EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

# Instituto Tecnológico de Matamoros

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

TESIS:

**“ DESARROLLO DE SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EVALUAR EL ESTRÉS LABORAL”**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL

PRESENTA:

ALFONSO VEGA GARZA

**DIRECTOR DE TESIS**

DRA. WENDY ARACELY SÁNCHEZ GÓMEZ

H. Matamoros, Tamaulipas, México 24 de noviembre del 2024

**Excelencia en Educación Tecnológica®**
**Tecnología es progreso®**

# INSTITUTO TECNOLOGICO DE MATAMOROS

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIN

**PROTOCOLO DE TESIS:**

# DESARROLLO DE SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EVALUAR EL ESTRÉS LABORAL

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO**

**EN ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL PRESENTA:**


**NOMBRE DEL ALUMNO:**

**Ing. Alfonso Vega Garza**

DIRECTOR DE TESIS

**Dra. Wendy Aracely Sánchez Gómez**

SECRETARIO

**Dra. Anabel Pineda Briseño**

VOCAL

**Dra. Ileana Guzmán Prince**


H. Matamoros, Tamaulipas, México Noviembre 2024

# AUTORIZACIÓN DE USO DE DERECHOS DE AUTOR OTORGADO POR

**ALFONSO VEGA GARZA** mayor de edad, con domicilio ubicado en Calle Luis Galván No. 34 Col. Electricistas Sur, en mi calidad de titular y autor de la tesis denominada DESARROLLO DE SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EVALUAR EL ESTRÉS LABORAL quien para todos los fines del presente documento se denominará **EL AUTOR Y/O TITULAR**, suscribo el presente documento de autorización de uso de derechos patrimoniales de autor a favor del Instituto Tecnológico de Matamoros el cual se regirá por clausulas siguientes:

**PRIMERA – AUTORIZACIÓN: EL AUTOR Y/O TITULAR,** mediante el presente documento autoriza la utilización de los derechos patrimoniales de autor al Instituto Tecnológico de Matamoros, de la tesis denominada DESARROLLO DE SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EVALUAR EL ESTRÉS LABORAL'', a través del Repositorio Institucional del Tecnológico Nacional de México (en lo sucesivo TecNM) y en el Repositorio Nacional, que puede ser consultado en la liga electrónica: (https://www.repositorionacionalcti.mx/).

**SEGUNDA - OBJETO:** Por medio del presente escrito, **EL AUTOR Y/O TITULAR** Autoriza al Instituto Tecnológico de Matamoros, a través del Repositorio Institucional del Tecnológico Nacional de México (en lo sucesivo TecNM) y en el Repositorio Nacional para que de conformidad con la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial, use los derechos del documento antes referido, con fines exclusivamente académicos.

**TERCERA - TERRITORIO:** Los derechos aquí Autorizados se dan sin limitación geográfica o territorial alguna.

**CUARTA – ALCANCE**: La presente autorización se da tanto para formato o soporte material, y se extiende a la utilización en medio óptico, magnético, electrónico, en red, mensajes de datos o similar conocido o por conocer, del ejemplar o número respectivo de la publicación.

**QUINTA – EXCLUSIVIDAD**: La autorización de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico de Matamoros. Por lo tanto **EL AUTOR Y/O TITULAR** en su carácter de autor de la obra objeto del presente documento se reserva el derecho de publicar directamente, u otorgar a cualquier tercero, autorizaciones de uso similares o en los mismos términos aquí acordados.

**SEXTA - DERECHOS MORALES (Créditos y mención):** La Autorización de los derechos antes mencionados no implica la cesión de los derechos morales sobre los mismos por cuanto en conformidad con lo establecido en los artículos 18, 19, 20, 21, 22 y 23 de la Ley Federal de Derechos de Autor, dada la cuenta que estos derechos son inalienables, imprescriptibles, irrenunciables e inembargables. Por lo tanto, los mencionados derechos seguirán radicados en cabeza de EL AUTOR Y/O TITULAR, y siempre deberá mencionarse su nombre cuando se utilice la obra.

**SÉPTIMA - AUTORIA: EL AUTOR Y/O TITULAR,** declara y ratifica que el material objeto de la presente y fue realizada por él (o ella) sin violar o usurpar derechos de Propiedad Intelectual de terceros.

H. Matamoros, Tamps. a 25 días del mes de Noviembre de 2024.

**Autor de la Tesis**



**ALFONSO VEGA GARZA**
**VEGA980110HTSGRL04**

# DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y NO PLAGIO

El que suscribe y firma la presente carta de originalidad, Alfonso Vega Garza autor de la Tesis: “ DESARROLLO DE SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EVALUAR EL ESTRÉS LABORAL’’ para obtener el Título de Maestro en Administración Industrial, declara que la tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual.

El trabajo terminado fue sometido al Software Informe del Detector de Plagio Turnitin, el cual mostró un porcentaje del 11% plagio, cumpliendo con el límite permitido por la institución.

Del mismo modo, asumo frente al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Matamoros cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la falta de originalidad de su contenido.

Atentamente



**ALFONSO VEGA GARZA**

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Matamoros
División de Estudios de Posgrado e Investigación

H. Matamoros, Tamaulipas a, 25/noviembre/2024
OFICIO No.: 630/2024 D.E.P.I.

**M.C. CLAUDIO ALEJANDRO ALCALÁ SALINAS**
**JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**
**E INVESTIGACIÓN**
**PRESENTE**

Por este conducto le comunicamos que una vez efectuada la revisión individual del trabajo de tesis del **C. ALFONSO VEGA GARZA,** cuyo título es: **"DESARROLLO DE SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EVALUAR EL ESTRÉS LABORAL",** y habiendo realizado las observaciones pertinentes nos reunimos en la Sala de Juntas de la División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI), para emitir **DICTAMEN,** el cual es **APROBADO.** Por lo cual nos permitimos autorizarla para que proceda a la impresión de la misma y pueda continuar con los trámites correspondientes, para la obtención del grado de Maestro en Administración Industrial.

**A T E N T A M E N T E**

**DRA. WENDY ARACELY SÁNCHEZ GÓMEZ**
**DIRECTORA DE TESIS**

**DRA. ANABEL PINEDA BRISEÑO**
**MIEMBRO DEL COMITÉ REVISOR**

**DRA. ILEANA GUZMÁN PRINCE**
**MIEMBRO DEL COMITÉ REVISOR**

c.c.p. Interesado(a).
c.c.p Servicios Escolares
c.c.p. Comité Revisor
c.c.p. Div. Est. de Posgrado/ Coordinación

# DEDICATORIA

A todos aquellos que han pasado por situaciones, donde no sabían cómo actuar, como sentir o como pensar, y han experimentado el peso del estrés, con la esperanza de contribuir al entendimiento y manejo de este desafío común en nuestras vidas.  A ustedes, mi fuente de inspiración y motivación, gracias por ser la luz en el camino.

# AGRADECIMIENTOS

Hay una frase que me acompaña en cada paso y que representa mi forma de ver la vida: “Make your dreams come true”, o como decimos en español, “Haz tus sueños realidad.” Esta frase encierra el impulso que me mueve a seguir adelante, a luchar y a crecer. Sin embargo, todo lo que he logrado y cada sueño que he alcanzado son gracias a las personas maravillosas que siempre han estado a mi lado.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres, quienes con su amor incondicional me enseñaron el valor del esfuerzo y la importancia de nunca rendirme. A mis hermanas, quienes siempre han sido mi apoyo y mis mejores amigas, y a mis sobrinos, que me llenan de alegría y renovada esperanza cada día. A mi abuelita, mi inspiración y fortaleza. A todos mis amigos por siempre estar ahí en los buenos y malos momentos. Gracias a todos ustedes por quererme, por entenderme en mis momentos difíciles, y por aceptarme tal como soy. Sin su apoyo constante, ninguno de mis sueños habría sido posible.

Finalmente, doy gracias al Gran Arquitecto del Universo, quien en su infinita sabiduría y amor me ha brindado la fortaleza para enfrentar los desafíos y la claridad para aprender de cada experiencia. Su guía ha sido una luz en los momentos oscuros y su presencia, una certeza en mi corazón.

Este logro es tan suyo como mío, y a todos ustedes, de todo corazón, gracias.

# RESUMEN

En esta investigación se aborda la problemática del estrés laboral en la vida moderna, particularmente acentuado durante la pandemia. Se destaca que el aumento de las demandas laborales, la presión por cumplir metas y el rendimiento óptimo generan niveles crónicos de estrés con impactos negativos en la salud física y mental, así como en la calidad de vida. La investigación subraya que la pandemia ha intensificado el estrés laboral debido a temores relacionados con la seguridad laboral, la necesidad de ingresos adicionales y las mayores demandas de rendimiento. Se señala que la cadena de suministros ha sufrido perturbaciones durante la pandemia, llevando a una mayor demanda de productos y extensiones de jornada laboral para satisfacer dicha demanda. Esto ha creado entornos laborales no óptimos, aumentando los niveles de estrés y afectando la calidad de vida de los trabajadores.

La tesis propone desarrollar un sistema de adquisición de datos de estrés que mida factores ambientales y fisiológicos, basándose en investigaciones existentes. Se mencionan estudios que emplean métodos de reconocimiento de niveles de estrés y programas de promoción de la salud mental para abordar este problema. Se destaca la intención de desarrollar un modelo que proporcione resultados personalizados para cada usuario. El objetivo final es evaluar la correlación entre el estrés laboral y las acciones ejercidas del trabajador mediante un sistema de adquisición de datos.

En conclusión, esta investigación se erige como un esfuerzo por comprender y abordar el fenómeno del estrés laboral, especialmente agravado por los desafíos añadidos de la pandemia. Al proponer el desarrollo de un sistema de adquisición de datos que evalúe el estrés, se busca ofrecer una herramienta innovadora y personalizada para evaluar los niveles de estrés de los trabajadores. Inspirados en estudios previos, aspiramos a no solo identificar los indicadores objetivos de estrés, sino también a comprender cómo estos se correlacionan con las acciones y experiencias individuales de los trabajadores. La importancia de esta investigación radica en su potencial para informar estrategias y políticas que mitiguen el impacto negativo del estrés laboral, promoviendo entornos de trabajo más saludables y sostenibles. A medida que avanzamos hacia una sociedad cada vez más exigente, se torna imperativo abordar de manera efectiva el estrés laboral para salvaguardar la salud y el bienestar de los empleados, así como para optimizar la productividad y la calidad de vida en el ámbito laboral.

# ABSTRACT

This research addresses the issue of occupational stress in modern life, particularly heightened during the pandemic. It emphasizes that the increase in work demands, pressure to meet goals, and the pursuit of optimal performance generate chronic levels of stress, negatively impacting physical and mental health as well as quality of life. The research highlights that the pandemic has intensified workplace stress due to fears related to job security, the need for additional income, and heightened performance demands. It notes that supply chains have experienced disruptions during the pandemic, leading to increased product demand and extended working hours to meet these demands. This has created suboptimal work environments, further escalated stress levels and affected workers' quality of life.

The thesis proposes developing a stress detection system that measures environmental and physiological factors, drawing on existing research. Studies are mentioned that use methods to recognize stress levels and health promotion programs to address this issue. The intention to develop a model that provides personalized results for each user is highlighted. The goal is to assess the correlation between occupational stress and workers’ actions through a data acquisition system.

In conclusion, this research stands as an effort to understand and address the phenomenon of occupational stress, especially aggravated by the additional challenges of the pandemic. By proposing the development of a stress detection system that integrates environmental and physiological factors, it aims to offer an innovative and personalized tool to evaluate workers' stress levels. Inspired by previous studies, the objective is not only to identify objective stress indicators but also to understand how these correlates with workers' individual actions and experiences.

The significance of this research lies in its potential to inform strategies and policies that mitigate the negative impact of occupational stress, fostering healthier and more sustainable work environments. As we move toward an increasingly demanding society, it becomes imperative to effectively address occupational stress to safeguard employees' health and well-being, as well as to optimize productivity and quality of life in the workplace.

# INDICE

AUTORIZACIÓN DE USO DE DERECHOS DE AUTOR OTORGADO POR ..... 3
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y NO PLAGIO ..... 4
AGRADECIMIENTOS ..... 7
RESUMEN ..... 8
ABSTRACT ..... 9
INDICE DE ILUSTRACIONES ..... 12
INDICE DE TABLAS ..... 13
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN ..... 14
1.1 Planteamiento del Problema ..... 16
1.2 Metodología de Solución ..... 17
1.3 Objetivos ..... 18
1.3.1 Objetivo General ..... 18
1.3.2 Objetivos específicos ..... 18
1.4 Hipótesis ..... 18
1.4.1 Hipótesis General ..... 18
1.5 Justificación ..... 19
Social ..... 19
Económica ..... 19
Tecnológica ..... 19
Ambiental ..... 19
CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS TEORICOS ..... 20
2.1 Marco Conceptual ..... 20
2.1.1 Estrés ..... 20
2.1.2 Tipos de Estrés ..... 21
2.1.3 Burnout ..... 22
2.1.4 Sistema Mecatrónico ..... 23
2.1.5 Sensores ..... 23
2.2 Estado del Arte ..... 25
CAPITULO III. METODOLOGIA ..... 33
3.1.1 Identificación de los factores que determinen el estrés laboral ..... 34

3.1.2 Análisis y selección de los materiales ..... 39
3.1.3 Diseño del sistema mecatrónico ..... 45
3.1.4 Elaboración del sistema ..... 49
3.2.1 Pruebas de Funcionalidad ..... 51
3.2.2 Elaboración de la metodología a utilizar ..... 58
3.2.3 Implementación del sistema en el área ..... 62
3.3.1 Analizar las variables de respuesta y las acciones de los trabajadores ..... 66
3.3..2 Determinar la correlación de los análisis realizados ..... 67
CAPITULO IV RESULTADOS ..... 69
Análisis de los usuarios ..... 70
Correlación individual de los Usuarios y Correlación General. ..... 77
Validación de la Hipótesis ..... 91
CONCLUSION ..... 92
BIBLIOGRAFIA ..... 94
ANEXOS ..... 97

# INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Metodología de solución ..... 33
Ilustración 2. Fase 1 ..... 33
Ilustración 3. Síndrome General de adaptación ..... 35
Ilustración 4. Estrés térmico ..... 36
Ilustración 5. Mapeo de Sensores ..... 38
Ilustración 6. Sensor DHT22 ..... 39
Ilustración 7. Sensor DHT 11 ..... 39
Ilustración 8. Módulo de Sensor Gy-302 ..... 40
Ilustración 9. Módulo de Luz LDR ..... 40
Ilustración 10. Módulos HX711 ..... 42
Ilustración 11. Celda de Carga ..... 42
Ilustración 12. Placa de Desarrollo ARD-010 ..... 43
Ilustración 13. Diagrama Esquemático ..... 46
Ilustración 14. Cubierta Frontal 3D ..... 48
Ilustración 15. Gabinete 3D ..... 48
Ilustración 16. Soporte para Carga 50 Kg ..... 48
Ilustración 17. Elaboración de Circuito dentro del gabinete ..... 49
Ilustración 18. Gabinete con los sensores colocados ..... 49
Ilustración 19. conexión de Sensor de Presión ..... 50
Ilustración 20. Sistema Elaborado ..... 50
Ilustración 21. Fase 2 ..... 51
Ilustración 22. Datos Impresos ..... 56
Ilustración 23. Auto Reporte de Estrés y Ansiedad ..... 60
Ilustración 24. Sistemas implementados en el área ..... 65
Ilustración 25. Fase 3 ..... 66
Ilustración 26. Grafica de Matriz Usuario 1 ..... 77
Ilustración 27.Grafica de Matriz Usuario 2 ..... 79
Ilustración 28. Grafica de Matriz Usuario 3 ..... 82
Ilustración 29. Grafica de Matriz Usuario 4 ..... 84

Ilustración 30. Matriz General ..... 86

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de Sensores ..... 24
Tabla 2. Tabla Comparativa ..... 32
Tabla 3. Consecuencias Biológicas del estrés ..... 36
Tabla 4. Consecuencias biológicas del estrés ..... 36
Tabla 5. Análisis Precios DHT22 ..... 40
Tabla 6. Análisis de Precios Sensores de Luminosidad ..... 41
Tabla 7. Análisis de Precio Módulos HX711 ..... 42
Tabla 8. Pruebas de Temperatura ..... 52
Tabla 9. Pruebas de Humedad ..... 53
Tabla 10. Mediciones de Intensidad Lumínica ..... 53
Tabla 11. Pruebas de Precisión de Peso. ..... 54
Tabla 12. Datos Usuario 1 ..... 71
Tabla 13. Datos Usuario 2 ..... 72
Tabla 14. Datos Usuario 3 ..... 75
Tabla 15. Datos Usuario 4 ..... 76
Tabla 16. Correlación Usuario 1 ..... 78
Tabla 17. Correlación Usuario 2 ..... 80
Tabla 18. Correlación Usuario 3 ..... 82
Tabla 19. Correlación Usuario 4 ..... 84
Tabla 20. Correlación General ..... 86
Tabla 21. Correlaciones ..... 88

# CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

La vida moderna está llena de desafíos y responsabilidades; uno de los lugares donde enfrentamos una cantidad significativa de estrés es en el trabajo. El estrés laboral es una realidad común en nuestra sociedad actual. Sus efectos en la salud no pueden ser subestimados. A medida que las demandas laborales aumentan, la presión por cumplir plazos, alcanzar metas y mantener un rendimiento óptimo puede llevar a altos niveles de estrés crónico. Este estrés crónico puede tener un impacto negativo en la salud física y mental de los trabajadores, así como en su calidad de vida en general. El estrés laboral trae como consecuencia la reducción en la productividad, un descenso en la calidad de vida, además de graves problemas físicos y mentales que desencadenan en una serie de trastornos de ansiedad y depresión. En algunas ocasiones estos problemas orillan a la víctima a problemas relacionados con el alcohol y otras adicciones [1].

Debido a la pandemia, el estrés laboral incrementó en la mitad de los empleados, por razones como el temor a perder el empleo, contagiarse al acudir a laborar o por la necesidad de generar un ingreso extra [2]. Otras causas fueron las mayores exigencias de desempeño e incluso por el hecho de no respetar las horas de trabajo debido a que muchas personas trabajaban desde casa, y también al incremento de las horas en la jornada laboral [3].

La cadena de suministros se ha visto afectada gracias al periodo de inactividad laboral durante la pandemia; una de sus consecuencias fue que se ha propiciado una mayor demanda de productos. Por lo tanto, es frecuente que las jornadas laborales se extiendan con el fin de satisfacer la demanda del cliente [4], [5].

Esto ha propiciado entornos laborales en condiciones que no son óptimas para un ambiente saludable y ha hecho que los niveles de estrés en los trabajadores aumenten, dando como resultado una baja calidad de vida e impactando en la salud del empleado.

Después de realizar diversas investigaciones, se encontraron algunos artículos que sirven como material de apoyo para la realización de este proyecto, tal es el caso de la investigación, ‘‘*Método de aprendizaje no supervisado para el reconocimiento de*

*niveles de estrés basado en el comportamiento en la oficina de trabajo*'' se implementa el uso de métodos donde se recolectan variables que sirven para reconocer los niveles de estrés pero sin tomar en cuenta como cada individuo puede procesar el estrés laboral de diferentes maneras [6]; también se puede encontrar en la investigación ''*Efectos de un modelo de relación con el estrés laboral en un programa de promoción de la salud mental de mujeres trabajadoras"* como se examinan los efectos del estrés relacionado con el trabajo, utilizando un modelo basado en el programa de promoción de la salud mental, y que tiene la intención de disminuir los niveles de estrés en las trabajadores mediante ejercicios de relajación teniendo como resultado una mayor productividad [7].

Otro artículo que sirvió para fundamentar la realización de este proyecto es ''*Marco teórico basado en la teoría para la integración de datos ambientales y fisiológico en la orientación en aplicaciones de productividad y bienestar en el área de trabajo*'' ya que tiene como objetivo utilizar sensores que miden características en el ambiente y sensores en el cuerpo que miden variables fisiológicas, pero en esta investigación solo se planteó la estructura del proyecto [8]; por lo tanto, se desarrollará un sistema de adquisición de datos para evaluar el estrés mediante la medición de los factores en el entorno y factores fisiológicos, teniendo como respuesta un modelo que dé resultados personalizados para cada usuario con base en los niveles de estrés que presente.

Gracias a este modelo, se evaluará la correlación de los resultados del sistema con las acciones realizadas por los trabajadores para determinar si existe un nivel de estrés perceptible mediante los datos arrojados por el sistema.

## 1.1 Planteamiento del Problema

La vida moderna se caracteriza por enfrentar una serie de desafíos y responsabilidades, siendo el ámbito laboral uno de los principales escenarios donde los individuos experimentan niveles significativos de estrés. El estrés laboral es una realidad común en la sociedad actual, con consecuencias directas en la salud física y mental de los trabajadores, así como en su calidad de vida en general. La presión por cumplir plazos, alcanzar metas y mantener un rendimiento óptimo ha llevado a un aumento alarmante de casos de estrés crónico.

Con el objetivo de abordar el problema del estrés laboral y sus consecuencias en la salud y productividad de los trabajadores, se propone la implementación de un sistema de adquisición de datos. Este sistema se basará en la medición de factores ambientales y fisiológicos para proporcionar resultados personalizados y adaptados a las necesidades individuales de cada usuario.

El objetivo es evaluar la correlación entre el estrés laboral y las acciones ejercidas del trabajador mediante un sistema de adquisición de datos.

## 1.2 Metodología de Solución

La metodología de solución para la recolección de datos en esta investigación se centra en la implementación de un sistema que capture información de factores ambientales y fisiológicos de los trabajadores. Este proceso se desarrollará en las siguientes etapas:

**1. Diseño e Instalación del Sistema de Recolección de Datos**

1. **Selección de Variables Por Medir**: Las variables fisiológicas y ambientales, como la presión ejercida, la temperatura, la humedad y la luminosidad en el área de trabajo, fueron seleccionadas en función de su relevancia para la detección del estrés laboral.
2. **Implementación de Sensores**: Se instalaron sensores adecuados para medir cada variable seleccionada. Los sensores fueron ubicados estratégicamente en el área de trabajo para minimizar interferencias y garantizar la precisión de las lecturas.
3. **Configuración del Sistema de Almacenamiento**: Se desarrolló un sistema de almacenamiento de datos para recibir y organizar las lecturas. Los datos fueron almacenados en una base de datos estructurada que facilitó su posterior análisis y correlación.

**2. Procedimiento para la Captura de Datos**

1. **Recolección Continua de Datos**: Los sensores midieron de manera continua las variables seleccionadas, y las lecturas fueron registradas a intervalos regulares. Esta periodicidad permitió capturar variaciones a lo largo de la jornada laboral y analizar los cambios en las condiciones ambientales y fisiológicas.

**3. Almacenamiento y Gestión de Datos**

1. **Organización en una Base de Datos:** Los datos recolectados fueron almacenados en una base de datos centralizada, estructurada para diferenciar entre tipos de variables (fisiológicas y ambientales) y sujetos.
2. **Sistema de Respaldo y Seguridad:** Se implementó un sistema de respaldo automático y medidas de seguridad para proteger la integridad y confidencialidad de los datos.

**4. Análisis de Datos y Evaluación de Resultados**

1. **Preprocesamiento de Datos:** Antes de realizar el análisis, los datos fueron limpiados para eliminar inconsistencias y normalizados para facilitar su interpretación.
2. **Correlación de Variables con Eventos de Estrés:** Los datos ambientales y fisiológicos fueron analizados en conjunto. Se aplicaron técnicas estadísticas para

determinar correlaciones significativas que indicaran una relación entre condiciones específicas y el aumento del estrés.

3. **Generación de Informes y Resultados:** Los resultados fueron documentados en informes detallados que incluyeron gráficos y resúmenes de las condiciones que influyen en el estrés laboral, permitiendo obtener una visión completa de los patrones de estrés en el entorno laboral y proponer soluciones.

Esta metodología asegura que el proceso de recolección de datos sea sistemático y orientado a identificar correlaciones significativas que permitan mejorar la detección y gestión del estrés laboral.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo General

Evaluar la correlación entre el estrés laboral y las acciones ejercidas del trabajador mediante un sistema mecatrónico.

### 1.3.2 Objetivos específicos

1. Desarrollar un sistema mecatrónico que recolecte y almacene variables que puedan detectar el estrés.

2. Recolectar los datos emitidos por el sistema.

3. Determinar la correlación del estrés laboral y de los datos emitidos por el sistema mediante las acciones del trabajador.

## 1.4 Hipótesis

### 1.4.1 Hipótesis General

Al evaluar la correlación de las acciones ejercidas por el trabajador con los datos emitidos por el sistema, se pretende demostrar que existen factores ambientales y fisiológicos que propician a que los niveles de estrés aumenten considerablemente en un 20%.

## 1.5 Justificación

### Social

La investigación tiene la finalidad de demostrar cómo el sector productivo sufre de grandes problemas de estrés y ansiedad que impactan en la calidad de vida y en el entorno familiar de éstos, causando problemas de salud en un largo periodo. Por lo tanto, es necesario medir los niveles de estrés en los trabajadores para realizar acciones de solución.

### Económica

Determinar los niveles de estrés en los trabajadores puede tener beneficios económicos para la empresa ya que se podrán tomar acciones en donde se tengan mejores ambientes laborales y no existan problemas originados por la mala realización de las actividades que producen grandes pérdidas económicas.

