

## Termografía para evaluación de riesgos musculares en el entorno laboral

Miguel Ángel López-Ontiveros <sup>1</sup>, Enrique Ávila Soler <sup>2,\*</sup> y Martha Hanel González <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Sistemas, Universidad Autónoma Metropolitana - Unidad Azcapotzalco, Ciudad de México.

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero-TECNM, Ciudad de México, México.

\* Autor de correspondencia: [industrial014@gamadero.tecnm.mx](mailto:industrial014@gamadero.tecnm.mx).

### Artículo de divulgación científica

Recibido: 27 de septiembre de 2024

Aceptado: 14 de diciembre de 2024

Publicado: 31 de diciembre de 2024

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v3i1.196>

**Resumen:** El documento demuestra que el análisis de imágenes termográficas puede aplicarse en diversas áreas profesionales, especialmente en la evaluación de las partes del cuerpo humano involucradas en actividades de ensamblaje de componentes que requieren el uso de los brazos. Su objetivo es prevenir lesiones y accidentes derivados de la repetitividad y los cambios de ritmo en el trabajo. La metodología utilizada consiste en la captura e interpretación de imágenes termográficas durante los procesos laborales realizados por varones. Los resultados principales revelaron que las manos son las áreas más afectadas. Bajo condiciones de ritmo normal, se observó mayor actividad muscular en el codo, el antebrazo y el hombro, mientras que las manos y el brazo presentaron menor actividad. Sin embargo, al aumentar el ritmo de trabajo, la actividad muscular en las manos, hombros y codos se intensificó, mientras que en el antebrazo y el brazo disminuyó. En conclusión, los hallazgos sugieren que la termografía es una herramienta útil para identificar niveles de actividad muscular y áreas de riesgo potencial. Este tipo de estudios podría complementar las evaluaciones ergonómicas y resultar valioso en el ámbito industrial.

**Palabras clave:** lesiones; accidentes; tomografía, análisis termográfico

### Introducción

La termografía infrarroja es una técnica no invasiva, de bajo coste y rápida, que mide la temperatura superficial de los cuerpos a través de la radiación infrarroja. Al ser segura y repetible, es útil para complementar otros diagnósticos, proporcionando información valiosa sobre patologías y lesiones sin riesgo para pacientes vulnerables. Su aplicación abarca áreas como la medicina y la ganadería de precisión, donde ayuda a detectar anomalías en tiempo real, como enfermedades en animales (Hidalgo Salvador *et al.*, 2014; Prada Pérez de Azpeitia, 2016; Zheng *et al.*, 2024; Korelidou *et al.*, 2024).

La función de la termografía es detectar cambios funcionales, nerviosos y vasculares a través de imágenes en tiempo real, basándose en la captura y transmisión de la radiación infrarroja emitida por la piel humana (Manfredini *et al.*, 2011). El principio de la termografía radica en la temperatura de un objeto, que se genera por la vibración de los átomos de las estructuras que lo componen. Estas vibraciones producen energía, que se emite en forma de radiación térmica. La ley de Wien establece una relación entre la temperatura de un objeto y la frecuencia con la que emite luz, ya sea visible o no visible. Todo objeto a una temperatura superior al 0 absoluto (-273 °C) emite radiación electromagnética en diferentes longitudes de onda. Cuanto mayor es la temperatura, mayor es la frecuencia de la radiación, y, por lo tanto, menor es la longitud de onda. Este principio permite detectar los cambios de temperatura, como lo afirman (Avilés-García *et al.*, 2024).

