



Booklets

RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - Google Scholar DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID - VJLEX - EBSCO

Title: Artificial Intelligence in the Field of Ergonomics and Occupational Health for Risk Assessment

Authors: Muñoz-Hernandez, Raquel and Rangel-Lara, Saúl

ROR Universidad Politécnica del Valle de México • I-6661-2018 • 0000-0002-4461-8027 • 103670
ROR Universidad Politécnica del Valle de México • 0000-0002-4461-8027

Editorial label MARVID: 607-8695
BMARVID Control Number: 2025-01
BMARVID Classification (2025): 121225-0001
RNA: 03-2010-032610115700-14
Pages: 14

SECIHTI classification:
Area: Engineering
Field: Engineering
Discipline: Industrial Engineering
Subdiscipline: Industrial Safety

MARVID-México

Park Pedregal Business. 3580,
Anillo Perif., San Jerónimo
Aculco, Álvaro Obregón,
01900 Ciudad de México, CDMX,
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: MARVID-México S.C.
E-mail: contact@marvid.org
Facebook: MARVID-México S. C.
X: @Marvid_México

www.marvid.org

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introduction

Methodology

Results

Annexes

Conclusions

References

Introduction

La implementación de la inteligencia artificial (IA) en la ergonomía marca el paso hacia la ergonomía 4.0, migrando de la evaluación manual a la prevención predictiva basada en datos, fundamentalmente la visión por computadora (VC) y el aprendizaje automático (ml), para objetivar la evaluación de riesgos, cuantificar la exposición biomecánica en tiempo real y transformar la eficacia de los programas de capacitación. Se presenta un análisis para automatizar el cumplimiento de la nom-036-1-stps-2018, especialmente en la aplicación rigurosa de la ecuación revisada de NIOSH, para un (LPR) dinámico y continuo. Mediante casos de estudio empresariales (logística, manufactura y *corporate wellness*), se evidencia la eficacia de la monitorización *in situ* y la retroalimentación inmediata (*Just-in-Time Learning*). Se subraya que esta aplicación es consistente con las directrices de ISO 11228 y ISO 9241, asegurando una armonización global de las prácticas.

¿La Inteligencia Artificial garantiza la Calidad en los Sistemas de Producción?

Integración tecnológica avanzada

La Ergonomía 4.0 utiliza IA, IoT y Big Data para optimizar las condiciones laborales de forma dinámica y predictiva.

Modelación dinámica del trabajador

Se modelan la cinemática, cinética y fatiga para adaptar el entorno laboral durante toda la jornada.