### Tecnológica

Las empresas siempre tienen que estar al día en cuestiones del uso de la tecnología y con el uso de este sistema que se realizará se pretende utilizar sensores desarrollados que midan los niveles de estrés en los empleados.

### Ambiental

El estrés puede generar un gran impacto en la salud de la persona que lo padece y esto puede traducirse en gastos médicos y el uso excesivo de material para situaciones que afecten la salud e impactan el medio ambiente.

# CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS TEORICOS

## 2.1 Marco Conceptual

A continuación, se muestran conceptos introductorios que ayudan a comprender términos asociados a la investigación, tales como el estrés, los tipos de estrés, problemas físicos y psicológicos originados por éste. Además, se presentan definiciones que están relacionadas con el sistema de adquisición de datos que se realizó.

### 2.1.1 Estrés

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el estrés como «el conjunto de reacciones fisiológicas que prepara el organismo para la acción». En términos globales se trata de un sistema de alerta biológico necesario para la supervivencia. Cualquier cambio o circunstancia diferente que se presente ante nuestras vidas, como cambiar de trabajo, hablar en público, presentarse a una entrevista o cambiar de residencia, puede generar estrés. Aunque también dependerá del estado físico y psíquico de cada individuo [9].

El estrés es un constructo psicológico que significa cansancio físico y mental de una persona, el cual produce una reacción en el organismo y ésta funciona como un mecanismo de defensa y de respuesta ante la situación “amenazante”. En general pueden existir diferentes estresores o causas que lo produzcan, algunas de ellas pueden ser individuales tales como los rasgos de personalidad y otras van ligadas a factores psicosociales como el comportamiento social. Existe otro tipo de factores como los de origen fisiológico, es decir, la respuesta de estrés varía de acuerdo con el funcionamiento del organismo y a factores del medio ambiente.

En el estrés se presenta algo conocido como “Síndrome General de Adaptación”, el cual hace referencia al conjunto de mecanismos biológicos y fisiológicos que permiten la preparación del individuo para la adaptación, la defensa o el ataque. Este mecanismo promueve la supervivencia en un medio ambiente de características hostiles o amenazantes, lo cual va a determinar qué tipo de estrés se va a producir [10].

Se clasifica en 3 etapas: reacción de alarma que funciona como medida preventiva ante la exposición a estresores novedosos. Posteriormente se produce la resistencia que genera un estrés negativo o la adaptación que es un estrés positivo. Finalmente, cuando se genera una reacción de resistencia se produce un agotamiento o desequilibrio en la persona [10].

### 2.1.2 Tipos de Estrés

Eustrés

El Eustrés también conocido como estrés positivo se relaciona directamente con la hormona de la felicidad llamada dopamina, partiendo de la interacción entre el estresor y la experiencia corporal máxima. Hace alusión principalmente a la capacidad de afrontamiento de un individuo, es decir, todo el conjunto de acciones que permiten una mejora en el rendimiento para realizar determinada tarea. Permite que la persona salga de la zona de confort tomando ciertos riesgos que no son de naturaleza peligrosa para poder llegar a la autorrealización personal [10].

Distrés

El Distrés también conocido como estrés negativo, es el que a nivel fisiológico se asocia con la producción de cortisol la cual es la hormona encargada de liberarse ante la presencia de estrés. En este tipo de estrés se produce un desequilibrio fisiológico, psicológico y es el que comúnmente se conoce como “estrés”, mientras que el estrés positivo no es muy distinguido por las personas.

A nivel general se activa por una amenaza ya sea interna o externa que implica un esfuerzo excesivo. Ante ciertos casos extremos puede desencadenar sintomatología de un trastorno de ansiedad y/o depresión. Este tipo de estrés es perjudicial para la salud. Los síntomas básicos del estrés negativo son los siguientes:

Síntomas del estrés negativo o Distrés.

A nivel general, se subdividen en 4 categorías:

*Síntomas Cognitivos*: pérdida de memoria, problemas de concentración, juicio pobre que es donde la capacidad de entender las cosas está deteriorada, pensamientos que producen preocupación constante y percibe solo lo negativo.

*Síntomas Emocionales*: cambios de humor como la irritabilidad o síntomas asociados a depresión, aislamiento, percepción de soledad y agitación.

*Síntomas Conductuales*: cambios en hábitos de alimentación o de sueño, conductas irresponsables como el consumo de alcohol, cigarrillo, drogas.

*Síntomas Físicos:* dolores de cabeza, mareos, estreñimiento, náuseas, dolor de pecho, aumento de tasa cardíaca y frecuencia respiratoria.

Un ejemplo es la hiperventilación y consiste en respirar de forma agitada lo cual puede producir que el oxígeno entre por la boca, pero no alcance a llegar al cerebro, produciendo desmayos [10].

### 2.1.3 Burnout

El burnout es un proceso progresivo con un cuadro polifacético y evolutivo el cual progresa mediante el estrés laboral. Puede empezar con cambios psicológicos que van incrementando su intensidad. Desde el descontento y la irritabilidad hasta los estallidos emocionales, y afectan a los sistemas físicos y psíquicos fundamentales para la supervivencia del individuo [9].

Este proceso puede ser denominado, el síndrome del quemado o síndrome de estar quemado en el trabajo y es un estado de agotamiento físico, emocional y mental que está vinculado con el ámbito laboral. Puede tener consecuencias muy graves, tanto en la esfera física como psicológica [11].

### 2.1.4 Sistema Mecatrónico.

La mecatrónica es la combinación sinérgica de la ingeniería mecánica de precisión, de la electrónica y del control automático, la cual sirve para diseñar y desarrollar productos que involucren sistemas de control para el diseño de productos o procesos inteligentes. Se busca crear maquinaria más compleja para facilitar las actividades del ser humano [12].

Por su parte el sistema mecatrónico es el proceso que unifica las destrezas de la ingeniería mecánica, electrónica, informática y autómata con el objetivo de desarrollar y diseñar sistemas que mejoren los procesos industriales. Una de sus funciones principales es colaborar en tareas generando mayor dinamismo y una elevada precisión [13].

Las partes de un sistema mecatrónico son:

1. Estructura: es el «cuerpo» de nuestro sistema, en el estarán todos los demás elementos que lo integran.
2. Sensor: es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas y transformarlas en variables eléctricas.
3. Actuador: un actuador es el que realiza una acción. Existen muchos tipos de actuadores, por ejemplo, los motores, servos, brazos robóticos, etc.
4. Controlador: un controlador es el que regula todas las funciones asociadas de temporización, cadencia y conteo lógico.
5. Interfaz: es el medio por el cual se conectan dos sistemas o dispositivos.

Un sistema mecatrónico se divide en tres partes: mecánica, eléctrica y software [14].

### 2.1.5 Sensores

El término sensor se refiere a un elemento que produce una señal relacionada con la cantidad que se está midiendo. Un sensor/transductor es análogo si ofrece una salida que sea análoga y de esta manera cambia de forma continua como los ejemplos datos en la Tabla 1. Por lo general tiene una salida cuyo tamaño es proporcional al tamaño de la variable que se está midiendo.

| Magnitud Detectada | Transductor | Señal de salida |
|---|---|---|
| Posición lineal o angular | Finales de Carrera | Todo/nada |
| | Potenciómetros | Analógica |
| | Encoders | Digital. |
| Pequeños desplazamientos o deformaciones | Transformadores diferenciales | Analógica |
| | Galgas extensiométricos | Analógica |
| Velocidad lineal o angular | Dinamos tacométricas | Analógica |
| | Encoders | Digital |
| | Detectores inductivos | Digital |
| Aceleración | Acelerómetros | Analógica |
| | Sensores de velocidad | Digital |
| Fuerza y par | Medición indirecta | Analógica |
| Nivel | Flotador | Analógica |
| | Capacitivos | Analógica |
| | Ultrasonidos | Digital |
| Presión | Piezoeléctricos | Analógica |
| Caudal | Presión diferencial | Analógica |
| | De Turbina | Analógica |
| | Magnético | Analógica |
| Temperatura | Termostatos | Todo/Nada |
| | Termopares | Analógica |
| | Termo resistencias | Analógica |
| | Resistencias NTC PTC | Analógica |
| | Pirómetros | Analógica |
| Sensores de presencia o proximidad | Inductivos | Todo/ Nada |
| | Capacitivos | Todo/ Nada |
| | Ópticos | Todo/ Nada |
| | Ultrasónicos | Analógica |
| Sistemas de visión artificial | Cámaras de video y tratamiento de imagen | Procesamiento por puntos o pixeles |
| | Cámaras CCD | |

Tabla 1. Tipos de Sensores

## 2.2 Estado del Arte

En esta sección se presentan los trabajos del estado del arte para la detección de estrés. Se hizo una clasificación de los artículos de acuerdo con los medios utilizados.

Los criterios de comparación fueron los objetivos que buscaban al desarrollar el proyecto, los métodos implementados que se llevaron a cabo y el resultado.

*Método de aprendizaje no supervisado para el reconocimiento de niveles de estrés basado en el comportamiento en la oficina de trabajo* (2018) [6].

Esta investigación tiene como objetivo implementar el uso de un método no supervisado basado en el agrupamiento (clustering) del comportamiento laboral en una oficina, en donde utilizan las mediciones de estrés creadas mediante un sistema electrónico el cual decide como agrupar a las personas que representan mayor grado de estrés. El sistema desarrollado abarca sensores en el asiento, mouse pad y en el escritorio. Mediante el movimiento de los sensores por parte del trabajador se determina el tipo de estrés que éste maneja. El área de estudio se enfoca en una oficina donde trabajan 7 personas.

*Efectos de un modelo de relación con el estrés laboral en un programa de promoción de la salud mental de mujeres trabajadoras* (2020) [15].

El desarrollo planteado por el autor se basa en estudiar a 70 mujeres en una empresa maquiladora para determinar los riesgos por estrés relacionados con el trabajo, reacciones al estrés y las consecuencias del estrés a largo plazo. En donde se implementó un cuestionario breve para poder conocer más sobre las trabajadoras y se aplicaron pruebas ELISA para medir los niveles de estrés mediante el cortisol que se encuentra en la saliva. Después de adquirir los primeros datos se utilizó un programa que les indicaba las actividades para reducir los niveles de estrés durante las 12 semanas. El proyecto tuvo como resultado niveles de estrés más bajo en el grupo donde se trabajó con el programa de técnicas anti estrés mostrando efectos positivos en las trabajadoras.

*Marco Teórico basado en la teoría para la integración de datos ambientales y fisiológico en la orientación en aplicaciones de productividad y bienestar en el área de trabajo* (2019) [16].

El autor en esta investigación utiliza variables del ambiente como el ruido, el nivel de contaminación en el aire, la intensidad luminosa y variables fisiológicas como la tensión arterial. Hace una correlación con la Teoría polivagal en donde se presentan niveles del sistema simpático nervioso que sirven como respuesta a reacciones fisiológicas ejercidas por el estrés. Se implementa un dispositivo parecido a un reloj que mide variables fisiológicas. Una vez que se tienen los datos de los pacientes se desarrolló un algoritmo que permite determinar si el paciente sigue con estrés después de haber sido avisado que se encontraba alterado y este mismo algoritmo mostraba maneras de reducir el estrés.

*Método computarizado para hacer frente al tecnoestrés en situaciones organizacionales* (2020) [17].

El autor primero determinó los tipos de tecnoestrés en cierta empresa relacionada con la tecnología, la cual estaba frente al computador grandes cantidades de horas al día. Después de haber determinado los tipos de tecnoestrés se desarrolló una base de datos en donde dependiendo del tipo de estrés, se presentaban estrategias para reducir los niveles de estrés. Posteriormente se generaba un bucle en este sistema hasta que se pudiera determinar que existía una satisfacción en el área laboral. La investigación no profundizó demasiado ya que su principal objetivo fue el desarrollar un sistema que brinde las herramientas adecuadas para reducir el estrés. Gracias a esta investigación se puede ganar tiempo y teniendo mayor exactitud dependiendo del tipo de estrés, como trabajo futuro, los autores proponen elaboración más determinada de esta investigación y se podría tener un sistema automatizado, sostenible y flexible capaz de dar soluciones a largo plazo y cambiar el efecto negativo del tecnoestrés.

*Monitoreo de la salud mental mediante dispositivos inteligentes con herramienta analítica de texto* (2019) [18].

Esta investigación plantea como las relaciones humanas se han ido desarrollando con el uso de dispositivos inteligentes mejorando la calidad de vida en general y facilitando la transformación digital. El autor pretende estudiar los beneficios de usar una aplicación inteligente que utiliza herramientas de análisis de texto para apoyar la salud mental. La cual utiliza sensores incorporados actualmente a los dispositivos móviles, los cuales pueden detectar la ansiedad o la depresión. Se realizan escalas de autodiagnósticos los cuales orientan brindando consejos simples, ejercicios de respiración y terapia en línea.

Una vez que se está en terapia en línea, se utiliza la herramienta de análisis de texto donde se prueban diferentes aprendizajes automáticos.

*Detección automática de estrés en el trabajo: Entornos del Acelerómetro de los Smartphones (2016)* [19].

Este trabajo fue un primer paso para evaluar el potencial de los teléfonos móviles como detectores de estrés en entornos de trabajo.

Los datos se recopilaron en un entorno sin restricciones con estresores desconocidos. Usaron datos del acelerómetro para caracterizar el comportamiento de los sujetos extrayendo el dominio del tiempo y la frecuencia características del dominio. Luego, se construyeron modelos estadísticos para clasificar diferentes niveles de estrés auto informados. También se evaluó un método de clasificación ordinal que no tenía ninguna mejora en el rendimiento general posiblemente debido a que fue un número pequeño de 3 clases. Por otra parte, los modelos generales tuvieron un rendimiento general más bajo, pero no requieren datos etiquetados específicos del usuario.

*Reconocimiento de patrones de estrés a través de dispositivos portátiles Biosensores en el lugar de trabajo: Estudio experimental, longitudinal sobre el papel de la intensidad del movimiento* (2019) [20].

Este estudio investiga la clasificación de datos relacionados con el estrés, utilizando

medidas fisiológicas establecidas como la respuesta galvánica de la piel y frecuencia cardíaca, combinado con una nueva medida no psicológica, asociada a la actividad física del usuario (Motion Actividad). Los patrones relacionados con el estrés se exploran a través de un enfoque de aprendizaje no supervisado con ayuda de Gaussian Mixture, Análisis de clasificación de modelos y K-Means, completado por los intervalos de confianza bootstrap para evaluar la incertidumbre de clasificación.

Los resultados demuestran que complementar señales fisiológicas con una señal no fisiológica, como una información relacionada con la actividad física, mejora el patrón de reconocimiento del estrés a través de la detección de sobreexcitación emocional, excitación y relajación.

*Diseño de sistemas de intervención para la reducción del estrés en el lugar de trabajo digital: efectos del tipo de intervención y el momento* (2022) [21].

Las intervenciones de reducción del estrés en el lugar de trabajo han producido resultados debido a las barreras de compromiso y adherencia. Para informar el diseño de un sistema de intervención para la reducción del estrés en el lugar de trabajo, se llevó a cabo un estudio longitudinal de cuatro semanas con 86 participantes, examinando los efectos del tipo de intervención y el momento en el uso, reducción del impacto del estrés y preferencias de los usuarios. Se compararon tres tipos de intervenciones y dos condiciones de tiempo de entrega: Pre programado por usuarios (PS) y Just-in-time (JIT) solicitados por el usuario identificado por el sistema los niveles de estrés. Se encontró que los participantes del JIT completaron significativamente más intervenciones que los participantes de PS, pero después de la intervención y la reducción del estrés durante todo el estudio no fue significativamente diferente entre condiciones.

La siguiente Tabla 2. ‘’Tabla Comparativa’’ presenta un análisis detallado de investigaciones previas relevantes para esta tesis, permitiendo contextualizar y contrastar diferentes enfoques sobre la detección y gestión del estrés laboral. La tabla incluye información clave como el título del estudio, el año de publicación, su objetivo principal, la muestra utilizada, el método empleado y los resultados obtenidos. Este análisis proporciona una visión integral de los avances realizados en el área, destacando tendencias, limitaciones y oportunidades que fundamentan el desarrollo del sistema propuesto en esta investigación.

| Título, Año | Objetivo | Muestra | Método | Resultados |
|---|---|---|---|---|
| Método de aprendizaje no supervisado para el reconocimiento de niveles de estrés basado en el comportamiento en la oficina de trabajo (2018). | Implementar el uso de un método no supervisado basado en el agrupamiento (clustering) del comportamiento laboral en una oficina | 7 personas en una oficina. | Utilización de encuesta de escala de estrés percibido Sistema raspberry pi con sensores de movimiento y presión | Se desarrolló el método y se encontró que el sistema de sensores, el clustering y las encuestas pueden ayudar a determinar los niveles de estrés, se pretende utilizar en modelos más grandes de clasificación. |
| Efectos de un modelo de relación con el estrés laboral en un programa de promoción de la salud mental de mujeres trabajadoras (2020). | Examinar los efectos del estrés relacionado con el trabajo, utilizando un modelo basado en el programa de promoción de la salud mental en el lugar de trabajo sobre el estrés laboral. | 70 mujeres en una industria<br><br>El programa fue administrado como una intervención que incluye 12 semanas de seguimiento. | Diseño de “grupos de control no equivalentes antes de la prueba y después de la prueba”<br><br>Las medidas de la investigación fueron; el formulario de evaluación, el cuestionario breve de estrés laboral,<br>La escala breve de perfil de afrontamiento, los kits de Elisa salival y una lista de verificación auto informada | Tres meses después de la intervención, hubo una disminución significativa en Estrés laboral y hubo un Aumento en el desempeño laboral.<br>El programa mostró efectos positivos en los perfiles de afrontamiento. Después de la intervención, los niveles de cortisol salival mostraron un<br>disminución significativa. |
| Marco teórico basado en la teoría para la integración de datos ambientales y fisiológico en la orientación en aplicaciones de productividad y bienestar en el área de trabajo (2019). | Proponer un marco centrado en la salud mental en el lugar de trabajo mediante Seguimiento de las variables ambientales y fisiológicas | Solo se planteó la estructura del proyecto | Utiliza sensores que miden características en el ambiente y sensores en el cuerpo que miden variables fisiológicas. | Se pretende que el sistema sea autónoma y externo para usarse en cualquier tipo de área laboral, se necesita mayor investigación. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Método computarizado para hacer frente al tecnoestrés en situaciones organizacionales (2020). | Ayudar a los gerentes de las organizaciones Y especialistas en salud para sobrellevar el tecnoestrés vivido Por los empleados | Solo se planteó la estructura del proyecto | Proceso semiautomático Que gestiona el tecnoestrés y saca a la luz para cada Componente de tecnoestrés sus estrategias de afrontamiento adecuadas | El trabajo solo fue la base para desarrollar una investigación mayor que ayude con este proceso automatizado, capaz de cambiar el efecto negativo Del tecnoestrés en los actuadores. |
| Monitoreo de la salud mental mediante dispositivos inteligentes con herramienta analítica de texto (2019). | Estudiar los beneficios de usar una aplicación inteligente que utiliza un Herramienta analítica de texto para apoyar la salud mental. | Se desarrolló la aplicación. | Utiliza innovadores Sensores y diferentes tecnologías que son dispositivos inteligentes incorporados. Detecta la ansiedad y la depresión utilizando los sensores de la cámara, y por Realización de escalas de autodiagnóstico . | Utiliza la herramienta analítica de texto que aplica svm como una máquina Modelo de clasificación del aprendizaje. Basamos el modelo elegido en Diferentes experimentos para probar diferentes aprendizajes automáticos Modelos, y svm logra el mejor rendimiento con una puntuación Del 79,81%. |
| Detección automática de estrés en el trabajo, Entornos del acelerómetro de los smartphones (2016). | Medir el estrés y otras dinámicas psicológicas humanas y monitorear los | Se llevó a cabo en entornos de trabajo reales con 30 participantes El estudio duró 8 semanas | Utilizando datos del acelerómetro incorporado del teléfono inteligente Para detectar el comportamient o que se correlaciona con los niveles de estrés de los sujetos. | Lograron una precisión general máxima Del 71% para modelos específicos de usuario y una precisión del 60% para el uso de modelos de usuarios similares, basándose únicamente en datos de un solo Acelerómetro |
| Reconocimiento de patrones de estrés a través de dispositivos portátiles | Examina la identificación de estrés remoto al Probar si una señal no | 18 Empleados del sector de la administració n pública | Utilizando Medidas fisiológicas establecidas (respuesta galvánica de la piel y | Los resultados demuestran que complementar Señales fisiológicas con una señal no fisiológica, como un |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Biosensores en el lugar de trabajo (2019). | fisiológica de actividad física Puede mejorar la clasificación de los trastornos fisiológicos relacionados con el estrés a través de Datos recopilados de biosensores | Durante dos meses | frecuencia cardíaca) combinado con una nueva medida no psicológica , asociada a la actividad física del usuario (motion activity) | Información relacionada con la actividad física, mejora el patrón de estrés Reconocimiento a través de la detección de sobreexcitación emocional, Excitación y relajación |
| Diseño de sistemas de intervención para la reducción del estrés en el lugar de trabajo digital: efectos del tipo de intervención y el momento (2022). | Diseño de un Sistema de intervención para la reducción del estrés en el lugar de trabajo | Estudio longitudinal con 86 participantes, durante cuatro semanas | Diseño y desarrollo de un sistema de intervención que se compone De un componente de puntaje de estrés, un componente jit y un Componente de chatbot. | Las micro intervenciones digitales son efectivas para reducir el estrés laboral a corto plazo, lo que sugiere que estas intervenciones deben integrarse en los lugares de trabajo ahora para lograr un impacto positivo e inmediato. Además, los hallazgos sugirieron que la personalización del tiempo de entrega, el tipo de contenido y el equilibrio entre el usuario y el control del sistema pueden mejorar la participación del usuario y los resultados de reducción del estrés. |
| Desarrollo de sistema de adquisición de datos para evaluar el estrés laboral(2024). | Evaluar la correlación entre el estrés laboral y las acciones ejercidas del trabajador mediante un sistema mecatrónico. | Pendiente a realizar para obtener los resultados en base al sistema. | Implementación de sistema de adquisición de datos con sensores que miden condiciones ambientales y físicas, para determinar los niveles de estrés. | Se logró el desarrollo de un método para detectar el estrés y la implementación de un sistema capaz de medir los niveles de estrés en el entorno laboral. Además, se sentaron las bases para evaluar la correlación entre el estrés laboral y las acciones realizadas por los trabajadores mediante un sistema mecatrónico. |

Tabla 2. Tabla Comparativa

# CAPITULO III. METODOLOGIA

En esta sección se presenta la metodología a seguir para cumplir con los objetivos propuestos en esta investigación. Esta metodología consta de 3 fases.

La ilustración 1 muestra una representación de la metodología de solución, para cada una de las fases se define actividades particulares que se están realizando para cumplir con el objetivo de esta investigación.

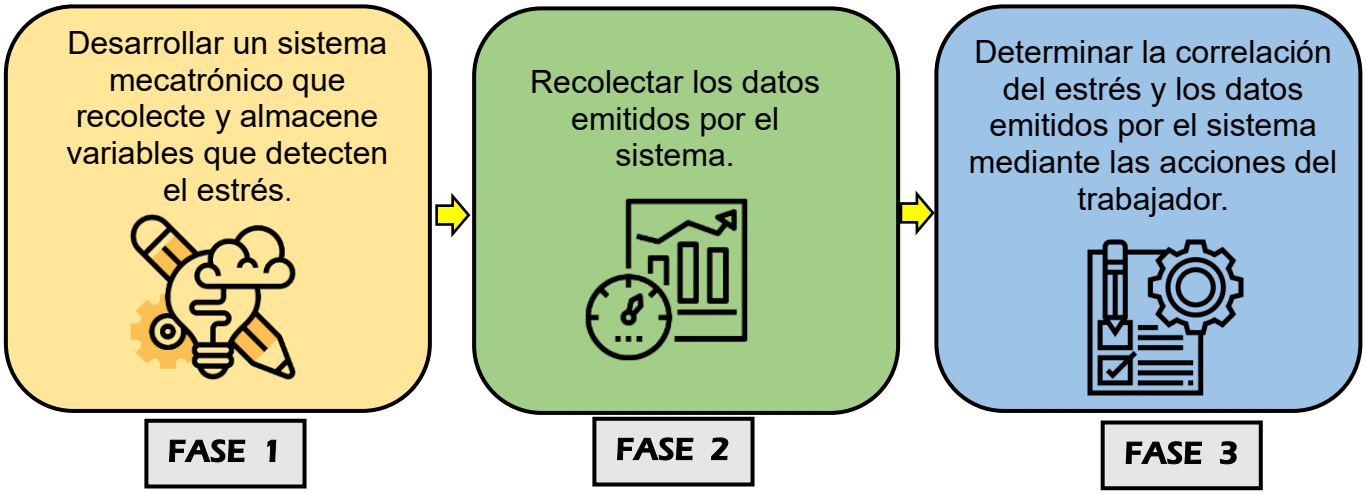



Ilustración 1. Metodología de solución

La fase 1 de la metodología de solución esta presentada de la siguiente manera en la Ilustración 2.