La aplicación inicial en medicina, industria y otras áreas relevantes se da a través de las imágenes térmicas infrarrojas se aplicaron inicialmente en medicina para detectar anomalías como tumores, inflamación e infecciones, siendo fundamentales para diagnósticos no invasivos en áreas como neurología, oncología y cirugía (Jones, 1998). Aunque su uso médico disminuyó debido a las cámaras de primera generación, los avances tecnológicos han mejorado su precisión, ampliando su aplicación en la inspección de maquinaria, fallos estructurales y monitoreo de infraestructuras en el ámbito industrial. Además, se ha utilizado en la rehabilitación de lesiones deportivas, reduciendo el tiempo de inactividad de los atletas (Viegas *et al.*, 2020). En la última década, la termografía se ha vuelto más accesible y común, pasando de ser una herramienta costosa en laboratorios a un recurso frecuente en ingeniería, utilizado principalmente para la detección de anomalías en máquinas, edificios y sistemas eléctricos a través de imágenes termográficas (Rodríguez-Martín *et al.*, 2015).

La conexión entre la termografía y su potencial en el análisis de la fisiología muscular se destaca en que La termografía resulta una herramienta valiosa para evaluar la actividad muscular en actividades laborales, permitiendo identificar áreas de mayor impacto y riesgo, como las manos. Los estudios revelan que la actividad muscular varía según el ritmo de trabajo: a mayor intensidad, aumenta la actividad en las manos, hombros y codos, mientras que disminuye en otras áreas como el antebrazo. Estos hallazgos destacan el potencial de la termografía para complementar las evaluaciones ergonómicas y mejorar la prevención de lesiones en el sector industrial, optimizando la salud laboral y la seguridad en el trabajo.

El uso de la termografía en el ámbito local, regional o global ha ido en aumento en la última década, pasando de ser un instrumento costoso y solo presente en determinados laboratorios y centros de investigación, a ser una herramienta tecnológica más en la rutina de muchos profesionales de la ingeniería. Sin embargo, hoy en día sus usos más habituales están relacionados con la inspección cualitativa que, como se detallará más adelante, consiste a grandes rasgos en la detección de zonas calientes o frías para descubrir ciertas anomalías o tratar de prevenir determinadas patologías en máquinas, edificios o fallos eléctricos o electrónicos, siempre a través de la mera visualización de la imagen termográfica. (Rodríguez-Martín *et al.*, 2015).

El análisis de imágenes termográficas en el entorno laboral contribuye a la sustentabilidad al mejorar la salud laboral y reducir los riesgos de lesiones, especialmente en tareas repetitivas. Esto favorece un ambiente de trabajo más seguro, promueve una fuerza laboral productiva a largo plazo y reduce los costos derivados de accidentes o enfermedades. Además, optimiza los procesos y mejora la eficiencia económica, apoyando una gestión sostenible de los recursos humanos.

## Desarrollo

El desarrollo de un experimento de termografía para la evaluación de riesgos musculares en el entorno laboral requiere varios elementos clave. En primer lugar, es esencial seleccionar un lugar con condiciones ambientales controladas que no interfieran con la calidad de las imágenes termográficas. Además, se debe establecer un protocolo de investigación detallado que defina a los participantes, el proceso de evaluación y el uso de una cámara termográfica adecuada para capturar las imágenes. Si es necesario, estos elementos pueden complementarse con herramientas adicionales para garantizar la precisión y fiabilidad de los resultados obtenidos. Las etapas del proceso incluyen la generación de resultados, la interpretación de estos y la propuesta de soluciones. La propuesta general del procedimiento experimental en humanos se clasifico en cinco etapas clave, que se describen a continuación:

### 1. Identificación de Áreas Potenciales de Afectación

Es necesario definir qué se va parte de cuerpo humano se va a estudiar para comprender las diferentes tareas pueden impactar la salud y el bienestar de los trabajadores, y un paso fundamental en este proceso es identificar las áreas específicas de los brazos que podrían verse afectadas durante diversas actividades laborales., tal como se muestra en la (Figura 1).

La Figura 1 muestra una imagen termográfica del brazo izquierdo, presentado de frente. La temperatura, medida en grados Celsius (°C), se obtiene en posiciones específicas: Bx1 (hombro), Bx2 (brazo), Bx3 (codo), Bx4 (antebrazo) y Bx5 (mano). La imagen detalla la temperatura máxima (Max) y mínima (Min) en diferentes partes del brazo.



