

Desarrollo de sistema de adquisición de datos que detecte niveles de estrés

Development of a data acquisition system that detects stress levels

Alfonso Vega Garza^a, Wendy Sánchez^b, Anabel Pineda-Briseño^c, Ileana Guzmán-Prince^d, Alicia Martínez-Rebollar^e

Abstract:

The article addresses the growing issue of workplace stress in modern life, intensified by the COVID-19 pandemic, which has increased work demands and led to a rise in chronic stress with negative impacts on workers' mental health and quality of life. To tackle this challenge, a data acquisition system is proposed to collect and analyze key factors in stress detection, measuring environmental variables such as temperature (°C), lighting (lux), and noise (dB), as well as physiological indicators like pressure exerted by the worker (kg). This approach allows for the early identification of stress signals and the monitoring of workplace conditions affecting employee well-being. In functionality tests, the temperature sensor achieved 75% accuracy, the humidity sensor 80%, the pressure sensor 85%, and the light intensity captured all levels of intensity exerted confirming the system's effectiveness for workplace application. This proposal represents a tool for detecting workplace stress and enabling informed interventions.

Keywords:

Stress; Mental health; Environmental and physiological factors.

Resumen:

El artículo aborda el creciente problema del estrés laboral en la vida moderna, intensificado por la pandemia de COVID-19, que ha incrementado las exigencias laborales, provocando un aumento del estrés crónico con efectos negativos en la salud mental y calidad de vida de los trabajadores. Para enfrentar este reto, se propone un sistema de adquisición de datos que recolecta y analiza factores clave en la detección del estrés, midiendo variables ambientales como la temperatura (°C), la iluminación (lux), y el ruido (dB), además de indicadores fisiológicos como la presión ejercida por el trabajador (kg). Este enfoque permite identificar señales tempranas de estrés y monitorear condiciones laborales que afectan el bienestar de los empleados. En las pruebas de funcionalidad, el sensor de temperatura alcanzó un 75% de precisión, el de humedad un 80%, el de presión un 85% y el de intensidad lumínica captó todos los niveles de intensidad ejercidos, confirmando la efectividad del sistema para su aplicación en entornos de trabajo. La propuesta representa una herramienta para detectar el estrés en el lugar de trabajo mediante intervenciones informadas.

Palabras Clave:

Estrés laboral; Salud Mental; Factores ambientales y fisiológicos.

^a Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Matamoros. Matamoros, Tamaulipas, México. <https://orcid.org/0009-0000-8436-4933>, Email: m22260821@matamoros.tecnm.mx

^b Autor de Correspondencia, Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Matamoros. Matamoros, Tamaulipas, México. <https://orcid.org/0000-0002-8576-5621>, Email: wendy.sg@matamoros.tecnm.mx

^c Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Matamoros. Matamoros, Tamaulipas, México. <https://orcid.org/0000-0002-5296-4210>, Email: anabel.pb.sg@matamoros.tecnm.mx

^d Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Matamoros. Matamoros, Tamaulipas, México. <https://orcid.org/0000-0001-5893-6627>, Email: ileana.gp@matamoros.tecnm.mx

^e Tecnológico Nacional de México. Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Cuernavaca, Morelos, México. <https://orcid.org/0000-0002-1071-8599>, Email: alicia.mr@cenidet.tecnm.mx

Introducción

Frente a este panorama, es crucial desarrollar estrategias que permitan monitorear y gestionar eficazmente el estrés en los entornos laborales. En este sentido, se propone un enfoque eficiente basado en un sistema de adquisición de datos que permite detectar el estrés de manera temprana, integrando tanto factores ambientales como fisiológicos. El sistema utiliza sensores específicos para capturar datos en tiempo real sobre temperatura (°C), humedad relativa (%), niveles de ruido (dB) y presión ejercida (kg), proporcionando resultados personalizados para cada usuario. Esto permite una evaluación detallada de los niveles de estrés y su relación con las acciones de los trabajadores. En pruebas de funcionamiento, los sensores del sistema alcanzaron una precisión de 75% en temperatura, 80% en humedad, 85% en presión y en intensidad lumínica fue captada en todos los niveles ejercidos, asegurando su capacidad de monitorear con precisión el entorno laboral.