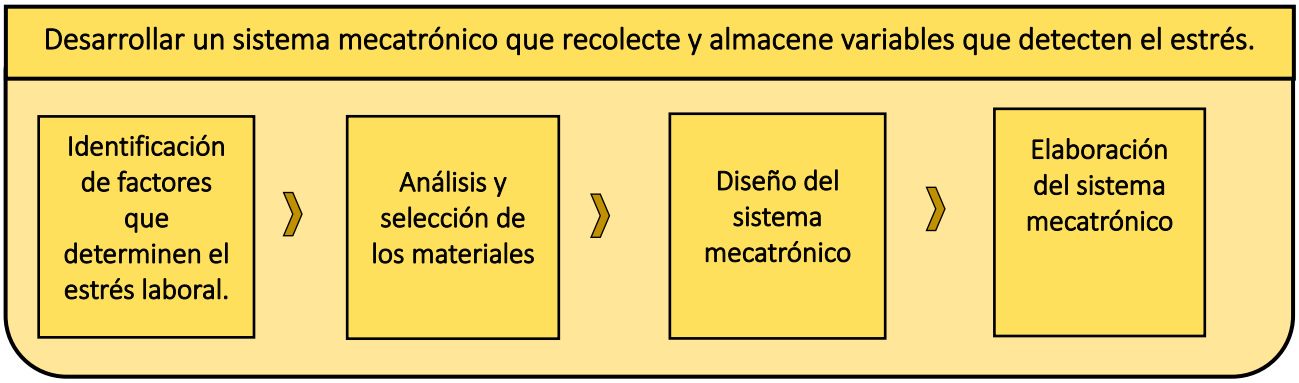



Ilustración 2. Fase 1

Se realizaron las actividades que corresponden a la fase 1 de la metodología, en base al cronograma presentado en el protocolo de tesis en diciembre del 2022.

En este periodo se establecieron cuáles son los factores que ayudan a determinar el estrés en los trabajadores mediante la investigación de las condiciones fisiológicas que se experimentan al estar en situaciones de estrés. Posteriormente se analizaron y seleccionaron los sensores y materiales que permiten la lectura de los factores; después se diseñó el circuito compuesto por los sensores y se diseñó la unidad en una impresora 3D, donde está ubicado el circuito con el microcontrolador. Después de tener los diseños, se elaboró la impresión y se hicieron las conexiones físicas de los diseños, se implementó la programación a través de Arduino y una vez conectado todo se realizó la primera prueba.

### 3.1.1 Identificación de los factores que determinen el estrés laboral

El objetivo de esta actividad fue conocer la visión sobre los procesos fisiológicos que se producen en el organismo ante una situación o un estímulo estresante. A través de diversos documentos, se utilizaron palabras claves como fases del estrés, tipos de estresores o fisiología del estrés con el fin de conocer los factores relevantes para la identificación del estrés laboral.

Se investigó en notas técnicas de prevención, en artículos de psicólogos clínicos y jurídicos, en donde se obtuvieron definiciones acerca de factores fisiológicos que se relacionan con el estrés, los estresores que más afectan en el área laboral y las fases del estrés, las cuales se describen a continuación.

**Fases del estrés: síndrome general de adaptación**

El origen histórico del concepto de estrés parte de las investigaciones que realizó Hans Selye en el año 1936 y que dieron lugar al llamado síndrome general de adaptación.

Ante una situación de amenaza para su equilibrio, el organismo emite una respuesta con el fin de intentar adaptarse. Selye define este fenómeno como el conjunto de reacciones fisiológicas desencadenadas por cualquier exigencia ejercida sobre el organismo, por la incidencia de cualquier agente nocivo llamado estresor. Se puede

definir, pues, como la respuesta física y específica del organismo ante cualquier demanda o agresión, ante agresores que pueden ser tanto físicos como psicológicos, se muestra un ejemplo en la ilustración 3 [22].




Ilustración 3. Síndrome General de adaptación

En este documento se encuentran las siguientes fases:

1. Fase de alarma: Ante la aparición de un peligro o estresor se produce una reacción de alarma durante la que baja la resistencia por debajo de lo normal.
2. Fase de resistencia o adaptación: En ella el organismo intenta superar, adaptarse o afrontar la presencia de los factores que percibe como una amenaza o del agente nocivo
3. Fase de agotamiento: Ocurre cuando la agresión se repite con frecuencia o es de larga duración, y cuando los recursos de la persona para conseguir un nivel de adaptación no son suficientes

**Respuestas del organismo: consecuencias biológicas del estrés**

La respuesta del organismo es diferente según se esté en una fase de tensión inicial en la que hay una activación general del organismo y en la que las alteraciones que se producen son fácilmente remisibles, si se suprime o mejora la causa- o en una fase de tensión crónica o estrés prolongado, en la que los síntomas se convierten en permanentes y se desencadena la enfermedad.

Posteriormente, menciona consecuencias biológicas del estrés de las cuales algunas se pretende utilizar para recabar datos en nuestro sistema, como los mostrados en la tabla 3.

| AFECCIÓN | TENSIÓN (FASE INICIAL) | ESTRÉS |
|---|---|---|
| Cerebro | Ideación clara | Dolor de cabeza, tics nerviosos, temblor, insomnio, pesadillas |
| Humor | Concentración mental | Ansiedad, pérdida del sentido del humor |
| Saliva | Muy reducida | Boca seca, nudo en la garganta |
| Músculos | Mayor capacidad | Tensión y dolor muscular, tics |
| Pulmones | Mayor Capacdad | Hiperventilación, tos, asma, taquipnea |
| Estómago | Secreción ácida aumentada | Ardores, indigestión, dispesia, vómitos |
| Intestino | Aumenta la actividad motora | Diarrea, cólico, dolor, colitis ulcerosa |
| Vejiga | Flujo disminuido | Poliuria |
| Sexualidad | Irregularidades menstruales | Impotencia, amenorrea, frigidez, dismenorrea |
| Piel | Menor humedad | Sequedad, prurito, dermatitis, erupciones |
| Energía | Aumento del gesto energetico, aumento del consumo de oxigeno | Fatiga fácil |
| Corazón | Aumento del trabajo cardíaco | Hipertensión, dolor precordial |

Tabla 3. Consecuencias Biológicas del estrés

Otros factores externos pueden ser la temperatura y la humedad en el área laboral. Tal es el caso del estrés térmico por calor y este se define como la carga de calor que los trabajadores reciben y acumulan en su cuerpo y que resulta de la interacción entre las condiciones ambientales del lugar donde trabajan, la actividad física que realizan y la ropa que llevan. Es decir, el estrés térmico por calor no es un efecto patológico que el calor puede originar en los trabajadores, sino la causa de los diversos efectos patológicos que se producen cuando se acumula excesivo calor en el cuerpo como se muestra en la ilustración 4 [23].




Ilustración 4. Estrés térmico

Se investigó acerca de cuáles son los tipos de estresores más frecuentes en el área laboral, para así tener en cuenta, los factores que mayor influencia tienen y con esta información recabar datos en el área de trabajo.

Los estresores o situaciones desencadenantes del estrés se definen como cualquier estímulo externo o interno (físico, químico, acústico, somático o sociocultural) que de forma directa o indirecta desestabilizan el equilibrio dinámico del individuo.

**Tipos de estresores laborales**

Una primera forma de identificar los estresores puede ser clasificarlos en tres grupos: los referidos al puesto laboral en concreto, los referidos a la organización y a la propia persona.

Los estresores referidos a la organización (mal diseño del trabajo o ambiente inadecuado), están más relacionados con los conflictos en el área, sobrecargos de roles, problemas de comunicación e involucran el clima laboral.

Los estresores asociados al puesto de trabajo van desde la Inseguridad laboral, la carga mental necesaria para ejercer la tarea, también involucran las condiciones físicas del puesto de trabajo, condiciones materiales del puesto de trabajo y a su vez la parte importante sobre los riesgos físicos del puesto de trabajo como son los cambios de turno y turnos de noche, entrarían aquí factores como la poca iluminación, el excesivo ruido, la temperatura, la humedad, la contaminación, etc.

Los estresores relacionados con la persona están ligados a el control y estabilidad emocional y condiciones físicas del cuerpo como la alimentación, el sueño y la práctica de ejercicio [24].

Se realizó una lista acerca de algunos factores que determinan el estrés en el trabajo y estos son:

1. Factores fisiológicos como, dolor de cabeza, tics nerviosos, temblor, insomnio, pesadillas diarrea, cólicos, dolor, colitis ulcerosa, fatiga fácil, hipertensión, dolor precordial, aumento en los latidos del corazón, etc [23].

2. Factores asociados a las condiciones ambientales como la contaminación en el área, exceso de ruido, el tipo de iluminación, la temperatura y la humedad en el lugar [23].
3. Factores de comportamiento asociados al individuo como los horarios laborales, la práctica de ejercicio en el trabajador, el tipo de trabajo y esfuerzo que ejerce el trabajador, etc [24].

En general se determinó que los factores que pueden ayudar a determinar el estrés en el área laboral son condiciones ambientales como la temperatura, la humedad y la iluminación en el área de trabajo y también existen factores relacionados con la persona que están ligados con el comportamiento de la persona como las condiciones materiales del puesto de trabajo y los movimientos que ejerce el trabajador en su área, en la ilustración 5, se realiza un mapeo de los sensores que se utilizaron.

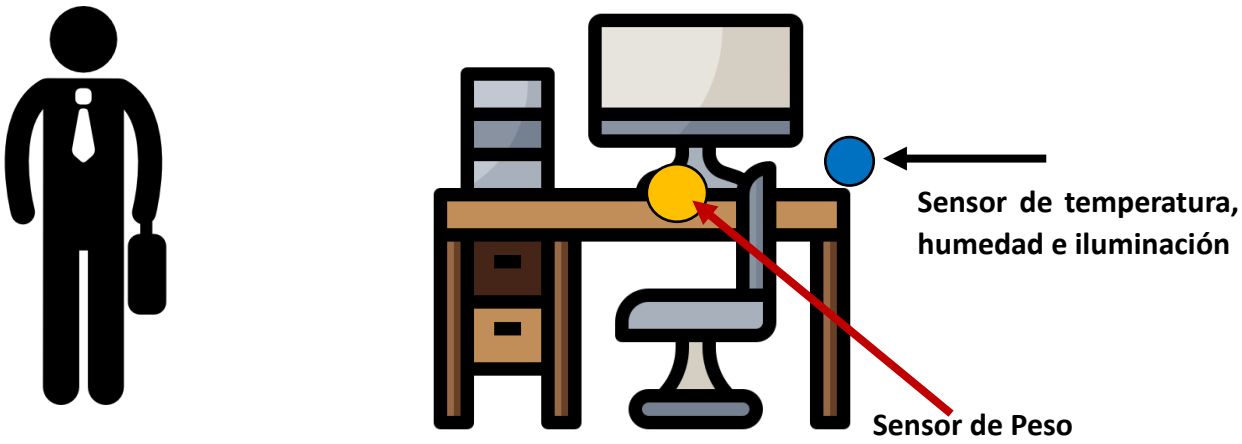



Ilustración 5. Mapeo de Sensores

### 3.1.2 Análisis y selección de los materiales

**Sensores para factores Ambientales**

Para recabar información acerca de las condiciones ambientales en el área, se investigó acerca de sensores de temperatura, humedad e iluminación.

Sensor de Temperatura y Humedad

Existen diversos sensores que nos pueden ayudar a medir la temperatura y humedad en el ambiente, pero los más conocidos son dos que son:

1. Sensor DHT11

   Este sensor trabaja con un rango de medición de temperatura de 0 a 50 °C con precisión de ±2.0 °C y un rango de humedad de 20% a 90% RH con precisión de 4% RH. Los ciclos de lectura deben ser como mínimo 1 o 2 segundos, el sensor se muestra en la Ilustración 7.

2. Sensor DHT22

   El rango de medición de temperatura es de -40°C a 80 °C con precisión de ±0.5 °C y rango de humedad de 0 a 100% RH con precisión de 2% RH, el tiempo entre lecturas debe ser de 2 segundos, este sensor es el de la ilustración 6.

Con base en las condiciones de ambos sensores se seleccionó por el sensor DHT22 ya que cuenta con un mayor rango y una mayor precisión en la detección de la temperatura y el rango de humedad. Se hizo un análisis de costo en la Tabla 5 del Sensor DHT22 con 3 proveedores diferentes y se eligió la opción más económica.

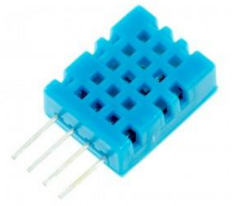


Ilustración 7. Sensor DHT 11



Ilustración 6. Sensor DHT22

| Empresa | Precio |
|---|---|
| **Dip mecatrónica** | $99.00 + envio |
| **Jelelectronica** | $116.99 + envio |
| **Unit electronics** | $95.00 |

Tabla 5. Análisis Precios DHT22

Sensor de Luminosidad

Se encontraron dos distintos sensores, pero ambos con similares características, los cuales son:

1. Módulo Sensor De Luz Fotorresistencia LDR

   Es un sensor capaz de detectar la intensidad de la luz emitida sobre su superficie de panel, este dispositivo nos permite medir intensidad de luz de día, de una lámpara, foco e incluso algún Diodo Emisor de Luz, este módulo es el de la Ilustración 8.

2. Gy-302 Módulo Sensor De Intensidad Luminosa Bh1750

   En la ilustración 9 se muestra el sensor de intensidad luminosa que está basado en el chip BH1750. Cuenta con un convertidor analógico/digital (ADC) de 16 bits, lo que lleva a que su señal de salida sea en forma digital con el protocolo I2C lo cual permite una interacción más sencilla entre el sensor y el Arduino o Raspberry con el que se va a trabajar,



Ilustración 9. Módulo de Luz LDR

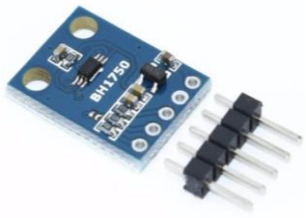



Ilustración 8. Módulo de Sensor Gy-302

Con base en la relación entre el costo y las características del producto que se muestra en la Tabla 6 se decidió utilizar el de la compañía Unit electronics.

| Empresa | Precio |
|---|---|
| **Dip mecatrónica LDR** | $39.00 + envio |
| **Practinet LDR** | $59.70 + envio |
| **Unit electronics gy-302** | $35.00 |
| **Rantec gy-302** | $59.00 + envio |

Tabla 6. Análisis de Precios Sensores de Luminosidad

**Sensores para factores de comportamiento**

1. Celdas de Carga

   En esta sección, se decidió ir directo a las de Celdas de Carga debido a que se quiere realizar un sensor de presión o celda de carga para medir la presión ejercida por el trabajador por lo cual se escogió el módulo HX711, el cual es un transductor que puede medir el peso o la fuerza y la convierte en una señal eléctrica, mediante un dispositivo mecánico, la fuerza que se desea medir deforma el sensor y convierte el desplazamiento o deformación en señales eléctricas. Soporta cerca de 110 libras, aproximadamente 50 Kg, el cual se muestra en la Ilustración 11.

2. Módulo HX711

   En la ilustración 10 se muestra un módulo convertidor analógico a digital A/D, para sensores de presión o celda de carga. Estos módulos en conjunto de las celdas de carga están diseñados para realizar básculas de pesaje y de control industrial. Los módulos HX711 son usados como transmisores entre las celdas de carga y microcontroladores y/o tarjetas de desarrollo; permitiendo leer el peso de celdas compatibles de 1kg, 5kg, 10kg y 50kg a través de comunicación serial.

Existen 3 tipos de módulos HX711, con características similares y solo varían en especificaciones como la precisión y la velocidad en la transmisión de datos, pero sus

costos son diferentes, por lo cual se escogió la opción más económica, ya que sus diferencias son mínimas y se utilizarán 4 celdas de carga y un módulo HX711, después de un análisis de costo se eligió la opción de la Tabla 7.



Ilustración 11. Celda de Carga

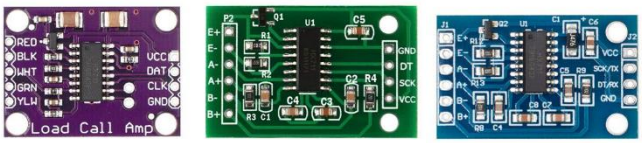



Ilustración 10. Módulos HX711

| Módulo HX711 UNIT Electronics | Precio |
|---|---|
| **Color Verde** | $24.00 |
| **Color Morado** | $33.00 |
| **Color Azul** | $99.00 |

Tabla 7. Análisis de Precio Módulos HX711

Placa de Desarrollo

Se decidió utilizar la placa de desarrollo ARD-010 debido a varias razones que la hacen conveniente para este proyecto. En primer lugar, su versatilidad y facilidad de programación la convierten en una opción ideal para el desarrollo de dispositivos y la implementación de proyectos sin necesidad de diseñar etapas complejas de control. Además, esta placa es de fácil adquisición y cuenta con un costo accesible, lo que la hace adecuada desde el punto de vista económico. Otra ventaja importante es su capacidad para interactuar con el entorno a través de entradas analógicas y digitales, permitiendo tomar datos de sensores y controlar diversos actuadores como luces y motores. Estas características cumplen con los requisitos del sistema de monitoreo planteado en el proyecto, facilitando su desarrollo y garantizando su funcionalidad. La elección de la placa ARD-010 también responde a su amplia compatibilidad con una gran variedad de sensores y módulos, lo que permite adaptarla fácilmente a las necesidades específicas del proyecto. Su comunidad de usuarios y desarrolladores ofrece una vasta cantidad de recursos, como bibliotecas y ejemplos de código, que simplifican la integración de componentes y aceleran

el proceso de desarrollo. Además, la placa destaca por su estabilidad y fiabilidad en entornos de trabajo, garantizando un desempeño consistente en la adquisición de datos y el control de dispositivos. Estas ventajas técnicas y prácticas la convierten en una herramienta fundamental para implementar el sistema de monitoreo diseñado en este proyecto, la Ilustración 12, muestra la placa de desarrollo ARD-010.



Ilustración 12. Placa de Desarrollo ARD-010

La Tabla 8, muestra los materiales seleccionados, después del análisis de costos.

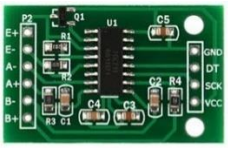
| Material | Descripción | Imagen | Precio |
|---|---|---|---|
| **Sensor de humedad y temperatura, Dht22** | Sensor digital que permite obtener lecturas de temperatura y humedad relativa. |  | $95 |
| **Módulo sensor de intensidad luminosa bh1750** | Módulo sensor de intensidad luminosa que está basado en el chip BH1750, cuenta con un convertidor analógico/digital (ADC). |  | $35 |
| **HX711 Módulos AD para Celdas de Carga** | Módulos convertidores analógicos a digital A/D, para sensores de presión o celda de carga. |  | $24 |
| **Celda de Carga 50Kg Sen-10245** | Transductor que puede medir el peso o la fuerza y la convierte en una señal eléctrica, mediante un dispositivo mecánico. |  | $20 |
| **Ard-010 Placa de desarrollo** | Placa de microcontrolador de código abierto basado en el microchip ATmega328P |  | $400 |
| **Filamento PLA para impresora 3D, blanco** | Filamento para impresora 3D |  | $499 |
| **Placa fenólica perforada con pistas, de 7,5 cm x 4,5 cm** | Placa fenólica |  | $19 |

Tabla 8. Materiales Seleccionados

### 3.1.3 Diseño del sistema mecatrónico

El diseño del sistema mecatrónico consistió en tres secciones:

- Diseño electrónico del circuito
- Diseño del gabinete
- Diseño de soporte para Carga de 50 Kg

**Diseño electrónico del Circuito**

El circuito consta de la placa de desarrollo ARD-010, que tiene como finalidad principal ser un interfaz entre un ordenador u otro dispositivo, que ejecuta una determinada tarea, para traducir dicha tarea en el mundo físico a una acción.

Esta placa cuenta con los sensores de temperatura y humedad DHT22, el sensor de luminosidad bh1750, sensor de frecuencia cardiaca Ard-366 y el módulo de celda de carga HX711.

El circuito funciona de la siguiente manera, utilizando los puertos de GND como tierra y 5V como salida de Voltaje. Mientras que los sensores estarán conectados como se muestra en la Tabla 9:

| BH1750 Out | Arduino 010 |
|---|---|
| **VCC** | 5V |
| **GND** | GND |
| **SCL** | A5 |
| **SDA** | A4 |

| HX711 Out | Arduino 010 |
|---|---|
| **GND** | GND |
| **DT** | Pin 4 |
| **SCK** | Pin 5 |
| **VCC** | 5 V |

| DHT22 Out | Arduino 010 |
|---|---|
| **VCC** | 5V |
| **DATA** | Pin 2 |
| **NC** | - |
| **GND** | GND |

| ARD-366 Out | Arduino 010 |
|---|---|
| **GND** | GND |
| **VCC** | 5 V |
| **DATA** | A0 |

Tabla 9. Conexiones de los Sensores con placa de desarrollo

El circuito electrónico de la ilustración 13  y la Ilustración 13.5, con sensores integrados está conformado de la siguiente manera:

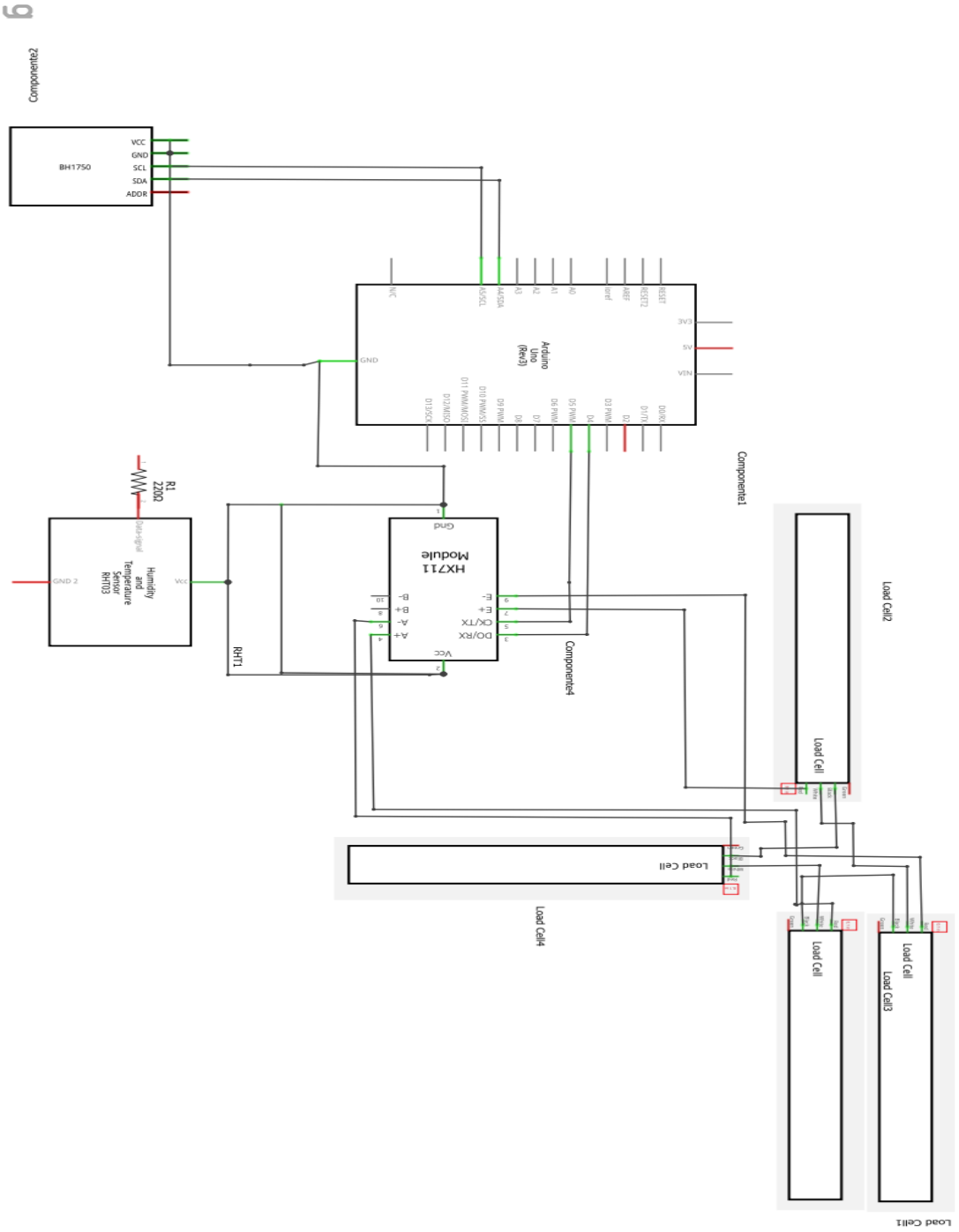



Ilustración 13. Diagrama Esquemático

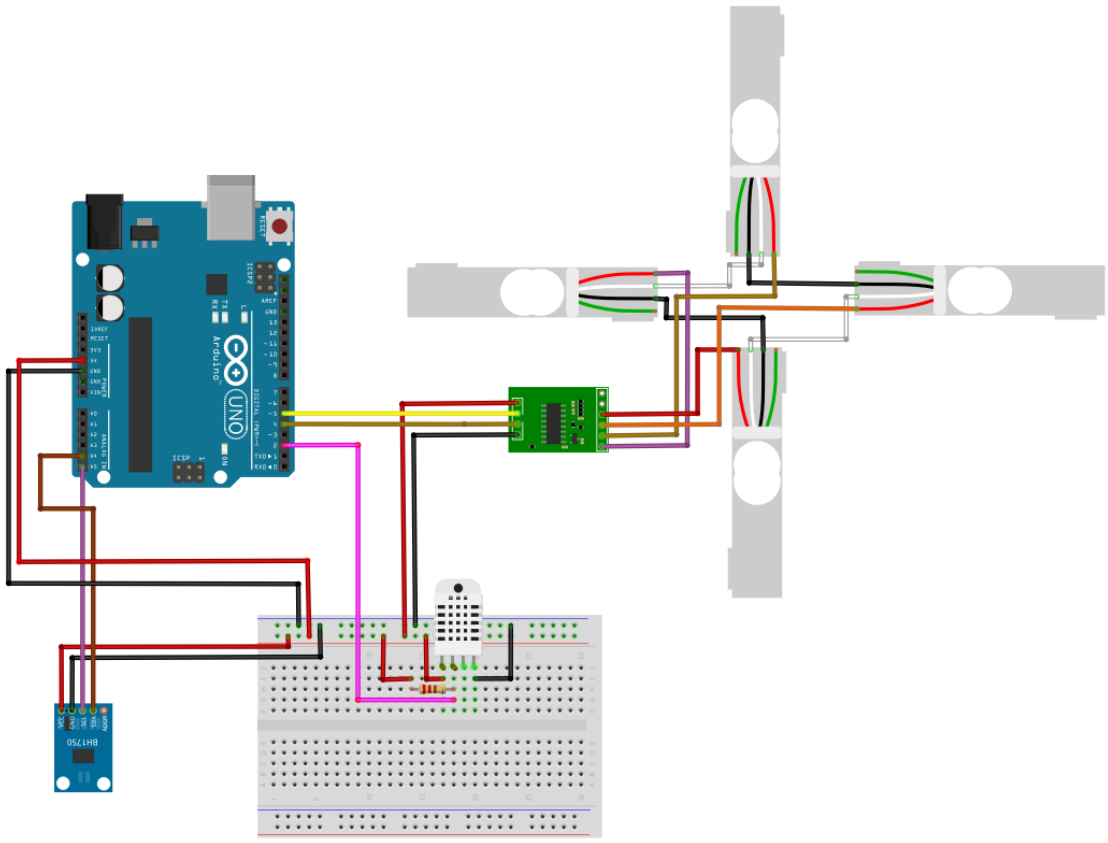


Ilustración 13.5 Diagrama en Protoboard

**Diseño del Gabinete**

Se realizó el diseño de una unidad rectangular para almacenar los circuitos, y adherir los sensores DHT22, ARD-366, BH1750. Las medidas del gabinete son de 13.5 Cm de largo, 17 Cm de Ancho y 7 Cm. de altura.

