará el sistema, con esto se ha determinado que los distintos softwares que permitirán trabajar de una mejor manera son Arduino IDE para el proceso de la recolección de datos y el procesamiento de las señales obtenidas ya que anteriormente en el punto 3.4.1.2 se ha definido el uso del Arduino UNO para estas funciones. Por otro lado, para el entrenamiento del algoritmo de ML se hará uso de Python, ya que es un lenguaje que está implementado en la Raspberry Pi y finalmente para el desarrollo de la interfaz gráfica se utilizará Django que es un desarrollador de aplicaciones web que a la vez está basado en Python .

De esta forma el diseño del sistema podrá realizarse de acuerdo con los elementos que ha sido elegidos tanto hardware como software en los cuales se establecerá las funciones que han sido definidas y que tienen que cumplir en el sistema para su funcionamiento.

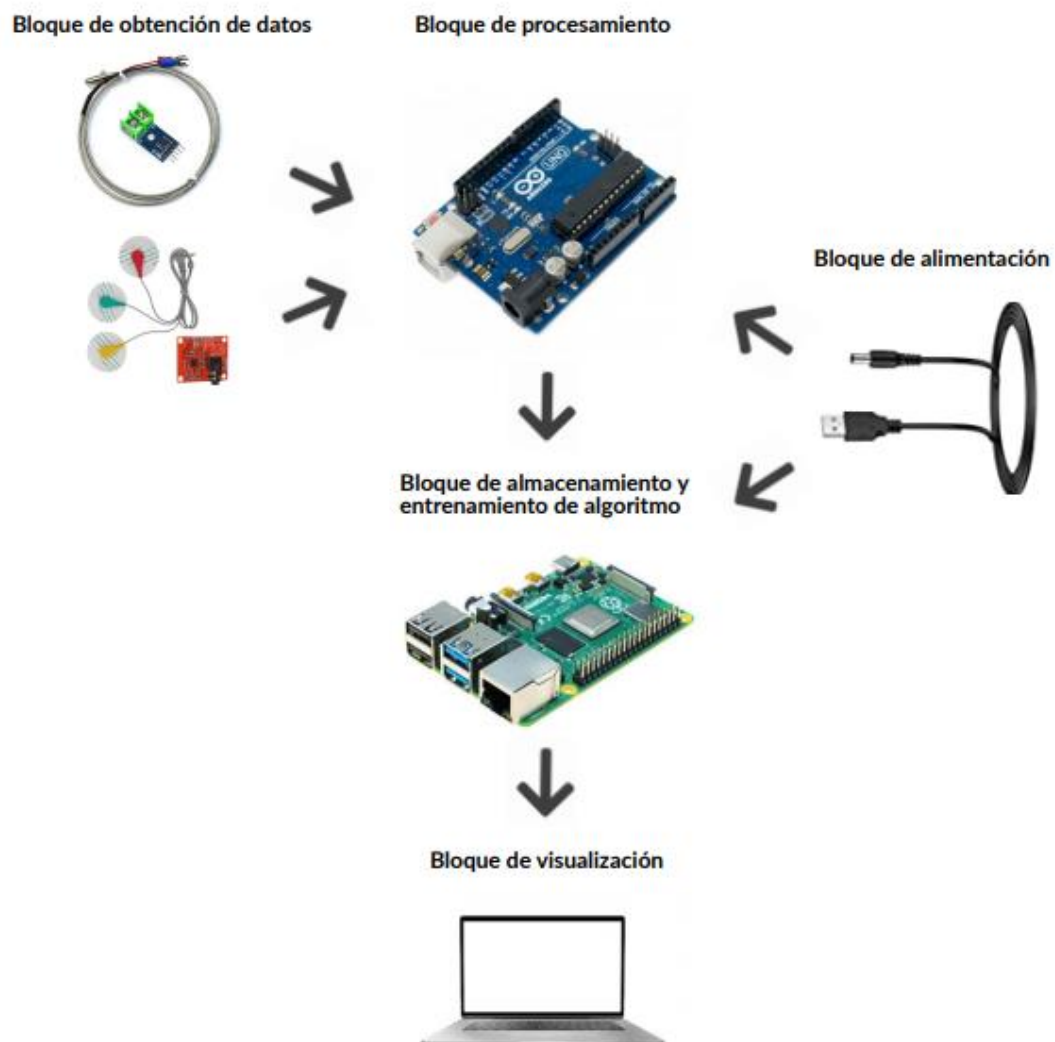
3.5. Diseño del prototipo

3.5.1. Arquitectura del sistema

En esta etapa se cumple con la metodología establecida, donde se hace referencia al segundo nivel del modelo en V que se ha definido en el Capítulo 2, como se puede observar en la Figura 16 se tiene la arquitectura realizada para el sistema, la cual consta en primera instancia la adquisición de las variables fisiológicas como son la frecuencia del ritmo cardíaco, así como la temperatura corporal, para esto se utilizan los sensores ECG AD8232 y MAX6675 respectivamente. Estos sensores se encuentran conectados al sistema embebido Arduino UNO en el que también se realiza el procesamiento de los datos recolectados, para posteriormente enviarlos a una Raspberry Pi 4, donde se almacenará la información y de la misma forma realizará el entrenamiento del algoritmo de ML. Como último proceso se tiene la visualización de los resultados donde se mostrará el nivel de estrés del paciente y sugerencias de técnicas de control dependiendo de la condición.

Figura 16

Arquitectura del sistema



Fuente: Autoría

3.5.2. Diagrama de bloques

En la Figura 17 se tiene el diagrama de bloques del sistema en el que se muestra cómo se integran los distintos elementos, como son hardware y software en cada una de las etapas. En cada uno de los bloques se especifica la función que cumplirán en el sistema y cada uno de estos tendrá sus propias características y competencias las cuales determinarán el buen funcionamiento del prototipo.

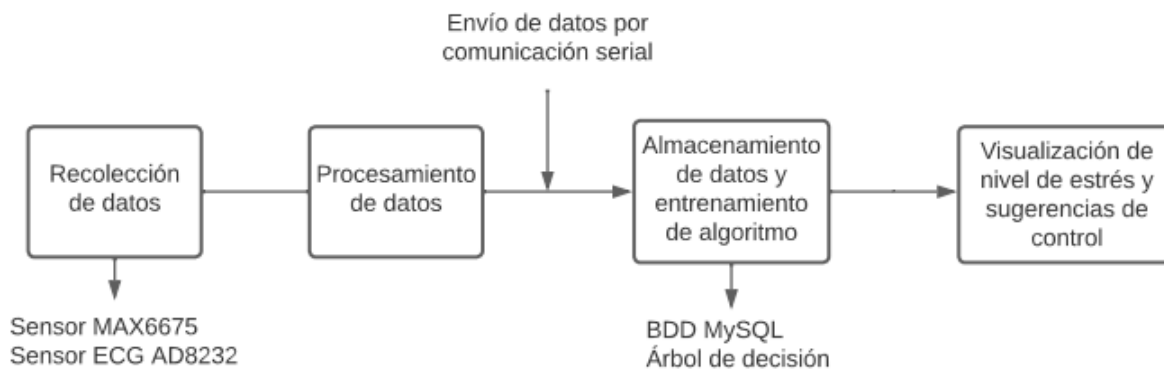
El sistema consta de 4 fases o procesos, donde cada uno de estos tienen funciones definidas, una de estas fases es la recolección de los datos, la cual se realizará mediante el uso de los sensores MAX6675 para la obtención de datos de la temperatura corporal y el sensor ECG AD8232 para la obtención de la frecuencia cardíaca, posteriormente se desarrollará el procesamiento de los datos en los cuales se definen funciones para los cálculos necesarios de cada variable.

Una vez que se tienen los datos procesados, se realiza el envío de estos mediante comunicación serial entre el Arduino UNO y la Raspberry Pi 4, para que en esta última se almacenen, la fase del almacenamiento de datos se realiza en una base de datos como es MySQL, en la misma placa se realiza el entrenamiento del algoritmo árbol de decisión, con ayuda de los datos que se han almacenado previamente.

Cuando se han realizado estos procesos previos, con ayuda de una interfaz gráfica el sistema puede mostrar los resultados que se han obtenido mediante los cálculos necesarios y el algoritmo que se haya implementado, como son el nivel de estrés y sugerencias de técnicas de control dependiendo de la condición.

Figura 17

Diagrama de bloques del sistema



Fuente: Autoría

3.6. Diseño del sistema

En el diseño del sistema se cumple con el tercer nivel del modelo en V, el cual se ha especificado como la metodología que se utiliza para la realización de este proyecto, teniendo así que para el diseño de este proyecto se desglosará en bloques y se especificará la función de cada uno de estos.

3.6.1. Bloque 1: Obtención de datos

En este bloque se representa la primera etapa del sistema, donde se basa en la obtención de los datos, esto se realizará por medio del uso de los sensores establecidos en la sección 3.4.1 Elección del Hardware, por lo que se trabajarán con los sensores MAX6675 para la obtención de los datos de la temperatura corporal y asimismo con el sensor ECG AD8232 para la obtención de la frecuencia cardíaca y por medio de este valor realizar el cálculo del HRV. Para esto los componentes de los sensores se deben colocar de forma correcta como se indica en la Figura 15, basándose en los códigos de colores y posición de los electrodos en cada extremidad, como se indica en la Figura 18

Figura 18

Correcta ubicación de electrodos ECG



Fuente: Autoría

En este proceso también se incluye una fase que es el acondicionamiento de la señal, ya que en los elementos que conforman el sistema puede existir ruido en la lectura de cada una de las señales, especialmente en la señal de la frecuencia cardíaca, por lo que es recomendable realizar el filtrado de la señal, esto se lleva a cabo mediante la implementación de filtros en este caso se usarán filtros pasa altos, estableciendo una frecuencia de corte de 0.5 Hz y de la misma forma un filtro pasa bajos donde se define una frecuencia de corte de puede variar entre 40 Hz, estos valores son para efectos de medición de la frecuencia cardíaca según menciona (Webster, 2009). Para la implementación de estos filtros se tendrán que realizar los cálculos de los componentes de estos, en base a las frecuencias de corte de cada uno:

- **Cálculo de componentes de filtro RC pasa altos**

Se tiene que considerar que se conoce el valor de la frecuencia de corte y se puede asignar un valor al capacitor para que de esta forma se pueda obtener el valor de la resistencia.

$$f_c = 0.5 \text{ Hz}$$

$$C = 2.2 \mu\text{F}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$R = \frac{1}{2\pi f_c C}$$

$$R = \frac{1}{2\pi \cdot 0.5 \cdot 2.2 \mu\text{F}}$$

$$R = 144.68 \text{ k}\Omega \approx 150 \text{ k}\Omega$$

Mediante la fórmula establecida el valor de la resistencia es de 144.68 k Ω , al no existir una resistencia de ese valor, se realiza la aproximación al valor de 150 k Ω .

- **Cálculo de componentes de filtro RC pasa bajos**

Al igual que en el anterior caso se conoce el valor de la frecuencia de corte para el filtro pasa bajos, en este también se asigna un valor al capacitor para así obtener los valores de la resistencia.

$$f_c = 40\text{Hz}$$

$$C = 100 \text{ nF}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$R = \frac{1}{2\pi f_c C}$$

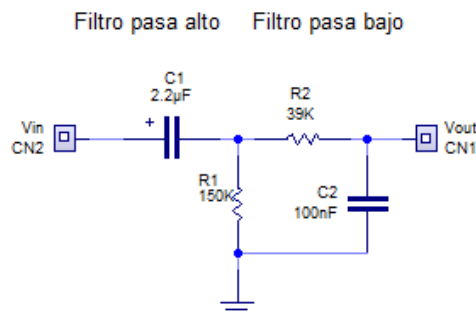
$$R = \frac{1}{2\pi \cdot 40 \cdot 100 \text{ nF}}$$

$$R = 39.78 \text{ k}\Omega \approx 39 \text{ k}\Omega$$

De la misma forma que en el anterior cálculo se realiza la aproximación del valor calculado a un valor existente en las resistencias. Al unir estos dos filtros resulta un filtro pasa banda que permite obtener una señal con menor presencia de ruido, de esta forma se tendrá el diseño del circuito como se muestra en la Figura 19.

Figura 19

Circuito de filtro basa banda

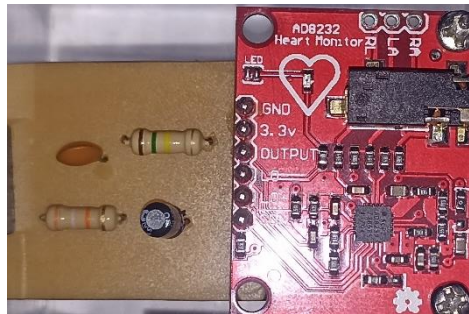


Fuente: Autoría

Una vez que se han implementado los filtros mencionados, como se contempla en la Figura 20, se realizará la toma de datos, para lo cual se realiza un código en la placa Arduino UNO, donde se definen las librerías necesarias y asimismo la lectura analógica y digital según les corresponda a los sensores.

Figura 20

Filtros implementados

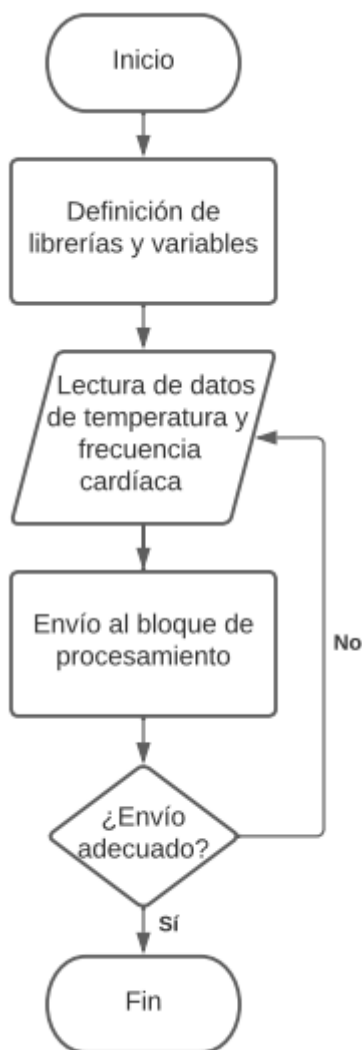


Fuente: Autoría

Para esto también se definirán las variables mediante las que se podrán leer los datos de los sensores. Este proceso es fundamental ya que permite adquirir los datos necesarios para que posteriormente se puedan pasar estos al bloque de procesamiento, como se muestra en el diagrama de bloques de la Figura 21.

Figura 21

Diagrama de flujo del bloque de obtención de datos



Fuente: Autoría

3.6.2. Bloque 2: Procesamiento de datos

En la segunda fase del sistema se enfoca en el tratamiento que se les da a los datos obtenidos de la anterior etapa, es decir, se procesará la información para luego ser almacenada. Como parte del procesamiento se aplicaron también filtros digitales, en este caso filtros FIR y de suavizado, como se muestra en la Figura 22, los cuales permiten eliminar el ruido no deseado, como el

generado por interferencia eléctrica, entre otros, que se pueden agregar en la señal ECG. De esta forma también se obtiene una mejor representación de la variable fisiológica en cuestión.

Figura 22

Filtros digitales implementados

```
float applyFIRFilter(float inputValue) {
    firBuffer[firBufferIndex] = inputValue;

    float outputValue = 0.0;
    int coefficientIndex = 0;

    for (int i = firBufferIndex; i >= 0; --i) {
        outputValue += firCoefficients[coefficientIndex] * firBuffer[i];
        ++coefficientIndex;
    }

    for (int i = firBufferSize - 1; i > firBufferIndex; --i) {
        outputValue += firCoefficients[coefficientIndex] * firBuffer[i];
        ++coefficientIndex;
    }

    ++firBufferIndex;
    if (firBufferIndex >= firBufferSize) {
        firBufferIndex = 0;
    }

    return outputValue;
}

float applySmoothingFilter(float inputValue) {
    smoothingBuffer[smoothingBufferIndex] = inputValue;

    float outputValue = 0.0;

    for (int i = 0; i < smoothingBufferSize; ++i) {
        outputValue += smoothingBuffer[i];
    }

    outputValue /= smoothingBufferSize;

    ++smoothingBufferIndex;
    if (smoothingBufferIndex >= smoothingBufferSize) {
        smoothingBufferIndex = 0;
    }

    return outputValue;
}
```

Fuente: Autoría

Para cumplir con esta etapa también se definen las funciones y cálculos correspondientes a los datos de cada variable fisiológica, de esta forma se logra obtener información concreta la cual servirá para la predicción del nivel de estrés de cada usuario.

En el caso de la temperatura corporal se define la medición de esta variable y luego del tiempo de medición se realizará el cálculo del promedio de todas las mediciones obtenidas, para que posteriormente sea almacenado en la base de datos.

Para la frecuencia cardíaca de igual forma se establece la medición, es decir, se tendrá el total de pulsos por minuto, adicional a esto se lleva a cabo el cálculo de la variación de la frecuencia cardíaca o HRV, que consta en obtener el tiempo transcurrido entre cada pulso a partir del proceso de detección de los picos R-R, para obtener este valor se define el siguiente código mediante el que se realizará dicho cálculo, como se observa en la Figura 23.