Figura 1. Imagen termográfica de los brazos de una persona evaluada.

## 2. Análisis de la información recopilada

Las herramientas cualitativas y cuantitativas utilizadas en el análisis de información termográfica incluyen gráficos, tablas, comparaciones y estadísticas descriptivas, las cuales proporcionan los datos esenciales para la toma de decisiones y la mejora continua.

## 3. Resultados de la información

En este caso, se observó que los cambios en los ritmos de trabajo influyen directamente en las afectaciones musculares. Esta observación subraya la importancia de ajustar los ritmos laborales para reducir el riesgo de lesiones. La implementación de estrategias adecuadas puede mitigar significativamente estos efectos negativos., ver (Figura 2).

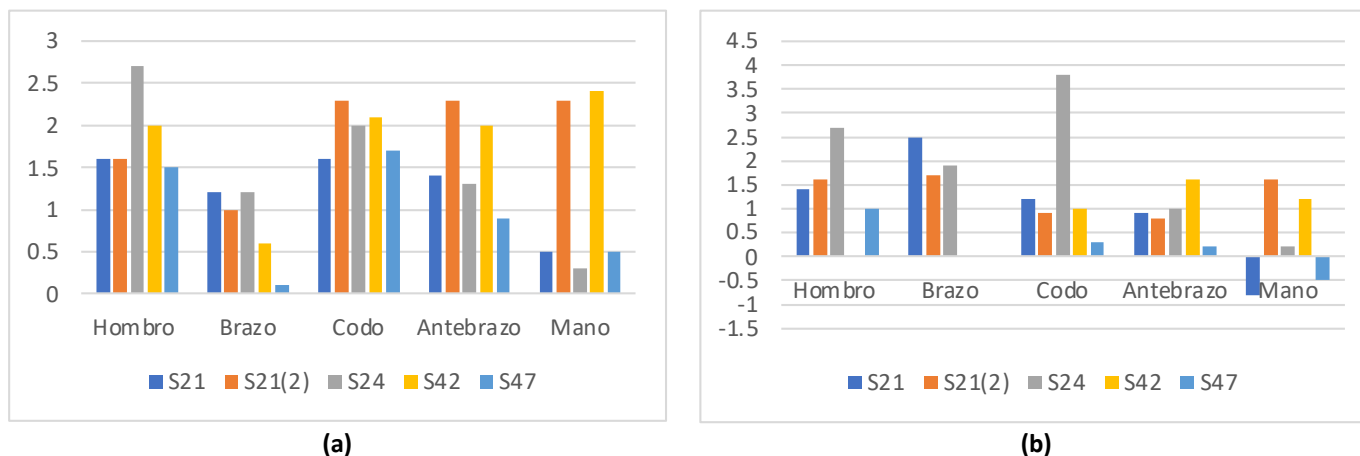


Figura 2. Temperaturas en pruebas del brazo de personas: (a) derecho y (b) izquierdo.

La Figura 2 muestra el comportamiento de las temperaturas en cada parte del brazo de los varones, destacando la variabilidad entre los operarios S21, S21(2), S24, S42 y S47. La letra "S" representa al operario, mientras que el número indica la edad de cada persona evaluada.

En (a), se puede observar que las partes del brazo derecho de las personas analizadas mostraron la mayor actividad muscular, siendo el hombro la zona que más esfuerzo presentó debido a la diferencia de temperatura. En el brazo izquierdo (b), en cambio, las diferencias de temperatura fueron menores.

## 4. Recomendaciones para estrategias de mitigación

En caso de detectar afectaciones, se recomienda desarrollar e implementar estrategias específicas, enfocadas en ajustar los ritmos de trabajo y proporcionar entrenamientos adecuados para prevenir lesiones musculares. Además, es fundamental adaptar las condiciones laborales a las necesidades de los trabajadores para garantizar su salud a largo plazo.