Esta unidad cuenta con una cubierta para colocar las conexiones de la placa fenólica con el Arduino. Por lo cual lo único que estará en el exterior de la unidad, serán los sensores para medir las variables que requerimos, la ilustración 14 y 15, muestran el diseño en 3D.

Esta fue realizada mediante el software de diseño SolidWorks y posteriormente se transfirió el diseño al programa Ultimaker Cura, el cual es el software encargado de realizar la impresión en 3D.

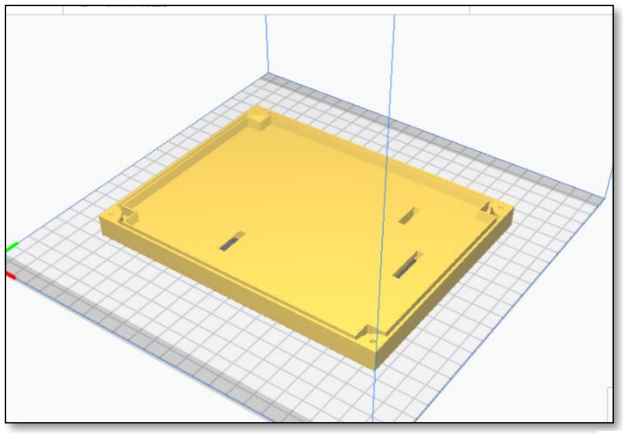


Ilustración 15. Gabinete 3D

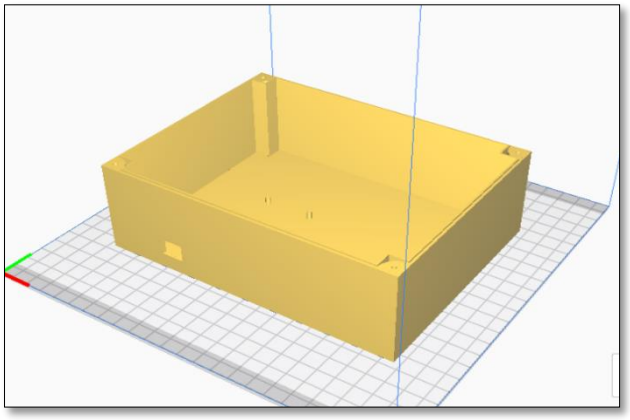


Ilustración 14. Cubierta Frontal 3D

**Diseño de soporte para Carga de 50 Kg**

La ilustración 16 es un soporte para la Carga Sen-10245, el cual sirve para colocar el sensor sobre una base plana y atornillar al soporte donde se colocara el sensor y asi tener una lectura de datos más exacta.

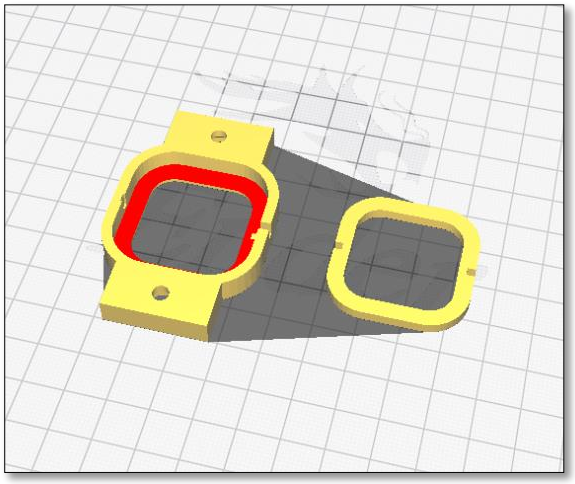


Ilustración 16. Soporte para Carga 50 Kg

Para una mayor calidad en la imagen, se recomienda visitar el siguiente link: https://drive.google.com/drive/folders/1Hcyz_sCeezhcc5zhqbWMHCLzt6PsHHCn?usp=sharing , donde se encontrarán en formato PNG y en alta calidad.

### 3.1.4 Elaboración del sistema

Después de la realización de los diseños del circuito electrónico y el gabinete, se realizaron las conexiones del circuito físico como se muestra en la ilustración 17:

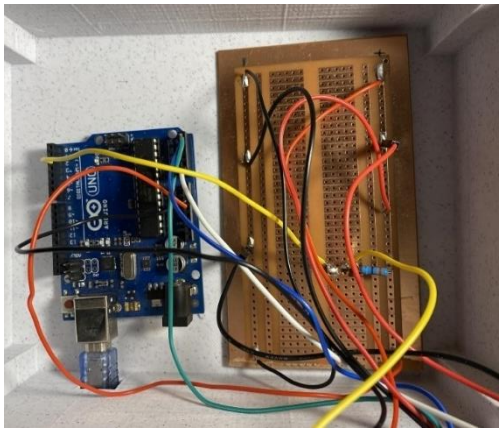


Ilustración 17. Elaboración de Circuito dentro del gabinete

Una vez que se realizó la integracion de las conexiones entre los sensores y la placa de desarrollo, se ensambló y cerró el gabinete e instalar distintos métodos para asegurar los sensores como pijas como se muestra en la ilustración 18.

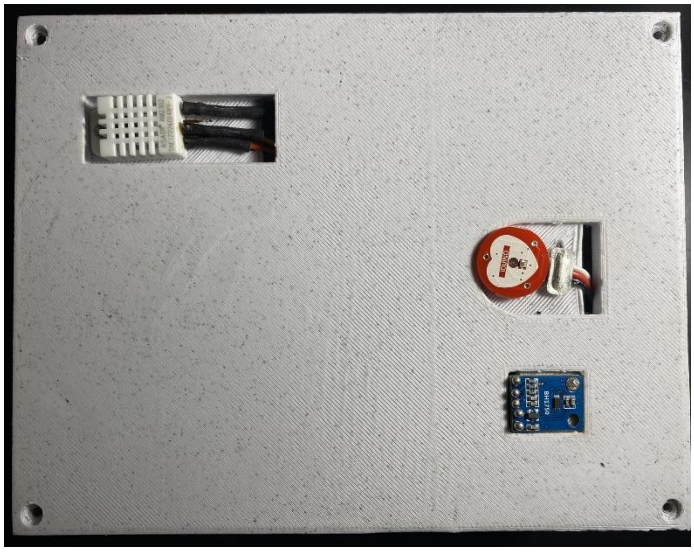


Ilustración 18. Gabinete con los sensores colocados

Para la elaboración del sensor de presión en la celda de Carga de 50 Kg y el módulo HX711, la conexión fue diseñada en la ilustración 19:

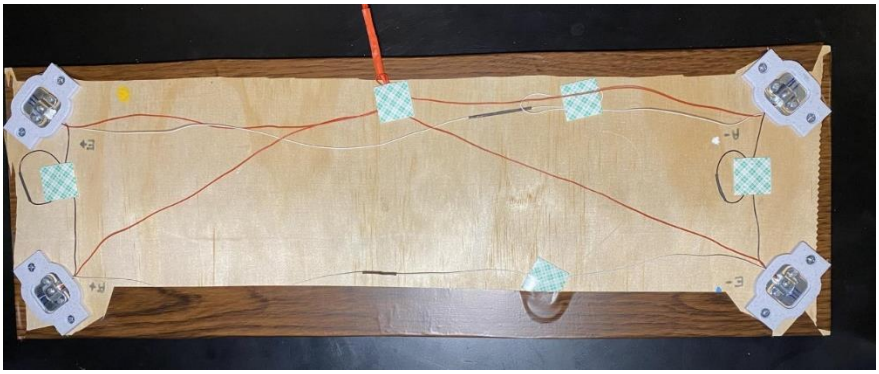


Ilustración 19. conexión de Sensor de Presión

Las celdas se colocaron sobre el soporte que se realizó en la impresora 3D, con el fin de que fueran ubicadas en cada extremo en un triplay con medidas de 8 in de largo por 24 in de ancho; estas medidas fueron tomadas con base al tamaño estándar de un teclado, las cuales son: Ancho**,**17 a 18 pulgadas;  Profundidad: 5 a 6 pulgadas, puesto que el teclado estará sobre el sensor de presión y con la salida de datos se conocerá cuanta presión ejerce el trabajador mientras está realizando sus actividades diarias.

Por último, una vez ensamblado todo el circuito y los componentes, la elaboración del sistema quedo como lo muestra la Ilustración 20:



Ilustración 20. Sistema Elaborado

La Fase 2 mostrada en la ilustración 21, en la metodología se centra en la recolección de datos emitidos por el sistema implementado. En esta fase, el sistema captura y almacena las variables ambientales y fisiológicas previamente determinadas. Posteriormente, se analiza cómo será la implementación del sistema en el área.

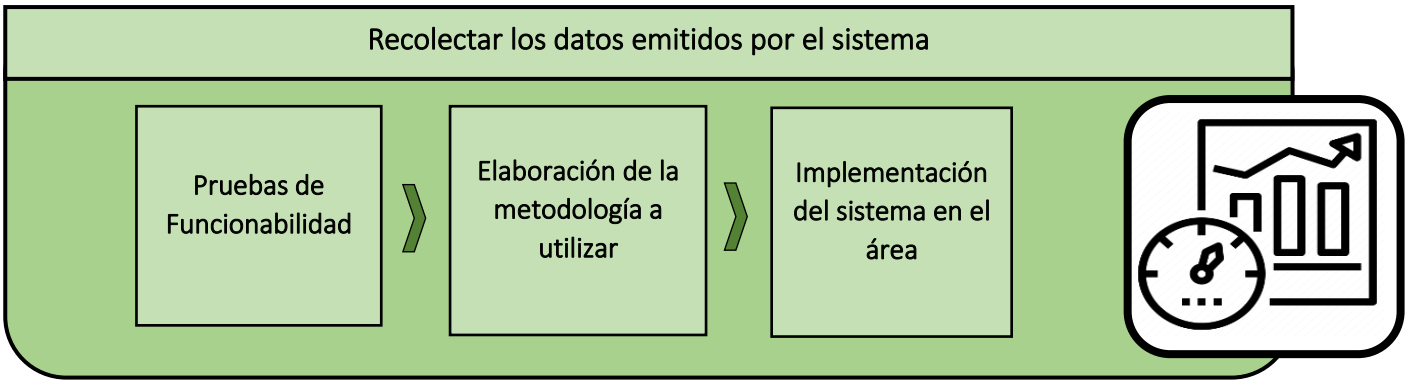



Ilustración 21. Fase 2

### 3.2.1 Pruebas de Funcionalidad

Las pruebas de funcionalidad fueron llevadas a cabo con el fin de validar el rendimiento y la precisión del sistema de adquisición de datos, asegurando que los sensores y el sistema de almacenamiento de datos funcionarán conforme a los requisitos establecidos. Estas pruebas confirmaron la capacidad del sistema para almacenarlo que el usuario reporta en condiciones laborales reales, proporcionando datos confiables y útiles para la investigación.

El objetivo principal de las pruebas fue garantizar que el sistema pudiera recolectar, procesar y almacenar datos ambientales y fisiológicos de manera adecuada. Se realizaron pruebas específicas para verificar tanto el funcionamiento del hardware como la eficacia del software.

## 1. Pruebas de Precisión de Sensores

Sensor de Temperatura: El sensor fue probado en un rango de temperaturas de 15°C a 35°C, con un error de ±0.5°C verificada en cámara térmica. En 75% de las mediciones, el sensor mantuvo esta precisión, cumpliendo con los estándares para monitoreo ambiental en entornos laborales. Además, las lecturas fueron consistentes a diferentes niveles de humedad, demostrando estabilidad en condiciones variables. Se utilizo un sensor de temperatura de la Marca Steren para poder analizar la precisión en el sensor DHT22, la Tabla 8 muestra, como se desarrollaron las pruebas.

| Prueba | Temperatura (Sensor de Temperatura) | Temperatura (Termómetro Wi-Fi Steren) | Diferencia |
|---|---|---|---|
| **1** | 15.2°C | 15.0°C | 0.2°C |
| **2** | 20.8°C | 21.2°C | 0.4°C |
| **3** | 25.3°C | 25.8°C | 0.5°C |
| **4** | 30.0°C | 29.6°C | 0.4°C |
| **5** | 34.7°C | 35.1°C | 0.4°C |

Tabla 8. Pruebas de Temperatura

Los rangos de error obtenidos durante las pruebas del sensor de temperatura son suficientes para los objetivos de esta investigación, ya que se encuentran dentro del margen permitido de ±0.5°C, cumpliendo con los estándares requeridos para el monitoreo ambiental en entornos laborales. La consistencia de las mediciones, incluso bajo diferentes niveles de humedad, refuerza la fiabilidad del sensor para el propósito planteado. Además, la validación realizada contra un termómetro Wi-Fi de la marca Steren confirma que las lecturas del sensor son precisas y estables, garantizando su utilidad en la recolección de datos necesarios para la detección de estrés laboral

Sensor de Humedad: El sensor de humedad fue evaluado en un entorno controlado con variaciones de 30% a 80% de humedad relativa. Las pruebas, comparadas con un Termómetro digital para interior / exterior con sensor de humedad (Higrómetro), mostraron un error de ±2%, manteniendo el error dentro del margen especificado. La estabilidad de las lecturas bajo fluctuaciones rápidas de humedad valida su capacidad para registrar condiciones en tiempo real, en la Tabla 9 se muestra como fueron las pruebas de precisión realizadas:

| Prueba | Humedad Relativa (Sensor de Humedad) | Humedad Relativa (Higrómetro Digital) | Diferencia | ¿Dentro del Error Permitido? | Condiciones Adicionales |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 30.50% | 31.00% | 0.50% | Sí | Temperatura: 22°C |
| **2** | 45.00% | 44.50% | 0.50% | Sí | Temperatura: 24°C |
| **3** | 60.30% | 59.00% | 1.30% | Sí | Temperatura: 25°C |
| **4** | 75.80% | 76.50% | 0.70% | Sí | Temperatura: 23°C |
| **5** | 79.50% | 80.00% | 0.50% | Sí | Temperatura: 21°C |

Tabla 9. Pruebas de Humedad

Este análisis demuestra que el sensor mantiene su precisión y estabilidad bajo las condiciones evaluadas, validando su uso en el sistema de monitoreo propuesto.

Medidor de Intensidad Lumínica: El sensor de intensidad lumínica fue calibrado en entornos con niveles de luz de 100 a 1,000 lux, con una precisión de ±5 lux. Las pruebas se llevaron a cabo en una cámara oscura y en áreas de luz artificial intensa, donde el sensor respondió eficazmente a los cambios de luz, asegurando una medición fiable de condiciones de iluminación en el espacio de trabajo, se utilizó un luxómetro que fue proporcionado por una empresa de calibración, en la siguiente Tabla 10. se desarrollan las pruebas para la medición de la intensidad lumínica.

| Prueba | Intensidad Lumínica (Sensor) | Intensidad Lumínica (Luxómetro de Referencia) | Diferencia | ¿Dentro del Error Permitido? |
|---|---|---|---|---|
| **1** | 105 lux | 103 lux | 2 lux | Sí |
| **2** | 250 lux | 253 lux | 3 lux | Sí |
| **3** | 500 lux | 496 lux | 4 lux | Sí |
| **4** | 750 lux | 745 lux | 5 lux | Sí |
| **5** | 980 lux | 985 lux | 5 lux | Sí |

Tabla 10. Mediciones de Intensidad Lumínica

Los rangos de error obtenidos en las pruebas del medidor de intensidad lumínica son adecuados para los objetivos de esta investigación, ya que el margen de ±5 lux garantiza la precisión necesaria para el monitoreo de condiciones de iluminación en entornos laborales. Las pruebas realizadas en diferentes niveles de luz, desde 100 hasta 1,000 lux, confirmaron que el sensor responde de manera fiable y consistente a cambios de iluminación. Además, la validación con un luxómetro calibrado refuerza la confiabilidad de las mediciones, asegurando que el sensor cumple con los estándares requeridos para este tipo de análisis. Por tanto, los resultados demuestran que el sensor es una herramienta efectiva para registrar las condiciones lumínicas relevantes para el estudio del estrés laboral.

Sensor de Presión Ejercida: Las pruebas de presión fueron realizadas en una superficie de trabajo estándar, aplicando pesos de 0.5 kg a 5 kg en incrementos de 0.5 kg. Los resultados mostraron una precisión de ±0.1 kg, confirmando la sensibilidad del sensor para registrar la presión ejercida por el usuario. El sensor mostró un tiempo de respuesta rápido (menos de 1 segundo) al aplicar y retirar peso, demostrando su efectividad en captar cambios dinámicos en la postura del usuario y un 85% de precisión sobre la presión ejercida como se muestra en la Tabla 11.

| Prueba | Peso Aplicado (Referencia) | Peso Registrado (Sensor) | Diferencia | ¿Dentro del Error Permitido? | Tiempo de Respuesta |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 0.5 kg | 0.4 kg | 0.1 kg | Sí | 0.8 segundos |
| **2** | 1.0 kg | 0.9 kg | 0.1 kg | Sí | 0.9 segundos |
| **3** | 2.5 kg | 2.4 kg | 0.1 kg | Sí | 0.7 segundos |
| **4** | 4.0 kg | 3.9 kg | 0.1 kg | Sí | 0.6 segundos |

Tabla 11. Pruebas de Precisión de Peso.

Los rangos de error obtenidos durante las pruebas del sensor de presión ejercida son adecuados para los objetivos de esta investigación. Con un margen de error de ±0.1 kg y un tiempo de respuesta inferior a 1 segundo, el sensor demuestra la precisión y sensibilidad necesarias para registrar cambios dinámicos en la presión ejercida por el usuario. Esto permite un monitoreo efectivo de las interacciones del usuario con la superficie de trabajo,

un factor clave para correlacionar la presión ejercida con los niveles de estrés laboral. Además, su capacidad para mantener un 85% de precisión bajo diversas condiciones refuerza su fiabilidad como herramienta en el sistema de monitoreo propuesto.

Estos resultados demuestran que cada sensor cumple con los niveles de precisión y respuesta necesarios para un monitoreo adecuado en el entorno laboral. Además, validan que el prototipo es válido para el monitoreo de las variables de investigación para su uso en la detección y registro de condiciones ambientales y fisiológicas con alta fiabilidad.

**2. Pruebas de Integración de Datos**

Validación de Transmisión y Almacenamiento: Durante la fase de validación, se llevaron a cabo un total de 10 pruebas para verificar la correcta transmisión y almacenamiento de los datos recolectados por los sensores en la aplicación Excel. Estas pruebas fueron realizadas en diferentes condiciones de operación, utilizando diversos sensores (temperatura, humedad y presión) para evaluar la consistencia y fiabilidad del sistema. En cada prueba, se monitorearon tanto el flujo de datos desde los sensores hacia el sistema de almacenamiento como la capacidad del sistema para manejar las lecturas de manera continua y precisa.

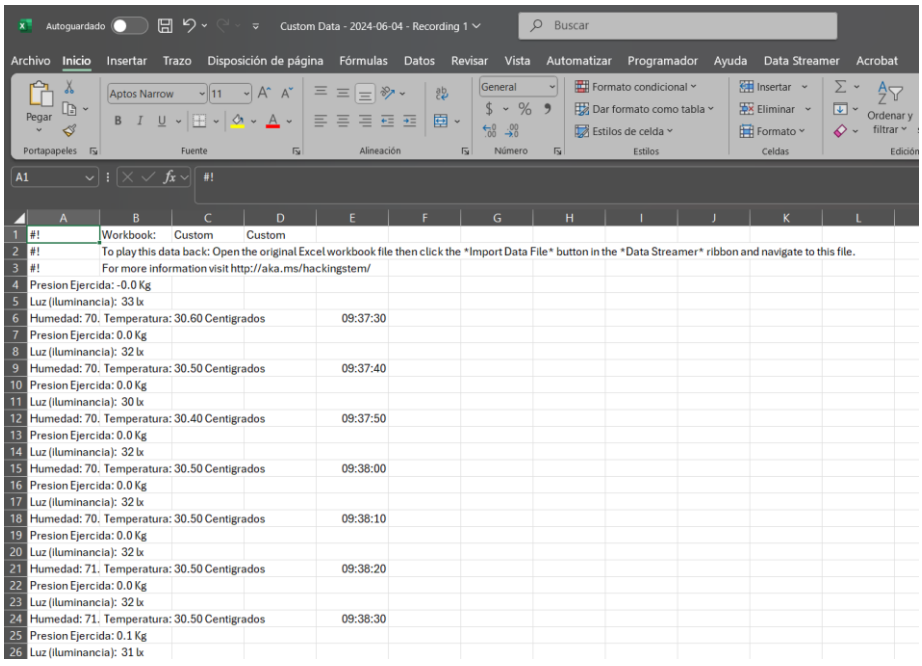
En cada ciclo de prueba, se registraron datos de los sensores a intervalos regulares de 10 segundos, generando un volumen significativo de información en un período de 5 minutos por prueba. Para garantizar que todos los datos se transmitieran y almacenaran correctamente, se verificó que la información generada por los sensores fuera recibida en tiempo real sin pérdidas de datos ni retrasos significativos en la transmisión. Además, se llevaron a cabo verificaciones exhaustivas comparando las lecturas de los sensores con los datos almacenados en Excel para confirmar que los valores se transmitieron de forma precisa y sin alteraciones.

El sistema utilizado para almacenar y visualizar los datos en Excel es semiautomático. En este proceso, los datos generados por los sensores son transmitidos a una hoja de cálculo en Excel mediante un sistema de adquisición de datos que utiliza un script o software de interfaz para integrar los valores de cada sensor. Cada tipo de sensor (por ejemplo, temperatura, humedad, presión) tiene un conjunto de celdas dedicadas dentro de la hoja

de cálculo, que se llenan automáticamente con las lecturas correspondientes de cada sensor en los intervalos establecidos.

El proceso de recolección de datos fue automatizado para registrar las mediciones a intervalos de 10 segundos, de manera que cada vez que el sensor detectaba un cambio significativo en las condiciones, los datos eran automáticamente enviados y registrados en Excel. Este procedimiento permitió no solo monitorear las condiciones de los sensores en tiempo real, sino también mantener una base de datos estructurada y organizada, que facilitó su análisis posterior. Durante cada prueba, se generaron más de 30 lecturas por sensor en un período de 5 minutos, lo que proporcionó una muestra representativa para evaluar la precisión y fiabilidad del sistema en condiciones reales.