Figura 23

Cálculo de HRV y obtención de intervalo RR

```

bool isPeakDetected(float value) {
    return value > threshold;
}

void processHeartRate() {
    cont++;
    flag = true;
    intervalo = micros() - instance1; // Intervalo RR
    instance1 = micros();
}

bool isTimerExpired() {
    return (millis() - timer) > timer_value;
}

void calculateHeartRate() {
    fc = cont * 6; |
    cont = 0;
}

void resetTimer() {
    timer = millis();
}

float calculateHRV(int fc, float intervalo) {
    return abs(60.0 / fc - intervalo / 1000000.0);
}

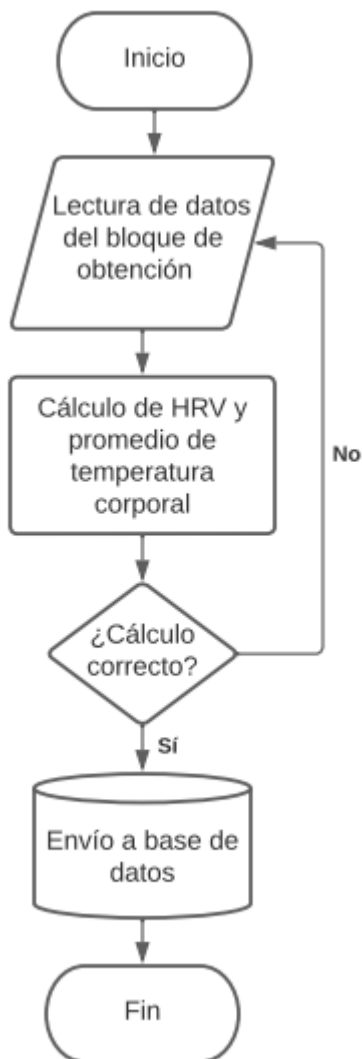
```

Fuente: Autoría

Una vez que se haya realizado este procesamiento de los datos se podrán obtener información concreta de las mediciones, los cuales serán almacenados en la base de datos, como se muestra en la Figura 24, para la posterior evaluación del paciente.

Figura 24

Diagrama de flujo del bloque de procesamiento de datos



Fuente: Autoría

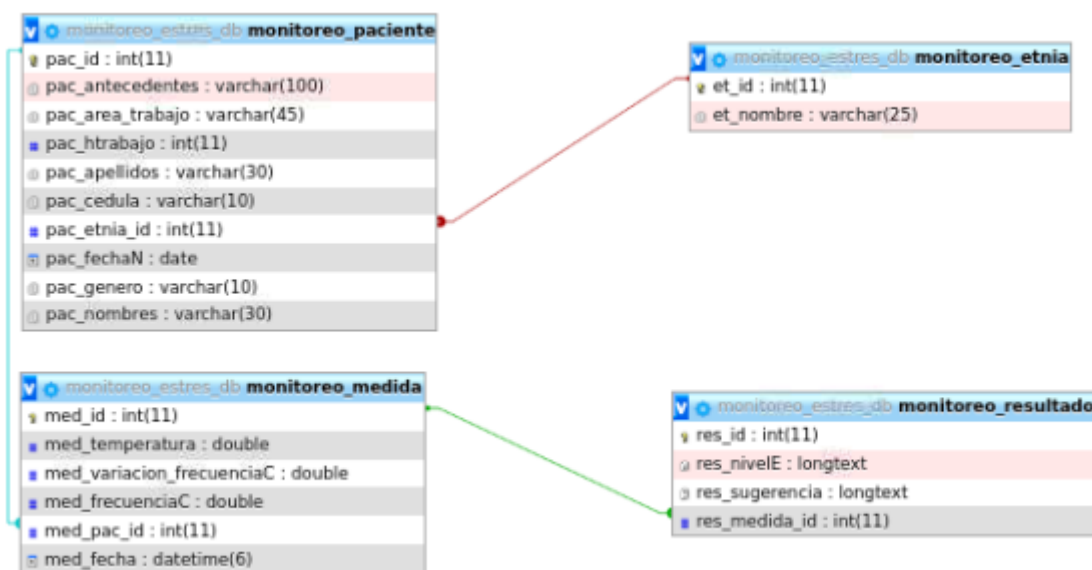
3.6.3. Bloque 3: Almacenamiento de datos y entrenamiento de algoritmo

La tercera etapa se cumple en la placa Raspberry Pi, por lo que alberga dos procesos como el almacenamiento de los datos que se obtienen del anterior bloque y así mismo el entrenamiento del

algoritmo de ML. Para almacenar los datos se utiliza un base de datos relacional basándose en el modelo Entidad-Relación (ER), como se muestra en la Figura 25 ya que mediante este se especifica de qué forma se relacionan las entidades de un sistema, en este caso los usuarios con su información.

Figura 25

Diagrama de base de datos implementada



Fuente: Autoría

El almacenamiento de las variables ya procesadas en la base de datos se enfoca en guardar la información que se asocia al usuario para así poder llevar un registro del mismo, esto contiene las mediciones realizadas, así como los datos personales y los resultados de cada medición, como se muestra en las Figuras 26 y 27 respectivamente.

Figura 26*Tabla de pacientes*

ws: 25 Filter rows: Search this table Sort by key: None

pac_id	pac_antecedentes	pac_area_trabajo	pac_htrabajo	pac_apellidos	pac_cedula	pac_etnia_id	pac_fechaN	pac_genero	pac_nombres
4	Medicación por estrés	Secretaría	8	Cupueran Gonzalez	1002616025	1	1978-08-18	F	Alexandra Yomaira
5	Depresión, Ansiedad	Secretaría	8	Guerrero Grijalva	0401656814	1	1990-12-15	F	Karen Natalia
6	NINGUNO	Técnico Docente	8	Villaciés Sierra	1716604168	1	1987-06-27	M	Patricio Javier
7	Ansiedad, Depresión (Covid)	Secretaría	8	Vásquez Reina	1001594371	1	1969-10-23	F	Marta Janeth
8	NINGUNO	Secretaría	8	Arias Mora	1004024483	1	1997-05-14	F	Lesly Priscila
9	Ansiedad	Secretaría Jurídica	8	Bedón Issa	1003628821	1	1996-10-18	F	Carla Estefanía
10	NINGUNO	Secretaría Jurídica	10	Torres Torres	1001995164	1	1976-11-23	M	Clever Raúl

Fuente: Autoría

Figura 27*Tabla de mediciones*

1 > >> Show all Number of rows: 25 Filter rows: Search this table Sort by key: None

+ Options

	med_id	med_temperatura	med_variacion_frecuenciaC	med_frecuenciaC	med_pac_id	med_fecha
<input type="checkbox"/> Edit Copy Delete	17	37.25	0.72	82	4	2023-06-15 15:55:24.000000
<input type="checkbox"/> Edit Copy Delete	18	35.75	0.81	74	5	2023-06-15 16:00:37.000000
<input type="checkbox"/> Edit Copy Delete	19	37	0.9	66	6	2023-06-15 16:03:48.000000
<input type="checkbox"/> Edit Copy Delete	20	37.5	0.68	88	7	2023-06-15 16:06:45.000000
<input type="checkbox"/> Edit Copy Delete	21	36	0.82	72	8	2023-06-15 16:08:12.000000
<input type="checkbox"/> Edit Copy Delete	22	36.5	0.84	70	9	2023-06-15 16:11:53.000000
<input type="checkbox"/> Edit Copy Delete	23	37.75	0.48	124	10	2023-06-15 16:21:34.000000
<input type="checkbox"/> Edit Copy Delete	24	37.5	0.54	112	4	2023-06-19 16:41:54.000000
<input type="checkbox"/> Edit Copy Delete	25	36.75	0.74	80	5	2023-06-19 16:45:35.000000
<input type="checkbox"/> Edit Copy Delete	26	35.75	0.82	74	8	2023-06-19 16:48:43.000000
<input type="checkbox"/> Edit Copy Delete	27	36.5	0.65	90	6	2023-06-19 16:51:57.000000
<input type="checkbox"/> Edit Copy Delete	28	37.5	0.7	84	7	2023-06-19 16:54:01.000000

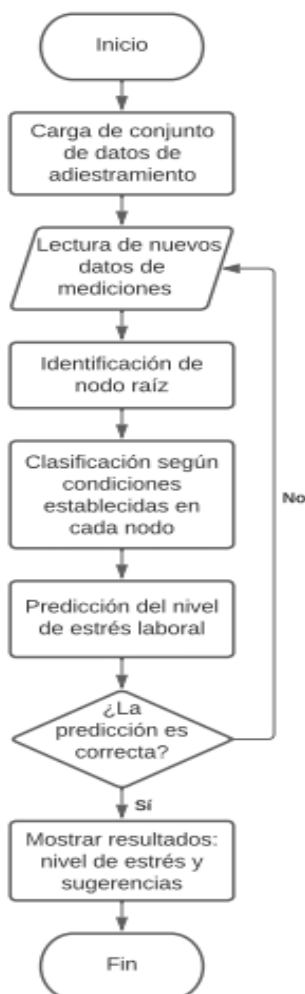
Fuente: Autoría

Para el proceso del entrenamiento del algoritmo de ML se trabajará con el algoritmo de clasificación Árbol de decisión como se indica en el apartado 2.6.1.3, el cual trabajará con dos conjuntos de datos como son los de la temperatura y en este caso con los datos de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) obtenidos del anterior bloque, al igual que con las reglas que se aplicarán a los nuevos datos en cada medición, como se indica en el diagrama de la Figura 28, para

que de esta forma se pueda realizar la predicción del nivel de estrés al que pertenece según las mediciones de cada usuario.

Figura 28

Diagrama de flujo del proceso del algoritmo "Árbol de decisión"



Fuente: Autoría

En la Figura 29 se puede observar que para la implementación del algoritmo se tiene que las condiciones para la clasificación se definen en las etiquetas, las cuales establecen el nivel de estrés según las variaciones de los parámetros como la temperatura y la HRV. Posteriormente estos datos se dividen en dos grupos, el grupo de entrenamiento y el grupo de evaluación, en este caso se ha definido que el grupo de evaluación sean las mediciones actuales es decir las mediciones que se

están tomando en ese momento, para que así el grupo de entrenamiento conste de todas las mediciones realizadas y que ya se encuentran almacenadas en la base de datos, para que de esta forma la predicción del nivel de estrés sea más precisa.

Figura 29

Implementación de algoritmo de clasificación Árbol de decisión

```
# Obtener los valores de temperatura y variación de FC del último registro de Medida
temperatura = ultimo_registro.med_temperatura
variacion_fc = ultimo_registro.med_variacion_frecuenciaC

# Obtener los datos de entrenamiento de Medida
medidas_entrenamiento = Medida.objects.exclude(med_id=ultimo_registro.med_id).values_list('med_temperatura', 'med_variacion_frecuenciaC')
X_train = list(medidas_entrenamiento)

# Obtener las etiquetas de entrenamiento de Resultado
resultados_entrenamiento = Resultado.objects.exclude(res_medida=ultimo_registro).values_list('res_nivelE', 'res_sugerencia')
y_train_nivelE = [nivelE for nivelE, _ in resultados_entrenamiento]
y_train_sugerencia = [sugerencia for _, sugerencia in resultados_entrenamiento]

# Entrenar el modelo de árbol de decisiones
tree_nivelE = DecisionTreeClassifier()
tree_nivelE.fit(X_train, y_train_nivelE)

tree_sugerencia = DecisionTreeClassifier()
tree_sugerencia.fit(X_train, y_train_sugerencia)

# Realizar la predicción para el último registro de Medida
X_test = [[temperatura, variacion_fc]] # características de prueba: temperatura y variación de FC
nivelE_prediction = tree_nivelE.predict(X_test)
sugerencia_prediction = tree_sugerencia.predict(X_test)
```

Fuente: Autoría

3.6.4. Bloque 4: Visualización

Esta etapa se focaliza en el desarrollo de la interfaz gráfica con ayuda de la herramienta Django como se indica en el apartado 3.4.2, en la que se puede observar algunos de los procesos de las anteriores etapas, es decir se puede observar la lectura de los datos, así como las mediciones y los resultados obtenidos. Es importante mencionar que este bloque es de mucha importancia ya que mediante este se ingresan todos los datos informativos de cada usuario, en el caso del registro de cada uno, como indica la Figura 30.

Figura 30*Registro de usuarios*

Crear un Nuevo Paciente

Información de Paciente

Cédula
1003628821
This field is required.

Apellidos
Bedón Issa
This field is required.

Nombres
Carla Estefanía
This field is required.

Fecha de Nacimiento
18 / 10 / 1996
This field is required.

Etnia
Mestizo
This field is required.

Género
FEMENINO
This field is required.

Antecedentes
Ansiedad
This field is required.

Área de Trabajo
Secretaría Jurídica
This field is required.

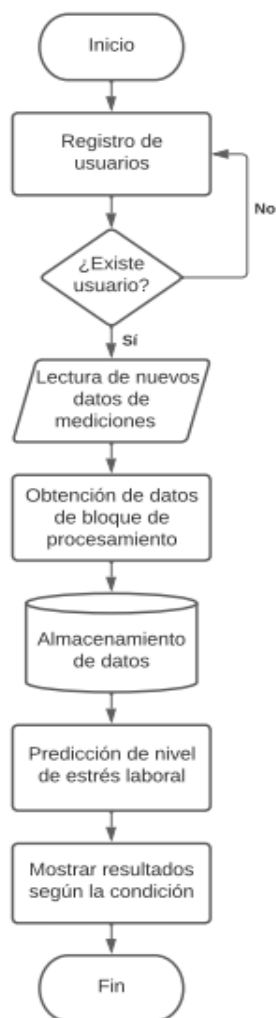
Horas de Trabajo
8
This field is required.

Fuente: Autoría

Posteriormente, siguiendo el diagrama ilustrado en la Figura 31, se llevarán a cabo los procesos necesarios, como la lectura de nuevas mediciones, el procesamiento de estos datos para que así puedan ser almacenados y utilizados en el entrenamiento del algoritmo. De esta forma, el sistema tendrá la capacidad de realizar la predicción del nivel de estrés laboral.

Figura 31

Diagrama de flujo del bloque de visualización



Fuente: Autoría

Una vez que se cumpla con este proceso, se podrán visualizar los datos de las mediciones que son obtenidos de los anteriores bloques mediante la comunicación serial y una vez que se realice el análisis por medio del algoritmo de ML implementado se podrán observar los resultados de la condición del usuario como se muestra en la Figura 32.

Figura 32

Visualización del listado de mediciones

ID	Cédula	Temperatura	Variación Frec. Cardíaca	Frec. Cardíaca	Fecha	Acción
17	1002616025	37.25	0.72	82.0	June 15, 2023, 10:55 a.m.	Borrar
18	0401656814	35.75	0.81	74.0	June 15, 2023, 11 a.m.	Borrar
19	1716604168	37.0	0.9	66.0	June 15, 2023, 11:03 a.m.	Borrar
20	1001594371	37.5	0.68	88.0	June 15, 2023, 11:06 a.m.	Borrar
21	1004024483	36.0	0.82	72.0	June 15, 2023, 11:08 a.m.	Borrar
22	1003628821	36.5	0.84	70.0	June 15, 2023, 11:11 a.m.	Borrar
23	1001995164	37.75	0.48	124.0	June 15, 2023, 11:21 a.m.	Borrar
24	1002616025	37.5	0.54	112.0	June 19, 2023, 11:41 a.m.	Borrar
25	0401656814	36.75	0.74	80.0	June 19, 2023, 11:45 a.m.	Borrar
26	1004024483	35.75	0.82	74.0	June 19, 2023, 11:48 a.m.	Borrar
27	1716604168	36.5	0.65	90.0	June 19, 2023, 11:51 a.m.	Borrar
28	1001594371	37.5	0.7	84.0	June 19, 2023, 11:54 a.m.	Borrar
29	1003628821	36.75	0.73	82.0	June 19, 2023, 11:56 a.m.	Borrar
30	1001995164	37.5	0.57	104.0	June 19, 2023, 12:06 p.m.	Borrar
31	1002616025	36.5	0.77	78.0	June 21, 2023, 10:06 a.m.	Borrar
32	1004024483	36.25	0.79	76.0	June 21, 2023, 10:11 a.m.	Borrar
33	1716604168	36.5	0.76	78.0	June 21, 2023, 10:13 a.m.	Borrar
34	1001594371	37.0	0.73	82.0	June 21, 2023, 10:15 a.m.	Borrar
35	0401656814	36.25	0.8	74.0	June 21, 2023, 10:17 a.m.	Borrar
36	1001995164	37.0	0.76	78.0	June 29, 2023, 10:21 a.m.	Borrar
37	1003628821	36.5	0.83	72.0	June 21, 2023, 10:25 a.m.	Borrar

Fuente: Autoría

En este punto se tendrá el nivel de estrés laboral detectado en el paciente y con este resultado de la misma forma se presentarán las sugerencias de técnicas de control para esta patología dependiendo del nivel que se haya determinado, como se muestra en la Figura 33, es importante

recalcar que son sugerencias generales, ya que cada persona dependiendo de su condición laboral puede encontrar distintos métodos que pueden ser más o menos efectivos en cada uno de ellos.