Este sistema tiene el potencial de aminorar los niveles de estrés en un futuro, una vez que se identifiquen y analicen, proporcionando una herramienta eficaz para detectar el estrés y promover entornos laborales más saludables y sostenibles. Los resultados, personalizados por usuario, permitirán analizar datos específicos de cada trabajador con las condiciones de su entorno, contribuyendo al diseño de estrategias para reducir el estrés y mejorar el bienestar en el lugar de trabajo.

Trabajos Relacionados

Diversos estudios han abordado el problema del estrés laboral utilizando tecnologías y métodos innovadores. Un enfoque destacado es el uso de sensores en entornos de oficina para monitorear el comportamiento de los trabajadores. En un estudio desarrollado por Punait S y Lewis G (Punait & Lewis, 2019), se implementó un sistema no supervisado que detectaba el estrés mediante sensores colocados en el asiento y el escritorio, registrando el movimiento de los empleados. Asimismo, otras investigaciones han evaluado el estrés midiendo directamente el cortisol en la saliva de trabajadoras, en combinación con programas de técnicas anti-estrés, demostrando una reducción significativa en los niveles de estrés tras la implementación de estas prácticas (Ornek & Esin, 2020)

Otra vertiente importante en la detección del estrés es la integración de datos ambientales y fisiológicos. En uno de estos trabajos, se utilizaron variables como el ruido, la calidad del aire y la tensión arterial, junto con mediciones de la respuesta del sistema nervioso, para analizar cómo los factores externos y corporales influyen en los niveles de estrés. Estos estudios también han desarrollado

algoritmos que permiten identificar si el estrés persiste tras la intervención, proporcionando resultados personalizados que promueven una respuesta efectiva ante situaciones estresantes en el trabajo (Howe et al., 2022).

Finalmente, la tecnología móvil y los dispositivos portátiles han sido clave para mejorar la detección del estrés. Investigaciones (García-Ceja et al., n.d.) han utilizado smartphones y biosensores para recopilar datos sobre la actividad física y las respuestas fisiológicas, como la frecuencia cardíaca y la respuesta galvánica de la piel, demostrando que la combinación de estas señales con el movimiento físico mejora significativamente la precisión en la detección del estrés. Además, estos sistemas de intervención "just-in-time" y herramientas computarizadas para enfrentar el tecnoestrés han sido propuestas, contribuyendo a la creación de entornos de trabajo más saludables y sostenibles mediante la personalización de las soluciones para el manejo del estrés.

Metodología

El sistema de adquisición de datos se desarrolló en tres fases clave que abarcan desde la identificación de los factores determinantes del estrés hasta la implementación del sistema en el entorno laboral, la ilustración 1, muestra el desarrollo de las fases.

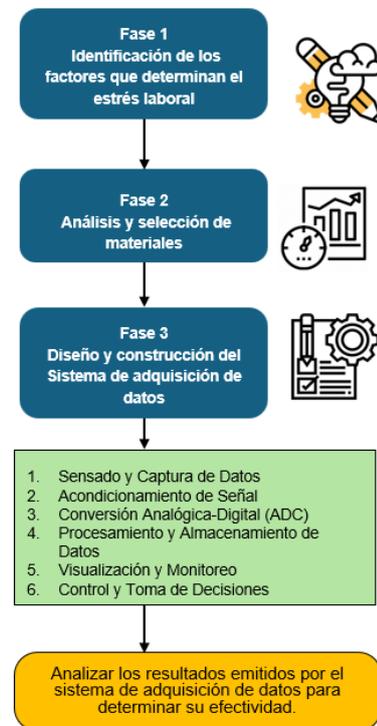


Ilustración 1: Fases del Sistema de Adquisición de Datos

Fase 1: Identificación de los factores que determinan el estrés laboral

En la primera fase, se identificaron los principales factores que influyen en el estrés laboral, considerando tanto variables fisiológicas como ambientales. Para ello, se realizó una extensa revisión de la literatura sobre los efectos del estrés en el lugar de trabajo. Se identificaron factores ambientales como la temperatura, la humedad y la intensidad de la luz, los cuales también tienen un impacto directo en los niveles de estrés experimentados por los trabajadores.