Finalmente, las evidencias de las pruebas incluyen capturas de pantalla de las hojas de Excel con las lecturas de los sensores como se muestra en la ilustración 22 , los cuales fueron archivados para futuras revisiones y validaciones, asegurando la transparencia y la calidad de los resultados obtenidos en la investigación



| | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | #! | Workbook: | Custom | Custom | |
| 2 | #! | To play this data back: Open the original Excel workbook file then click the *Import Data File* button in the *Data Streamer* ribbon and navigate to this file. | | | |
| 3 | #! | For more information visit http://aka.ms/hackingstem/ | | | |
| 4 | Presion Ejercida: -0.0 Kg | | | | |
| 5 | Luz (iluminancia): 33 lx | | | | |
| 6 | Humedad: 70. Temperatura: 30.60 Centigrados | | | | 09:37:30 |
| 7 | Presion Ejercida: 0.0 Kg | | | | |
| 8 | Luz (iluminancia): 32 lx | | | | |
| 9 | Humedad: 70. Temperatura: 30.50 Centigrados | | | | 09:37:40 |
| 10 | Presion Ejercida: 0.0 Kg | | | | |
| 11 | Luz (iluminancia): 30 lx | | | | |
| 12 | Humedad: 70. Temperatura: 30.40 Centigrados | | | | 09:37:50 |
| 13 | Presion Ejercida: 0.0 Kg | | | | |
| 14 | Luz (iluminancia): 32 lx | | | | |
| 15 | Humedad: 70. Temperatura: 30.50 Centigrados | | | | 09:38:00 |
| 16 | Presion Ejercida: 0.0 Kg | | | | |
| 17 | Luz (iluminancia): 32 lx | | | | |
| 18 | Humedad: 70. Temperatura: 30.50 Centigrados | | | | 09:38:10 |
| 19 | Presion Ejercida: 0.0 Kg | | | | |
| 20 | Luz (iluminancia): 32 lx | | | | |
| 21 | Humedad: 71. Temperatura: 30.50 Centigrados | | | | 09:38:20 |
| 22 | Presion Ejercida: 0.0 Kg | | | | |
| 23 | Luz (iluminancia): 32 lx | | | | |
| 24 | Humedad: 71. Temperatura: 30.50 Centigrados | | | | 09:38:30 |
| 25 | Presion Ejercida: 0.1 Kg | | | | |
| 26 | Luz (iluminancia): 31 lx | | | | |

Ilustración 22. Datos Impresos

### 3. Pruebas de Robustez y Fiabilidad

Durante la validación de robustez y fiabilidad del sistema, se realizaron pruebas exhaustivas para garantizar su funcionamiento continuo, precisión y resistencia frente a diversas condiciones ambientales y operativas. El sistema fue sometido a operaciones ininterrumpidas durante 48 horas consecutivas en cuatro computadoras diferentes, evaluando su estabilidad y rendimiento en escenarios que simulan condiciones reales de trabajo. En estas pruebas, se monitorearon todos los componentes electrónicos y las funcionalidades del sistema, incluidas la transmisión de datos desde los sensores, el almacenamiento en la base de datos y la estabilidad de las lecturas generadas. Los resultados demostraron que el sistema se mantuvo completamente operativo, sin interrupciones ni fallos en sus mediciones, y con un rendimiento consistente en todos los equipos utilizados.

Adicionalmente, se implementaron pruebas específicas para evaluar su desempeño frente a variaciones ambientales y potenciales interferencias. Estas pruebas incluyeron simulaciones de cambios bruscos de temperatura en un rango controlado de 15°C a 35°C, realizados utilizando cámaras térmicas que alteraban la temperatura de manera escalonada cada cinco minutos. En estas pruebas, el sistema demostró mantener la precisión de las lecturas dentro de los márgenes de error establecidos y no presentó alteraciones en la calidad de los datos transmitidos, evidenciando su capacidad para operar de manera confiable en entornos laborales con condiciones variables.

Durante estas evaluaciones, los datos generados por los sensores se registraron y almacenaron de manera continua en hojas de cálculo de Excel a intervalos regulares de 10 segundos. El sistema, diseñado para recolectar datos de forma semi-automática, utilizó un software de interfaz que organizó las lecturas automáticamente en celdas dedicadas para cada tipo de sensor, asegurando un registro eficiente y sin intervención manual. La capacidad del sistema para manejar un flujo continuo de datos sin pérdidas ni errores en el almacenamiento fue verificada mediante comparaciones manuales entre las lecturas originales de los sensores y los valores registrados en la base de datos. Durante cada ciclo de prueba, se generaron más de 17,000 registros por sensor, proporcionando una base sólida para analizar su desempeño.

Los resultados obtenidos no solo validaron la robustez y fiabilidad del sistema, sino que también permitieron realizar ajustes finales en los sensores y el sistema de almacenamiento, optimizando su desempeño en términos de precisión, velocidad de respuesta y capacidad de manejo de datos. Estas modificaciones aseguran que el sistema sea capaz de detectar niveles de estrés de manera confiable, registrando y analizando datos ambientales y fisiológicos sin interferencias o errores, incluso bajo condiciones extremas.

Finalmente, las pruebas realizadas respaldan la implementación futura del sistema en entornos laborales reales, donde su capacidad para operar de manera continua, adaptarse a distintas condiciones ambientales y evitar interrupciones en la transmisión y almacenamiento de datos contribuirá significativamente al monitoreo y análisis del estrés laboral.

### 3.2.2 Elaboración de la metodología a utilizar

Para el desarrollo del sistema de adquisición de datos orientado a la detección temprana del estrés laboral, se diseñó una metodología enfocada en crear un ambiente real y adecuado para la recopilación de datos, que permita capturar de manera precisa los niveles de estrés en los participantes. La metodología integra tanto la selección cuidadosa de los espacios físicos donde se realizan las pruebas como la implementación de una encuesta estructurada que mide los niveles de estrés y ansiedad de los participantes en intervalos regulares. A continuación, se detallan los aspectos clave de esta metodología.

- **Selección del entorno de prueba**

El primer paso en la metodología fue la selección de los espacios físicos donde se llevarían a cabo las pruebas. Para asegurar que las condiciones ambientales influyan en los resultados, se eligieron laboratorios y oficinas que presentan un ambiente real. Los espacios seleccionados cumplen con criterios como temperatura, humedad y niveles de ruido variados, lo que tiende a marcar las fluctuaciones que podrían demostrar las

mediciones de estrés. Estas condiciones son esenciales, ya que el estrés puede ser sensible a variaciones ambientales.

Además, las oficinas y laboratorios elegidos para el estudio tienen un ambiente ergonómico, con mobiliario adecuado y disposición del espacio que permita a los participantes realizar sus actividades de manera cómoda. La ergonomía del espacio de trabajo es un aspecto importante, ya que una mala postura o incomodidad prolongada también puede contribuir a la percepción de estrés. La elección de estos entornos permite que el foco de las pruebas sea el entorno laboral y las actividades de los participantes, en lugar de condiciones externas.

**Diseño de Auto reporte de estrés y ansiedad**

Como parte de la metodología, se diseñó un auto reporte estructurado que mide los niveles de estrés y ansiedad en los participantes cada dos horas. Este se aplica de manera periódica para capturar el estado emocional de los participantes durante su jornada laboral, permitiendo obtener una perspectiva continua de cómo varían sus niveles de estrés y ansiedad a lo largo del día. Consta de tres secciones principales:

1. Medición de Estrés: La primera sección del auto reporte se centra en el nivel de estrés percibido. Se presentan cinco opciones que describen distintos niveles de estrés, desde "Sin estrés" hasta "Extremadamente estresado". Cada nivel representa una gradación en la percepción de estrés del participante, que puede ser influenciado tanto por el ambiente de trabajo como por las actividades realizadas. La inclusión de estas opciones permite captar una variedad de respuestas, reflejando cómo cada participante experimenta y responde al estrés en diferentes momentos del día.

2. Medición de Ansiedad: La segunda sección está diseñada para medir el nivel de ansiedad percibido, utilizando una escala similar a la de estrés, que va de "Sin ansiedad" a "Extremadamente ansioso". Aunque estrés y ansiedad están relacionados, esta segunda medida permite identificar los momentos en que el participante experimenta una respuesta emocional específica que puede o no estar

vinculada al estrés laboral. La ansiedad puede surgir en respuesta a situaciones o pensamientos específicos y podría no estar directamente relacionada con el ambiente de trabajo, por lo que incluir esta dimensión permite un análisis más detallado del estado emocional general del participante.

3. Tipo de Actividad Realizada: En la tercera sección, se pregunta al participante sobre el tipo de actividad que realizó en la última hora, con opciones que incluyen "Trabajo" y "Personal". Este elemento permite distinguir entre los efectos del trabajo y otras actividades en los niveles de estrés y ansiedad.

Es importante considerar que ciertas actividades laborales pueden inducir mayores niveles de estrés en comparación con actividades personales o de descanso. Esta distinción es útil para analizar cómo las demandas laborales específicas afectan los niveles de estrés, diferenciando entre el impacto de las actividades laborales y personales en la experiencia emocional del participante, en la ilustración 23 se muestra el auto reporte que se implementó.

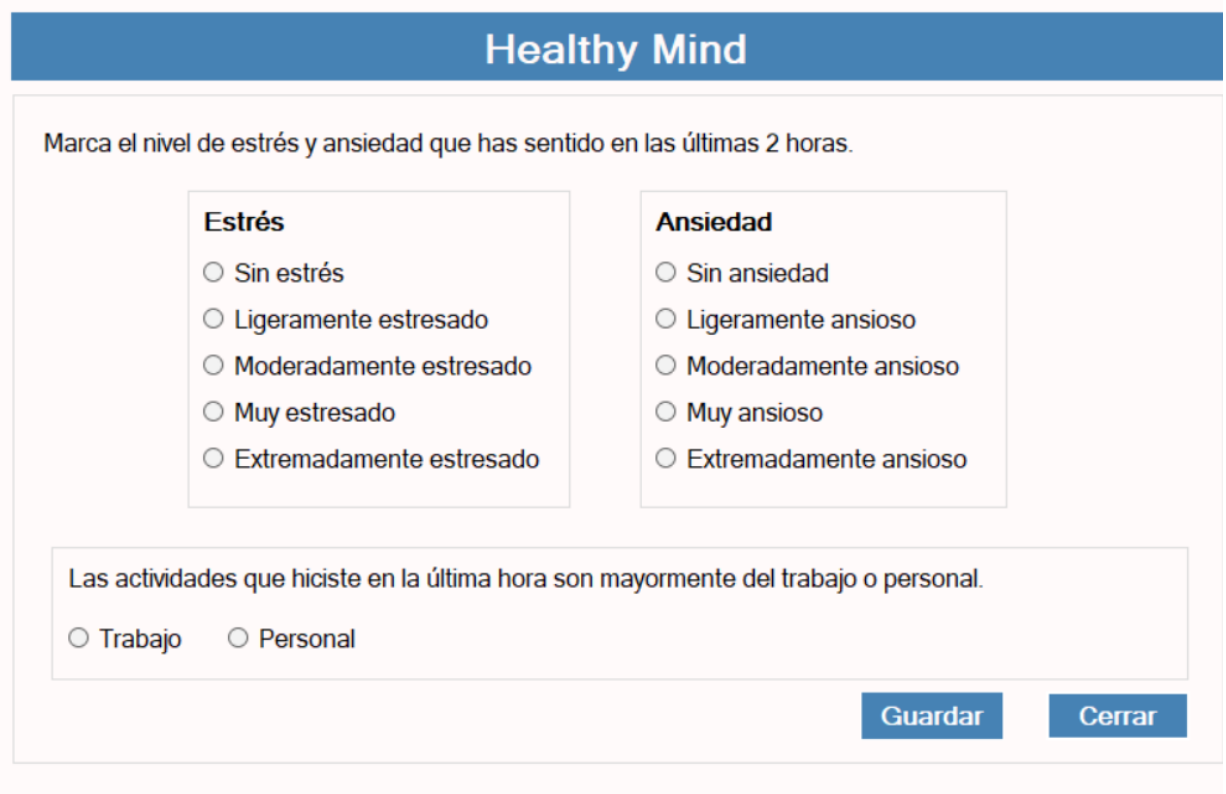



Ilustración 23. Auto Reporte de Estrés y Ansiedad

**Frecuencia del Auto Reporte y recopilación de datos**

El Auto Reporte está diseñado para aplicarse cada dos horas durante la jornada laboral. Este intervalo de tiempo permite una captura periódica y continua de los datos emocionales del participante, sin ser tan frecuente que resulte invasiva o cause fatiga en el proceso de autoevaluación. La periodicidad es clave para detectar patrones en los niveles de estrés y ansiedad en relación con las diferentes horas del día, el tipo de actividades realizadas y otros factores que podrían variar con el tiempo.

Los datos recopilados del auto reporte se combinan con los datos ambientales que mide el sistema de adquisición de datos. Esta combinación permite correlacionar las respuestas subjetivas de los participantes con mediciones objetivas de sus niveles de estrés. La comparación entre los datos de la encuesta y los datos fisiológicos facilita una comprensión más profunda de cómo las personas experimentan el estrés a nivel emocional y fisiológico, proporcionando una evaluación integral del estado de salud mental en el contexto laboral.

El diseño de esta metodología tiene como objetivo crear un proceso de evaluación exhaustivo y no invasivo que facilite la detección temprana de factores de estrés en el trabajo. La combinación de encuestas subjetivas y datos ambientales permite captar tanto la percepción consciente del participante como las respuestas automáticas de su cuerpo al estrés, logrando así una evaluación completa y fiable.

Esta metodología no sólo permite identificar niveles de estrés en tiempo real, sino que también facilita el análisis de tendencias y patrones en los datos recogidos. Este enfoque metodológico contribuye a una mejor comprensión de los factores que desencadenan el estrés y la ansiedad en el trabajo, y proporciona una herramienta útil para el desarrollo de intervenciones que promuevan un ambiente laboral saludable y productivo.

### 3.2.3 Implementación del sistema en el área

El sistema de adquisición de datos se implementó en dos laboratorios para la recolección de datos. Estos laboratorios fueron seleccionados no sólo por cumplir con las condiciones ambientales reales, sino también por permitir el acceso y participación de personal con características específicas que se ajustaran a los objetivos de la investigación. A continuación, se describe en detalle cada aspecto de la implementación.

**Selección de lugares de prueba y participantes**

El primer paso en la implementación fue identificar y seleccionar dos lugares que contaran con las condiciones óptimas para la recopilación de datos sin interferencias externas. La elección de estos lugares de prueba fue estratégica, ya que permitían la recolección de las variables de estudio , elementos que pueden influir en la percepción de estrés de los participantes.

Además de la selección de los lugares de prueba, se establecieron criterios específicos para seleccionar a los participantes. Se buscó personal que realizara actividades de tipo administrativo o de oficina, lo cual implica que el trabajo principal de los participantes se realiza en un entorno de escritorio y utilizando una computadora. Un requisito importante para su participación era que tuvieran acceso a equipos con sistema operativo Windows, ya que el software de recolección de datos y las herramientas utilizadas para la medición de variables fisiológicas y ambientales estaban diseñados y optimizados para funcionar en esta plataforma. Este detalle permitió uniformidad en el uso de las herramientas, facilitando la recolección y análisis de datos de manera consistente entre todos los participantes.

Asimismo, se consideró fundamental que los participantes se sintieran cómodos y dispuestos a participar en el estudio. La comodidad en el puesto de trabajo es un factor que influye en el bienestar general y, por lo tanto, en los niveles de estrés. Por lo tanto, los participantes que manifestaron disposición para colaborar fueron aquellos que además contaban con un espacio ergonómico y adecuado para sus actividades diarias, asegurando que el entorno físico en el que trabajaban no añadiera factores de incomodidad que pudieran influir en los datos de estrés.

### Proceso de consentimiento informado y encuesta inicial

Antes de iniciar el proceso de recolección de datos, a cada participante se le presentó un consentimiento informado que explicaba en detalle los objetivos del proyecto, la naturaleza de los datos que serían recolectados y el uso que se les daría a dichos datos. Este documento también aclaraba los derechos de los participantes, incluyendo su libertad de retirarse del estudio en cualquier momento sin consecuencias negativas. Este paso fue crucial para cumplir con los principios éticos de la investigación y para asegurar que los participantes entendieran plenamente el propósito del estudio y su rol en él.

Aparte del consentimiento informado, se aplicó una encuesta inicial de estrés percibido, a cada participante antes de comenzar con la recolección de datos. Esta encuesta tenía como objetivo establecer una línea base de los niveles de estrés que los participantes experimentaban en su trabajo antes de la implementación del sistema. La encuesta se seleccionó para medir el estrés percibido de manera subjetiva, considerando factores como la carga de trabajo, el nivel de concentración necesario y la percepción de control sobre sus tareas diarias. Esto permitió identificar si los participantes ya experimentaban algún nivel de estrés al inicio, lo cual es relevante para interpretar los datos de estrés recogidos durante el estudio.

La encuesta inicial también sirvió para preparar a los participantes sobre el tipo de autoevaluación que se les solicitaría realizar cada dos horas durante el estudio, familiarizándolos con el proceso y minimizando cualquier posible incomodidad relacionada con la autoevaluación repetida. Al aplicar esta encuesta antes de comenzar con la recolección de datos, se buscaba establecer un punto de referencia para comparar la evolución del estrés a lo largo del tiempo y evaluar si el ambiente y las actividades laborales tienen un impacto acumulativo en los niveles de estrés percibidos.

### Explicación del proyecto y entrenamiento inicial

Como parte del proceso de implementación, se dedicó un tiempo específico para explicar en detalle el funcionamiento del sistema y el propósito general del proyecto a cada participante. Durante esta sesión de explicación, se discutió cómo el sistema de

adquisición de datos monitorearía variables tanto ambientales como fisiológicas y cómo se utilizarían los resultados para analizar los niveles de estrés y ansiedad en el contexto laboral. Además, se resaltó el objetivo del proyecto, que es la detección temprana del estrés laboral y la generación de información útil para promover ambientes de trabajo más saludables.

Durante esta explicación, los participantes recibieron una guía paso a paso sobre cómo responder a las encuestas de estrés y ansiedad que recibirían cada dos horas. Se les mostró el formato del auto reporte  y se les explicó cómo seleccionar sus respuestas de manera adecuada. También se les dio la oportunidad de plantear cualquier duda o inquietud que tuvieran sobre el proceso de recolección de datos, lo cual ayudó a asegurar que comprendieran su rol y se sintieran cómodos con las actividades de autoevaluación requeridas.

Este entrenamiento inicial fue fundamental para garantizar que todos los participantes utilizaran el sistema de manera uniforme y que las respuestas recogidas fueran consistentes. Asimismo, se abordaron aspectos técnicos, como la correcta utilización del software en Windows y la manera en que debían responder las encuestas sin interrumpir sus actividades laborales normales. Este entrenamiento fue clave para minimizar errores en la recolección de datos y asegurar que los resultados obtenidos reflejaran fielmente los niveles de estrés y ansiedad de los participantes en su ambiente laboral habitual.

**Recopilación de datos y monitoreo continuo**

Una vez completados el consentimiento informado, la encuesta inicial y el entrenamiento, se inició la fase de recolección de datos en los dos laboratorios seleccionados. Cada participante, en su puesto de trabajo, comenzó a ser monitoreado mediante el sistema de adquisición de datos que recolectaba tanto información ambiental (como temperatura, humedad y nivel de ruido) como datos fisiológicos (presión ejercida). La combinación de estos datos permite obtener una visión completa y en tiempo real del estado de estrés de los participantes.

Durante la jornada laboral, cada dos horas los participantes recibían un auto reporte en la cual debían reportar sus niveles de estrés y ansiedad percibidos en ese momento.

El sistema de adquisición de datos para la detección temprana del estrés laboral fue implementado inicialmente con cuatro participantes cuyas edades se encuentran entre los 20 y los 35 años. Este rango de edad fue seleccionado para incluir a trabajadores en diferentes etapas tempranas de su carrera profesional, lo cual permite analizar cómo el estrés laboral afecta a individuos que podrían enfrentar diversos desafíos, desde la adaptación al ambiente de trabajo hasta el manejo de mayores responsabilidades a medida que avanzan en sus roles. A cada participante se le aplicó el mismo protocolo de implementación, incluyendo el consentimiento informado, la encuesta inicial de estrés percibido, el entrenamiento en el uso del sistema y el monitoreo continuo en un entorno controlado. Esta selección de participantes proporciona una base valiosa para estudiar el impacto del entorno laboral y la carga de trabajo en jóvenes adultos que, en muchos casos, están en etapas de consolidación de sus habilidades y adaptabilidad en el ámbito profesional. La ilustración 24 muestra los sistemas implementados en los lugares de prueba.

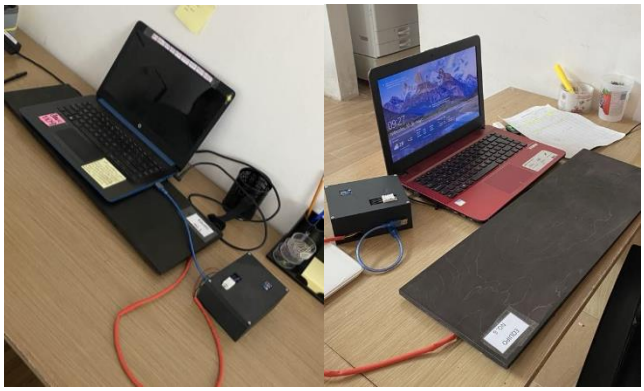


Ilustración 24. Sistemas implementados en el área

Tras la instalación de los sistemas de monitoreo en los lugares de prueba, se procedió a la recopilación de datos relacionados con las variables ambientales y las respuestas auto reportadas de estrés de los trabajadores. En esta etapa del estudio, se busca profundizar en el análisis de los datos obtenidos mediante dos actividades principales. Primero, se analizarán las variables de respuesta, incluyendo el nivel de estrés y las condiciones ambientales, así como las acciones observadas en los trabajadores durante su jornada, con el objetivo de identificar patrones relevantes.

Posteriormente, se determinarán las correlaciones entre las variables medidas y los niveles de estrés, evaluando cómo las condiciones ambientales y las acciones de los trabajadores influyen en los resultados reportados. Este enfoque permitirá una comprensión más detallada de las interacciones entre los factores estudiados y su relación con el estrés laboral. La fase 3 se muestra en la Ilustración 25.

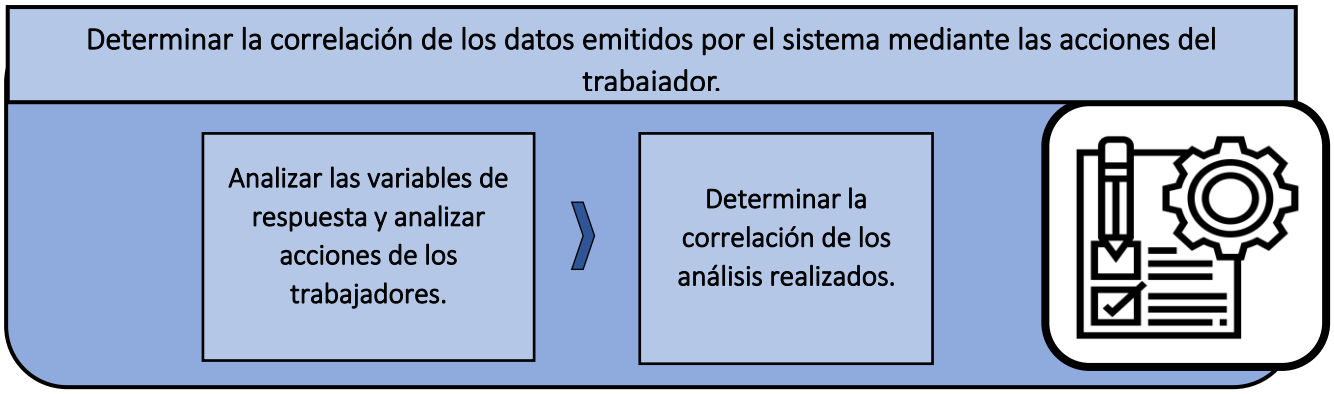



Ilustración 25. Fase 3

### 3.3.1 Analizar las variables de respuesta y analizar las acciones de los trabajadores

**Configuración del sistema y metodología**

En esta etapa del proyecto, se realizó un análisis detallado de las variables de respuesta obtenidas mediante el sistema de adquisición de datos y los autoreportes de los trabajadores. El estudio se llevó a cabo en un laboratorio ambiental, donde participaron cuatro usuarios que fueron monitoreados durante diferentes periodos. El propósito principal fue identificar patrones en los niveles de estrés reportados y su relación con las condiciones ambientales y las acciones realizadas durante las actividades laborales.

Para la recopilación de datos:

Variables ambientales monitoreadas:

- Iluminación (lux)
- Humedad (%)
- Temperatura (°C)
- Presión ejercida (Kg)

- **Auto reportes de estrés y ansiedad:** Los participantes calificaron su estrés y ansiedad en una escala del 1 al 5, en intervalos regulares de 2 horas a lo largo del día.

- **Diferenciación de actividades:** Se registraron datos de tareas relacionadas con el trabajo activo y tiempo personal para evaluar diferencias en las respuestas.

### 3.3.2 Determinar la correlación de los análisis realizados

Se llevó a cabo un análisis detallado para identificar la relación entre las variables ambientales y los niveles de estrés reportados por los trabajadores. Este análisis permitió establecer patrones claros sobre cómo las condiciones del entorno laboral impactan en el bienestar psicológico de los usuarios. Las correlaciones se calcularon considerando las mediciones de iluminación, temperatura, humedad y presión ejercida, junto con los niveles de estrés obtenidos a través de los auto reportes. Los resultados obtenidos ofrecen una visión integral que permitirá fundamentar propuestas de mejora en las condiciones del ambiente laboral

La correlación de Spearman fue seleccionada como el método estadístico ideal para este análisis debido a la naturaleza de los datos. Por un lado, los niveles de estrés y ansiedad corresponden a variables ordinales, ya que fueron registrados en una escala del 1 al 5. Aunque estas mediciones tienen un orden, no se puede garantizar que las diferencias entre los niveles consecutivos sean equidistantes, lo que hace que un enfoque paramétrico como Pearson no sea adecuado. Por otro lado, las variables ambientales son continuas, pero sus relaciones con el estrés pueden no ser lineales, lo que refuerza la necesidad de un enfoque no paramétrico que permita capturar tendencias más complejas.