Figura 33

Sugerencias de técnicas de control dependiendo del nivel de estrés laboral

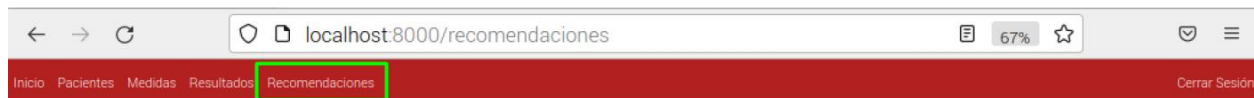
ID	Cédula	Nombres	Nivel de Estrés	Sugerencias	Acción
1	1002616025	Cupueran Gonzalez Alexandra Yomaira	Nivel bajo de estrés	- Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo	Borrar
2	0401656814	Guerrero Grijalva Karen Natalia	Nivel bajo de estrés	- Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo	Borrar
3	1716604168	Villacis Sierra Patricio Javier	Sin estrés	- Manténgase saludable - Mantenga el equilibrio entre el trabajo y la vida personal	Borrar
4	1001594371	Vásquez Reina Marta Janeth	Nivel bajo de estrés	- Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo	Borrar
5	1004024483	Arias Mora Lesly Priscila	Nivel bajo de estrés	- Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo	Borrar
6	1003628821	Bedón Issa Carla Estefania	Nivel bajo de estrés	- Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo	Borrar
7	1001995164	Torres Torres Clever Raúl	Nivel moderado de estrés	- Técnicas Mindfulness - Actividades de disminución de estrés - Buscar apoyo social	Borrar
8	1002616025	Cupueran Gonzalez Alexandra Yomaira	Nivel moderado de estrés	- Técnicas Mindfulness - Actividades de disminución de estrés - Buscar apoyo social	Borrar
9	0401656814	Guerrero Grijalva Karen Natalia	Nivel bajo de estrés	- Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo	Borrar

Fuente: Autoría

Otro punto que es importante mencionar es que las técnicas de control sugeridas también se pueden observar en el apartado de recomendaciones, como se presenta en la Figura 34, donde se encuentran explicadas a detalle cada una de estas técnicas y como se tienen que realizar, del mismo modo se podrán apreciar imágenes explicativas de cada técnica de control.

Figura 34

Sugerencia de técnicas de control



SUGERENCIA DE TÉCNICAS DE CONTROL PARA EL ESTRÉS LABORAL

Las técnicas de control para cada nivel de estrés laboral son fundamentales por su importancia en el bienestar y la salud de cada persona. Existen varias razones por las que estas técnicas de control son primordiales, entre ellas están la salud física y emocional, ayuda a una mejor toma de decisiones y permite mejorar la calidad de vida. De esta forma se puede construir una base sólida para afrontar los desafíos diarios y mantener un equilibrio saludable.

NIVEL BAJO DE ESTRÉS

- **Prácticas de relajación:** Como mencionan (Davis & McKay, 2016) estas prácticas incluyen técnicas como la respiración profunda, la relajación muscular progresiva y la meditación. Estas técnicas pueden ayudar a reducir la tensión y promover la relajación.



- **Actividad física regular:** El ejercicio físico puede ser beneficioso para reducir el estrés y promover el bienestar general. Realizar actividades físicas moderadas, como caminar, nadar o practicar yoga, puede ser útil en este nivel de estrés.



- **Gestionar el tiempo:** Organizar y planificar eficientemente las tareas y responsabilidades puede disminuir el estrés relacionado con la sensación de falta de tiempo. Establecer prioridades y establecer límites puede ser beneficioso (Kabat-Zinn, 2013).



NIVEL MODERADO DE ESTRÉS

- **Técnicas Mindfulness:** Practicar mindfulness, que implica prestar atención plena y consciente al momento presente, puede ayudar a reducir el estrés y aumentar la resiliencia emocional. (Segal, Williams & Teasdale, 2018)



- Como se menciona (López, 2023) existen algunos ejercicios sencillos para comenzar con la práctica del Mindfulness, como:
 - **Respiraciones profundas:** la base es prestarle atención a la respiración. Para esto deberá sentarse y colocar una mano sobre el estómago y la otra sobre el corazón, inhalar lentamente sintiendo que se eleva el estómago, aguantar la respiración un momento y exhalar lentamente sintiendo que el estómago desciende.
 - **Ejercicios de atención plena:** es necesario analizar las sensaciones físicas o emociones y enfocarse en las positivas, liberando las negativas mediante las respiraciones profundas.
 - **Utilizar la visualización:** para esto se tiene que observar el entorno y elegir una característica agradable de ver, esto permitirá el control mental y un estado de relajación, manejando los pensamientos y emociones.
 - **Conocer el comportamiento del cuerpo:** esto es necesario ya que es común que las emociones se presenten en el cuerpo en forma de sensaciones corporales como tensiones musculares, problemas digestivos, problemas en la piel, entre otros.
- **Actividades de disminución de estrés:** Participar en actividades placenteras y relajantes, como leer, escuchar música, pasar tiempo al aire libre o realizar hobbies, puede ayudar a disminuir el nivel de estrés.



- **Buscar apoyo social:** Buscar el apoyo de amigos, familiares o grupos de apoyo puede proporcionar un sentido de conexión y apoyo emocional, lo que puede reducir el estrés percibido. (Hofmann & otros, 2010)



NIVEL ALTO DE ESTRÉS

- **Es necesario buscar apoyo profesional:** Buscar la ayuda de profesionales de la salud mental, como psicólogos o terapeutas, puede ser fundamental para abordar el estrés laboral en niveles más altos. Estos profesionales pueden proporcionar herramientas y estrategias específicas para hacer frente al estrés y promover el bienestar emocional.



- **Puede ser de gran ayuda la terapia cognitivo-conductual:** En situaciones de estrés crónico o severo, la terapia cognitivo-conductual (TCC) puede ser efectiva. Esta terapia ayuda a identificar y cambiar los patrones de pensamiento y comportamiento negativos, y proporciona herramientas para manejar el estrés de manera más saludable. (Greenberg, 2017)



- **Realizar actividades de cuidado:** Como mencionan (Cohen, Kamarck & Mermelstein, 2012) es importante dedicar tiempo regularmente a actividades que promuevan el bienestar personal, como cuidar de uno mismo, practicar hobbies, hacer ejercicio y descansar adecuadamente, es esencial en este nivel de estrés.



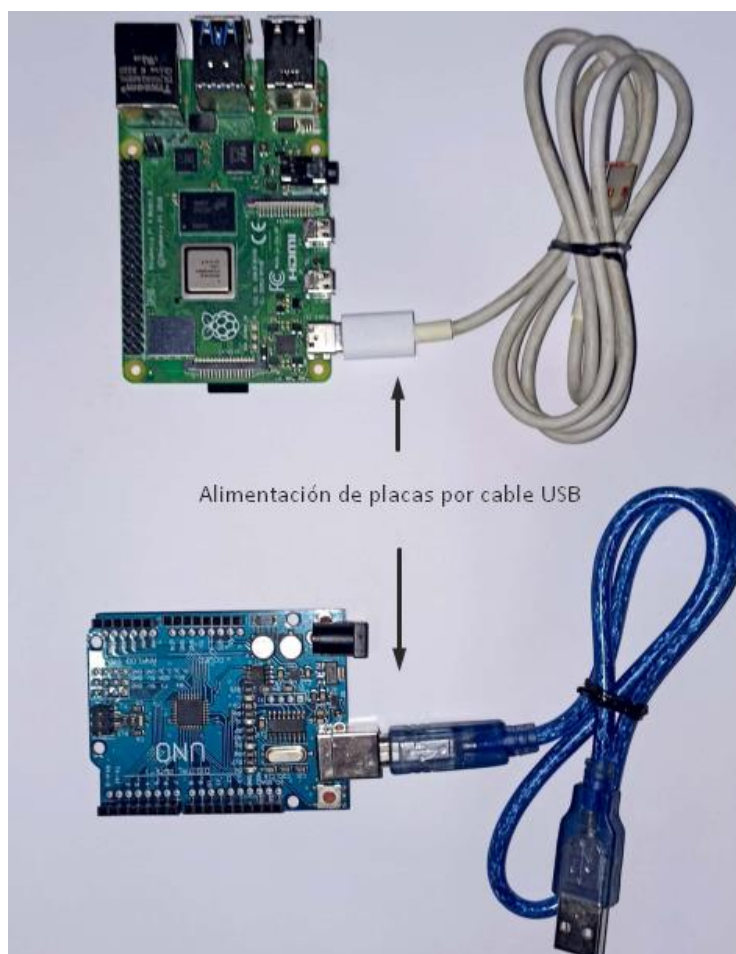
SIN ESTRÉS

- **Manténgase saludable:** Mantener el ejercicio y una alimentación equilibrada, así como los hábitos saludables que generan el bienestar propio.
- **Mantenga el equilibrio entre el trabajo y la vida personal:** Asegurarse de dedicar tiempo a actividades que se disfruten fuera del trabajo, como pasar tiempo con amigos y familiares, practicar hobbies, etc.

Fuente: Autoría

3.6.5. *Bloque 5: Alimentación*

En esta etapa adicional se consideran los requerimientos eléctricos de la arquitectura, ya que en estos se detalla la tensión necesaria para la alimentación de cada elemento del sistema, principalmente las tarjetas o placas de desarrollo como son Arduino UNO y Raspberry Pi cumpliendo así también con las especificaciones de cada uno de estos. De esta forma para el bloque de alimentación y el funcionamiento del sistema se requiere de 5 a 12V, siendo 5V lo recomendado, esto se realizará mediante las entradas USB con las que cuenta cada placa, como se puede observar en la Figura 35.

Figura 35*Alimentación de placas*

Fuente: Autoría

Capítulo IV

Pruebas de funcionamiento y resultados

En el siguiente capítulo se observará el cumplimiento del proceso de pruebas de funcionamiento del sistema electrónico para el monitoreo de estrés laboral en un determinado grupo de profesionales, así como los resultados que se obtienen a partir de la implementación de este, cumpliendo también con la etapa final de la metodología utilizada, así como con la verificación de esta. Para lo cual se abordarán las pruebas unitarias de cada bloque que compone el sistema permitiendo confirmar el cumplimiento de los requerimientos que se han establecido.

4.1. Pruebas de funcionamiento unitarias

El objetivo de las pruebas unitarias se poder verificar el funcionamiento de cada componente del sistema, para esto se realizarán pruebas de funcionamiento de cada uno de los sensores, para que de esta forma se pueda corroborar que está cumpliendo con su trabajo de forma adecuada.

4.1.1. Pruebas del bloque de obtención de datos

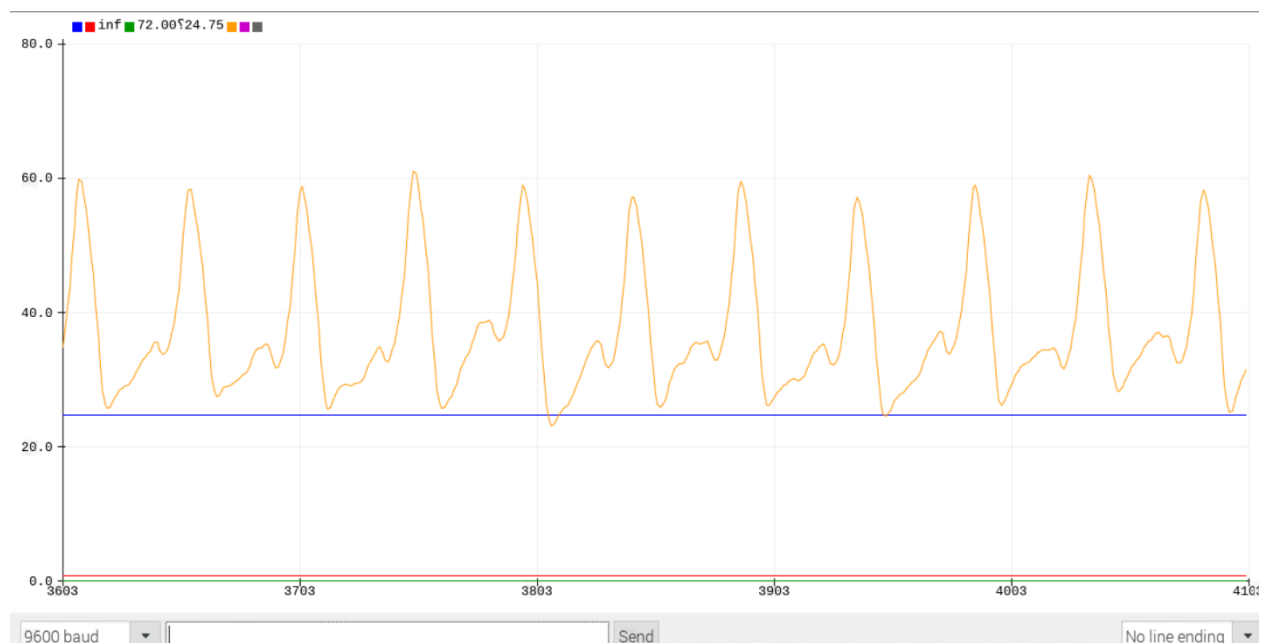
Para la prueba de funcionamiento del bloque de obtención de datos se tiene que verificar que cada uno de los sensores que se han implementado en el sistema trabajen de forma correcta obteniendo las señales necesarias y que de la misma forma estos se encuentren en buen estado.

4.1.1.1. Pruebas de sensor ECG

Se comenzará con la verificación del funcionamiento individual del sensor ECG AD8232, su función principal es la obtención de la señal ECG, para posteriormente realizar el cálculo de la frecuencia cardíaca y la HRV, por lo que en la Figura 36 se puede observar la señal ECG obtenida por este sensor.

Figura 36

Obtención de señal ECG para prueba de sensor ECG AD8232



Fuente: Autoría

Esta señal se obtiene luego de realizar el proceso de filtración, por medio del circuito implementado como se muestra la Figura 20, al igual que los filtros digitales implementados. Una vez obtenida, se realizan los siguientes procesos como la detección de los picos R y mediante esta los cálculos mencionados de la FC y la HRV, como se observa en la Figura 37 y en base a estos parámetros realizar la detección del nivel de estrés laboral.

Figura 37

Cálculo de FC y HRV

```

bool isPeakDetected(float value) {
    return value > threshold;
}

void processHeartRate() {
    cont++;
    flag = true;
    intervalo = micros() - instance1; // Intervalo RR
    instance1 = micros();
}

bool isTimerExpired() {
    return (millis() - timer) > timer_value;
}

void calculateHeartRate() {
    fc = cont * 6; // Multiplica el recuento de picos RR por 6 para obtener la frecuencia cardíaca en latidos por minuto
    cont = 0;
}

void resetTimer() {
    timer = millis();
}

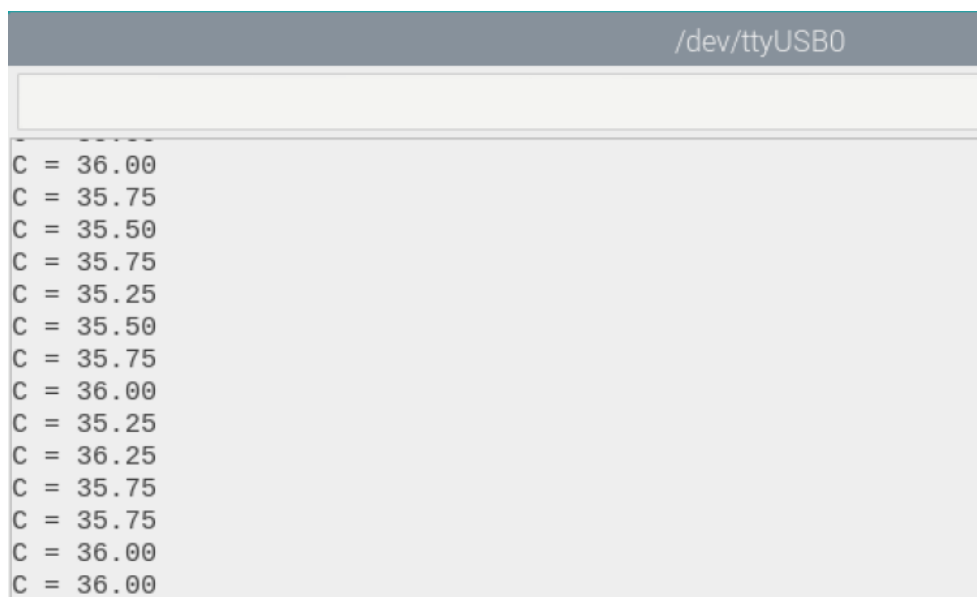
float calculateHRV(int fc, float intervalo) {
    return abs(60.0 / fc - intervalo / 1000000.0);
}

```

Fuente: Autoría

4.1.1.2. Pruebas de sensor de temperatura

La función principal del sensor MAX 6675 es obtener la temperatura corporal a la par de la frecuencia cardíaca, para esto, al no requerir de un cálculo o proceso extra, únicamente se obtiene el valor natural de la variable y al obtener varias mediciones, como se observa en la Figura 38, se realiza un promedio de estas para obtener un valor concreto, el cual en conjunto con la HRV permiten determinar el nivel del estrés laboral.