Cumplimiento de estándares internacionales

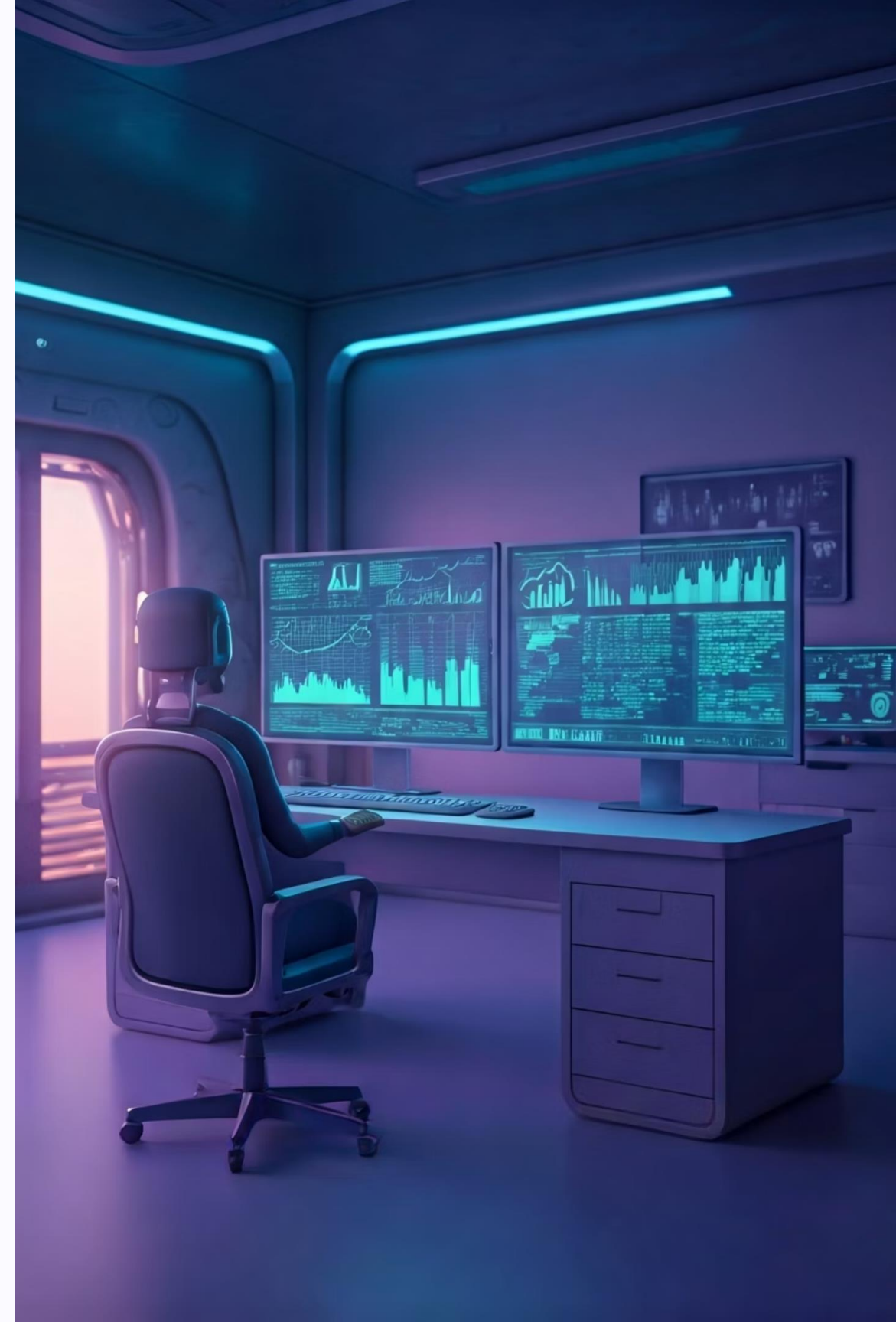
Ergonomía 4.0 alinea prácticas con normas ISO 11228 e ISO 9241 para armonización global.

Mejora en evaluación y capacitación

Tecnologías avanzadas mejoran la evaluación de riesgos y el diseño de programas de salud ocupacional.

Ergonomía 4.0: Inteligencia Artificial para la Prevención de Trastornos Musculoesqueléticos

La integración de Inteligencia Artificial, IoT y Big Data está revolucionando la evaluación y prevención de riesgos ergonómicos en el entorno laboral mexicano.



¿Qué es la Ergonomía 4.0?

La Ergonomía 4.0 se define como la disciplina que integra sistemas de **Inteligencia Artificial (IA)**, **Internet de las Cosas (IoT)** y análisis de **Big Data** para optimizar la interacción entre el humano y el sistema de trabajo, con un enfoque en la adaptación dinámica y predictiva de las condiciones laborales.

Su objetivo trasciende la simple evaluación de posturas estáticas: busca modelar la cinemática, cinética y fatiga de la jornada laboral completa, proporcionando una visión holística del riesgo ergonómico.

Esta evolución tecnológica permite la transición de una ergonomía reactiva a una **ergonomía predictiva y personalizada**, capaz de anticipar problemas antes de que se materialicen en lesiones.



La Crisis de los Métodos Tradicionales

Los Trastornos Musculoesqueléticos (TME) se han consolidado como la principal causa de años vividos con discapacidad y ausentismo prolongado en países industrializados, imponiendo una carga económica que excede el 1% del PIB en muchas naciones.

Discontinuidad Temporal

Una muestra de 10 minutos no representa una jornada de 8 horas. Los métodos observacionales capturan solo fragmentos de la realidad laboral.

Subjetividad del Evaluador

La asignación de puntuaciones (e.g., puntuación C en RULA) varía significativamente entre evaluadores, introduciendo sesgo.

Incapacidad Métrica

Métodos como REBA o RULA son cualitativos; no proporcionan parámetros métricos exactos (distancia, ángulo en grados) requeridos para análisis ingenieril.

❏ Esta brecha metodológica es insostenible bajo el rigor de la **NOM-036-1-STPS-2018**, que exige la cuantificación precisa del riesgo ergonómico.