Durante esta fase, se realizó una investigación sobre los estresores más frecuentes en el entorno laboral, clasificándolos en dos categorías: estresores organizacionales (como el ambiente físico y la estructura jerárquica), y estresores personales (como las condiciones emocionales y físicas del individuo). Este análisis ayudó a determinar los factores más relevantes para diseñar un sistema que pudiera detectar, con precisión, situaciones de estrés en el lugar de trabajo.

La tabla 1 muestra las variables que fueron seleccionadas:

Tipo de Variable	Unidad de Medida
Presión Ejercida	Kg.
Temperatura	°C
Humedad	% de Humedad
Iluminación	Lux
Ruido	Db

Tabla 1. Tipos de Variables

Estas variables son clave para la detección de estrés porque influyen directamente en el *ambiente de trabajo*, que a su vez afecta el bienestar y la respuesta fisiológica de los empleados. Cada una de ellas contribuye a crear un entorno que puede generar o aliviar el estrés:

1. **Presión Ejercida (Sensor de Peso):** La presión ejercida en el puesto de trabajo se refiere al peso que el usuario aplica al colocar sus manos sobre el escritorio o al apoyarse en él, lo cual puede indicar niveles de tensión muscular. Este tipo de presión está directamente relacionado con la postura adoptada durante la jornada laboral y el tiempo que el trabajador pasa en posiciones estáticas. Si el usuario mantiene una postura incómoda o permanece mucho tiempo sin

moverse, esto puede generar fatiga física y contribuir al aumento de los niveles de estrés, reflejando una carga adicional sobre el sistema muscular y postural.

2. **Temperatura (Sensor de Temperatura):** Un ambiente con temperaturas extremas, ya sea demasiado frío o caluroso, puede causar incomodidad y afectar el rendimiento, provocando malestar físico y mental que incrementa el estrés.
3. **Humedad (Sensor de Humedad):** Los niveles inadecuados de humedad pueden generar incomodidad, afectando la respiración, la concentración y el bienestar general. Esto puede influir en el estado de ánimo y aumentar la irritabilidad y el estrés.
4. **Iluminación (Medidor de Iluminación):** La cantidad y calidad de la iluminación son factores clave en el confort visual y la concentración. Una iluminación inadecuada puede causar fatiga visual, dolores de cabeza y disminución de la productividad, lo que incrementa el nivel de estrés.
5. **Ruido (Medidor de Ruido):** Los niveles elevados de ruido son un conocido factor estresante en los entornos laborales. El ruido constante o fuerte puede distraer, generar ansiedad y hacer más difícil concentrarse, lo que aumenta los niveles de estrés.

Cada una de estas variables afecta de manera directa las condiciones físicas en el entorno de trabajo. Al monitorearlas, se puede identificar cómo el ambiente laboral influye en los trabajadores y actuar para optimizar ese entorno, reduciendo así los factores que desencadenan el estrés.

Fase 2: Análisis y selección de materiales

Una vez identificados los factores clave, se procedió al análisis y selección de los materiales necesarios para desarrollar el sistema de adquisición de datos. Para medir las condiciones ambientales, se optó por sensores específicos de temperatura, humedad y luminosidad. Entre ellos, se eligió el sensor DHT22, que ofrece un mayor rango de medición y precisión en comparación con el DHT11, para medir tanto la temperatura como la

humedad en el ambiente. Asimismo, se utilizó el sensor BH1750 para medir la intensidad de la luz, dado su rango amplio de detección y su integración sencilla con la placa de desarrollo Arduino.