Figura 38*Mediciones de temperatura*A terminal window with a dark grey title bar containing the text "/dev/ttyUSB0". The main area of the terminal is light grey and displays a list of temperature readings in Celsius. Each line starts with "C =" followed by a numerical value with two decimal places. The values are: 36.00, 35.75, 35.50, 35.75, 35.25, 35.50, 35.75, 36.00, 35.25, 36.25, 35.75, 35.75, 36.00, and 36.00.

```
/dev/ttyUSB0
C = 36.00
C = 35.75
C = 35.50
C = 35.75
C = 35.25
C = 35.50
C = 35.75
C = 36.00
C = 35.25
C = 36.25
C = 35.75
C = 35.75
C = 36.00
C = 36.00
```

Fuente: Autoría

4.1.2. Pruebas del bloque de procesamiento de datos

La principal tarea que realiza este bloque es el procesamiento de los datos obtenidos, es decir, que luego del proceso de filtrado, se realizan los cálculos o funciones necesarias con los datos, por lo que, para comprobar que el funcionamiento de este bloque sea el correcto se enfoca en que se obtengan los valores de los parámetros como son la frecuencia cardíaca, la variabilidad de la frecuencia cardíaca y la temperatura corporal y que únicamente estos datos ya procesados sean enviados de forma correcta a la base de datos. De esta forma se puede observar en la base de datos, en la tabla de mediciones el valor de cada uno de los parámetros definidos, como se presenta en la Figura 39.

Figura 39

Envío de datos procesados a BDD

med_id	med_temperatura	med_variacion_frecuenciaC	med_frecuenciaC
17	37.25	0.72	82
18	35.75	0.81	74
19	37	0.9	66
20	37.5	0.68	88
21	36	0.82	72
22	36.5	0.84	70
23	37.75	0.48	124
24	37.5	0.54	112
25	36.75	0.74	80
26	35.75	0.82	74
27	36.5	0.65	90
28	37.5	0.7	84
29	36.75	0.73	82
30	37.5	0.57	104
31	36.5	0.77	78

Fuente: Autoría

4.1.3. Pruebas del bloque de almacenamiento de datos y entrenamiento de algoritmo

Para comprobar el funcionamiento del algoritmo de clasificación Árbol de decisión se debe trabajar con los datos adquiridos en los anteriores bloques, es decir que se debe contar con la información almacenada en la base de datos, como se muestra en la Figura 39, ya que mediante esta se realiza el entrenamiento del algoritmo, estos datos se dividen en grupos de entrenamiento y de evaluación. Para esto se ha determinado que el entrenamiento se realice en cada medición es decir que los datos almacenados cumplirán con el papel de entrenamiento y únicamente la nueva medición cumplirá con el papel de evaluación como se indica en la Figura 40.

Figura 40*División de datos en grupos de entrenamiento y de evaluación*

```

# Obtener los valores de temperatura y variación de FC del último registro de Medida para evaluación
temperatura = ultimo_registro.med_temperatura
variacion_fc = ultimo_registro.med_variacion_frecuenciaC

# Obtener los datos de entrenamiento de Medida
medidas_entrenamiento = Medida.objects.exclude(med_id=ultimo_registro.med_id).values_list('med_temperatura', 'med_variacion_frecuenciaC')
X_train = list(medidas_entrenamiento)

# Obtener las etiquetas de entrenamiento de Resultado
resultados_entrenamiento = Resultado.objects.exclude(res_medida=ultimo_registro).values_list('res_nivelE', 'res_sugerencia')
y_train_nivelE = [nivelE for nivelE, _ in resultados_entrenamiento]
y_train_sugerencia = [sugerencia for _, sugerencia in resultados_entrenamiento]

# Entrenar el modelo de árbol de decisiones
tree_nivelE = DecisionTreeClassifier()
tree_nivelE.fit(X_train, y_train_nivelE)

tree_sugerencia = DecisionTreeClassifier()
tree_sugerencia.fit(X_train, y_train_sugerencia)

```

Fuente: Autoría

Una vez que se cumple con este proceso, la verificación del funcionamiento del algoritmo es la predicción del nivel de estrés laboral, como se muestra en la Figura 41, la cual se realiza en base al entrenamiento que se ha desarrollado y posteriormente esta predicción será almacenada en la base de datos como un nuevo resultado.

Figura 41

Predicción de nivel de estrés y almacenamiento en resultados

```
# Realizar la predicción para el último registro de Medida
X_test = [(temperatura, variacion_fc)] # características de prueba: temperatura y variación de FC
nivelE_prediction = tree_nivelE.predict(X_test)
sugerencia_prediction = tree_sugerencia.predict(X_test)

# Crear un nuevo registro de Resultado con las predicciones generadas
resultado = Resultado(
    res_nivelE=nivelE_prediction[0],
    res_sugerencia=sugerencia_prediction[0],
    res_medida=ultimo_registro
)
```

Fuente: Autoría

En este punto es importante mencionar que, para el caso del nivel alto de estrés laboral fue necesario realizar ciertas variaciones en las condiciones para que de esta forma se permita abordar todos los niveles de estrés laboral definidos en el sistema. Esto se hizo para garantizar que el sistema reaccione adecuadamente en cada uno de estos niveles y así se puedan verificar los resultados correspondientes.

4.1.4. Pruebas del bloque de visualización

En el bloque de visualización se pueden realizar y observar distintos procesos como el registro de los usuarios, la obtención de los datos de los parámetros medidos, la presentación de los resultados, así como mostrar también las sugerencias o recomendaciones como son las técnicas de control. Para la verificación del funcionamiento de este bloque se basa en el cumplimiento de cada proceso, donde se mostrará la información del usuario, información sobre las medidas obtenidas, información sobre los resultados como el nivel del estrés laboral detectado y las sugerencias de técnicas de control, como se indica en la Figura 42.

Figura 42

Lista de acciones que se pueden visualizar en la interfaz

Lista Resultados

Resultados

Buscar... Buscar

ID	Cédula	Nombres	Nivel de Estrés	Sugerencias	Acción
1	1002616025	Cupueran Gonzalez Alexandra Yomaira	Nivel bajo de estrés	- Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo	Borrar
2	0401656814	Guerrero Grijalva Karen Natalia	Nivel bajo de estrés	- Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo	Borrar
3	1716604168	Villacís Sierra Patricio Javier	Sin estrés	- Manténgase saludable - Mantenga el equilibrio entre el trabajo y la vida personal	Borrar
4	1001594371	Vásquez Reina Marta Janeth	Nivel bajo de estrés	- Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo	Borrar
5	1004024483	Arias Mora Lesly Priscila	Nivel bajo de estrés	- Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo	Borrar
6	1003628821	Bedón Issa Carla Estefanía	Nivel bajo de estrés	- Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo	Borrar
7	1001995164	Torres Torres Clever Deyanira	Nivel moderado de estrés	- Técnicas Mindfulness - Actividades de disminución de estrés - Buscar apoyo emocional	Borrar

Fuente: Autoría

4.2. Integración del sistema

En esta sección se presenta el desarrollo e integración del prototipo con los elementos que lo componen tanto de forma interna como de forma externa, cumpliendo también con los requerimientos que se han establecido.

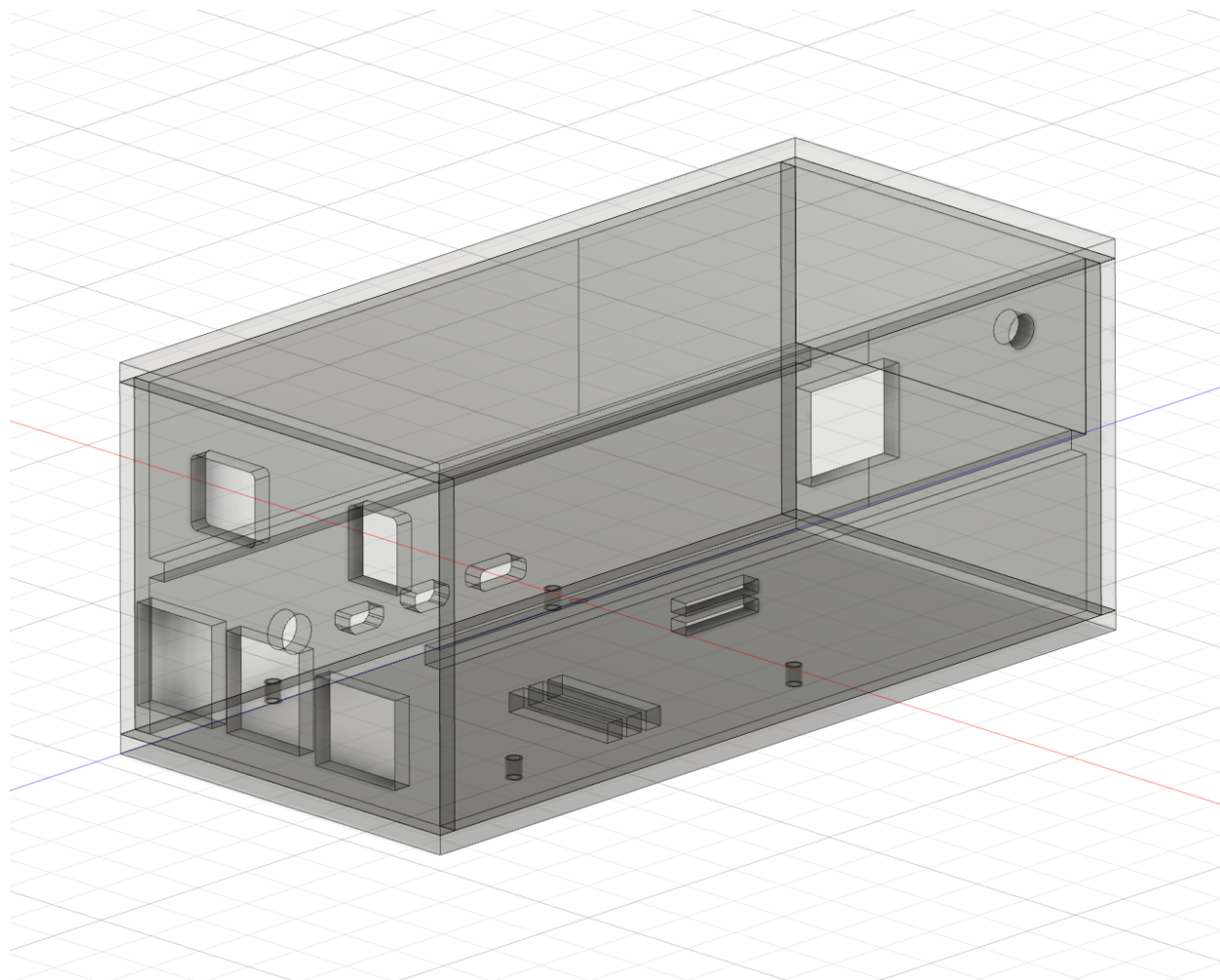
4.2.1. Elaboración de la carcasa

Para la construcción de la carcasa se ha elegido el material acrílico transparente que permita observar cómo está constituido el sistema y que de la misma forma lo proteja. Para esto se ha decidido dividir el espacio para que los componentes tengan una ubicación adecuada. Dependiendo del tamaño de los elementos del sistema se tienen que analizar las dimensiones apropiadas para la caja, teniendo así que las dimensiones de esta serán 14 cm de largo, 6 cm de alto y 6.5 cm de

ancho, el diseño de esta carcasa se ha desarrollado en el software Fusion360, como se muestra en la Figura 43.

Figura 43

Diseño de carcasa en Fusion360

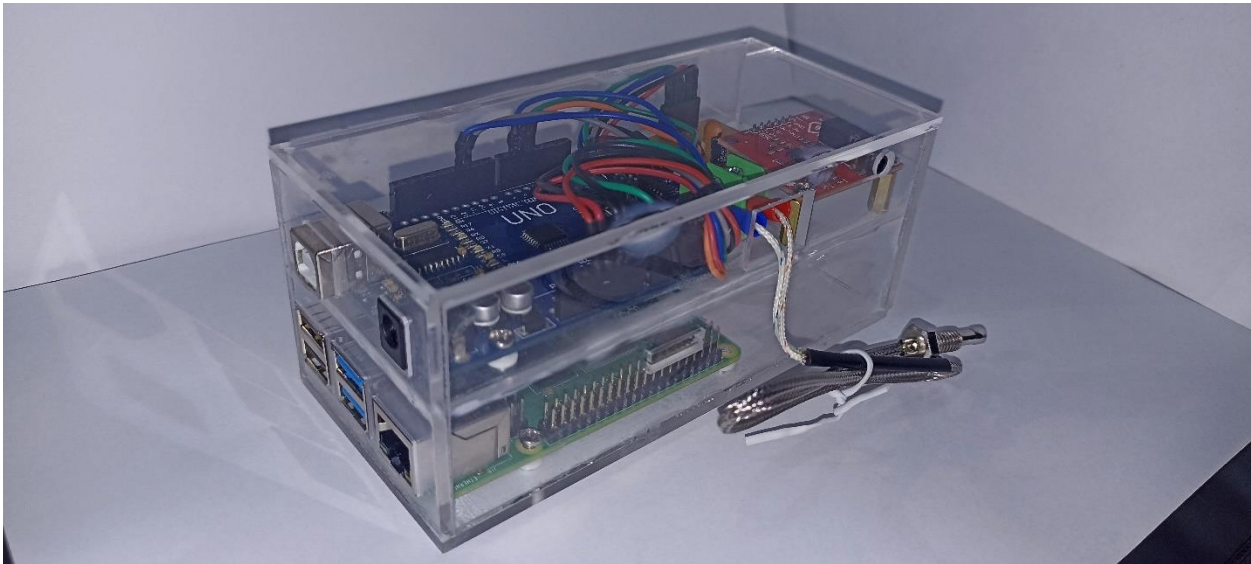


Fuente: Autoría

Una vez que se han acoplado las caras del case diseñado se puede realizar la incorporación y ubicación de cada uno los componentes que conforman el sistema, como se evidencia en la Figura 44.

Figura 44

Integración de componentes en el sistema



Fuente: Autoría

4.3. Pruebas de funcionamiento

En este apartado se plantea realizar tanto las pruebas de operatividad del hardware, así como las pruebas del funcionamiento en los usuarios con el objetivo de verificar la utilidad y funcionalidad del sistema.

4.3.1. Pruebas de operatividad de hardware

Para la evaluación o verificación de la operatividad del hardware se plantean algunos factores, que se detallan en la Tabla 14, mediante los cuales se determinará si el sistema cumple con el trabajo requerido de cada componente. Como resultado de estas pruebas se tiene la corroboración de la correcta integración de los elementos en el sistema, ya que si no cumplirían con su trabajo de forma correcta significaría que no están acoplados o conectados adecuadamente.

Tabla 14*Pruebas de operatividad de hardware*

Pruebas de operatividad de hardware	
Factores	Cumplimiento
Trabaja correctamente el sensor ECG	Si
Trabaja correctamente el sensor de temperatura	Si
La placa de procesamiento trabaja correctamente	Si
El sistema recibe los datos de forma correcta	Si
La placa que cumple con el almacenamiento y entrenamiento trabaja de forma correcta	Si

Fuente: Autoría

4.3.2. Pruebas de funcionamiento con usuarios

El objetivo de las pruebas consiste en validar que el funcionamiento del sistema completo sea el apropiado y de esta forma comprobar también que la integración tanto del hardware como del software sea la adecuada. De esta forma, se busca garantizar que el sistema tenga la capacidad de detectar de manera precisa el nivel de estrés laboral que le corresponde a cada usuario.

Para esto se trabajará con la información de aproximadamente de 11 empleados del personal administrativo de la facultad FECYT, de esta forma se considera una diversidad en los sujetos de prueba tanto en edad, género, así como en el área de trabajo, como se detalla en la Tabla 15. Es necesario resaltar que para estas pruebas se consideran las nuevas mediciones realizadas en los usuarios para que se puedan llevar a cabo todos los procesos del sistema.

Tabla 15*Grupo de personal para pruebas*

NOMBRES	APELLIDOS	ETNIA	GÉNERO	EDAD	AREA DE TRABAJO	HORAS DE TRABAJO
Alexandra	Cupuerán	Mestizo	F	45	Secretaría	8
Yomaira	González					
Karen	Guerrero	Mestizo	F	33	Secretaría	8
Natalia	Grijalva					
Patricio	Villacís Sierra	Mestizo	M	36	Técnico	8
Javier					Docente	
Marta Janeth	Vásquez Reina	Mestizo	F	54	Secretaría	8
Lesly	Arias Mora	Mestizo	F	26	Secretaría	8
Priscila						
Carla	Bedón Issa	Mestizo	F	27	Secretaría	8
Estefanía					Jurídica	
Clever Raúl	Torres Torres	Mestizo	M	47	Secretaría	8
					Jurídica	
Daniel	Viveros Salas	Afro	M	41	Auxiliar	8
Arturo						
Paulina del	Farinango	Mestizo	F	50	Auxiliar	8
Carmen	Herrera					
Luis	Revelo Orbe	Mestizo	M	43	Auxiliar	8
Armando						

Ana Cecilia	Quintana Guerra	Mestizo	F	58	Secretaría Subdecanato	8
Erick	Flores Alcucer	Mestizo	M	26	Estudiante	5
Fernando						

Fuente: Autoría

Una vez que se ha definido el grupo del personal para el proceso de pruebas, se realiza la medición de las variables fisiológicas en distintos contextos, es decir, se llevan a cabo en distintos días y horarios. Para esto, considerando la información proporcionada por el personal, se ha determinado realizar las pruebas en días que pueden experimentar un mayor estrés, como los lunes, ya que son días donde se asignan nuevos trabajos y los viernes cuando se busca concluir la semana laboral. También se realizan pruebas en días con menor carga de estrés laboral. Esto permite obtener resultados con diferentes niveles de estrés laboral dependiendo del volumen de trabajo que se les haya asignado en la jornada.