El Impacto Global y Nacional de los TME

374M

Lesiones Anuales

La OIT estima que anualmente se producen cerca de 374 millones de lesiones y enfermedades no mortales relacionadas con el trabajo a nivel global.

60%

Trabajadores Afectados

En la Unión Europea, el 60% de los trabajadores declara haber sufrido TME durante su vida laboral.

0.5-2%

Costo del PIB

El coste de los TME se estima entre el 0.5% y el 2% del PIB total en países industrializados.

En México, los TME relacionados con el esfuerzo y la sobrecarga (como trastornos del disco intervertebral, síndrome del túnel carpiano y tendinitis) figuran consistentemente entre las enfermedades profesionales más diagnosticadas según el IMSS. Muchos accidentes de trabajo son consecuencia indirecta de la fatiga o de la adopción de posturas inadecuadas derivadas de una mala ergonomía del puesto.

Marco Normativo: NOM-036-1-STPS-2018



La **NOM-036-1-STPS-2018** (Factores de Riesgo Ergonómico en el Trabajo - Parte 1: Manejo manual de cargas) es un instrumento regulatorio de vanguardia que exige la identificación, análisis, prevención y control de los factores de riesgo ergonómico.

Obligaciones Clave:

- **Artículo 8.3:** Identificación de actividades con Manejo Manual de Cargas (MMC)
- **Artículo 8.5:** Análisis detallado del riesgo cuando las tareas superen límites de peso o presenten condiciones de riesgo (frecuencia, distancia, asimetría)
- **Artículo 10.3.f:** Capacitación sobre la forma segura de realizar las tareas con evidencia objetiva

La IA no solo facilita, sino que **garantiza la factibilidad** de estas exigencias en entornos de alta rotación y volumen de tareas.

Visión por Computadora: La Revolución del Análisis Postural

La Visión por Computadora (VC) representa la aplicación más transformadora en Ergonomía, permitiendo la medición de posturas y movimientos sin contacto físico con el trabajador.

01

Arquitectura de Redes Neuronales

Utiliza Redes Neuronales Convolucionales (CNN) para la Estimación de Pose Humana (HPE). Modelos como OpenPose o AlphaPose detectan puntos clave del esqueleto.

03

Cálculo Automático de Factores

La IA calcula dinámicamente los parámetros cinemáticos requeridos por NIOSH e ISO 11228: Distancia Horizontal (H), Distancia Vertical (V), Frecuencia (F) y Ángulo de Asimetría (A).

02

Detección de Keypoints

El algoritmo identifica codos, muñecas, cadera, rodillas y los mapea en un espacio tridimensional con precisión milimétrica.

04

Evaluación Continua

Permite el análisis de posturas complejas en entornos industriales no controlados durante toda la jornada laboral, superando las limitaciones de los sistemas tradicionales.