El uso de la correlación de Spearman demostró ser altamente efectivo para identificar relaciones monotónicas entre las variables. Este método permitió evaluar si, al aumentar o disminuir una variable independiente, las variables de respuesta seguían una tendencia consistente. Por ejemplo, se identificó que los niveles de estrés tendían a aumentar con la temperatura en un rango determinado, pero más allá de ciertos

valores críticos, la relación se estabilizaba. Este tipo de comportamiento no lineal habría sido difícil de detectar con otros métodos.

Además, Spearman permitió manejar de forma robusta los valores atípicos presentes en los datos. Durante el análisis, se encontraron registros excepcionales, como días con temperaturas o niveles de iluminación inusualmente altos, así como situaciones en las que los trabajadores reportaron estrés extremo por razones particulares.

Al trabajar con rangos en lugar de valores brutos, Spearman minimizó la influencia de estos casos atípicos, asegurando que los resultados reflejaran las tendencias generales y no se vieran sesgados por eventos aislados.

# CAPITULO IV RESULTADOS

El presente capítulo expone y analiza los resultados obtenidos durante la implementación del sistema de adquisición de datos diseñado para la detección del estrés laboral, el cual considera distintos factores. Este sistema fue desarrollado con el propósito de identificar patrones y correlaciones significativas entre las variables estudiadas, permitiendo así un acercamiento más integral al fenómeno del estrés en contextos laborales.

En primer lugar, se presentan los datos recopilados, organizados y depurados, correspondientes a los diferentes sensores y dispositivos utilizados. A continuación, se realizan análisis descriptivos y exploratorios que permiten obtener una visión general de las tendencias observadas en las variables estudiadas, tales como nivel de estrés, condiciones ambientales (iluminación, temperatura y humedad) y parámetros fisiológicos (por ejemplo, presión ejercida).

Posteriormente, se incluyen análisis estadísticos detallados que exploran la relación entre el nivel de estrés y las variables consideradas, utilizando coeficientes de correlación y otros indicadores pertinentes. Estos análisis buscan no solo identificar correlaciones significativas, sino también determinar la magnitud y dirección de las relaciones observadas, permitiendo así establecer hipótesis fundamentadas sobre la interacción entre el ambiente laboral y la respuesta fisiológica de los individuos.

## Análisis de los usuarios

**Usuario 1:**

**Días de prueba:** Participó durante **20 días**.

**Patrones observados:** Niveles de estrés moderados a altos, generalmente entre 3 y 4. La ansiedad presentó un comportamiento paralelo, con valores que oscilaron entre 3 y 4, tal como se muestra en la Tabla 12.

| No. Dia | Fecha | Estrés | Ansiedad | Trabajo | Personal | Promedio de iluminación | Promedio de Humedad | Promedio de Temperatura | Presión Ejercida |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 22/08/2024 15:35 | 3 | 3 | 1 | 0 | 221.581 | 55.753 | 31.103 | 0.606 |
| 2 | 23/08/2024 10:09 | 3 | 1 | 0 | 0 | 219.354 | 54.165 | 31.365 | 1.104 |
| | 23/08/2024 12:09 | 4 | 4 | 1 | 0 | 218.963 | 53.272 | 30.864 | 1.119 |
| | 23/08/2024 14:11 | 4 | 3 | 1 | 0 | 221.675 | 51.949 | 30.629 | 0.983 |
| 3 | 26/08/2024 12:11 | 2 | 2 | 1 | 0 | 223.289 | 50.304 | 30.588 | 0.347 |
| | 26/08/2024 14:12 | 1 | 2 | 0 | 1 | 223.789 | 55.269 | 31.465 | 1.012 |
| 4 | 27/08/2024 14:22 | 2 | - | 1 | 0 | 222.335 | 50.199 | 31.123 | 0.678 |
| 5 | 28/08/2024 12:19 | 1 | 1 | 1 | 0 | 223.457 | 54.565 | 30.612 | 0.988 |
| | 28/08/2024 14:20 | 1 | 1 | 1 | 0 | 222.668 | 52.348 | 31.377 | 1.057 |
| 6 | 29/08/2024 10:11 | 1 | 1 | 0 | 0 | 221.223 | 54.325 | 30.877 | 0.746 |
| | 29/08/2024 12:13 | 2 | - | 1 | 0 | 222.789 | 50.123 | 31.235 | 1.098 |
| | 29/08/2024 14:14 | 3 | - | 1 | 0 | 222.223 | 54.346 | 30.659 | 0.890 |
| 7 | 30/08/2024 10:18 | 1 | 1 | 1 | 0 | 221.568 | 51.654 | 30.765 | 1.101 |
| | 30/08/2024 12:18 | 1 | 1 | 1 | 0 | 221.890 | 55.873 | 31.383 | 0.679 |
| | 30/08/2024 14:22 | 2 | | 1 | 0 | 221.789 | 50.988 | 30.654 | 1.089 |
| 8 | 02/09/2024 10:29 | 1 | 1 | 1 | 0 | 223.901 | 51.981 | 30.988 | 0.612 |
| | 02/09/2024 12:29 | 1 | 1 | 1 | 0 | 222.890 | 53.763 | 30.601 | 1.110 |
| | 02/09/2024 14:29 | 2 | - | 1 | 0 | 223.679 | 54.059 | 31.323 | 0.877 |
| 9 | 03/09/2024 10:13 | 2 | - | 1 | 0 | 221.335 | 52.674 | 30.457 | 0.912 |
| | 03/09/2024 12:17 | 1 | - | 1 | 0 | 222.001 | 54.457 | 31.346 | 1.054 |
| | 03/09/2024 14:18 | 1 | - | 1 | 0 | 223.012 | 54.110 | 30.630 | 0.999 |
| 10 | 04/09/2024 10:22 | 1 | - | 0 | 0 | 221.890 | 53.346 | 31.877 | 1.068 |
| | 04/09/2024 12:39 | 2 | 2 | 1 | 0 | 222.112 | 50.568 | 30.235 | 0.789 |
| | 04/09/2024 14:41 | 1 | - | 1 | 0 | 223.123 | 54.568 | 31.349 | 1.112 |
| 11 | 05/09/2024 10:26 | 2 | - | 1 | 0 | 221.446 | 51.927 | 30.123 | 0.654 |
| | 05/09/2024 12:28 | 2 | - | 1 | 0 | 222.789 | 53.235 | 30.637 | 1.079 |
| | 05/09/2024 14:28 | 1 | 1 | 1 | 0 | 222.679 | 55.432 | 31.654 | 0.877 |
| 12 | 06/09/2024 10:40 | 3 | - | 1 | 0 | 222.901 | 54.152 | 31.380 | 0.988 |
| | 06/09/2024 12:40 | 4 | - | 0 | 0 | 221.668 | 51.235 | 30.568 | 1.035 |
| | 06/09/2024 14:40 | 1 | - | 1 | 0 | 221.235 | 50.457 | 31.568 | 0.990 |
| 13 | 09/09/2024 10:26 | 1 | 1 | 1 | 0 | 223.890 | 54.183 | 30.643 | 0.900 |
| | 09/09/2024 12:33 | 3 | - | 0 | 1 | 222.346 | 52.235 | 30.432 | 1.035 |
| | 09/09/2024 14:33 | 1 | - | 1 | 0 | 221.123 | 50.679 | 31.369 | 1.123 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | 11/09/2024 10:22 | 2 | - | 1 | 0 | 221.789 | 54.123 | 30.679 | 0.765 |
| 15 | 12/09/2024 10:13 | 1 | - | 1 | 0 | 223.568 | 51.966 | 31.765 | 1.088 |
| | 12/09/2024 12:15 | 1 | - | 1 | 0 | 221.901 | 51.877 | 30.662 | 0.812 |
| | 12/09/2024 14:17 | 1 | - | 0 | 0 | 223.001 | 53.988 | 30.346 | 1.100 |
| 16 | 13/09/2024 10:30 | 1 | - | 1 | 0 | 222.457 | 50.123 | 31.457 | 0.890 |
| | 13/09/2024 12:30 | 1 | 1 | 1 | 0 | 223.235 | 51.568 | 31.351 | 0.902 |
| | 13/09/2024 14:40 | 1 | - | 1 | 0 | 221.457 | 54.235 | 30.123 | 0.765 |
| 17 | 18/09/2024 10:24 | 1 | - | 1 | 0 | 221.346 | 54.082 | 31.568 | 1.043 |
| | 18/09/2024 12:24 | 2 | - | 1 | 0 | 222.557 | 53.765 | 30.620 | 0.933 |
| | 18/09/2024 14:24 | 2 | - | 1 | 0 | 221.001 | 55.123 | 30.877 | 1.065 |
| 18 | 19/09/2024 10:21 | 1 | - | 1 | 0 | 221.012 | 52.877 | 31.342 | 1.077 |
| | 19/09/2024 12:21 | 2 | - | 1 | 0 | 221.112 | 51.235 | 31.235 | 0.944 |
| | 19/09/2024 14:25 | 1 | - | 1 | 0 | 221.779 | 54.050 | 30.621 | 1.068 |
| 19 | 20/09/2024 10:25 | 1 | - | 1 | 0 | 223.012 | 54.346 | 30.765 | 1.000 |
| | 20/09/2024 12:25 | 1 | - | 0 | 0 | 221.346 | 52.568 | 31.382 | 0.889 |
| | 20/09/2024 14:25 | 1 | - | 0 | 0 | 223.679 | 52.457 | 30.988 | 0.905 |
| 20 | 24/09/2024 10:27 | 2 | - | 1 | 0 | 222.112 | 50.568 | 31.346 | 1.092 |
| | 24/09/2024 12:27 | - | - | 1 | 0 | 221.235 | 50.988 | 30.654 | 1.011 |
| | 24/09/2024 14:27 | 1 | - | 0 | 0 | 223.789 | 53.654 | 30.457 | 0.888 |

Tabla 12. Datos Usuario 1

**Observaciones clave:**

- Las actividades personales reportaron menor estrés, pero seguían en el rango de 3, lo que podría indicar un impacto ambiental generalizado.

**Usuario 2:**

**Días de prueba:** Participó durante **11 días**.

**Patrones observados:** Niveles de estrés variables, con valores entre 2 y 4, dependiendo de la carga de trabajo y las condiciones ambientales.

La ansiedad estuvo generalmente baja, con valores entre 1 y 2, tal como se muestra en la Tabla 13.

| No. Dia | Fecha | Estrés | Ansiedad | Trabajo | Personal | Promedio de iluminación | Promedio de Humedad | Promedio de Temperatura | Presión Ejercida |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 22/08/2024 10:45 | 2 | 2 | 1 | 0 | 211.1234567 | 52.3423456 | 31.3123456 | 2.3214567 |
| | 22/08/2024 13:15 | 1 | 1 | 1 | 0 | 215.2345678 | 54.1234567 | 31.5432109 | 3.8765432 |
| 2 | 03/09/2024 13:30 | 3 | 4 | 1 | 0 | 213.7654321 | 52.8765432 | 31.7654321 | 2.654321 |
| | 03/09/2024 15:30 | 3 | 3 | 1 | 0 | 216.9876543 | 53.7654321 | 31.8765432 | 3.4321098 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 05/09/2024 11:22 | 2 | 1 | 0 | 1 | 212.8765432 | 53.2345678 | 31.8901234 | 3.2345678 |
| | 05/09/2024 13:23 | 1 | 1 | 1 | 0 | 213.4321098 | 54.4321098 | 31.654321 | 3.9876543 |
| | 05/09/2024 15:23 | 1 | 1 | 1 | 0 | 217.3456789 | 52.9876543 | 31.2345678 | 2.7654321 |
| 4 | 06/09/2024 10:38 | 2 | 1 | 1 | 0 | 215.5432109 | 53.6789012 | 31.4321098 | 3.8765432 |
| | 06/09/2024 12:40 | 3 | 3 | 1 | 0 | 211.9876543 | 54.8765432 | 31.9876543 | 2.4321098 |
| 5 | 09/09/2024 10:21 | 4 | 1 | 1 | 0 | 214.3210987 | 53.5432109 | 31.5678901 | 3.1234567 |
| | 09/09/2024 12:22 | 1 | 1 | 0 | 1 | 216.4321098 | 52.5678901 | 31.8765432 | 3.3456789 |
| | 09/09/2024 14:31 | 2 | 1 | 0 | 0 | 213.8765432 | 54.3210987 | 31.1234567 | 2.9876543 |
| 6 | 11/09/2024 09:46 | 2 | 1 | 1 | 0 | 211.2345678 | 52.3456789 | 31.7654321 | 2.7654321 |
| | 11/09/2024 13:23 | 1 | 1 | 1 | 0 | 217.7654321 | 53.4321098 | 31.2345678 | 3.1234567 |
| | 11/09/2024 15:54 | 2 | 2 | 0 | 0 | 213.5432109 | 53.8765432 | 31.5432109 | 3.2345678 |
| 7 | 18/09/2024 08:52 | 1 | 1 | 0 | 0 | 212.1234567 | 53.5432109 | 31.2345678 | 2.4321098 |
| | 18/09/2024 10:57 | 1 | 2 | 1 | 0 | 216.9876543 | 54.9876543 | 31.7654321 | 2.7654321 |
| | 18/09/2024 13:02 | 2 | 2 | 1 | 0 | 215.2345678 | 52.8765432 | 31.6789012 | 3.3456789 |
| | 18/09/2024 15:02 | 2 | 2 | 1 | 0 | 214.5678901 | 54.3210987 | 31.5432109 | 2.8765432 |
| 8 | 19/09/2024 10:24 | 2 | 3 | 1 | 0 | 212.8765432 | 53.7654321 | 31.1234567 | 3.1234567 |
| | 19/09/2024 12:24 | 2 | 1 | 1 | 0 | 217.2345678 | 52.2345678 | 31.4321098 | 2.9876543 |
| | 19/09/2024 14:34 | 1 | 1 | 1 | 0 | 213.9876543 | 53.8901234 | 31.9876543 | 3.4321098 |
| 9 | 20/09/2024 10:31 | 1 | 1 | 0 | 1 | 216.3456789 | 53.6789012 | 31.3456789 | 2.5432109 |
| | 20/09/2024 12:31 | 1 | 1 | 0 | 1 | 214.1234567 | 54.4321098 | 31.2345678 | 3.7654321 |
| 10 | 23/09/2024 11:23 | 2 | 2 | 1 | 0 | 211.7654321 | 52.5678901 | 31.7654321 | 3.1234567 |
| | 23/09/2024 14:14 | 1 | 2 | 1 | 0 | 215.8765432 | 54.1234567 | 31.5678901 | 2.4321098 |
| | 23/09/2024 16:14 | 2 | 4 | 0 | 1 | 213.2345678 | 53.8765432 | 31.9876543 | 3.2345678 |
| | 23/09/2024 19:41 | 3 | 1 | 0 | 1 | 217.4321098 | 52.6789012 | 31.4321098 | 2.8765432 |
| 11 | 24/09/2024 10:29 | 2 | 2 | 0 | 0 | 212.4321098 | 53.2345678 | 31.8901234 | 3.9876543 |
| | 24/09/2024 12:31 | 2 | 2 | 1 | 0 | 216.654321 | 53.7654321 | 31.7654321 | 3.5432109 |
| | 24/09/2024 14:36 | 1 | 4 | 1 | 0 | 211.8765432 | 52.3456789 | 31.654321 | 2.7654321 |

Tabla 13. Datos Usuario 2

**Observaciones clave:**

- La presión ejercida sobre el espacio de trabajo fue ligeramente superior a la de otros usuarios, lo que podría estar relacionado con la naturaleza física de sus tareas.

**Usuario 3:**

**Días de prueba:** Registró datos durante **36 días**, siendo el participante con mayor tiempo de monitoreo, tal como lo muestra la Tabla 14.

**Patrones observados:** Este usuario mostró niveles de estrés consistentes y relativamente bajos (entre 2 y 3), lo que indica una buena adaptación al entorno y a las tareas asignadas.

| No. Dia | Fecha | Estrés | Ansiedad | Trabajo | Personal | Promedio de iluminación | Promedio de Humedad | Promedio de Temperatura | Presión Ejercida |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 22/05/2024 11:06 | 1 | 1 | 1 | 0 | 55.123 | 55.342 | 29.255 | 2.567 |
| | 22/05/2024 17:46 | 1 | 1 | 0 | 1 | 56.235 | 59.432 | 29.862 | 3.125 |
| | 22/05/2024 23:56 | 2 | 2 | 0 | 1 | 58.765 | 51.765 | 29.710 | 0.988 |
| 2 | 24/05/2024 10:53 | 1 | 1 | 1 | 0 | 55.877 | 56.877 | 29.321 | 2.346 |
| | 24/05/2024 16:34 | 2 | 2 | 1 | 0 | 57.654 | 53.235 | 29.432 | 1.765 |
| | 24/05/2024 21:51 | 2 | 1 | 0 | 1 | 58.235 | 58.765 | 29.654 | 4.123 |
| | 24/05/2024 23:54 | 3 | 2 | 0 | 1 | 55.543 | 54.988 | 29.877 | 0.988 |
| 3 | 28/05/2024 11:18 | 1 | 1 | 0 | 1 | 57.543 | 60.235 | 29.235 | 2.123 |
| 4 | 29/05/2024 00:04 | 2 | 1 | 0 | 1 | 59.765 | 59.877 | 29.543 | 0.988 |
| | 29/05/2024 10:55 | 1 | 1 | 1 | 0 | 55.346 | 57.432 | 29.765 | 3.765 |
| | 29/05/2024 14:54 | 1 | 1 | 0 | 1 | 57.988 | 52.543 | 29.123 | 2.543 |
| 5 | 30/05/2024 10:40 | 1 | 1 | 1 | 0 | 58.765 | 56.123 | 29.432 | 0.654 |
| | 30/05/2024 12:41 | 1 | 1 | 1 | 0 | 59.877 | 59.235 | 29.765 | 4.235 |
| | 30/05/2024 21:28 | 1 | 1 | 0 | 1 | 55.654 | 50.877 | 29.877 | 3.877 |
| 6 | 31/05/2024 10:56 | 1 | 1 | 1 | 0 | 56.235 | 57.765 | 29.543 | 2.321 |
| | 31/05/2024 12:56 | 1 | 1 | 1 | 0 | 57.432 | 53.543 | 29.432 | 1.877 |
| 7 | 03/06/2024 10:51 | 1 | 1 | 1 | 0 | 56.123 | 60.123 | 29.988 | 4.123 |
| | 03/06/2024 12:53 | 1 | 1 | 1 | 0 | 58.235 | 55.543 | 29.654 | 1.988 |
| 8 | 04/06/2024 10:00 | 1 | 1 | 1 | 0 | 57.654 | 52.765 | 29.432 | 0.235 |
| | 04/06/2024 12:03 | 1 | 1 | 1 | 0 | 59.235 | 59.543 | 29.877 | 3.765 |
| | 04/06/2024 15:55 | 2 | 1 | 0 | 1 | 57.765 | 56.235 | 29.654 | 2.432 |
| | 04/06/2024 21:33 | 1 | 1 | 0 | 1 | 58.988 | 60.765 | 29.765 | 3.988 |
| 9 | 05/06/2024 10:58 | 1 | 1 | 1 | 0 | 55.877 | 52.877 | 29.877 | 1.235 |
| | 05/06/2024 15:21 | 1 | 1 | 0 | 1 | 57.765 | 57.235 | 29.235 | 2.988 |
| 10 | 07/06/2024 10:53 | 1 | 1 | 1 | 0 | 58.988 | 53.877 | 29.235 | 2.349 |
| | 07/06/2024 19:03 | 1 | 1 | 0 | 1 | 56.543 | 60.432 | 29.543 | 1.563 |
| | 07/06/2024 23:14 | 1 | 1 | 0 | 1 | 55.235 | 54.765 | 29.765 | 3.216 |
| 11 | 10/06/2024 09:35 | 1 | 1 | 1 | 0 | 59.432 | 55.765 | 29.321 | 2.432 |
| | 10/06/2024 11:36 | 1 | 1 | 1 | 0 | 57.346 | 52.432 | 29.654 | 1.765 |
| 12 | 11/06/2024 09:18 | 1 | 1 | 1 | 0 | 55.765 | 56.988 | 29.432 | 0.988 |
| | 11/06/2024 11:18 | 1 | 1 | 1 | 0 | 58.543 | 59.679 | 29.111 | 2.764 |
| 13 | 17/06/2024 10:29 | 1 | 1 | 1 | 0 | 56.432 | 60.568 | 29.988 | 0.765 |
| | 17/06/2024 12:31 | 1 | 1 | 1 | 0 | 59.123 | 58.988 | 29.432 | 1.988 |
| 14 | 20/06/2024 08:46 | 1 | 1 | 1 | 0 | 57.877 | 57.877 | 29.321 | 4.123 |
| | 20/06/2024 10:46 | 1 | 1 | 1 | 0 | 55.235 | 55.432 | 29.432 | 1.765 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20/06/2024 12:47 | 1 | 1 | 1 | 0 | 56.877 | 50.543 | 29.654 | 3.543 |
| | 20/06/2024 18:57 | 1 | 1 | 0 | 1 | 57.432 | 59.123 | 29.765 | 2.235 |
| 15 | 21/06/2024 09:23 | 1 | 1 | 1 | 0 | 58.235 | 51.543 | 29.235 | 0.543 |
| | 21/06/2024 11:23 | 1 | 1 | 1 | 0 | 55.988 | 50.988 | 29.543 | 1.877 |
| | 21/06/2024 13:25 | 1 | 1 | 1 | 0 | 58.123 | 54.123 | 29.432 | 3.877 |
| | 21/06/2024 22:41 | 1 | 1 | 0 | 1 | 56.765 | 53.432 | 29.877 | 2.321 |
| 16 | 24/06/2024 09:56 | 1 | 1 | 1 | 0 | 57.988 | 51.235 | 29.988 | 0.765 |
| | 24/06/2024 11:56 | 1 | 1 | 1 | 0 | 58.765 | 58.543 | 29.432 | 3.765 |
| | 24/06/2024 22:26 | 1 | 1 | 0 | 1 | 56.346 | 56.235 | 29.765 | 2.432 |
| 17 | 25/06/2024 10:01 | 1 | 1 | 1 | 0 | 57.123 | 59.346 | 29.543 | 1.235 |
| | 25/06/2024 12:15 | 1 | 1 | 1 | 0 | 55.543 | 51.543 | 29.877 | 2.988 |
| | 25/06/2024 23:00 | 2 | 1 | 0 | 1 | 59.765 | 60.123 | 29.235 | 3.235 |
| 18 | 26/06/2024 10:33 | 2 | 1 | 1 | 0 | 57.877 | 55.988 | 29.321 | 0.877 |
| | 26/06/2024 12:50 | 2 | 1 | 1 | 0 | 56.988 | 51.877 | 29.765 | 4.342 |
| | 26/06/2024 17:04 | 1 | 1 | 0 | 1 | 55.654 | 58.432 | 29.432 | 2.543 |
| 19 | 27/06/2024 10:35 | 1 | 1 | 1 | 0 | 58.346 | 53.765 | 29.877 | 1.765 |
| | 27/06/2024 12:37 | 1 | 1 | 1 | 0 | 57.765 | 54.235 | 29.543 | 3.654 |
| 20 | 28/06/2024 09:00 | 1 | 1 | 1 | 0 | 59.432 | 57.988 | 29.765 | 0.432 |
| | 28/06/2024 11:01 | 1 | 1 | 1 | 0 | 56.235 | 59.765 | 29.877 | 2.123 |
| | 28/06/2024 13:07 | 1 | 1 | 1 | 0 | 55.765 | 52.123 | 29.988 | 3.988 |
| | 28/06/2024 20:24 | 1 | 1 | 0 | 1 | 58.988 | 60.432 | 29.654 | 1.432 |
| 21 | 01/07/2024 10:58 | 1 | 1 | 1 | 0 | 56.123 | 53.432 | 29.235 | 0.765 |
| | 01/07/2024 12:58 | 1 | 1 | 1 | 0 | 57.346 | 56.877 | 29.877 | 3.543 |
| 22 | 02/07/2024 09:45 | 1 | 1 | 1 | 0 | 55.432 | 59.432 | 29.543 | 1.988 |
| | 02/07/2024 11:45 | 1 | 1 | 1 | 0 | 58.235 | 54.765 | 29.457 | 2.432 |
| | 02/07/2024 13:46 | 1 | 1 | 1 | 0 | 56.543 | 50.988 | 29.321 | 3.877 |
| | 02/07/2024 20:42 | 1 | 1 | 0 | 1 | 58.765 | 58.765 | 29.765 | 1.235 |
| 23 | 03/07/2024 10:22 | 1 | 1 | 1 | 0 | 56.877 | 57.654 | 29.877 | 2.765 |
| | 03/07/2024 12:33 | 1 | 1 | 1 | 0 | 55.235 | 50.877 | 29.654 | 0.988 |
| | 03/07/2024 14:33 | 1 | 1 | 1 | 0 | 57.432 | 60.235 | 29.432 | 3.432 |
| | 03/07/2024 21:41 | 1 | 1 | 0 | 1 | 59.543 | 53.123 | 29.988 | 2.543 |
| 24 | 05/07/2024 09:20 | 1 | 1 | 1 | 0 | 57.123 | 59.235 | 29.543 | 3.988 |
| | 05/07/2024 11:20 | 1 | 1 | 1 | 0 | 59.877 | 54.988 | 29.765 | 0.877 |
| | 05/07/2024 13:22 | 1 | 1 | 1 | 0 | 55.988 | 51.988 | 29.321 | 1.543 |
| | 05/07/2024 16:45 | 1 | 1 | 0 | 1 | 58.346 | 58.235 | 29.877 | 2.654 |
| | 05/07/2024 18:51 | 2 | 1 | 0 | 1 | 57.765 | 52.765 | 29.543 | 3.123 |
| | 05/07/2024 20:58 | 1 | 1 | 0 | 1 | 56.432 | 60.765 | 29.235 | 1.877 |
| 25 | 08/07/2024 09:36 | 1 | 1 | 1 | 0 | 56.346 | 53.877 | 29.765 | 0.765 |
| | 08/07/2024 11:43 | 1 | 1 | 1 | 0 | 57.988 | 50.543 | 29.988 | 3.765 |
| | 08/07/2024 14:08 | 1 | 1 | 1 | 0 | 55.877 | 56.123 | 29.543 | 4.123 |
| 26 | 09/07/2024 09:27 | 1 | 1 | 1 | 0 | 55.235 | 58.432 | 29.765 | 1.235 |
| | 09/07/2024 11:27 | 1 | 1 | 1 | 0 | 57.877 | 59.123 | 29.432 | 2.432 |
| | 09/07/2024 13:57 | 1 | 1 | 1 | 0 | 59.123 | 57.432 | 29.111 | 3.654 |
| | 09/07/2024 19:51 | 1 | 1 | 0 | 1 | 56.988 | 54.321 | 29.235 | 2.988 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27 | 10/07/2024 10:54 | 1 | 1 | 1 | 0 | 55.543 | 52.432 | 29.877 | 0.543 |
| | 10/07/2024 12:54 | 1 | 1 | 1 | 0 | 56.765 | 50.235 | 29.543 | 3.877 |
| | 10/07/2024 15:09 | 1 | 1 | 1 | 0 | 58.235 | 59.877 | 29.321 | 1.988 |
| 28 | 11/07/2024 09:38 | 1 | 1 | 1 | 0 | 59.235 | 56.235 | 29.765 | 2.765 |
| | 11/07/2024 11:40 | 1 | 1 | 1 | 0 | 56.346 | 58.988 | 29.877 | 4.342 |
| | 11/07/2024 14:19 | 1 | 1 | 1 | 0 | 55.988 | 53.235 | 29.432 | 2.123 |
| 29 | 12/07/2024 09:27 | 1 | 1 | 1 | 0 | 312.455 | 60.123 | 29.988 | 0.765 |
| | 12/07/2024 11:31 | 1 | 1 | 1 | 0 | 291.357 | 51.543 | 29.765 | 1.765 |
| | 12/07/2024 14:07 | 1 | 1 | 1 | 0 | 368.128 | 51.123 | 29.235 | 3.543 |
| 30 | 15/07/2024 10:27 | 1 | 1 | 0 | 1 | 319.568 | 52.346 | 29.877 | 1.877 |
| | 15/07/2024 12:27 | 1 | 1 | 1 | 0 | 332.279 | 59.432 | 29.765 | 3.432 |
| | 15/07/2024 14:27 | 1 | 1 | 1 | 0 | 301.358 | 55.877 | 29.235 | 2.543 |
| 31 | 16/07/2024 09:43 | 1 | 1 | 1 | 0 | 366.198 | 50.988 | 29.432 | 4.123 |
| | 16/07/2024 11:45 | 1 | 1 | 1 | 0 | 289.742 | 53.235 | 29.877 | 0.765 |
| | 16/07/2024 14:07 | 1 | 1 | 1 | 0 | 230.325 | 57.988 | 29.543 | 2.988 |
| | 16/07/2024 17:34 | 1 | 1 | 0 | 1 | 354.982 | 56.432 | 29.765 | 3.235 |
| | 16/07/2024 20:14 | 1 | 1 | 0 | 1 | 267.632 | 51.765 | 29.111 | 1.235 |
| 32 | 17/07/2024 10:41 | 1 | 1 | 1 | 0 | 205.872 | 59.765 | 29.877 | 3.543 |
| | 17/07/2024 12:41 | 1 | 1 | 1 | 0 | 338.514 | 52.432 | 29.765 | 2.765 |
| | 17/07/2024 14:42 | 1 | 1 | 1 | 0 | 331.230 | 56.988 | 29.432 | 0.432 |
| 33 | 18/07/2024 10:42 | 1 | 1 | 1 | 0 | 328.988 | 58.432 | 29.988 | 3.988 |
| | 18/07/2024 12:50 | 1 | 1 | 1 | 0 | 336.105 | 55.235 | 29.543 | 2.543 |
| | 18/07/2024 14:50 | 1 | 1 | 1 | 0 | 322.853 | 53.543 | 29.765 | 1.432 |
| 34 | 19/07/2024 09:48 | 1 | 1 | 1 | 0 | 368.257 | 57.235 | 29.235 | 3.877 |
| | 19/07/2024 11:51 | 1 | 1 | 1 | 0 | 337.498 | 60.123 | 29.432 | 2.321 |
| | 19/07/2024 13:53 | 1 | 1 | 1 | 0 | 389.127 | 54.765 | 29.543 | 1.765 |
| | 19/07/2024 18:20 | 1 | 1 | 0 | 1 | 354.866 | 52.765 | 29.877 | 3.543 |
| 35 | 22/07/2024 10:53 | 1 | 1 | 1 | 0 | 274.583 | 51.988 | 29.432 | 2.988 |
| | 22/07/2024 12:53 | 1 | 1 | 1 | 0 | 253.193 | 59.123 | 29.765 | 3.765 |
| | 22/07/2024 14:54 | 1 | 1 | 1 | 0 | 287.736 | 55.543 | 29.877 | 2.432 |
| 36 | 23/07/2024 09:06 | 1 | 1 | 1 | 0 | 261.988 | 53.432 | 29.988 | 1.235 |
| | 23/07/2024 11:06 | 1 | 1 | 1 | 0 | 279.561 | 56.235 | 29.765 | 0.877 |
| | 23/07/2024 13:06 | 1 | 1 | 1 | 0 | 265.049 | 60.432 | 29.654 | 2.543 |