Después de culminar exitosamente las pruebas de funcionamiento durante 10 días en los usuarios mencionados en la Tabla 15, se recopilaron alrededor de 50 resultados en los días planificados, como se indicó anteriormente. Aquí se muestra una amplia variedad de resultados, es decir se tienen varios resultados en cada uno de los niveles de estrés laboral establecidos, como se presenta en la Tabla 16. De esta forma se tiene una base para llevar a cabo el análisis correspondiente en cada caso en función de los niveles de estrés laboral identificados.

Tabla 16*Resultados obtenidos mediante las pruebas en usuarios*

Pruebas de funcionamiento en los usuarios		
Patricio Javier Villacís Sierra	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo
Lesly Priscila Arias Mora	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo
Marta Janeth Vásquez Reina	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo
Paulina del Carmen Farinango Herrera	Sin estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Manténgase saludable - Mantenga el equilibrio entre el trabajo y la vida personal - Manténgase saludable
Ana Cecilia Quintana Guerra	Sin estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenga el equilibrio entre el trabajo y la vida personal
Karen Natalia Guerrero Grijalva	Nivel moderado de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas Mindfulness - Actividades de disminución de estrés - Buscar apoyo social
Daniel Arturo Viveros Salas	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo - Manténgase saludable
Carla Estefanía Bedón Issa	Sin estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenga el equilibrio entre el trabajo y la vida personal
Luis Armando Revelo Orbe	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo

Alexandra Yomaira Cupueran González	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo
Clever Raúl Torres Torres	Nivel moderado de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas Mindfulness - Actividades de disminución de estrés - Buscar apoyo social
Paulina del Carmen Farinango Herrera	Nivel moderado de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas Mindfulness - Actividades de disminución de estrés - Buscar apoyo social
Daniel Arturo Viveros Salas	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo
Luis Armando Revelo Orbe	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo
Marta Janeth Vásquez Reina	Nivel moderado de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas Mindfulness - Actividades de disminución de estrés - Buscar apoyo social - Es necesario buscar apoyo profesional
Alexandra Yomaira Cupueran González	Nivel alto de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Puede ser de gran ayuda la terapia cognitivo-conductual - Realizar actividades de cuidado
Ana Cecilia Quintana Guerra	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo
Karen Natalia Guerrero Grijalva	Nivel moderado de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas Mindfulness - Actividades de disminución de estrés - Buscar apoyo social
Patricio Javier Villacís Sierra	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo

Lesly Priscila Arias Mora	Nivel moderado de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas Mindfulness - Actividades de disminución de estrés - Buscar apoyo social
Carla Estefanía Bedón Issa	Nivel moderado de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas Mindfulness - Actividades de disminución de estrés - Buscar apoyo social
Luis Armando Revelo Orbe	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo
Daniel Arturo Viveros Salas	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo
Marta Janeth Vásquez Reina	Nivel moderado de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas Mindfulness - Actividades de disminución de estrés - Buscar apoyo social
Lesly Priscila Arias Mora	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo
Clever Raúl Torres Torres	Nivel moderado de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas Mindfulness - Actividades de disminución de estrés - Buscar apoyo socia
Alexandra Yomaira Cupueran González	Nivel moderado de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas Mindfulness - Actividades de disminución de estrés - Buscar apoyo socia
Carla Estefanía Bedón Issa	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo
Paulina del Carmen Farinango Herrera	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo

Daniel Arturo Viveros Salas	Sin estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Manténgase saludable - Mantenga el equilibrio entre el trabajo y la vida personal
Luis Armando Revelo Orbe	Sin estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Manténgase saludable - Mantenga el equilibrio entre el trabajo y la vida personal
Marta Janeth Vásquez Reina	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo
Karen Natalia Guerrero Grijalva	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo
Alexandra Yomaira Cupueran González	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo
Patricio Javier Villacís Sierra	Sin estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Manténgase saludable - Mantenga el equilibrio entre el trabajo y la vida personal
Alexandra Yomaira Cupueran González	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo
Karen Natalia Guerrero Grijalva	Sin estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Manténgase saludable - Mantenga el equilibrio entre el trabajo y la vida personal
Ana Cecilia Quintana Guerra	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo
Luis Armando Revelo Orbe	Sin estrés	<ul style="list-style-type: none"> - Manténgase saludable - Mantenga el equilibrio entre el trabajo y la vida personal

		- Manténgase saludable
Patricio Javier Villacís Sierra	Sin estrés	- Mantenga el equilibrio entre el trabajo y la vida personal
		- Manténgase saludable
Patricio Javier Villacís Sierra	Sin estrés	- Mantenga el equilibrio entre el trabajo y la vida personal
Paulina del Carmen Farinango Herrera	Nivel moderado de estrés	- Técnicas Mindfulness
		- Actividades de disminución de estrés
		- Buscar apoyo social
Paulina del Carmen Farinango Herrera	Nivel moderado de estrés	- Técnicas Mindfulness
		- Actividades de disminución de estrés
		- Buscar apoyo social
		- Manténgase saludable
Daniel Arturo Viveros Salas	Sin estrés	- Mantenga el equilibrio entre el trabajo y la vida personal
		- Es necesario buscar apoyo profesional
Clever Raúl Torres Torres	Nivel alto de estrés	- Puede ser de gran ayuda la terapia cognitivo-conductual
		- Realizar actividades de cuidado
		- Manténgase saludable
Carla Estefanía Bedón Issa	Sin estrés	- Mantenga el equilibrio entre el trabajo y la vida personal
		- Es necesario buscar apoyo profesional
Alexandra Yomaira Cupueran Gonzales	Nivel alto de estrés	- Puede ser de gran ayuda la terapia cognitivo-conductual
		- Realizar actividades de cuidado
Karen Natalia Guerrero Grijalva	Nivel moderado de estrés	- Técnicas Mindfulness
		- Actividades de disminución de estrés
		- Buscar apoyo social

Marta Janeth Vásquez Reina	Nivel bajo de estrés	<ul style="list-style-type: none">- Prácticas de relajación- Actividad física regular- Gestionar el tiempo
----------------------------	----------------------	--

Fuente: Autoría

4.3.2.1. Análisis de nivel bajo de estrés laboral

Para comenzar con las pruebas se tienen que ubicar los electrodos del sensor ECG como se mencionó en la sección 3.4.1. Posteriormente se conectan los electrodos en la entrada correspondiente del sensor, de la misma forma se sigue la indicación sobre la ubicación del sensor de temperatura, para que de esta forma se puedan obtener los datos necesarios del usuario, como se muestra en la Figura 45.

Figura 45

Ubicación de electrodos y sensores en usuarios



Fuente: Autoría

Una vez que se hayan ubicado los sensores de forma adecuada, se realiza la ejecución de la interfaz gráfica, donde se selecciona el paciente con el que se realizarán las mediciones, tal como

se detalla en la descripción de los bloques del sistema. De este modo, como se demuestra en la Figura 46, se logran obtener las medidas de las variables fisiológicas de estudio.

Figura 46

Obtención de valores de variables fisiológicas

Resultado

Paciente: Karen Natalia Guerrero Grijalva

Cédula: 0401656814

Fecha de nacimiento: Dec. 15, 1990

Temperatura: 37.75

Variación de FC: 0.7379024390243892

Fuente: Autoría

Luego de obtener los valores de las variables como son la temperatura corporal y la HRV, se podrá observar la condición resultante del paciente. En la Figura 47 se tienen como se van a mostrar los resultados donde principalmente se contiene el nivel de estrés laboral, en este caso un nivel bajo, esto en base a los valores obtenidos y el procesamiento del algoritmo de decisión, ya que los valores están en los rangos donde no se presentan muchas variaciones, es decir, una temperatura corporal normal y un ligero aumento en la frecuencia cardíaca.

Figura 47

Nivel bajo de estrés laboral

91	0401656814	Guerrero Grijalva Karen Natalia	Nivel bajo de estrés	- Prácticas de relajación - Actividad física regular - Gestionar el tiempo	Borrar
----	------------	---------------------------------	----------------------	--	--------

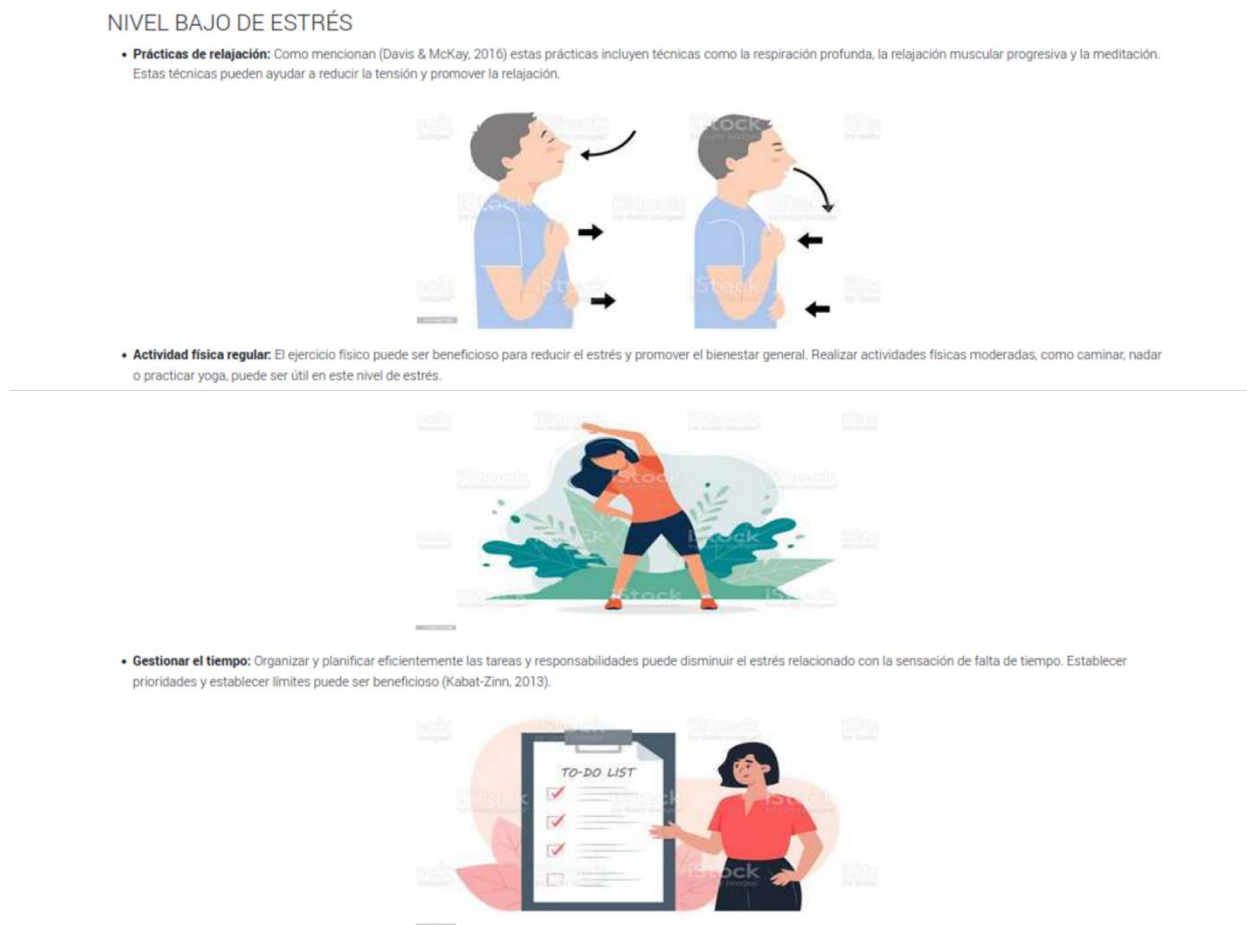
Fuente: Autoría

Asimismo, se presentan las sugerencias generales de técnicas de control para este nivel de estrés que dependerán del nivel de estrés laboral detectado. De este modo, en la sección de

recomendaciones se encontrará la explicación de cómo realizar cada una de las técnicas sugeridas para el nivel bajo de estrés laboral, como se ilustra en la Figura 48.

Figura 48

Técnicas de control sugeridas para el nivel bajo de estrés laboral



Fuente: Autoría

4.3.2.2. Análisis de nivel moderado de estrés laboral

El nivel de estrés moderado se alcanza cuando el paciente presenta algún síntoma generado por los estresores a los que se exponen durante la jornada laboral. Estos síntomas pueden incluir el aumento en la frecuencia cardíaca y una ligera variación en la temperatura corporal. En la Figura 49, se representan algunos de los estresores, como pueden ser la falta de organización, así como la sobrecarga laboral, entre otros.

Figura 49

Estresores que se pueden presentar en la jornada laboral



Fuente: Pxfuel

Al igual que en el caso anterior los componentes de los sensores tendrán que ser ubicados de forma adecuada, como se observa en la Figura 50. para que de esta forma se permitan recopilar los datos necesarios y se muestre en la interfaz.

Figura 50

Ubicación de electrodos y sensores de forma adecuada



Fuente: Autoría

En este caso relacionado con el nivel de estrés laboral moderado, se podrá observar el cambio de los datos de las variables fisiológicas en base a los síntomas, como se mencionó anteriormente. Estas variaciones pueden ser visualizadas en la Figura 51.

Figura 51

Variación de datos en caso de nivel de estrés moderado

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying 'localhost:8000/resultado'. The page has a red navigation bar with links: Inicio, Pacientes, Medidas, Resultados, and Recomendaciones. The main content area is titled 'Resultado' and lists the following patient information:

- Paciente:** Carla Estefanía Bedón Issa
- Cédula:** 1003628821
- Fecha de nacimiento:** Oct. 18, 1996
- Temperatura:** 37.5
- Variación de FC:** 0.5009278350515465

Fuente: Autoría

Una vez que se han conocido los valores de este nivel de estrés, se muestran los resultados en conjunto con las sugerencias de técnicas de control correspondientes a este nivel, como se visualiza en la Figura 52.

Figura 52

Resultado y sugerencia de técnicas de control para el nivel moderado de estrés laboral

The screenshot shows a table with the following data:

92	1003628821	Bedón Issa Carla Estefanía	Nivel moderado de estrés	- Técnicas Mindfulness - Actividades de disminución de estrés - Buscar apoyo social	Borrar
----	------------	----------------------------	--------------------------	---	--------

Fuente: Autoría

Es importante destacar que luego de practicar las técnicas que se muestran en la Figura 53, durante un determinado tiempo, se pudo comprobar mediante una nueva medición, si estas fueron eficaces y ayudaron a controlar o de cierta forma reducir el nivel de estrés laboral experimentado por el paciente.

Figura 53

Técnicas de control sugeridas para el nivel moderado de estrés

NIVEL MODERADO DE ESTRÉS

- **Técnicas Mindfulness:** Practicar mindfulness, que implica prestar atención plena y consciente al momento presente, puede ayudar a reducir el estrés y aumentar la resiliencia emocional. (Segal, Williams & Teasdale, 2018)



- Como se menciona (López, 2023) existen algunos ejercicios sencillos para comenzar con la práctica del Mindfulness, como:
 - **Respiraciones profundas:** la base es prestarle atención a la respiración. Para esto deberá sentarse y colocar una mano sobre el estómago y la otra sobre el corazón, inhalar lentamente sintiendo que se eleva el estómago, aguantar la respiración un momento y exhalar lentamente sintiendo que el estómago descende.
 - **Ejercicios de atención plena:** es necesario analizar las sensaciones físicas o emociones y enfocarse en las positivas, liberando las negativas mediante las respiraciones profundas.
 - **Utilizar la visualización:** para esto se tiene que observar el entorno y elegir una característica agradable de ver, esto permitirá el control mental y un estado de relajación, manejando los pensamientos y emociones.
 - **Conocer el comportamiento del cuerpo:** esto es necesario ya que es común que las emociones se presenten en el cuerpo en forma de sensaciones corporales como tensiones musculares, problemas digestivos, problemas en la piel, entre otros.
- **Actividades de disminución de estrés:** Participar en actividades placenteras y relajantes, como leer, escuchar música, pasar tiempo al aire libre o realizar hobbies, puede ayudar a disminuir el nivel de estrés.



- **Buscar apoyo social:** Buscar el apoyo de amigos, familiares o grupos de apoyo puede proporcionar un sentido de conexión y apoyo emocional, lo que puede reducir el estrés percibido. (Hofmann & otros, 2010)



Fuente: Autoría

4.3.2.3. Análisis de nivel alto de estrés laboral

En este caso, como en los anteriores, se pueden presentar varios estresores que generan un mayor nivel de estrés laboral. Estos estresores pueden manifestarse con mayor intensidad, provocando sentimientos o emociones negativas, como la incapacidad de poder completar las tareas, así como frustración o tensión en el entorno en el que se está desempeñando, entre otros. Estos factores pueden generar alteraciones significativas en las variaciones fisiológicas, como se

ilustra en la Figura 54, como un notable aumento en la frecuencia cardíaca y una mayor variación en la temperatura corporal.