En cuanto a los factores fisiológicos, para medir el comportamiento físico del trabajador, se utilizaron celdas de carga (HX711) que permiten medir la presión ejercida sobre el puesto de trabajo. Este componente es esencial para detectar signos de estrés físico, como el aumento de la tensión muscular durante actividades prolongadas.

El análisis de costos y características de los materiales seleccionados fue un paso clave en esta fase. Se evaluaron diferentes proveedores y se seleccionaron aquellos que ofrecían la mejor relación calidad-precio para cada sensor, con el objetivo de desarrollar un sistema asequible y eficaz.

Se eligieron los siguientes materiales de la Tabla 2, debido a que un bajo costo, ayuda las empresas para que pueda ser implementado y tenga un mayor alcance para todos los participantes.

Material	Descripción
Sensor de humedad y temperatura, Dht22	Sensor digital que permite obtener lecturas de temperatura y humedad relativa.
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).
HX711 Módulos AD para Celdas de Carga	Módulos convertidores analógicos a digital A/D, para sensores de presión o celda de carga.

Tabla 2. Materiales Elegidos

Fase 3: Diseño y construcción del sistema de adquisición de datos.

La última fase consistió en el diseño e implementación del sistema de adquisición de datos. El sistema se diseñó utilizando una placa de desarrollo Arduino (ARD-010), que sirvió como núcleo para integrar los diferentes sensores y gestionar la recolección de datos. Se elaboró un gabinete impreso en 3D para alojar los componentes electrónicos, asegurando un diseño compacto y resistente, adecuado para su uso en el entorno laboral. La disposición del gabinete permite que los sensores se conecten de manera eficiente y estén expuestos al entorno, lo que facilita la recolección de datos en el área laboral, lo cual se muestra en la ilustración 2.

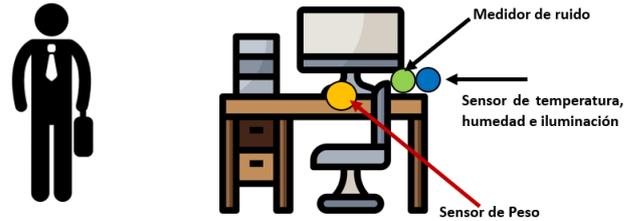


Ilustración 2: Mapeo del Sistema

El diseño del circuito incluyó la integración de los sensores ambientales y fisiológicos con la placa de desarrollo Arduino. Se establecieron conexiones específicas para cada sensor y se desarrolló un software basado en Arduino para procesar los datos recogidos y almacenarlos en una base de datos.

Una vez ensamblado el sistema, se llevaron a cabo pruebas iniciales para verificar la precisión y fiabilidad de las mediciones en un entorno controlado. Los sensores de presión se colocaron bajo el teclado del trabajador, permitiendo medir la tensión muscular durante la jornada laboral.

El objetivo de esta fase es calibrar el sistema para convertirlo en una herramienta precisa en la identificación del estrés laboral. Para lograrlo, se siguen las fases de los sistemas de adquisición de datos, las cuales son cruciales porque proporcionan una estructura detallada y bien definida para detectar, procesar y analizar las variables relacionadas con el estrés. Estas fases aseguran la correcta captura y tratamiento de datos clave, como la temperatura, iluminación, ruido y otros factores tanto ambientales como fisiológicos. Esto permite obtener información precisa y confiable sobre las condiciones que pueden influir en el estrés.

La ilustración 3, muestra el sistema de adquisición de datos, ya ensamblado y listo para recaudar datos:



Ilustración 3: Sistema de Adquisición de Datos

Para validar la funcionalidad del sistema de adquisición de datos desarrollado, se realizaron diversas pruebas enfocadas en medir su precisión y capacidad para detectar mediante sensores que registran parámetros fisiológicos como la conductividad de la piel y las condiciones ambientales. Estas pruebas incluyeron la verificación de la sensibilidad de los sensores, la correcta integración y procesamiento de los datos en tiempo real, y la calibración del sistema en diferentes entornos y usuarios. Además, se realizaron pruebas en escenarios controlados de estrés para asegurar que el sistema respondiera adecuadamente a las variaciones fisiológicas asociadas.