Tabla 14. Datos Usuario 3

**Observaciones clave:**

- Las condiciones ambientales ligeramente más favorables (como menor temperatura y mayor iluminación) podrían haber contribuido a estos niveles bajos de estrés.

**Usuario 4:**

**Días de prueba:** Participó durante **7 días**.

**Patrones observados:** Este usuario reportó los niveles de estrés más altos, llegando a 5 en varios momentos del monitoreo, indicado en la Tabla 15.

La disminución de la iluminación se relacionó con un aumento en los niveles de estrés, posiblemente debido a un impacto en las condiciones visuales durante sus tareas.

| No. Dia | Fecha | Estrés | Ansiedad | Trabajo | Personal | Promedio de iluminación | Promedio de Humedad | Promedio de Temperatura | Presión Ejercida |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 22/05/2024 10:57 | 2 | 1 | 1 | 0 | 40.877 | 60.123 | 29.988 | 2.765 |
| | 22/05/2024 10:46 | 1 | 1 | 0 | 0 | 32.346 | 63.765 | 29.543 | 1.235 |
| 2 | 28/05/2024 15:11 | 1 | 1 | 1 | 0 | 30.877 | 64.432 | 29.543 | 2.543 |
| 3 | 30/05/2024 13:43 | 5 | 5 | 1 | 0 | 49.432 | 68.765 | 29.765 | 2.321 |
| | 30/05/2024 15:50 | 3 | 3 | 0 | 0 | 21.543 | 57.654 | 29.988 | 3.432 |
| 4 | 31/05/2024 10:51 | 4 | 3 | 1 | 0 | 43.765 | 73.988 | 29.877 | 2.765 |
| | 31/05/2024 12:52 | 4 | 3 | 0 | 0 | 29.543 | 76.432 | 29.765 | 0.543 |
| 5 | 03/06/2024 10:50 | | | 0 | 0 | 34.432 | 66.988 | 29.543 | 1.877 |
| | 03/06/2024 13:55 | 2 | 2 | 0 | 0 | 36.765 | 74.765 | 29.432 | 2.988 |
| 6 | 10/06/2024 09:22 | 1 | 1 | 0 | 0 | 25.432 | 78.543 | 29.877 | 0.877 |
| | 10/06/2024 11:42 | 1 | 1 | 0 | 0 | 40.123 | 55.877 | 29.765 | 3.123 |

Tabla 15. Datos Usuario 4

**Observaciones clave:**

- Los niveles de estrés fueron más altos en ambientes con menor iluminación, lo que podría estar relacionado con la percepción de control sobre el entorno.

**Resultados clave**

- **Relación entre condiciones ambientales y estrés:** La temperatura mostró un impacto más consistente en el estrés percibido, mientras que la iluminación y la presión ejercida tuvieron un efecto variable según el usuario.
- **Diferenciación entre actividades:** Las tareas laborales más exigentes incrementaron los niveles de estrés en comparación con el tiempo personal, destacando la importancia del contexto de las actividades.
- **Variabilidad individual:** Los usuarios respondieron de manera distinta a las condiciones ambientales, lo que indica la relevancia de factores individuales.

## Correlación individual de los Usuarios y Correlación General.

Para el análisis de los datos recopilados, se realizó una correlación utilizando el programa estadístico Minitab, con el objetivo de evaluar la relación entre los niveles de estrés reportados por los usuarios y las variables ambientales y fisiológicas medidas. Este procedimiento permitió calcular coeficientes de correlación de Spearman, que identifican la magnitud y dirección de las asociaciones entre las variables, considerando además intervalos de confianza al 95% para garantizar la fiabilidad de los resultados obtenidos.

Usuario 1.

El Usuario 1 presentó los valores promedio más altos en iluminación (222.19) y humedad (52.92), así como una temperatura promedio de 30.96°C. Además, la presión ejercida fue relativamente baja (0.94), lo que podría reflejar un entorno menos demandante o una actividad física moderada. Este usuario operó en un ambiente bien iluminado, lo que podría contribuir a un entorno laboral favorable, aunque habría que analizar si estos niveles afectan su percepción del estrés.

### Correlación: Nivel de Estrés, Promedio de iluminación, Promedio de Humedad, Promedio de Temperatura, Presión Ejercida

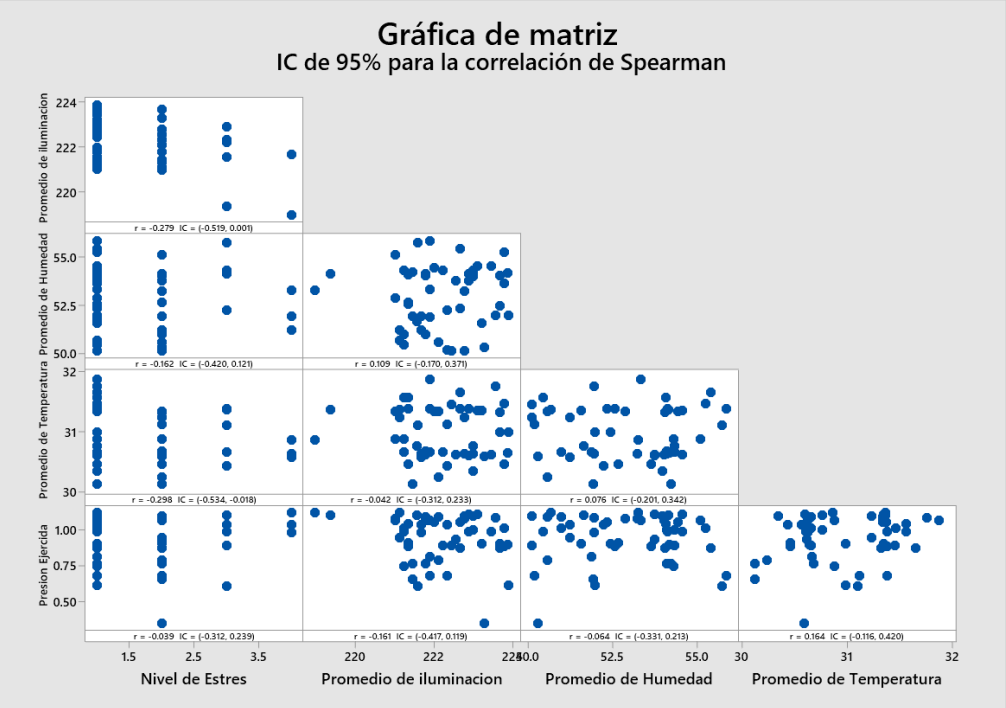



Ilustración 26. Grafica de Matriz Usuario 1

**Método**

| | |
|---|---|
| Tipo de correlación | Spearman |
| Filas utilizadas | 52 |

**Correlaciones**

| | Nivel de Estrés | Promedio de iluminación | Promedio de Humedad | Promedio de Temperatura |
|---|---|---|---|---|
| Promedio de iluminación | -0.279 | | | |
| Promedio de Humedad | -0.162 | 0.109 | | |
| Promedio de Temperatura | -0.298 | -0.042 | 0.076 | |
| Presión Ejercida | -0.039 | -0.161 | -0.064 | 0.164 |

Tabla 16. Correlación Usuario 1

1. **Nivel de Estrés vs Variables Ambientales:**

**Promedio de iluminación (−0.279):** Existe una correlación negativa débil entre el nivel de estrés y la iluminación. Esto sugiere que un aumento en la iluminación podría estar asociado con una leve disminución en los niveles de estrés percibidos por los trabajadores, como se muestra en la tabla 16.

**Promedio de humedad (−0.162):** La correlación negativa muy débil indica que la humedad tiene un impacto marginal en el nivel de estrés. Aunque la relación no es fuerte, niveles más altos de humedad podrían asociarse con una ligera disminución del estrés.

**Promedio de temperatura (−0.298):** La correlación negativa más marcada en comparación con las otras variables ambientales. Esto implica que, a mayor temperatura, los niveles de estrés tienden a disminuir, aunque la relación sigue siendo débil.

**Presión ejercida (−0.039):** La correlación es prácticamente nula, lo que indica que la presión ejercida no tiene una relación significativa con el nivel de estrés.

2. **Conclusiones preliminares:**

Entre todas las variables analizadas, la iluminación y la temperatura muestran las correlaciones más destacadas con el estrés (−0.279 y −0.298, respectivamente). En la Tabla

26 esto indica que estas variables podrían ser las más relevantes para diseñar estrategias que busquen reducir el estrés en los trabajadores.

Las correlaciones son en su mayoría débiles, lo que sugiere que, si bien las condiciones ambientales influyen en el estrés, otros factores externos o psicológicos pueden tener un mayor impacto.

Estos resultados destacan la necesidad de un análisis más profundo para interpretar estas relaciones dentro del contexto laboral y considerar intervenciones específicas que se centren en las variables con mayor impacto, como la iluminación y la temperatura.

Usuario 2.

El Usuario 2 también mostró altos niveles de iluminación promedio (214.46) y una humedad de 53.51, ligeramente superior a la del Usuario 1. Su temperatura promedio fue la más alta entre los participantes (31.59°C), acompañada de una presión ejercida significativa (3.11). Estas condiciones podrían sugerir un ambiente laboral más cálido y físicamente exigente, lo que puede influir en la percepción de estrés y desempeño.

**Correlación: Estrés, Promedio de iluminación, Promedio de Humedad, Promedio de Temperatura, Presión Ejercida**

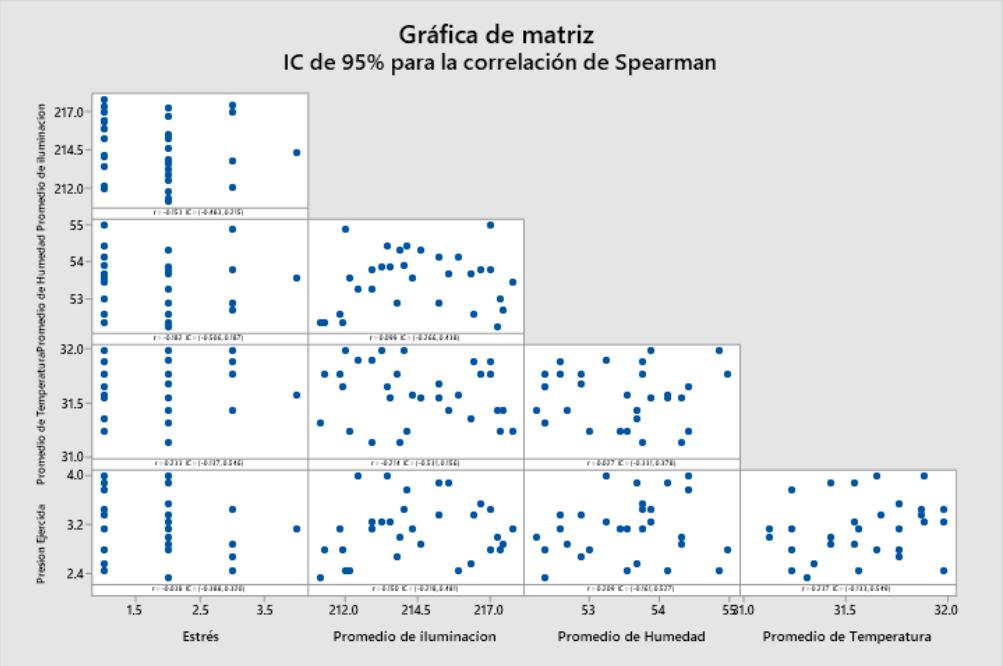



Ilustración 27.Grafica de Matriz Usuario 2

**Método**

| | |
|---|---|
| Tipo de correlación | Spearman |
| Filas utilizadas | 31 |

**Correlaciones**

| | Estrés | Promedio de iluminación | Promedio de Humedad | Promedio de Temperatura |
|---|---|---|---|---|
| Promedio de iluminación | -0.153 | | | |
| Promedio de Humedad | -0.182 | 0.099 | | |
| Promedio de Temperatura | 0.233 | -0.214 | 0.027 | |
| Presión Ejercida | -0.038 | 0.150 | 0.209 | 0.237 |

Tabla 17. Correlación Usuario 2

1. **Nivel de Estrés vs Variables Ambientales:**

**Promedio de iluminación (−0.153):** Existe una correlación negativa muy débil entre el nivel de estrés y la iluminación. Esto indica que el efecto de la iluminación sobre el estrés es mínimo, aunque podría sugerir que mayores niveles de iluminación están ligeramente asociados con una reducción en el estrés percibido como se indica en la Tabla 17.

**Promedio de humedad (−0.182):** La correlación negativa también es débil, pero un poco más marcada que la de la iluminación. Esto implica que mayores niveles de humedad podrían estar asociados con una ligera disminución en el estrés, aunque el impacto sigue siendo marginal.

**Promedio de temperatura (0.2330):** En este caso, hay una correlación positiva débil, lo que indica que el estrés tiende a incrementarse ligeramente con el aumento de la temperatura. Aunque no es una relación fuerte, sugiere que el control térmico podría desempeñar un papel importante en la gestión del estrés en el entorno laboral.

**Presión ejercida (−0.038):** La correlación entre la presión ejercida y el estrés es prácticamente nula. Esto sugiere que este factor no tiene una relación significativa con los niveles de estrés reportados por los trabajadores.

2. **Conclusiones preliminares:**

Entre las variables analizadas, la temperatura muestra la relación más notable con el nivel de estrés (0.2330), lo que sugiere que el control térmico debería considerarse una prioridad

en el diseño de estrategias para reducir el estrés en el entorno laboral. Aunque las correlaciones entre el estrés y la iluminación (−0.153) y la humedad (−0.182) son débiles, estos factores aún podrían contribuir a mejorar las condiciones de trabajo si se ajustan en combinación con otras variables.

Las correlaciones entre las variables ambientales son en su mayoría débiles o inexistentes como lo muestra la ilustración 27, lo que indica que estas variables son relativamente independientes entre sí en este entorno específico. Esto simplifica el análisis, ya que permite tratar cada variable de forma individual al momento de diseñar intervenciones.

Estos resultados refuerzan la necesidad de un análisis más exhaustivo que considere factores adicionales, como la carga laboral o las características individuales de los trabajadores, para comprender mejor las causas del estrés y desarrollar estrategias personalizadas para su mitigación.

Usuario 3

El Usuario 3 tuvo un promedio de iluminación mucho más bajo (118.23) comparado con los primeros dos usuarios, mientras que su promedio de humedad fue mayor (55.85). La temperatura promedio de 29.60°C fue la más baja registrada, y la presión ejercida alcanzó los 2.42. Este entorno podría indicar condiciones menos iluminadas y ligeramente más húmedas, lo que puede influir de manera distinta en el confort laboral y la percepción de estrés.

**Correlación: Estrés, Promedio de iluminación, Promedio de Humedad, Promedio de Temperatura, Presión Ejercida**

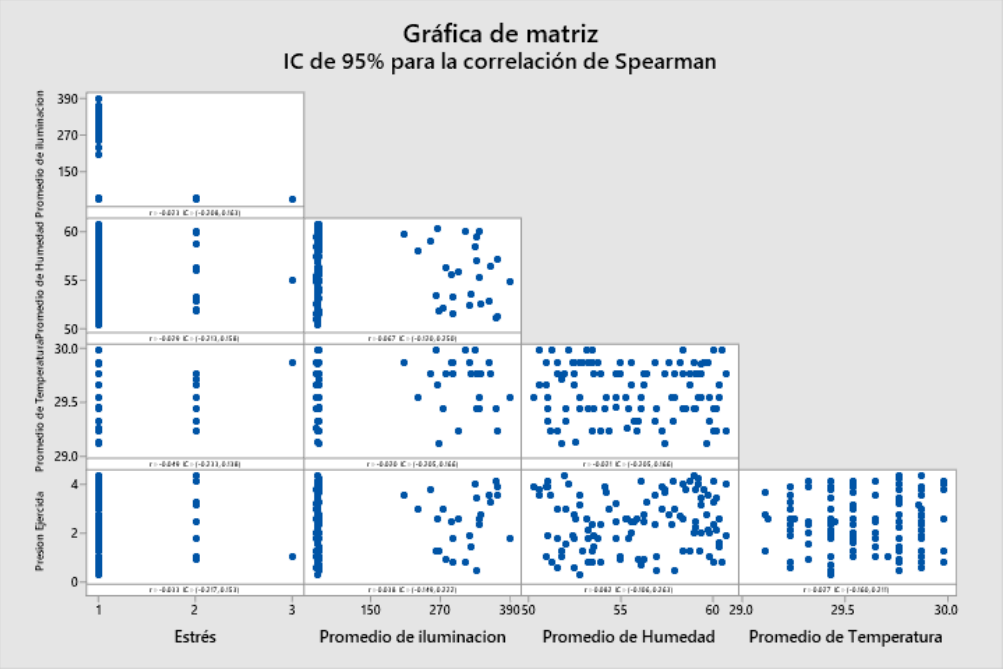



Ilustración 28. Grafica de Matriz Usuario 3

**Método**

| | |
|---|---|
| Tipo de correlación | Spearman |
| Filas utilizadas | 112 |

**Correlaciones**

| | Estrés | Promedio de iluminación | Promedio de Humedad | Promedio de Temperatura |
|---|---|---|---|---|
| Promedio de iluminación | -0.023 | | | |
| Promedio de Humedad | -0.029 | 0.067 | | |
| Promedio de Temperatura | -0.049 | -0.020 | -0.021 | |
| presión Ejercida | -0.033 | 0.038 | 0.082 | 0.027 |

Tabla 18. Correlación Usuario 3

1. **Nivel de Estrés vs Variables Ambientales:**

   **Promedio de iluminación (−0.023):** La correlación entre el nivel de estrés y la iluminación es prácticamente nula, lo que indica que no existe una relación significativa entre estas dos variables. Esto sugiere que los cambios en la iluminación no afectan directamente los niveles de estrés reportados por los trabajadores.

   **Promedio de humedad (−0.029):** La correlación negativa extremadamente débil implica que la humedad tiene un impacto insignificante en el nivel de estrés. Este resultado sugiere que no hay evidencia sólida de una relación entre estas variables en el entorno analizado.

   **Promedio de temperatura (−0.049):** En la Tabla 18 existe una correlación negativa muy débil entre la temperatura y el estrés. Aunque el impacto es mínimo, podría indicar que temperaturas ligeramente más altas están asociadas con una ligera reducción en los niveles de estrés, aunque esta relación es casi insignificante.

   **Presión ejercida (−0.033):** La correlación entre la presión ejercida y el estrés es también prácticamente nula, lo que indica que la presión ejercida en el espacio de trabajo no influye significativamente en el estrés percibido.

2. **Conclusiones preliminares:**

   Las correlaciones obtenidas en este análisis son extremadamente débiles o inexistentes, lo que sugiere que las variables ambientales medidas en este entorno no tienen una influencia significativa sobre los niveles de estrés reportados por los trabajadores. Esto podría deberse a que los factores externos monitoreados no son los principales determinantes del estrés en este contexto específico, o que las condiciones ambientales estaban suficientemente controladas durante el periodo de monitoreo como para no generar efectos perceptibles. De manera similar, En la ilustración 28 las relaciones entre las variables ambientales son también mínimas, indicando que estas se comportan de forma independiente. Este resultado podría simplificar la interpretación de los datos, pero también señala la necesidad de explorar factores adicionales, como características

psicológicas individuales, carga de trabajo, o dinámica laboral, que podrían tener un impacto más directo en el estrés percibido.