Figura 54

Variación de datos en el caso del nivel alto de estrés laboral



Fuente: Autoría

Con los datos adquiridos para la detección de este nivel, se demuestra que el paciente experimenta un nivel alto de estrés laboral, reflejando estos en la interfaz, así como las sugerencias de las técnicas de control, al igual que en los anteriores casos. Es importante resaltar que la principal técnica de control recomendada es buscar ayuda profesional, ya que las técnicas sugeridas en este sistema son de carácter general, como se observa en la Figura 55, y debido a la gravedad de este caso, se requiere la asistencia de un profesional para abordar de forma adecuada esta situación.

Figura 55*Sugerencias de técnicas de control para el nivel alto de estrés laboral***NIVEL ALTO DE ESTRÉS**

- **Es necesario buscar apoyo profesional:** Buscar la ayuda de profesionales de la salud mental, como psicólogos o terapeutas, puede ser fundamental para abordar el estrés laboral en niveles más altos. Estos profesionales pueden proporcionar herramientas y estrategias específicas para hacer frente al estrés y promover el bienestar emocional.



- **Puede ser de gran ayuda la terapia cognitivo-conductual:** En situaciones de estrés crónico o severo, la terapia cognitivo-conductual (TCC) puede ser efectiva. Esta terapia ayuda a identificar y cambiar los patrones de pensamiento y comportamiento negativos, y proporciona herramientas para manejar el estrés de manera más saludable. (Greenberg, 2017)



- **Realizar actividades de cuidado:** Como mencionan (Cohen, Kamarck & Mermelstein, 2012) es importante dedicar tiempo regularmente a actividades que promuevan el bienestar personal, como cuidar de uno mismo, practicar hobbies, hacer ejercicio y descansar adecuadamente, es esencial en este nivel de estrés.

**SIN ESTRÉS**

- **Manténgase saludable:** Mantener el ejercicio y una alimentación equilibrada, así como los hábitos saludables que generan el bienestar propio.
- **Mantenga el equilibrio entre el trabajo y la vida personal:** Asegurarse de dedicar tiempo a actividades que se disfruten fuera del trabajo, como pasar tiempo con amigos y familiares, practicar hobbies, etc.

Fuente: Autoría

4.3.2.4. Análisis de los casos que no presentan niveles de estrés

En el escenario en el que los pacientes no experimentan niveles de estrés laboral, no se tienen síntomas que generen alteraciones o cambios en las variables fisiológicas. Por lo tanto, los valores de estas variables se mantendrán dentro de los rangos considerados normales, como se observa en la Figura 56. En esta situación, se realizan recomendaciones básicas, que se enfocan en mantener el equilibrio saludable entre la vida profesional y personal.

Figura 56

Datos de los casos donde no se experimentan niveles de estrés laboral

← → ↻ localhost:8000/resultado 80% ☆

Inicio Pacientes Medidas Resultados Recomendaciones

Resultado

Paciente: Lesly Priscila Arias Mora

Cédula: 1004024483

Fecha de nacimiento: May 14, 1997

Temperatura: 36.5

Variación de FC: 0.9100000000000059

Nivel de estrés: Sin estrés

Sugerencia: - Manténgase saludable - Mantenga el equilibrio entre el trabajo y la vida personal

94	1716604168	Villacis Sierra Patricio Javier	Sin estrés	- Manténgase saludable - Mantenga el equilibrio entre el trabajo y la vida personal	Borrar
95	1004024483	Arias Mora Lesly Priscila	Sin estrés	- Manténgase saludable - Mantenga el equilibrio entre el trabajo y la vida personal	Borrar

Fuente: Autoría

4.3.3. *Discusión de resultados*

Con las pruebas desarrolladas se obtienen los resultados presentados en la Tabla 16, mediante estos se puede evidenciar que las personas o empleados experimentan distintos niveles de estrés laboral, los cuales están influenciados por diversos factores, como la carga laboral, la organización de las tareas, entre otros, los cuales pueden provocar alteraciones en las emociones del usuario, lo que se refleja en su desempeño laboral y en su bienestar general.

De este modo, en la Tabla 17, se puede constatar que aproximadamente el 26.53% del grupo de prueba presenta un nivel de estrés moderado. Este nivel suele manifestarse en los días de mayor carga laboral, es decir en el inicio o final de semana como se ha explicado anteriormente, lo cual es considerado normal en ese contexto. Por otro lado, el 42.85% de los resultados corresponden a

un nivel bajo de estrés laboral. La mayoría de estos se dan en los días intermedios de la semana, donde no se presentan tantos factores o estresores que alteren las emociones de los usuarios.

Asimismo, se identifica que un 6.12% de los resultados evidencian niveles altos de estrés. Estos casos se relacionan con los días en los que hay una mayor presencia de estresores y cuando al personal se le solicitan tareas adicionales a las ya planificadas. Finalmente, el 24.5% restante no muestra niveles de estrés significativos. Esto puede atribuirse a que el personal es capaz de gestionar de forma adecuada con las tareas asignadas y mantener un equilibrio saludable entre el ámbito laboral y el personal en los días donde no se tiene presencia de estresores.

Tabla 17

Clasificación de niveles de estrés del grupo según la influencia de los días

	Inicio o final de semana	Días entre semana
Nivel alto de estrés laboral	6.12	-
Nivel moderado de estrés laboral	26.53	-
Nivel bajo de estrés laboral	-	42.85
Sin presencia de estrés laboral	-	24.5

Fuente: Autoría

También es importante destacar que, luego de recopilar los resultados se solicitó al personal que pusiera en práctica algunas de las técnicas de control sugeridas, tal como se observa en la Figura 57, de acuerdo con el nivel de estrés que se le haya detectado, con el objetivo de verificar si estas son eficientes en el control del estrés laboral y consecuentemente en su desempeño laboral.

Figura 57

Desarrollo de técnicas de control sugeridas



Fuente: Autoría

De esta manera, al finalizar el proceso de pruebas también se realizó una encuesta al grupo del personal para evaluar el nivel de satisfacción y si el sistema de monitoreo del estrés laboral fue de su ayuda y aportó en su rendimiento laboral. Teniendo así que la mayoría del personal, 9 de los 11 usuarios, sí identificaron una mejora en su rendimiento luego de haber practicado las técnicas sugeridas, mientras que parte del personal, 2 de los 11 sujetos de prueba, como se presenta en la Tabla 18, no han podido apreciar que el sistema aporte en su rendimiento.

Tabla 18*Resultados de la encuesta de evaluación*

Resultados en el rendimiento laboral de los usuarios		
	Si	No
¿Ha experimentado una mayor eficiencia y productividad en su trabajo desde que se ha utilizado el prototipo?	9	2
¿Siente un mejor ánimo para cumplir con sus tareas laborales después de realizar las técnicas recomendadas?	9	2
¿Recomendaría el uso del prototipo a otros profesionales que puedan estar experimentando niveles de estrés laboral?	10	1

Fuente: Autoría

Por lo tanto, con los resultados obtenidos se puede observar que el sistema cumple eficientemente con sus funciones, ya que, al tener distintos contextos con cada usuario, se puede realizar de forma adecuada la predicción de los niveles de estrés laboral y consecuentemente la sugerencia de las técnicas de control que permitirán reducir el nivel de estrés mejorando así la condición del personal, contribuyendo en su bienestar y en el desempeño de sus funciones laborales.

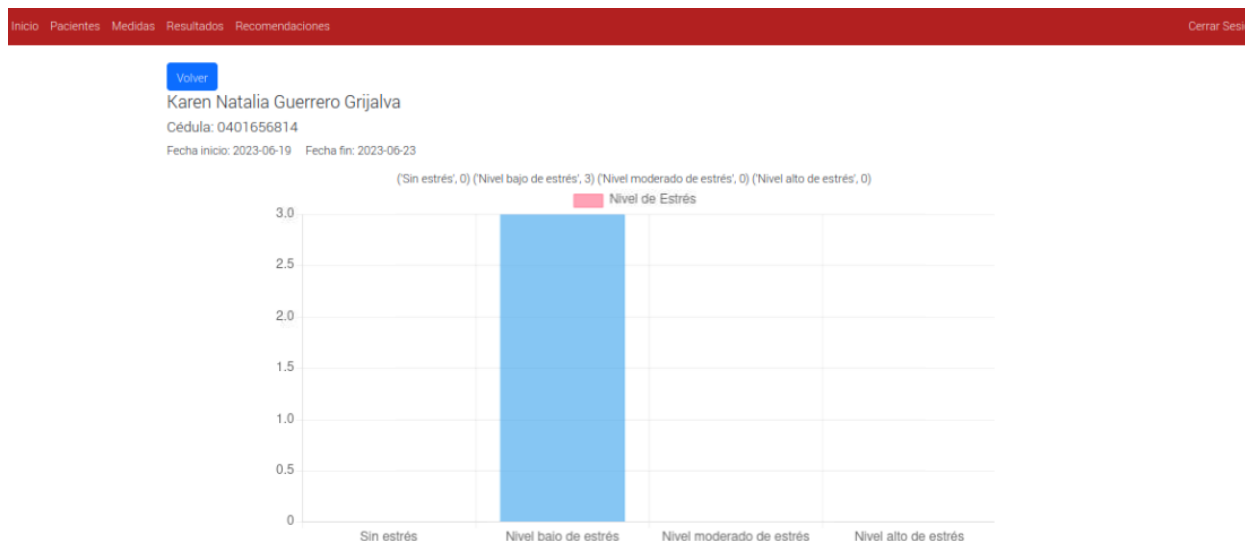
Del mismo modo, para realizar el análisis del rendimiento laboral se puede observar de forma gráfica el monitoreo de los niveles de estrés laboral y realizar una comparación de estos en ciertos periodos, esta acción se puede realizar para cada paciente. Donde se tendrán que elegir las fechas de inicio y fin, como se muestra en la Figura 58, en las que se quiere realizar este análisis.

Figura 58*Selección de rango de fechas*

The screenshot shows a web interface with a red header bar containing navigation links: Inicio, Pacientes, Medidas, Resultados, Recomendaciones, and Cerrar Sesión. The main content area displays the patient's name, Karen Natalia Guerrero Grijalva, and her ID number, Cédula: 0401656814. Below this, there is a section titled 'Seleccionar rango de fechas' with two input fields for 'Fecha de inicio' and 'Fecha de fin', both with a placeholder 'dd / mm / yyyy', and a 'Cargar gráfica' button.

Fuente: Autoría

Una vez que se ha elegido el rango de fechas se podrán observar los niveles de estrés obtenidos en ese periodo, por lo que, de esta forma, en el ejemplo de la Figura 59, se tienen los resultados de los niveles de estrés obtenidos en la semana del 19 al 23 de junio.

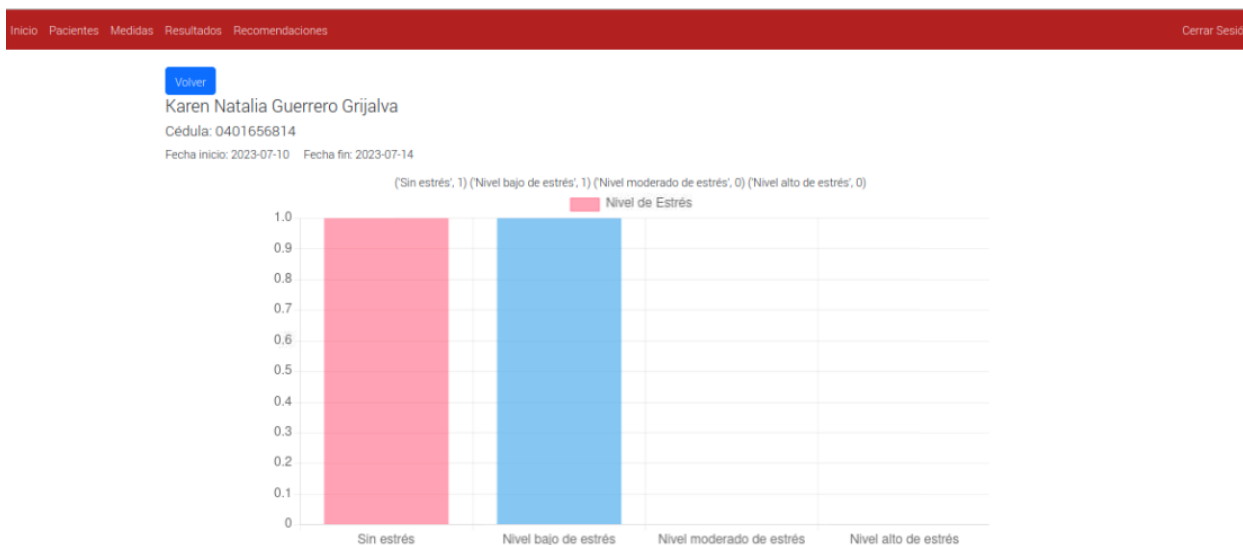
Figura 59*Resultados de los niveles de estrés en el mes de junio*

Fuente: Autoría

Posteriormente se realiza esta acción en un periodo distinto, para que así se pueda realizar la debida comparación y evaluar el avance del rendimiento laboral en base a estos parámetros. Teniendo así que se obtiene el monitoreo en la semana del 10 al 14 de julio, como se indica en la Figura 60.

Figura 60

Resultados de los niveles de estrés en el mes de julio



Fuente: Autoría

Finalmente, se puede realizar el análisis comparativo entre estos dos periodos, teniendo que al inicio de las pruebas se obtuvieron 3 resultados, que reflejaban que en las 3 situaciones se presentó un nivel bajo de estrés y luego de cierto tiempo y habiendo realizado las técnicas de control sugeridas, estos niveles de estrés han presentado una cierta reducción o control ya que en las 2 mediciones realizadas en este nuevo periodo, se obtiene en una un nivel bajo de estrés, mientras que en la otra medición no se presenta estrés. Esto permite comprobar que se ha tenido un avance o una mejoría en el rendimiento laboral del usuario, ya que esto produce el bienestar general y por ende la reducción del estrés laboral.

De esta forma, este análisis se puede realizar para cada usuario, permitiendo observar el monitoreo del estrés laboral y en base a este el avance del rendimiento laboral. Por lo que a continuación se muestran las gráficas de los avances del rendimiento de cada usuario, en base a los niveles de estrés detectados en distintos periodos.

- Análisis de Alexandra Yomaira Cupuerán González en la semana del 19 al 23 de junio

Figura 61

Resultado de los niveles de estrés en la semana del 19 al 23 de junio de Alexandra Cupuerán

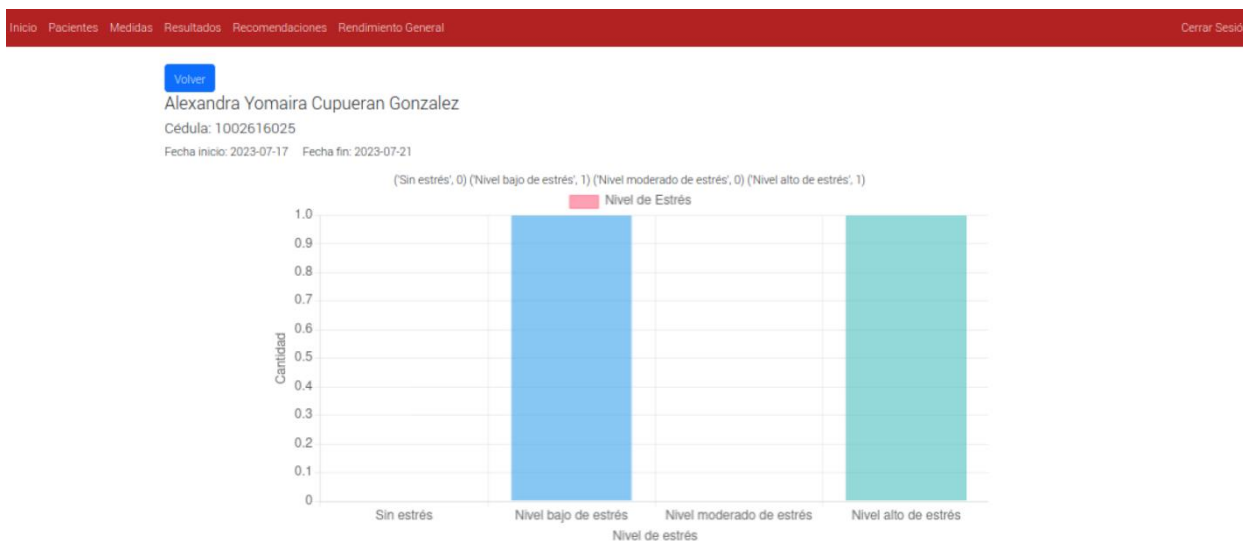


Fuente: Autoría

- Análisis de Alexandra Yomaira Cupuerán González en la semana del 17 al 21 de julio

Figura 62

Resultado de los niveles de estrés en la semana del 17 al 21 de julio de Alexandra Cupuerán



Fuente: Autoría

- Análisis de Patricio Javier Villacís Sierra en la semana del 19 al 23 de junio

Figura 63

Resultado de los niveles de estrés en la semana del 19 al 23 de junio de Patricio Villacís



Fuente: Autoría

- Análisis de Patricio Javier Villacís Sierra en la semana del 17 al 21 de julio

Figura 64

Resultado de los niveles de estrés en la semana del 17 al 21 de julio de Patricio Villacís