## 5. Propuesta para Futuras Investigaciones

Se sugiere llevar a cabo investigaciones adicionales que incluyan a mujeres, con el objetivo de evaluar los daños musculoesqueléticos causados por tareas repetitivas y determinar si existen diferencias en el uso de los grupos musculares entre géneros durante actividades como el ensamblaje o tareas similares. Este análisis contribuirá a una comprensión más completa y equitativa de las necesidades de los trabajadores.

## Conclusiones

El estudio ha identificado las áreas de los brazos en varones que podrían verse afectadas durante las actividades laborales. Este análisis cumple su objetivo al proporcionar información valiosa para la toma de decisiones sin causar

daño a los evaluados ni al proceso. Se observó que los cambios en los ritmos de trabajo influyen directamente en las afectaciones, lo que subraya la necesidad de implementar estrategias para mitigar estos efectos. Además, se recomienda realizar un análisis futuro que incluya a mujeres para evaluar los daños musculoesqueléticos en tareas repetitivas y determinar si ambos géneros utilizan los mismos grupos musculares durante el ensamblaje u otras operaciones similares. Este enfoque está diseñado para ser claro y accesible para el público general, destacando los hallazgos clave y las recomendaciones para futuras investigaciones.

## Bibliografía

- Avilés-García, Á., López-Casanova, P., Segura-Jordá, G., Verdú-Soriano, J., & Berenguer-Pérez, M. (2024). Termografía infrarroja como método de diagnóstico en quemaduras: una revisión exploratoria de la literatura. *Gerokomos*, 35(1), 62-66. <https://scielo.isciii.es/pdf/geroko/v35n1/1134-928X-geroko-35-01-62.pdf>.
- Hidalgo Salvador, E., Álvarez González, F., & Salvador Luna, A. (2014). Aplicación de la termografía infrarroja en medicina legal: ¿prueba válida para la objetivación de los síndromes dolorosos? *Disfunción temporomandibular. Cuadernos de Medicina Forense*, 20(2-3), 77-84. <https://dx.doi.org/10.4321/S1135-76062014000200002>.
- Jones, B. F. (1998). A reappraisal of the use of infrared thermal image analysis in medicine. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 17(6), 1019-1027. <https://doi.org/10.1109/42.746635>.
- Korelidou, V., Simitzis, P., Massouras, T. y Gelasakis, AI (2024). Termografía infrarroja como herramienta de diagnóstico para la evaluación de la mastitis en rumiantes lecheros. *Animales*, 14 (18), 2691. <https://doi.org/10.3390/ani14182691>.
- Manfredini, D., Guarda-Nardini, L., Winocur, E., Piccotti, F., Ahlberg, J., & Lobbezoo, F. (2011). Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: a systematic review of axis I epidemiologic findings. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, 112(4), 453–462. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2011.04.021>.
- Prada Pérez de Azpeitia F. I. (2016) La termografía infrarroja: un sorprendente recurso para la enseñanza de la física y la química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 13 (3), 617-627. <http://hdl.handle.net/10498/18501>.
- Viegas, F., Mello, M. T. de ., Rodrigues, S. A., Costa, C. M. A., Freitas, L. de S. N., Rodrigues, E. L., & Silva, A. (2020). THE USE OF THERMOGRAPHY AND ITS CONTROL VARIABLES: A SYSTEMATIC REVIEW. *Revista Brasileira De Medicina Do Esporte*, 26(1), 82–86. <https://doi.org/10.1590/1517-869220202601217833>.
- Rodríguez-Martín, M., Lagüela-López, S., González-Aguilera, D., & Díaz-Vilariño, L. (2015). Termografía activa: Parte 1. Enfoque teórico de la captación infrarroja, procesamiento de datos y clasificación. *Dyna*, 90(5), 456-460. <https://doi.org/10.6036/7556>.
- Zheng, P., Liu, Y., Wu, H., & Wang, H. (2024). Non-invasive infrared thermography technology for thermal comfort: A review. *Building and Environment*, 248, 111079. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.111079>.