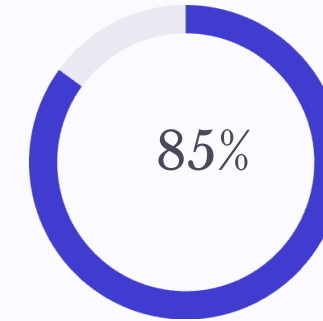
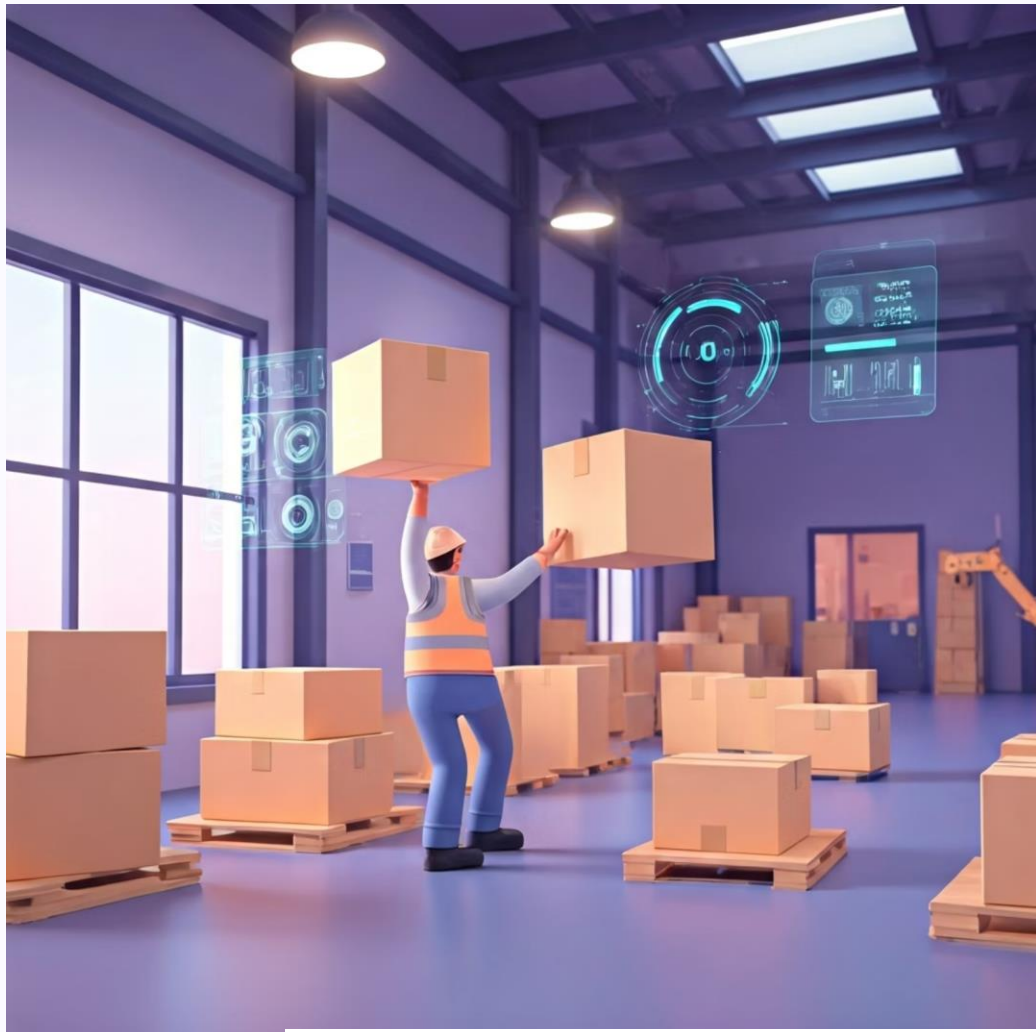
Caso de Éxito: Automatización de NIOSH en Logística

Implementación en Almacenes de Distribución

Grandes almacenes de distribución y plantas de ensamblaje en México han implementado plataformas como **ergoIA** (Quirónprevención) y **Ergoyes** para automatizar el cumplimiento de la NOM-036-1-STPS-2018.

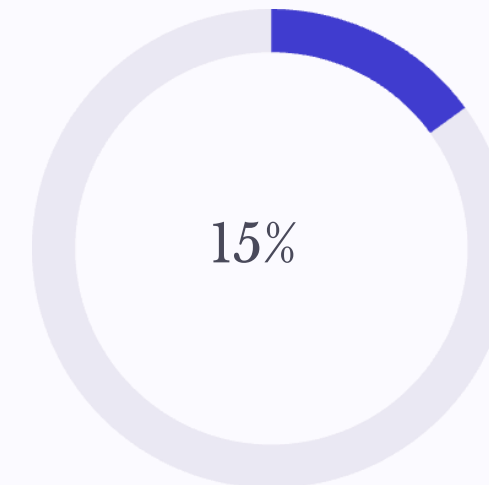
Proceso Automatizado:

1. Los especialistas suben videos de las tareas de MMC a la plataforma
2. La IA procesa los videos en menos de un minuto
3. Genera un Límite de Peso Recomendado (LPR) basado en factores de NIOSH medidos automáticamente
4. Clasifica el riesgo y propone medidas de control inmediatas



Reducción en Tiempo de Análisis

Permite monitorear cientos de tareas en el tiempo que antes requería una sola.



Reducción de TME

Disminución de TME documentados en el primer año de implementación.

Aprendizaje Automático y Predicción de Fatiga

Más allá de la evaluación postural, la IA utiliza el Aprendizaje Automático (ML) para predecir el riesgo inminente basado en el estado fisiológico y la historia de exposición del trabajador.



Wearables y Sensores IoT

Dispositivos ligeros (IMU, EMG) capturan actividad muscular y aceleración del movimiento. Sensores ambientales correlacionan exposición biomecánica con factores externos.