Fuente: Autoría

- Análisis de Patri Marta Janeth Vásquez Reina en la semana del 19 al 23 de junio

Figura 65

Resultado de los niveles de estrés en la semana del 19 al 23 de junio de Marta Vásquez



Fuente: Autoría

- Análisis de Patri Marta Janeth Vásquez Reina en la semana del 17 al 21 de junio

Figura 66

Resultado de los niveles de estrés en la semana del 17 al 21 de julio de Marta Vásquez



Fuente: Autoría

- Análisis de Lesly Priscila Arias Mora en la semana del 19 al 23 de junio

Figura 67

Resultado de los niveles de estrés en la semana del 19 al 23 de junio de Lesly Arias



Fuente: Autoría

- Análisis de Lesly Priscila Arias Mora en la semana del 17 al 21 de julio

Figura 68

Resultado de los niveles de estrés en la semana del 17 al 21 de julio de Lesly Arias



Fuente: Autoría

- Análisis de Carla Estefanía Bedón Issa en la semana del 19 al 23 de junio

Figura 69

Resultado de los niveles de estrés en la semana del 19 al 23 de junio de Estefanía Bedón



Fuente: Autoría

- Análisis de Carla Estefanía Bedón Issa en la semana del 17 al 21 de junio

Figura 70

Resultado de los niveles de estrés en la semana del 17 al 21 de julio de Estefanía Bedón



Fuente: Autoría

- Análisis de Clever Raúl Torres Torres en la semana del 19 al 23 de junio

Figura 71

Resultado de los niveles de estrés en la semana del 19 al 23 de junio de Raúl Torres



Fuente: Autoría

- Análisis de Clever Raúl Torres Torres en la semana del 17 al 21 de julio

Figura 72

Resultado de los niveles de estrés en la semana del 17 al 21 de julio de Raúl Torres



Fuente: Autoría

- Análisis de Daniel Arturo Viveros Salas en la semana del 10 al 14 de julio

Figura 73

Resultado de los niveles de estrés en la semana del 10 al 14 de julio de Daniel Viveros



Fuente: Autoría

- Análisis de Daniel Arturo Viveros Salas en la semana del 17 al 21 de julio

Figura 74

Resultado de los niveles de estrés en la semana del 17 al 21 de julio de Daniel Viveros



Fuente: Autoría

- Análisis de Paulina del Carmen Farinango Herrera en la semana del 10 al 14 de julio

Figura 75

Resultado de los niveles de estrés en la semana del 10 al 14 de julio de Paulina Farinango



Fuente: Autoría

- Análisis de Paulina del Carmen Farinango Herrera en la semana del 17 al 21 de julio

Figura 76

Resultado de los niveles de estrés en la semana del 17 al 21 de julio de Paulina Farinango



Fuente: Autoría

- Análisis de Luis Armando Revelo Orbe en la semana del 10 al 14 de julio

Figura 77

Resultado de los niveles de estrés en la semana del 10 al 14 de julio de Luis Revelo



Fuente: Autoría

- Análisis de Luis Armando Revelo Orbe en la semana del 17 al 21 de julio

Figura 78

Resultado de los niveles de estrés en la semana del 17 al 21 de julio de Luis Revelo



Fuente: Autoría

- Análisis de Ana Cecilia Quintana Guerra en la semana del 10 al 14 de julio

Figura 79

Resultado de los niveles de estrés en la semana del 10 al 14 de julio de Ana Quintana



Fuente: Autoría

- Análisis de Ana Cecilia Quintana Guerra en la semana del 17 al 21 de julio

Figura 80

Resultado de los niveles de estrés en la semana del 17 al 21 de julio de Ana Quintana

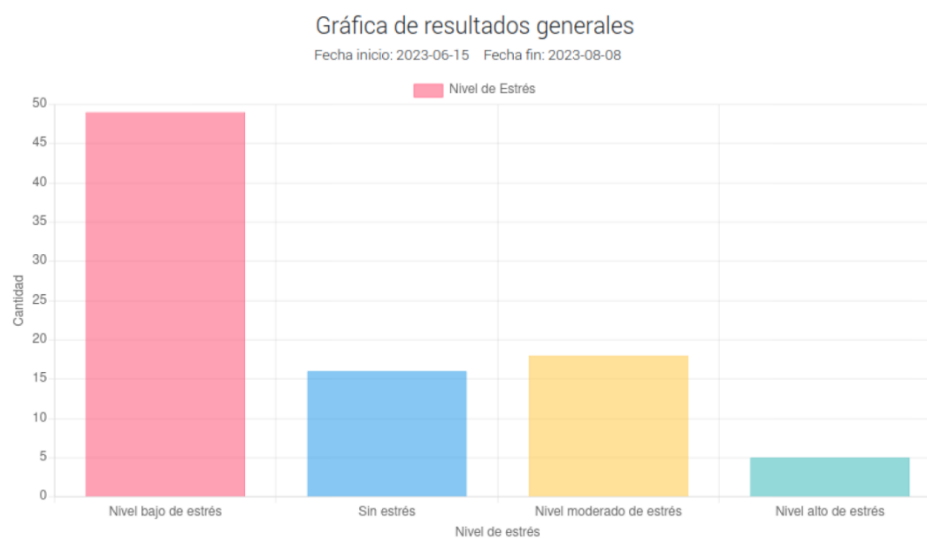


Fuente: Autoría

De la misma forma se puede realizar un análisis general de todo el grupo en el que se han realizado las pruebas mostrando así que la mayoría de los resultados que se han obtenido han sido niveles bajos de estrés, como se muestra en la Figura 81, estos como resultado de las prácticas de las técnicas de control sugeridas, demostrando así la efectividad del sistema.

Figura 81

Resultado de los niveles de estrés del grupo de estudio en todo el periodo de pruebas



Fuente: Autoría

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se desarrolló exitosamente el sistema para el monitoreo del estrés laboral que fue aplicado en profesionales del área administrativa de la facultad FECYT de la Universidad Técnica del Norte, en el que se integran sensores que permiten obtener señales fisiológicas, sistemas embebidos como Arduino UNO para el procesamiento, junto con Raspberry para el almacenamiento y entrenamiento del algoritmo de clasificación, logrando que de esta forma se realice la predicción de forma precisa de los niveles de estrés en los usuarios.

Se realizó el estudio para analizar las relaciones que existen entre las alteraciones de las variables fisiológicas, tales como la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca y la variabilidad de la frecuencia cardíaca, en el contexto laboral. Identificando que algunas alteraciones están relacionadas con diversos estresores, como las altas exigencias, la falta de organización o planificación, entre otros factores. Lo que permite observar como el estrés laboral puede afectar en el bienestar de los trabajadores.

Se lograron implementar los mecanismos o procesos necesarios para la detección del estrés laboral, como la definición de la arquitectura en base a los requerimientos establecidos, entre ellos también el diseño del sistema según los parámetros de estudio. Para esto se siguió la metodología del modelo en “V”, lo que permite que un enfoque estructurado en el desarrollo.

Se consiguió desarrollar una interfaz gráfica que permita mostrar los datos y resultados del usuario, como la información de registro, el nivel de estrés laboral, así como las recomendaciones que ayuden a mejorar su condición. Esto se pudo realizar mediante el uso de las tecnologías y lenguajes de código abierto como Arduino y Django el cual está basado en Python.

Se llevaron a cabo las pruebas de los bloques del sistema de forma individual, lo que fue de utilidad para verificar que el diseño cumple con su función en cada etapa y que se realizó la integración de estas de forma adecuada para obtener el dispositivo final totalmente funcional, consiguiendo predecir los niveles de estrés de forma acertada en diferentes escenarios.

Recomendaciones

Es importante utilizar fuentes bibliográficas oficiales y confiables, como artículos o revistas científicas que ayuden a resolver las interrogantes y permitan realizar de forma adecuada la investigación y proporcionar una fundamentación teórica fiable que respalde el desarrollo del sistema de manera adecuada.

Se recomienda contar con el apoyo de un experto en el tema de salud ocupacional, para que de esta forma se puedan comprender los parámetros y variables de estudio que se deberán medir, esto es fundamental para que se pueda diseñar el sistema de una forma óptima. La colaboración de un experto en el tema también es una guía en cuanto a los temas del estrés y las técnicas que permitan controlar esta patología.

Al trabajar con este tipo de señales es fundamental implementar filtros activos, que pueden ser digitales y analógicos, ya que estos desempeñan un papel crucial al acondicionar la señal garantizando que esta sea más estable al eliminar o reducir significativamente cualquier tipo de ruido. Esto es esencial para que no existan problemas en el procesamiento de los datos y en los procesos consecuentes.

Es recomendable asegurarse que los softwares que se van a utilizar para el desarrollo del sistema sean compatibles tanto en sus versiones, así como con el sistema operativo, esto es de mucha importancia ya que mediante estos se establecerán la comunicación y envío de datos entre ellos para así poder mostrar los resultados de forma gráfica tanto para el administrador del sistema, así como para los usuarios.

Al trabajar con algoritmos de inteligencia artificial o Machine Learning, es necesario investigar y familiarizarse con las herramientas y librerías necesarias, esto permitirá tener el conocimiento básico que permita implementar el aprendizaje de máquina en el sistema y trabajar con las

variables de estudio que se han definido, esto es importante también para conocer sobre las técnicas relevantes en este campo para obtener resultados más precisos y efectivos.

Se recomienda contar con una alimentación adecuada para el sistema, donde no se presenten anomalías que puedan afectar a la toma de señales que se realiza en tiempo real, para esto la opción más recomendada es la alimentación mediante USB para ambas placas, lo que facilita también el establecimiento de la comunicación serial entre ellas y minimiza la pérdida de datos. De esta forma se puede asegurar un suministro de energía confiable para un funcionamiento óptimo del sistema.

Para trabajos futuros, es recomendable ampliar los factores de medición, ya que existe una variedad de cambios fisiológicos asociadas al estrés laboral, esto permitirá un análisis más completo de la relación que existe entre el estrés laboral con las alteraciones de las variables fisiológicas.

REFERENCIAS

- Al-Momani, A., Kargl, F., Schmidt, R., Kung, A., & Bösch, C. (2019). *A Privacy-Aware V-Model for Software Development*. In 2019 IEEE Security and Privacy Workshops (SPW). IEEE. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8844605>
- American Psychological Association. (2014). *Stress in America*. American Psychological Association. Obtenido de <http://www.apa.org/news/press/releases/stress/2014/stress-report.pdf>
- Angulo Rincón, R., Bayona Quiñonez, J., & Marnelly, E. D. (2014). *Estrés laboral en el sector de servicios*. Universidad Pontificia Bolivariana. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5983202>
- Angulo, R., Bayona, J., & Esparza, M. (s.f.). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5983202>
- Arana, C. (2021). *Modelos de aprendizaje automático mediante árboles de decisión*. ECONSTOR. Serie Documentos de Trabajo. Obtenido de <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/238403/1/778.pdf>
- Areny, R. (2004). *Sensores y acondicionadores de señal*. Marcombo. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Eevyk28_fVkC&oi=fnd&pg=PR11&dq=sensores+digitales&ots=JYIM02Dvad&sig=hb_o1G33o0RvCc5Tl6vIHPY-6po#v=onepage&q=sensores%20digitales&f=false
- Azofeifa, C., Solano, L., Salas, J., & Héctor, F. (2016). *COMPARACIÓN ENTRE LOS PREDICTORES DEL ESTRÉS LABORAL SEGÚN EL NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA, EDAD, GÉNERO Y ANTIGÜEDAD LABORAL EN UN GRUPO DE FUNCIONARIOS*

- ADMINISTRATIVOS DEL SECTOR PÚBLICO COSTARRICENSE*. MHSalud. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/2370/237045946003/html/>
- Berntson, G. (2018). *Stress Effects: Nervous System*. American Psychological Association. Obtenido de <https://www.apa.org/topics/stress/body#menu>
- Bobade, P., & M., V. (2020). *Stress Detection with Machine Learning and Deep Learning using Multimodal Physiological Data*. 2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA). Obtenido de doi: 10.1109/ICIRCA48905.2020.9183244.
- Bupa. (2020). *Estrés relacionado con el trabajo*. Bupa. Obtenido de <https://www.bupasalud.com.ec/salud/mental/Estres-relacionado-trabajo>
- Camargo, C. (2011). *Transferencia tecnológica y de conocimientos en el diseño de sistemas embebidos*. Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/8966>
- Camargo, C., Cortés, J., & Jiménez, A. (2012). *Implementación de sistemas digitales complejos utilizando sistemas embebidos*. Ingenium Revista De La Facultad De Ingeniería. Obtenido de <http://revistas.usbbog.edu.co/index.php/Ingenium/article/view/1302>
- Caravaca, F., Pastor, E., Barrera, E., & José, S. (2021). *Burnout, apoyo social, ansiedad y satisfacción laboral en profesionales del Trabajo Social*. INTERDISCIPLINARIA, REVISTA DE PSICOLOGÍA Y CIENCIAS AFINES. Obtenido de <https://doi.org/10.16888/interd.2022.39.1.11>
- Chanchi, G., Ospina, M., & Pérez, J. (2020). *Sistema IoT para la monitorización de la variabilidad del ritmo cardíaco en pruebas de usabilidad*. Revista Espacios. Obtenido de <https://www.revistaespacios.com/a20v41n25/a20v41n25p07.pdf>

- Corredor, Ó., Pedraza, L., & Hernández, C. (2009). *Diseño e implementación de filtros digitales*.
Visión electrónica. Obtenido de
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/visele/article/view/691/5411>
- Delgado, S., Calvanapón, F., & Cárdenas, K. (2020). *El estrés y desempeño laboral de los colaboradores de una red de salud*. Revista Eugenio Espejo. Obtenido de
http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2661-67422020000200011#:~:text=El%20estrés%20tiene%20la%20potencialidad,de%20su%20equipo%20de%20trabajo.
- Delgado, S., Calvanapón, F., & Cárdenas, K. (2020). *Stress and work performance of a health network staff*. Revista Eugenio Espejo.
- Díaz, D. (2011). *Estrés laboral y sus factores de riesgo psicosocial*. Revista CES Salud Pública. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3677229>
- Díaz, F. (2002). *Acondicionamiento de señal*. Universidad de Valencia. Obtenido de <http://informatica.uv.es/iiguia/INS/material/inst02.pdf>
- Díaz, L. (2011). *Estrés laboral y sus factores de riesgo psicosocial*. Revista CES Salud Pública. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3677229>
- Expreso. (2012). *Actualidad*. Expreso. Obtenido de http://www.expreso.ec/actualidad/en-ecuador-el-10-de-la-poblacion-tiene-estr-FEGR_3645226
- FormaTalent. (2022). *¿Cómo prevenir el estrés laboral?* FORMATALENT Business School. Obtenido de <https://formatalent.com/como-prevenir-el-estres-laboral/>
- Fowler, K. (2015). *Introduction to Good Development*. Developing and Managing Embedded Systems and Products. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-405879-8.00001-5>
- Galeano, G. (2009). *Programación de sistemas embebidos en C*. Alpha.

Gálvez, D., Martínez, A., & Martínez, F. (2017). *Estrés*. Universidad Autónoma Metropolitana.

Obtenido de <http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/revista/97/pdfs/estres.pdf>

García, P. (2019). *Sistemas embebidos de tiempo real con aplicaciones en bioingeniería*.

Universidad Nacional de la Plata. Obtenido de

[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/74734/Documento_completo.pdf-](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/74734/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/74734/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

García, S., Garzón, L., & Camargo, L. (2011). *Revisión de dispositivos electrónicos para la determinación de estrés a partir de variables fisiológicas*. Visión electrónica. Obtenido

de <https://doi.org/10.14483/22484728.3521>

Gilboa, S., Shirom, A., Fired, Y., & Cooper, C. (2008). *A meta-analysis of work demand stressors and job performance: examining main and moderating effects*. Personnel

Psychology. Obtenido de <https://eprints.lancs.ac.uk/id/eprint/45119/1/10.pdf>

Gómez, M. (2017). *Procesamiento de señales*. CONACYT. Obtenido de

<http://ccc.inaoep.mx/~pgomez/cursos/pds/slides/S9-Filtros.pdf>

Graessler, I., & Hentze, J. (2020). *The new V-Model of VDI 2206 and its validation*. at - Automatisierungstechnik. Obtenido de

<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/auto-2020-0015/html>

Griffiths, A., Leka, S., & Cox, T. (2004). *La organización del trabajo y el estrés : estrategias sistemáticas de solución de problemas para empleadores, personal directivo y*

representantes sindicales. Organización Mundial de la Salud. Obtenido de

<https://apps.who.int/iris/handle/10665/42756>

Grijalva, M., Castro, J., & Guamán, M. (2019). *Desempeño laboral como vector ocupacional*.