Resultados de Pruebas de Funcionalidad del Prototipo

Sensor de Temperatura: El sensor fue probado en un rango de temperaturas de 15°C a 35°C, con una precisión de $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 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.

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 una precisión de $\pm 2\%$, 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.

Medidor de Intensidad Luminosa: 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.

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.

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 está listo para su uso en la detección y registro de condiciones ambientales y fisiológicas con alta fiabilidad.

Posteriormente, el sistema se implementó en oficinas de trabajo con participantes de entre 20 a 40 años, lo que permitió recopilar datos en diversas áreas laborales y en diferentes momentos de la jornada, generando información clave para la gestión del bienestar en el entorno laboral.

Conclusión

Finalmente, una vez validado el funcionamiento del sistema, se procederá a realizar una investigación en un entorno laboral real, donde se recopilen datos de los trabajadores durante un periodo más prolongado. Estos datos serán analizados entre los niveles de estrés detectados y las acciones realizadas por cada trabajador.

El desarrollo de un sistema de adquisición de datos que mide los niveles de estrés laboral responde a la creciente necesidad de abordar el impacto negativo del estrés en los trabajadores, tanto a nivel individual como organizacional. El estrés crónico ha demostrado ser uno de los principales factores que afectan la productividad, la salud mental y física de los empleados, y la estabilidad general del ambiente laboral. En el contexto actual, donde las demandas laborales aumentan constantemente, la implementación de un sistema que detecte de forma oportuna los niveles de estrés es crucial para mitigar sus efectos adversos.

El sistema propuesto, que integra tanto variables fisiológicas como ambientales, permitirá una detección precisa y en tiempo real de los factores que influyen en el estrés laboral. Se espera que la combinación de sensores que midan la presión ejercida por el trabajador y las condiciones ambientales (temperatura, humedad y luminosidad) proporcione datos detallados sobre las condiciones de estrés a las que está expuesto un trabajador durante su jornada laboral.

Uno de los resultados clave será la identificación de patrones de estrés en diferentes momentos del día o en relación con tareas específicas. A través del análisis de los datos recolectados, se podrán establecer correlaciones entre las mediciones fisiológicas y las condiciones ambientales, permitiendo detectar cómo los factores externos, como el ruido o la iluminación inadecuada, afectan los niveles de estrés.

Además, la posibilidad de personalizar las alertas y sugerencias para cada trabajador con base en sus datos fisiológicos y comportamentales es un avance importante.

El desarrollo de un sistema de adquisición de datos que integre variables fisiológicas y ambientales representa un avance significativo en la gestión del bienestar en el entorno de trabajo. La capacidad de monitorear en tiempo real las condiciones que desencadenan el estrés, junto con la personalización de los resultados para cada trabajador, permitirá una identificación temprana de los niveles de estrés, lo que facilitará la intervención oportuna y la prevención de problemas de salud relacionados.

Este artículo subraya la importancia de contar con herramientas tecnológicas innovadoras para abordar un problema que afecta tanto a los empleados como a las organizaciones. Al proporcionar un enfoque basado en datos objetivos, el sistema propuesto ofrece una solución práctica para reducir el impacto negativo del estrés en la productividad, la salud mental y la calidad de vida de los trabajadores.

Referencias

García-Ceja, E., Osmani, V., & Mayora, O. (n.d.). *Automatic Stress Detection in Working Environments from Smartphones' Accelerometer Data: A First Step*.

Howe, E., Suh, J., Bin Morshed, M., McDuff, D., Rowan, K., Hernandez, J., Abidin, M. I., Ramos, G., Tran, T., & Czerwinski, M. P. (2022, April 29). Design of Digital Workplace Stress-Reduction Intervention Systems: Effects of Intervention Type and Timing. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*. <https://doi.org/10.1145/3491102.3502027>

Ornek, O. K., & Esin, M. N. (2020). 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*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09769-0>

Punait, S., & Lewis, G. F. (2019). 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*, 179–182. <https://doi.org/10.1145/3341162.3343829>