Modelos Predictivos

Redes Neuronales Recurrentes (RNN) y Random Forests clasifican el estado de riesgo en niveles: Latente, Inminente y Crítico.



Alertas Prescriptivas

El modelo predice un fallo inminente y activa protocolos de pausa o cambio de tarea antes de la lesión.

"La IA transforma la prevención de reactiva a predictiva, anticipando problemas antes de que se materialicen en lesiones costosas y dolorosas."

Caso DHL

Gafas de eye-tracking para operadores de montacargas analizan micromovimientos oculares para detectar fatiga visual y disminución del tiempo de reacción.

Caso Bosch

Cobots con sensores y VC monitorean el ritmo del operador. La IA ajusta dinámicamente la velocidad de la línea al detectar patrones de fatiga.

Conclusiones: Hacia una Ergonomía 4.0 Efectiva

La Inteligencia Artificial representa la **evolución inevitable y necesaria** de la Ergonomía, estableciendo la base para la prevención predictiva en Seguridad y Salud Ocupacional.

Objetivación de la Evaluación

La IA, mediante Visión por Computadora y Aprendizaje Automático, objetiva la evaluación de riesgos con precisión milimétrica y monitorización continua sin precedentes.

Cumplimiento Normativo

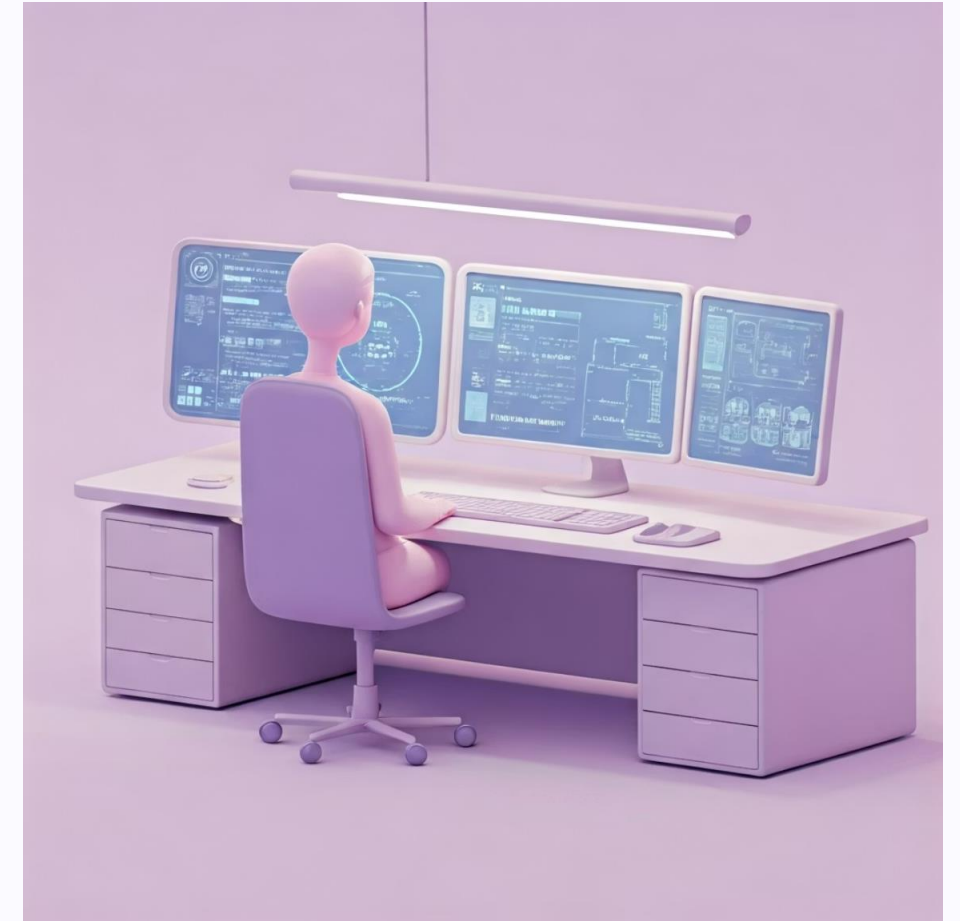
En México, la IA es la herramienta más efectiva para asegurar el cumplimiento riguroso de la NOM-036-1-STPS-2018 y la armonización con estándares internacionales ISO 11228.