Revista mktDescubre - ESPOCH FADE. Obtenido de

http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/13750/1/mkt_n14_03.pdf

Hernández del Rey, R., Baranera, M., & Armario, P. (2002). *Estrés, enfermedad cardiovascular e hipertension arterial*. Medicina clínica. Obtenido de [https://doi.org/10.1016/S0025-](https://doi.org/10.1016/S0025-7753(02)73301-0)

[7753\(02\)73301-0](https://doi.org/10.1016/S0025-7753(02)73301-0)

Herrera, C., & Varona, M. (2016). *Relación entre estrés laboral y presencia de enfermedad cardiovascular en la población médica y paramédica*. Universidad del Rosario. Obtenido de

[https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/14177/Cindy%20Catalina%20](https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/14177/Cindy%20Catalina%20Herrera%20Romero1.pdf?sequence=1#:~:text=Diversos%20trabajos%20han%20demostrado%20que,miocardio%20como%20una%20de%20ellas.)

[Herrera%20Romero1.pdf?sequence=1#:~:text=Diversos%20trabajos%20han%20demostrado%20que,miocardio%20como%20una%20de%20ellas.](https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/14177/Cindy%20Catalina%20Herrera%20Romero1.pdf?sequence=1#:~:text=Diversos%20trabajos%20han%20demostrado%20que,miocardio%20como%20una%20de%20ellas.)

Instituto Nacional de Estadística. (2018). *Estrés y satisfacción laboral*. INE. Instituto Nacional de Estadística. Obtenido de

<https://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t15/p419/a2006/p02/&file=02018.px#!tabs-grafico>

La Hora. (2022). *Estrés laboral deja pérdidas de &1.6 millones al día en Ecuador*. La Hora.

Obtenido de <https://www.lahora.com.ec/pais/salud-mental-agotamiento-estres-laboral-costo-economia/>

Laskowski, E. (2020). *¿Cuál es la frecuencia cardíaca normal en reposo?* Mayo Clinic.

Obtenido de <https://www.mayoclinic.org/es-es/healthy-lifestyle/fitness/expert-answers/heart-rate/faq->

- Navinés, R., Martín-Santos, R., Olivé, V., & Valdés, M. (2016). *Estrés laboral: implicaciones para la salud física y mental*. Medicina Clínica. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025775315006491>
- Nogareda, S. (s.f.). *Fisiología del estrés*. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp_355.pdf/d0c209e9-026e-4d85-8faf-5a9fcea97276
- Organización Internacional del Trabajo. (2016). *Estrés en el trabajo*. Organización Internacional del Trabajo. Obtenido de <https://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/2016/490658.pdf>
- Osorio, J., & Cárdenas, L. (2017). *Estrés laboral: estudio de revisión*. Universidad de San Buenaventura. Obtenido de <https://doi.org/10.15332/s1794-9998.2017.0001.06>
- Patlán, J. (2019). *¿Qué es el estrés laboral y cómo medirlo?* Revista Salud Uninorte. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/817/81762945010/html/>
- Paucar, J. (2022). *Estrés laboral y su relación con el desempeño de los trabajadores*. Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34785/1/PAUCAR%20GRANDA%20JOSELYN%20GISSELA%20-%20repositorio.pdf>
- Pérez, D. (2009). *Sistemas embebidos y sistemas operativos embebidos*. Lecturas en ciencias de la computación. Universidad Central de Venezuela. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/39032903/Info_Sistemas_Embebidos-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1665856238&Signature=OHaaW~iC1oY1QQwpYuCOdzi8ygCzReeOZialjqy2WyMzHjPe-Rax-

K4B1dfohDbYiDuzEIHGEbz6EKsN6wCvuG4GXP6PDIWGV6ZD-
rR1oZ0XDqzDXlq-p0w1O2d3nNqN--8

- Picón, Y., Orozco, J., Molina, J., & Franky, M. (2020). *Control central de la temperatura corporal y sus alteraciones: fiebre, hipertermia e hipotermia*. MedUNAB. Obtenido de <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/04/1087985/3714.pdf>
- Pillou, J.-F. (2013). *Frecuencia respiratoria - Definición*. CCM Salud. Obtenido de <https://salud.ccm.net/faq/12938-frecuencia-respiratoria-definicion>
- Psicología y trabajo social. (2021). *Tipos de estrés, síntomas y factores de riesgo*. Escuela de Postgrado de Medicina y Sanidad. Obtenido de <https://postgradomedicina.com/tipos-estres-efectos-riesgos/>
- Quiroz, A., Acosta, G., & Torres, R. (2021). *Diseño de un sistema internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de la presión arterial*. Revista EIA. Obtenido de <https://doi.org/10.24050/reia.v18i35.1474>
- Ramos, V., & Jordão, F. (2015). *La relación entre el estrés laboral, las fuentes que le dan origen y las estrategias de coping en el sector público y el privado*. Journal of Work and Organizational Psychology, Universidade do Porto. Obtenido de <https://scielo.isciii.es/pdf/rpto/v31n1/v31n1a02.pdf>
- Ramos, V., Pantoja, O., Tejera, E., & Gonzales, M. (2019). *Estudio del estrés laboral y los mecanismos de afrontamiento en instituciones públicas ecuatorianas*. Revista Espacios. Obtenido de <http://www.revistaespacios.com/a19v40n07/a19v40n07p08.pdf>
- Reyes, E. (2019). *Tipos de sensores*. Con-Ciencia Serrana Boletín Científico de la Escuela Preparatoria Ixtlahuaco. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ixtlahuaco/article/view/4405/6154>

- Rivero, C. (2022). *Sistema Cardiovascular*. ATLAS de ANATOMÍA. Obtenido de <https://atlasdeanatomia.com/sistemas-del-cuerpo-humano/sistema-cardiovascular/>
- Rivero, C. (2022). *Sistema endócrino*. ATLAS de ANATOMÍA. Obtenido de <https://atlasdeanatomia.com/sistemas-del-cuerpo-humano/sistema-endocrino/>
- Rivero, C. (2022). *Sistema respiratorio*. ATLAS de ANATOMÍA. Obtenido de <https://atlasdeanatomia.com/sistemas-del-cuerpo-humano/sistema-respiratorio/>
- Robinson, J. (2017). *The Effects of Stress*. Obtenido de <https://www.webmd.com/balance/stress-management/effects-of-stress-on-your-body>
- Rojas, J., Flores, G., & Cuaya, I. (2020). *Principales aspectos metodológicos en el estudio del estrés laboral en personal universitario: Una revisión sistemática*. Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria. Obtenido de <https://doi.org/10.19083/ridu.2021.1248>
- Roncancio, F., & Sánchez, J. (2020). *Prototipo funcional de medición de variables fisiológicas corporales indicadoras de estrés*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25547/1/T.%20Grado.pdf>
- Ruipérez, D. (2016). *Un gadget para medir tu grado de estrés*. Diario Enfermero. Obtenido de <https://diarioenfermero.es/un-gadget-para-medir-tu-grado-de-estres/#:~:text=iRelax%20es%20un%20pequeño%20gadget,entrenarse%20para%20control%20el%20estrés>.
- Saa, D. (2018). *Desarrollo de un sistema de medición de la variabilidad del ritmo cardíaco utilizando técnicas de fotopletimografía para el monitoreo y control del estrés*. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/14086>

- Sancho, F. (2020). *Aprendizaje supervisado y no supervisado*. Dpto. de Ciencias de la computación e Inteligencia Artificial. Obtenido de <http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=77>
- Sandoval, L. (2018). *Algoritmos de aprendizaje automático para análisis y predicción de datos*. ITCA-FEPADE. Revista Tecnológica. Obtenido de http://redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/3626/1/Art6_RT2018.pdf
- Sangiacomo, I. (2021). *Prototipo de sistema de biofeedback para la evaluación del nivel de estrés durante una sesión de simulación de conducción*. Universidad Tecnológica del Peru. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/4909>
- Serrano, M., Moya, L., & Salvador, A. (2009). *Estrés laboral y salud: Indicadores cardiovasculares y endócrinos*. Universidad de Murcia. Obtenido de <https://revistas.um.es/analesps/article/view/71611/69091>
- Shaw, W., Labott-Smith, S., Burg, M., Hostinar, C., Nicholas, A., van Tilburg, M., . . . Spirito, M. (2018). *Stress effects on the body*. American Psychological Association. Obtenido de <https://www.apa.org/topics/stress/body#menu>
- Silva, J., & Morejón, Y. (2019). *Sistemas Embebidos: Una alternativa para la automatización de la agroindustria cubana*. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Obtenido de http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v28n3/es_2071-0054-rcta-28-03-e08.pdf
- Tutillo, S. (2021). *Sistema biofeedback de sensores de detección de estrés mediante algoritmos de aprendizaje de máquinas en estudiantes universitarios*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11679/2/04%20RED%20272%20TRA%20BAJO%20GRADO.pdf>

- Úbeda, B. (2009). *Sistemas embebidos*. Universidad de Murcia. Obtenido de <https://www.um.es/documents/4874468/19345367/ssee-t01.pdf/4ea71f56-2950-4c3f-acbe-e7699e490f4e>
- Valencia, L. (2021). *Sistemas Embebidos eb IoT*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente. Obtenido de <https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/7429/SistemasEmbebidosEnIoT03062021.pdf?sequence=1>
- Valencia, M., & Londoño, A. (2022). *Introducción a la adquisición y acondicionamiento de señales*. Instituto Tecnológico Metropolitano-ITM. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=KI5dEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=4.+Acondicionamiento+de+Señal&ots=DWIAAtGtVE-&sig=S7qQ-4-vhGG0WPGg3XkEYIqcfhY#v=onepage&q=4.%20Acondicionamiento%20de%20Señal&f=false>
- Valenzuela, C. (2020). *Sensores analógicos y digitales*. Tecnológico Nacional de México. Obtenido de <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-de-boca-del-rio/instrumentacion-y-control/sensores-analogicos-y-digitales/7951931>
- Velázquez, J., González, S., & Maldonado, G. (2008). *Síndrome de burnout y estrés laboral: Una revisión*. Medicina familiar. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/medfam/amf-2008/amf082i.pdf>
- Yallico, Á. (2015). *Sistema de acondicionamiento de señales digitales para la ampliación del rango de alcance de radio control de aeronaves no tripuladas en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana*. Universidad Técnica de

Ambato. Obtenido de

https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/13073/1/Tesis_t1051ec.pdf

Zuñiga, E. (2019). *El estrés laboral y su influencia en el desempeño de los trabajadores*. Gestión

en el Tercer Milenio. Obtenido de

[https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/administrativas/article/view/17317/](https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/administrativas/article/view/17317/14574)

14574

ANEXOS

Anexo 1: Entrevista realizada para determinar requerimientos para el diseño del sistema

El objetivo principal de esta entrevista es obtener la información relevante que permita plantear algunos de los requerimientos para el diseño del sistema. Por lo que, se realizaron preguntas objetivas dirigidas a un experto o profesional en esta área. La entrevista se desarrolló de forma conversacional y se abordaron las siguientes preguntas:

- ¿Considera que la tecnología puede ayudar en el control de enfermedades que pueden afectar a las personas en el ámbito laboral, como el estrés laboral?

Con el avance que se ha presentado hasta la actualidad la tecnología ahora cumple un papel fundamental en el ámbito de la salud ya que puede ser un gran apoyo en varios puntos, uno de ellos es el diagnóstico de diversas enfermedades, donde se incluyen las que están relacionadas con la salud ocupacional. Gracias a este avance, es más fácil poder llevar un seguimiento o control de estas enfermedades, lo que resulta de mucha importancia para mejorar la calidad de vida de los pacientes y evitar cualquier tipo de complicación futura.

- ¿Considera que el uso de elementos electrónicos es adecuado para la obtención de variables fisiológicas y así ayudar en el diagnóstico de algunas patologías?

El uso de elementos electrónicos o de dispositivos wearables en sí, ha facilitado considerablemente la medición de diversas variables fisiológicas, como los smartwatches que te permiten conocer tu frecuencia cardíaca, las calorías quemadas entre otros factores. La incorporación de este tipo de elementos o en si como sensores, permiten obtener mediciones más precisas, lo que puede mejorar notablemente la capacidad del diagnóstico del paciente, ya que se tiene una mayor exactitud en la obtención de estos datos médicos.

- ¿Cree que los nuevos dispositivos deben ser capaces de llevar un registro y validar si la información, tanto del paciente, así como de las mediciones obtenidas, es correcta?

La inclusión de la opción de registro de pacientes es crucial en este tipo de sistemas o dispositivos. Garantizar la veracidad y precisión de esta información es fundamental, ya que permite llevar a cabo un seguimiento adecuado de cada paciente. Un registro preciso y completo proporciona una base sólida para la evaluación del progreso del paciente a lo largo del tiempo, facilitando así una atención personalizada y eficiente.

- Existen sistemas para la medición y predicción del estrés, los cuales generalmente cuentan con etapas como alimentación, adquisición de datos, procesamiento y toma de decisiones mediante algoritmos de Machine Learning, ¿Cree usted que cada etapa se debe llevar con precisión para que no exista un amplio margen de error?

Sí evidentemente, cada etapa en los sistemas de medición y predicción del estrés debe realizarse con precisión para minimizar el margen de error. Desde la alimentación de datos hasta la toma de decisiones mediante algoritmos de Machine Learning, cada paso es crucial para obtener resultados confiables y precisos en la medición y predicción del estrés. Un enfoque preciso y cuidadoso en cada etapa es fundamental para asegurar la eficacia y confiabilidad del sistema.

- ¿Cree necesario el uso de aplicaciones o interfaces gráficas para conocer la condición del paciente y que en base a esta se pueda tener una retroalimentación?

Es de mucha importancia utilizar aplicaciones en la actualidad, estas tienen que ser intuitivas y comprensibles tanto para los profesionales de la salud como para los pacientes. Esto facilita el entendimiento del estado de su condición y los posibles tratamientos, contribuyendo a una mejor calidad de vida. Las aplicaciones brindan una forma eficiente de conocer la condición del paciente

y proporcionar retroalimentación en base a los datos recopilados, permitiendo una atención más personalizada y efectiva.

Anexo 2: Encuesta de evaluación del sistema dirigida al grupo de pruebas

Encuesta dirigida al personal administrativo de la facultad FECYT de la Universidad Técnica del Norte, con el objetivo de evaluar el funcionamiento del sistema de monitoreo de los niveles de estrés laboral, así como el cumplimiento de los objetivos.

1. ¿Considera usted que el dispositivo es práctico y fácil de usar para el monitoreo del estrés laboral?
 - a. Si
 - b. No
2. ¿Considera que el sistema ha sido una herramienta efectiva para promover la conciencia y el autocuidado en relación con el estrés laboral?
 - a. Si
 - b. No
3. ¿Se siente satisfecho con la efectividad del sistema en la detección de su nivel de estrés laboral?
 - a. Si
 - b. No
4. ¿Considera que las técnicas de control recomendadas son eficientes y ayudan a contrarrestar o reducir el nivel de estrés?
 - a. Si
 - b. No

5. ¿Ha experimentado una mayor eficiencia y productividad en su trabajo desde que se ha utilizado el prototipo?
- a. Si
 - b. No
6. ¿Siente un mejor ánimo para cumplir con sus tareas laborales después de realizar las técnicas recomendadas?
- a. Si
 - b. No
7. ¿Recomendaría el uso del prototipo a otros profesionales que puedan estar experimentando niveles de estrés laboral?
- a. Si
 - b. No

Tabulación de resultados

1. ¿Considera usted que el dispositivo es práctico y fácil de usar para el monitoreo del estrés laboral?



Se puede observar que el 73% del personal encuestado considera que el dispositivo es fácil de usar, el 27% que considera que su uso no es fácil se puede deber a la edad y la relación de esta con la tecnología.

2. ¿Considera que el sistema ha sido una herramienta efectiva para promover la conciencia y el autocuidado en relación con el estrés laboral?

● Si	11
● No	0



Como se muestra en el resultado el 100% del personal de prueba considera que este prototipo promueve la toma de conciencia y el cuidado de la salud mental ante problemas como el estrés laboral, entre otros.

3. ¿Se siente satisfecho/a con la efectividad del sistema en la detección de su nivel de estrés laboral?

● Si	10
● No	1



En este punto el 91% de las personas en las que se realizaron las pruebas están satisfechas y de acuerdo con la efectividad en la predicción del nivel del estrés laboral de cada uno de los usuarios.

4. ¿Considera que las técnicas de control recomendadas son eficientes y ayudan a contrarrestar o reducir el nivel de estrés?



Según el 91% de los encuestados, se puede decir que las técnicas de control sugeridas en los resultados si ayudan a reducir el nivel de estrés que se les haya detectado en el momento.

5. ¿Ha experimentado una mayor eficiencia y productividad en su trabajo desde que se ha utilizado el prototipo?



Se muestra que el 82% de los sujetos de prueba pudieron experimentar una mejor productividad en su trabajo luego de haber utilizado el prototipo para la detección del nivel de estrés y así practicar las técnicas sugeridas.

6. ¿Siente un mejor ánimo para cumplir con sus tareas laborales después de realizar las técnicas recomendadas?



Al estar relacionada con la anterior pregunta se tiene que el mismo porcentaje, es decir, el 82% del grupo de prueba ha sentido un mejor ánimo como producto de las técnicas que se recomiendan según el nivel de estrés que se esté experimentando.

7. ¿Recomendaría el uso del prototipo a otros profesionales que puedan estar experimentando niveles de estrés laboral?



En este punto la mayoría de los usuarios si recomendarían este sistema a otros usuarios o profesionales para que estos puedan conocer su condición en relación al estrés laboral y que de la misma forma puedan poner en práctica las sugerencias para mejorar de cierta forma el rendimiento laboral.