Usuario 4

El Usuario 4 registró el nivel de iluminación promedio más bajo (35.01) y la mayor humedad promedio (67.39), con una temperatura de 29.74°C y una presión ejercida de 2.22. Estas condiciones sugieren un entorno significativamente distinto al de los otros usuarios, posiblemente menos favorable en términos de confort ambiental debido a la alta humedad y la baja iluminación, lo que podría impactar negativamente en el bienestar y desempeño.

**Correlación: Estrés , Promedio de iluminación, Promedio de Humedad, Promedio de Temperatura, presión Ejercida**

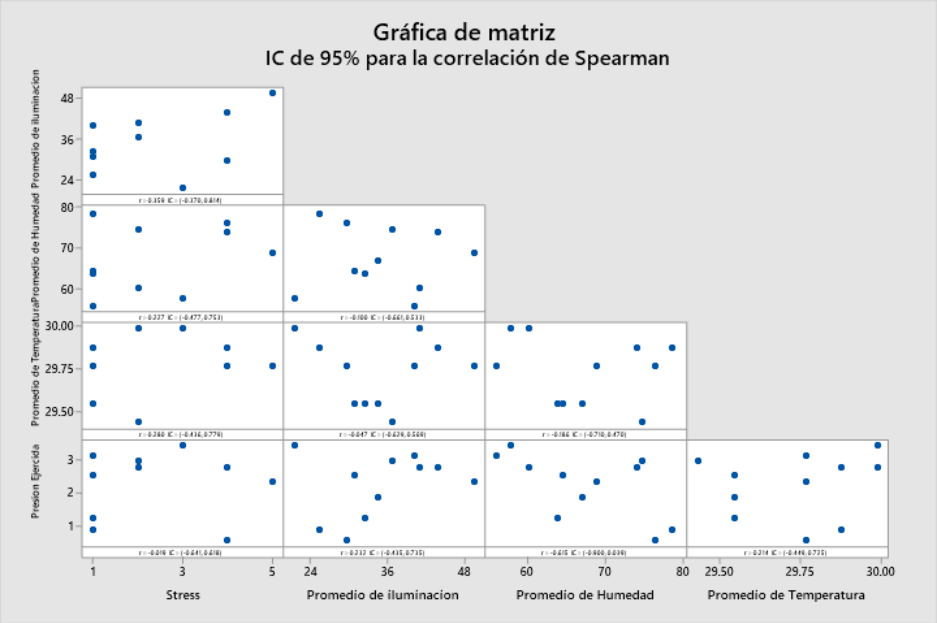



Ilustración 29. Grafica de Matriz Usuario 4

**Método**

| | |
|---|---|
| Tipo de correlación | Spearman |
| Filas utilizadas | 11 |

**Correlaciones**

| | Stress | Promedio de iluminación | Promedio de Humedad | Promedio de Temperatura |
|---|---|---|---|---|
| Promedio de iluminación | 0.359 | | | |
| Promedio de Humedad | 0.227 | -0.100 | | |
| Promedio de Temperatura | 0.280 | -0.047 | -0.186 | |
| presión Ejercida | -0.019 | 0.232 | -0.615 | 0.214 |

Tabla 19. Correlación Usuario 4

1. **Nivel de Estrés vs Variables Ambientales:**

**Promedio de iluminación (0.3590):** En la Tabla 19 existe una correlación positiva moderada entre el nivel de estrés y la iluminación. Esto indica que un aumento en la iluminación está asociado con un incremento en los niveles de estrés percibidos por los trabajadores. Este resultado sugiere que la intensidad luminosa podría tener un impacto relevante en la percepción de estrés, posiblemente debido a molestias visuales o fatiga causada por niveles altos de luz.

**Promedio de humedad (0.227):** La correlación positiva débil entre el estrés y la humedad sugiere que mayores niveles de humedad podrían estar asociados con un leve aumento en el estrés. Aunque no es una relación fuerte, podría ser relevante en entornos donde los niveles de humedad fluctúan considerablemente.

**Promedio de temperatura (0.2800):** Existe una correlación positiva débil, pero más marcada en comparación con la humedad. Esto indica que, a medida que aumenta la temperatura, los niveles de estrés también tienden a incrementarse. Este resultado resalta la importancia de mantener un control térmico adecuado en el ambiente laboral para mitigar posibles aumentos de estrés relacionados con el calor.

**Presión ejercida (−0.019):** La correlación es prácticamente nula, lo que indica que la presión ejercida no tiene un impacto significativo en los niveles de estrés reportados.

2. **Conclusiones preliminares:**

Entre las variables analizadas, la iluminación (0.359) y la temperatura (0.280) muestran correlaciones positivas más marcadas con el estrés, lo que indica que estas podrían ser los factores más relevantes en la percepción de estrés de los trabajadores. La humedad también muestra una correlación positiva débil (0.227), aunque su influencia es menor en comparación con las otras variables. Por otro lado, la presión ejercida no parece tener un impacto significativo sobre el estrés (−0.019).

Las relaciones entre las variables ambientales son en su mayoría débiles como lo demuestra la Ilustración 29, excepto por la correlación moderada negativa entre la presión ejercida y la humedad (−0.615), lo que destaca una interacción relevante que podría ser analizada más a fondo.

## Correlación General

### Correlación: Estrés, Promedio de iluminación, Promedio de Humedad, Promedio de Temperatura, Presión Ejercida

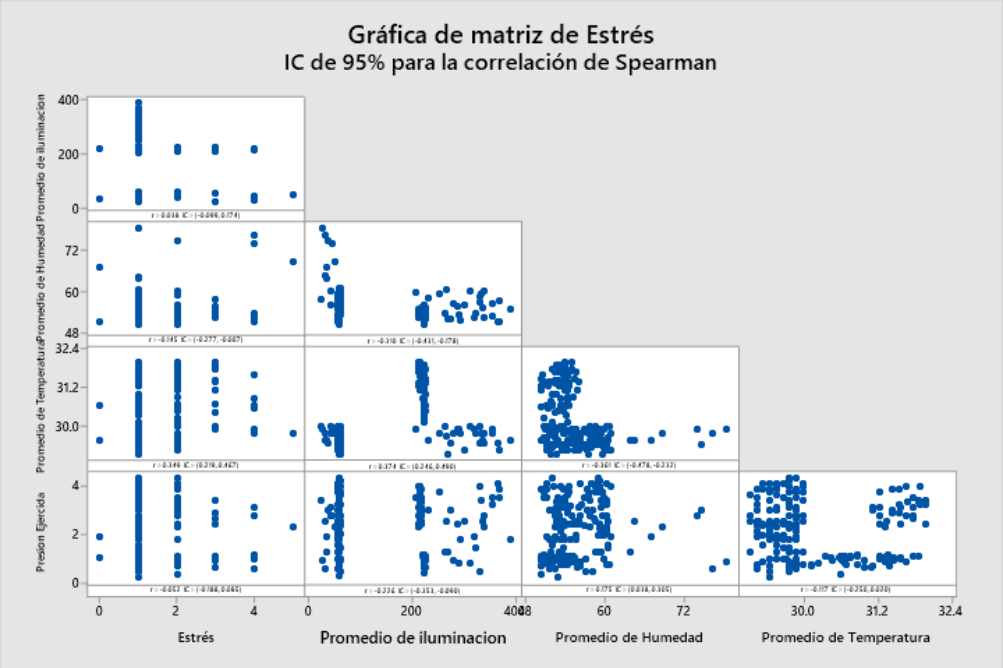



Ilustración 30. Matriz General

**Método**

| | |
|---|---|
| Tipo de correlación | Spearman |
| Filas utilizadas | 206 |

**Correlaciones**

| | Estrés | Promedio de iluminación | Promedio de Humedad | Promedio de Temperatura |
|---|---|---|---|---|
| Promedio de iluminación | 0.038 | | | |
| Promedio de Humedad | -0.145 | -0.310 | | |
| Promedio de Temperatura | 0.349 | 0.374 | -0.361 | |
| Presión Ejercida | -0.052 | -0.226 | 0.175 | -0.117 |

Tabla 20. Correlación General

## Análisis general de la correlación entre Estrés y las demás variables

La matriz de correlación presentada en la ilustración 30 muestra la relación entre el nivel de estrés y las variables ambientales y fisiológicas medidas, utilizando el coeficiente de correlación de Spearman. A continuación, se analizan las principales observaciones:

Existe una correlación negativa moderada entre el promedio de humedad y la temperatura (r=−0.361), lo que refleja una posible interacción ambiental. Asimismo, la iluminación

promedio muestra una relación positiva moderada con la temperatura (r=0.374), indicando que estas dos variables tienden a aumentar juntas.

La presión ejercida tiene relaciones débiles con todas las variables, excepto una correlación leve positiva con la humedad (r=0.175).

El análisis general de las correlaciones entre las variables ambientales y los niveles de estrés revela patrones importantes que ayudan a comprender cómo el entorno laboral influye en la percepción del estrés tal como lo muestra la Tabla 20. Aunque las correlaciones individuales pueden variar, a nivel global se pueden identificar tendencias consistentes que destacan ciertas variables como factores clave:

1. **Iluminación:** En términos generales, la correlación entre la iluminación y el estrés fue débil y variable, con valores cercanos a cero ($r \approx 0.038$). Esto indica que, aunque la iluminación podría influir en la percepción del estrés en contextos específicos, su impacto global no es significativo.
2. **Humedad:** La correlación promedio entre la humedad y el estrés fue negativa y débil ($r \approx -0.145$), lo que sugiere que la humedad, aunque ligeramente asociada con una menor percepción de estrés, no tiene un impacto considerable. Esto podría indicar que, en general, las condiciones de humedad no son un factor crítico en la percepción del estrés, aunque su interacción con otras variables puede ser relevante en ciertos casos.
3. **Temperatura:** La temperatura presentó una correlación moderada y positiva con el estrés ($r \approx 0.349$), lo que indica que, globalmente, un aumento en la temperatura está asociado con mayores niveles de estrés. Este hallazgo posiciona a la temperatura como una de las variables ambientales más relevantes, lo que sugiere que el control térmico en los espacios de trabajo es clave para el bienestar de los usuarios.
4. **Presión Ejercida:** La correlación entre la presión ejercida y el estrés fue muy débil y prácticamente nula ($r \approx -0.052$), lo que indica que este factor no tiene una relación directa con la percepción del estrés.

La siguiente Tabla 21, presenta las correlaciones de Spearman obtenidas entre el nivel de estrés y las variables ambientales analizadas para cada uno de los cuatro usuarios y el promedio general. Este análisis permite observar cómo se relacionan factores como la iluminación, la humedad, la temperatura y la presión ejercida con la percepción de estrés tanto a nivel individual como colectivo. Los valores reflejan variaciones en las correlaciones según las características de cada usuario, evidenciando la influencia de factores personales y contextuales, mientras que los datos generales ofrecen una visión agregada que facilita identificar tendencias globales en el grupo estudiado.

| Variable | Usuario 1 | Usuario 2 | Usuario 3 | Usuario 4 | General |
|---|---|---|---|---|---|
| **Promedio de Iluminación** | -0.279 | -0.153 | -0.023 | 0.359 | 0.038 |
| **Promedio de Humedad** | -0.162 | -0.182 | -0.029 | 0.227 | -0.145 |
| **Promedio de Temperatura** | -0.298 | 0.233 | -0.049 | 0.280 | 0.349 |
| **Presión Ejercida** | -0.039 | -0.038 | -0.033 | -0.019 | -0.052 |

Tabla 21. Correlaciones

Estos datos reflejan las correlaciones de Spearman entre el nivel de estrés y las variables ambientales analizadas. Los valores varían según cada usuario, indicando patrones individuales, mientras que los datos generales ofrecen una visión más amplia de las relaciones en todo el grupo .

Las variables ambientales más relevantes en relación con el estrés fueron la temperatura y, en menor medida, la iluminación, destacando como factores clave para gestionar el estrés en entornos laborales. Estas variables, aunque moderadas en términos estadísticos, sugieren que ajustes en sus condiciones pueden tener un impacto positivo en el bienestar general de los trabajadores.

Por otro lado, la humedad y la presión ejercida mostraron correlaciones más débiles, indicando una influencia limitada en el estrés, aunque su interacción con otras variables puede justificar análisis más detallados. En conjunto, estos resultados refuerzan la importancia de un enfoque integral y personalizado en la gestión del entorno laboral, considerando tanto las tendencias generales como las diferencias individuales en la percepción de las condiciones ambientales. Esto proporciona una base sólida para diseñar

intervenciones específicas que promuevan un ambiente laboral más saludable y cómodo para los trabajadores.

Al analizar las correlaciones entre las variables ambientales y los niveles de estrés, se identificaron patrones importantes, aunque en algunos casos las relaciones fueron débiles. En el caso de la iluminación, las correlaciones encontradas oscilaron entre valores de -0.2 y 0.35, lo que indica una relación débil en general. Sin embargo, es importante señalar que este resultado podría deberse a la baja variación de los niveles de iluminación durante el monitoreo. Si las condiciones lumínicas permanecieron relativamente constantes en los entornos laborales evaluados, esto limitaría la capacidad de detectar asociaciones significativas entre esta variable y los niveles de estrés. Para futuros estudios, sería recomendable realizar mediciones en escenarios con cambios más dinámicos en los niveles de iluminación o implementar ajustes controlados para evaluar cómo estas variaciones afectan la percepción del estrés.

De manera similar, las correlaciones entre la humedad y el estrés también fueron débiles, con valores en su mayoría negativos, pero cercanos a cero. Este resultado refuerza la idea de que la variabilidad limitada en las condiciones ambientales podría influir en la magnitud de las relaciones observadas. Además, aunque los resultados indican que la humedad no es un factor crítico en los niveles de estrés, sería útil analizar en qué medida los cambios más pronunciados en este factor podrían impactar en los estados emocionales y fisiológicos de los trabajadores.

Por otro lado, la temperatura mostró correlaciones más consistentes, en su mayoría positivas, lo que indica que un aumento en esta variable tiende a asociarse con mayores niveles de estrés. Sin embargo, se identificó un caso particular en el que la correlación fue negativa, lo cual es contrario a la tendencia general observada. Este caso específico lleva a plantear la necesidad de un análisis más detallado de las características individuales de los participantes. Es posible que este individuo tuviera diferencias demográficas o laborales que lo distinguieran de los demás, como trabajar en un turno distinto, desempeñar tareas específicas o pertenecer a un grupo con características sociales diferenciadas, como género o antigüedad laboral. Este tipo de análisis podría proporcionar información valiosa

sobre cómo los factores individuales interactúan con las condiciones ambientales para influir en los niveles de estrés.

En resumen, los hallazgos sugieren que la iluminación y la humedad presentan correlaciones débiles con el estrés, posiblemente debido a la poca variabilidad en sus niveles durante el monitoreo. La temperatura, en cambio, se destacó como un factor más relevante, pero con casos específicos que requieren un análisis más profundo. Incorporar estas observaciones en los análisis futuros permitirá mejorar la comprensión de cómo las condiciones ambientales influyen en el estrés laboral y ayudará a diseñar intervenciones más personalizadas y efectivas.

## Validación de la Hipótesis

La hipótesis general planteada en esta tesis establece que "existen factores ambientales y fisiológicos que propician que los niveles de estrés aumenten considerablemente en un 20%". Con base en los datos obtenidos a través del sistema desarrollado, las correlaciones y los análisis realizados, se puede afirmar que la hipótesis tiene un sustento parcial. Aunque se identificaron relaciones entre ciertas variables ambientales (como la iluminación y la temperatura) y los niveles de estrés reportados, la magnitud de estas correlaciones varió entre los usuarios y no alcanzó un impacto generalizado del 20% en todos los casos.

Los resultados mostraron que:

La iluminación y la temperatura fueron las variables con mayor influencia en los niveles de estrés, presentando correlaciones positivas y moderadas en algunos usuarios. Esto sugiere que estos factores pueden ser responsables de incrementos significativos en la percepción de estrés en determinados contextos.

La humedad y la presión ejercida, aunque registraron correlaciones débiles o insignificantes con el estrés, podrían interactuar con otras variables para afectar la percepción del entorno laboral.

En resumen, aunque no se logró una evidencia concluyente que confirme el incremento del 20% en los niveles de estrés debido a las condiciones ambientales, los hallazgos sí respaldan que estas variables desempeñan un rol significativo en la percepción del estrés, validando parcialmente la hipótesis planteada.

# CONCLUSION

El desarrollo e implementación del sistema de adquisición de datos para medir factores ambientales y su relación con los niveles de estrés representa un avance significativo en la gestión del estrés laboral. Este proyecto demuestra cómo la tecnología, al integrar sensores capaces de monitorear las condiciones del entorno laboral, puede proporcionar datos objetivos y fiables que sirven como base para diseñar espacios de trabajo más saludables y enfocados en el bienestar de los trabajadores. Además, la combinación de estas mediciones con herramientas de autoevaluación periódica permite una visión más integral de cómo las condiciones ambientales impactan en la percepción del estrés.

Entre los principales resultados se destaca la identificación de la iluminación y la temperatura como los factores ambientales con mayor influencia en los niveles de estrés. Esto pone de manifiesto la importancia de controlar estos parámetros en los entornos laborales para reducir la incidencia del estrés en los trabajadores. Además, la validación del sistema desarrollado mostró que los sensores empleados son herramientas precisas y consistentes para registrar datos relevantes, incluso en condiciones diversas. Asimismo, los resultados reflejan que la percepción del estrés no es uniforme entre los trabajadores, lo que subraya la necesidad de implementar estrategias de intervención personalizadas que consideren las características individuales de cada empleado.

La aplicación del sistema en entornos laborales reales y el uso de encuestas de autoevaluación periódica permitieron establecer una línea base que facilita el monitoreo de las variaciones en los niveles de estrés a lo largo de la jornada laboral. Esto genera datos valiosos para comprender mejor las fluctuaciones del estrés y desarrollar estrategias preventivas o correctivas más efectivas. Además, estos datos podrían ser utilizados en el diseño de políticas de salud ocupacional que prioricen la prevención y el manejo del estrés laboral, considerando las condiciones específicas de cada entorno y las necesidades de los trabajadores.

Sin embargo, el proyecto también identificó ciertas limitaciones. Una de las principales fue la variabilidad individual, ya que las diferencias en las respuestas de los trabajadores dificultan la generalización de los resultados. Esto sugiere la necesidad de integrar en futuros análisis factores psicológicos y conductuales que permitan un entendimiento más completo del estrés laboral. Además, aunque las correlaciones observadas entre las variables fueron significativas, la mayoría de ellas resultaron débiles, lo que evidencia que el estrés no puede explicarse únicamente por las condiciones ambientales, sino que es resultado de una combinación más compleja de factores. La inclusión de mediciones fisiológicas directas, como frecuencia cardíaca o niveles de cortisol, enriquecería el análisis al ofrecer una visión más detallada de las respuestas físicas al estrés.

Otro aspecto relevante por considerar es la necesidad de ampliar la muestra de participantes y diversificar los entornos laborales analizados. Esto permitiría mejorar la representatividad de los hallazgos y fortalecer las conclusiones del estudio. Asimismo, realizar análisis longitudinales que evalúen cómo las condiciones ambientales afectan el estrés de forma continua en el tiempo podría proporcionar información más robusta para desarrollar intervenciones a largo plazo. Finalmente, automatizar el análisis de datos y la generación de reportes personalizados a través de software especializado podría optimizar la aplicación del sistema, facilitando su integración en distintos contextos organizacionales.

En conclusión, este proyecto sienta las bases para la integración de tecnología avanzada en la gestión del estrés laboral. Aunque aún hay aspectos que deben mejorarse, los resultados obtenidos demuestran el potencial de sistemas como este para transformar los espacios laborales, promoviendo un enfoque centrado en el bienestar de los trabajadores y en el diseño de políticas que prioricen la salud mental y física. Este enfoque ofrece una perspectiva innovadora para abordar uno de los principales retos de los entornos laborales contemporáneos, marcando un camino hacia soluciones más efectivas y sostenibles en la promoción del bienestar en el trabajo.

# BIBLIOGRAFIA


[1] I. M. del S. Social, “Estrés Laboral,” Estrés Laboral. Accessed: May 29, 2023. [Online]. Available: http://www.imss.gob.mx/salud-en-linea/estres-laboral#:~:text=Tipo%20de%20estr%C3%A9s%20donde%20la,lo%20laboral%20y%20lo%20personal.

[2] P. M. Clis Oshin, “La inseguridad laboral percibida como factor determinante del estrés laboral percibido ante el impacto de la Pandemia COVID-19 en trabajadores peruanos dependientes,” 2021.

[3] OCC Mundial, “Estrés Laboral en México 2021,” Estrés Labor en México 2021. Accessed: May 14, 2023. [Online]. Available: https://www.occ.com.mx/blog/estres-laboral-en-mexico/

[4] S. Batista, M. De Jesús Muñoz Cantillo, M. Ximena, and T. Taborda, “La contigencia producidad por la pandemia que afecta la cadena de suministro,” 2021.

[5] H. Ramón and M. Alfredo, “Los retos de la cadena de suministro ante la pandemia de COVID-19,” Monterrey, 2020.

[6] W. Lawanont and M. Inoue, “An unsupervised learning method for perceived stress level recognition based on office working behavior,” *International Conference on Electronics, Information and Communication, ICEIC 2018*, vol. 2018-January, pp. 1–4, 2018, doi: 10.23919/ELINFOCOM.2018.8330700.

[7] O. K. Ornek and M. N. Esin, “Effects of a work-related stress model based mental health promotion program on job stress, stress reactions and coping profiles of women workers: a control groups study,” *BMC Public Health*, vol. 20, no. 1, Dec. 2020, doi: 10.1186/s12889-020-09769-0.

[8] S. Punait and G. F. Lewis, “Theory informed framework for integrating environmental and physiologic data in applications targeting productivity and well-being in workplace,” in *UbiComp/ISWC 2019- - Adjunct Proceedings of the 2019 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2019 ACM International Symposium on Wearable Computers*, Association for Computing Machinery, Inc, Sep. 2019, pp. 179–182. doi: 10.1145/3341162.3343829.

[9] S. Torrades, “Estrés y burn out,” *Offarm* , vol. 26, pp. 104–107, 2007.

[10] G. Corredor, “Diferencia entre estrés, eustrés y distrés,” PsicoActiva. [Online]. Available: https://www.psicoactiva.com/blog/diferencia-entre-estres-eustres-y-distres/

[11] M. Sevilla Martínez and M. Sánchez-Monge, “Síndrome de burnout,” Cuidate Plus. [Online]. Available: https://cuidateplus.marca.com/enfermedades/psicologicas/sindrome-burnout.html

[12] S. Riem, “Sistema Mecatronico,” MecasQuad. [Online]. Available: https://mecasquad.wordpress.com/2015/04/18/sistema-mecatronico/

[13] I. GSL, “Sistemas Mecatrónicos,” Industrias GSL. [Online]. Available: https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/sistemas-mecatronicos

[14] W. Bolton, *Mecatrónica, Sistemas de Control Electrónico*, 6th ed. 2017.

[15] O. K. Ornek and M. N. Esin, “Effects of a work-related stress model based mental health promotion program on job stress, stress reactions and coping profiles of women workers: a control groups study,” *BMC Public Health*, vol. 20, no. 1, pp. 1–14, 2020, doi: 10.1186/s12889-020-09769-0.

[16] S. Punait and G. F. Lewis, “Theory informed framework for integrating environmental and physiologic data in applications targeting productivity and well-being in workplace,” *UbiComp/ISWC 2019- - Adjunct Proceedings of the 2019 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2019 ACM International Symposium on Wearable Computers*, pp. 179–182, 2019, doi: 10.1145/3341162.3343829.

[17] M. Salah-Eddine, M. El Hamlaoui, and M. Belaissaoui, “Computerised method of coping with technostress in organizational situation,” *2018 International Conference on Information Management and Processing, ICIMP 2018*, vol. 2018-January, pp. 130–134, 2018, doi: 10.1109/ICIMP1.2018.8325854.

[18] N. S. Alghamdi, “Monitoring mental health using smart devices with text analytical tool,” *2019 6th International Conference on Control, Decision and Information Technologies, CoDIT 2019*, pp. 2046–2051, 2019, doi: 10.1109/CoDIT.2019.8820381.

[19] E. Garcia-Ceja, V. Osmani, and O. Mayora, “Automatic Stress Detection in Working Environments from Smartphones’ Accelerometer Data: A First Step,” *IEEE J Biomed Health Inform*, vol. 20, no. 4, pp. 1053–1060, 2016, doi: 10.1109/JBHI.2015.2446195.

[20] V. Mozgovoy, “Stress Pattern Recognition Through Wearable Biosensors in the Workplace: Experimental Longitudinal Study on the Role of Motion Intensity,” *Proceedings - 6th Swiss Conference on Data Science, SDS 2019*, no. 172740, pp. 37–45, 2019, doi: 10.1109/SDS.2019.00-10.

[21] E. Howe *et al.*, “Design of Digital Workplace Stress-Reduction Intervention Systems: Effects of Intervention Type and Timing,” *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 2022, doi: 10.1145/3491102.3502027.

[22] S. N. Cuixart, “NTP 355: Fisiología del estrés,” España, 2018.

[23] P. Armendáriz, “Calor y Trabajo. Prevención de riesgos laborales debido a al estrés térmico por calor.,” 2019.

[24] J. Bardón Treceño, “Estresores laborales: tipos, clasificación y ejemplos,” https://psicologiaymente.com/organizaciones/estresores-laborales.

# ANEXOS



## 11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

### Fuentes principales

10% Fuentes de Internet
1% Publicaciones
9% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

**N.º de alerta de integridad para revisión**

**Texto oculto**
470 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.