Transformación del Rol Profesional

El instructor de SSO se eleva a analista de datos y líder ético-normativo. La adquisición de competencias en validación métrica y gobernanza del dato son fundamentales.

Implementación Responsable

Solo mediante una implementación ética y técnicamente rigurosa se puede garantizar que la IA maximice el bienestar laboral y sirva como motor de equidad y cumplimiento legal.



📌 **El futuro de la prevención de TME es ahora.**
La Ergonomía 4.0 marca el paso hacia un entorno laboral más seguro, saludable y productivo.

Desafíos Éticos y Nuevas Competencias Profesionales

La adopción de la IA en ergonomía presenta retos culturales, éticos y técnicos que redefinen el rol del profesional de Seguridad y Salud Ocupacional.

Dimensiones Éticas y Gobernanza del Dato

Transparencia: La monitorización debe ser exclusivamente para prevención de TME, nunca para penalización por bajo rendimiento.

Anonimización: Priorizar decisiones con datos agregados, utilizando datos individuales solo con consentimiento informado.

Proporcionalidad: La intrusión en privacidad debe ser mínima y proporcional al riesgo a prevenir.

Equidad Ocupacional: Auditar que el sistema garantice medición precisa para toda la diversidad de la plantilla, evitando sesgos algorítmicos.

El Nuevo Perfil del Ergónomo Digital

Validación Métrica y Normativa: Capacidad de asegurar que los parámetros medidos por VC se adhieran a definiciones cinemáticas de NIOSH e ISO 11228.

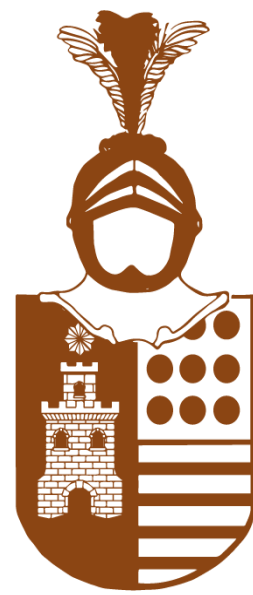
Auditoría de Algoritmos: Comprender la precisión del modelo de IA y realizar pruebas de calibración manual para garantizar trazabilidad legal.

Traducción de Datos: Transformar scores algorítmicos complejos en acciones de control tangibles y requisitos de capacitación claros.

Habilidades Blandas: Comunicación empática y manejo del cambio para posicionar la IA como "escudo de protección" y no como "ojo de vigilancia".

References

- Alwasel, H., Wang, W., & Feng, C. (2023). AI-powered computer vision for real-time ergonomic risk assessment: A systematic review. *Safety Science*, 158, 105973. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105973>
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2017). Ergonomics and musculoskeletal disorders: A review of occupational health approaches. *Occupational Medicine*, 67(5), 373–379. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqx042>
- Li, R., Lu, Y., & Chai, J. (2021). A real-time ergonomic risk assessment framework based on deep learning and multi-sensor data fusion. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(10), 6962-6972. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9181484>
- Metaverso Pro. (2025). Monitoreo de la Salud de los Trabajadores con IA: Caso DHL.
- OSHA (Occupational Safety and Health Administration). (2019). *Ergonomics Safety and Health Topics*. Washington, D.C.: U.S. Department of Labor.
- Quirónprevención. (2023). ERGO IA, una nueva solución innovadora de análisis ergonómico.
- ISO 11228-1:2021. (2021). *Ergonomics - Manual handling - Part 1: Lifting and carrying*. International Organization for Standardization.
- STPS (Secretaría del Trabajo y Previsión Social). (2018). NOM-036-1-STPS-2018, Factores de Riesgo Ergonómico en el Trabajo - Identificación, Análisis, Prevención y Control - Parte 1: Manejo manual de cargas. *Diario Oficial de la Federación*, México.
- Wang, W., Li, X., & Zhang, Y. (2022). Artificial intelligence in occupational safety and health: A systematic review of current applications and future directions. *Safety Science*, 149, 105658.
- https://www.researchgate.net/publication/396564482_Exploring_the_Role_of_Organizational_Culture_in_Shaping_Safety_Behaviors_among_Informal_Construction_Workers



MARVID®

© MARVID-Mexico

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BMARVID is part of the media of MARVID-Mexico., E: 94-443.F: 008- (www.marvid.org/booklets)