



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v11i2.4441>

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

***Sistema de control de postura del cuerpo al levantar objetos pesados en la industria automotriz mediante visión artificial***

***Body posture control system for lifting heavy objects in the automotive industry using computer vision***

***Sistema de controle de postura corporal para levantamento de objetos pesados na indústria automotiva usando visão computacional***

Fabián Celso Gunsha-Maji<sup>I</sup>  
[fabian.gunsha@esPOCH.edu.ec](mailto:fabian.gunsha@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-5637-1052>

Ángel José Quevedo-Ríos<sup>II</sup>  
[angel.quevedo@esPOCH.edu.ec](mailto:angel.quevedo@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-2304-018X>

Edgar Fabián Sánchez-Carrión<sup>III</sup>  
[esanchez\\_c@esPOCH.edu.ec](mailto:esanchez_c@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-8027-2799>

Elvis Enrique Argüello<sup>IV</sup>  
[e\\_arguello@esPOCH.edu.ec](mailto:e_arguello@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-5083-1011>

**Correspondencia:** [fabian.gunsha@esPOCH.edu.ec](mailto:fabian.gunsha@esPOCH.edu.ec)

\***Recibido:** 13 de abril de 2025 \***Aceptado:** 15 de mayo de 2025 \* **Publicado:** 30 de junio de 2025

- I. Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, EC060155, Ecuador.
- II. Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, EC060155, Ecuador.
- III. Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, EC060155, Ecuador.
- IV. Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, EC060155, Ecuador.

## Resumen

Las actividades desarrolladas en la industria en las cuales los trabajadores están propensos a las malas posturas del cuerpo al levantar objetos pesados pueden producir lesiones graves, por este motivo propongo un método de estimación porcentual de la posición ergonómica correcta del cuerpo al levantar objetos sin la supervisión de una persona. El sistema utiliza openpose para detectar la postura correcta mediante imágenes previamente grabadas para extraer los ángulos de las articulaciones, luego, se enciende el vídeo en tiempo real para determinar la pose del trabajador para establecer la diferencia de los ángulos de las articulaciones entre la pose correcta y la del trabajador para determinar el porcentaje de similitud, cuyos resultados muestran que el porcentaje de estimación más adecuada es del 75% para cuidar la postura y evitar lesiones en el trabajador.

**Palabras clave:** Visión artificial; redes neuronales convolucionales; openpose.

## Abstract

Industrial activities in which workers are prone to poor body posture when lifting heavy objects can lead to serious injuries. For this reason, I propose a method for estimating the percentage of correct ergonomic body positions when lifting objects without human supervision. The system uses OpenPose to detect correct posture using previously recorded images to extract joint angles. The real-time video is then used to determine the worker's pose. The difference in joint angles between the correct pose and the worker's pose is then determined. The results show that the most appropriate estimate is 75%, ensuring posture and preventing worker injuries.

**Keywords:** Computer vision; convolutional neural networks; OpenPose.

## Resumo

Atividades industriais nas quais os trabalhadores são propensos a má postura corporal ao levantar objetos pesados podem levar a lesões graves. Por esse motivo, proponho um método para estimar a porcentagem de posições corporais ergonômicas corretas ao levantar objetos sem supervisão humana. O sistema utiliza o OpenPose para detectar a postura correta usando imagens previamente gravadas para extrair os ângulos das articulações. O vídeo em tempo real é então usado para determinar a postura do trabalhador. A diferença nos ângulos das articulações entre a postura correta e a postura do trabalhador é então determinada. Os resultados mostram que a estimativa mais adequada é de 75%, garantindo a postura e prevenindo lesões nos trabalhadores.

**Palabras-chave:** Visão computacional; redes neurais convolucionais; OpenPose.

## Introducción

Las actividades desarrolladas en la industria que implican levantar objetos pesados son la ejecución planificada de movimientos de las articulaciones, con el propósito de prevenir y corregir el funcionamiento corporal se necesita de la observación personal de un profesional, pero que en muchas ocasiones la observación sostenida del profesional resulta ineficiente, debido al cansancio mental y físico.

Para estimar poses se han desarrollado múltiples aplicaciones tales como estimación de poses en 2D en tiempo real de varias personas como campos de afinidad de partes (PAFs) [1], BlazePose, es una arquitectura de red neuronal convolucional liviana para la estimación de la pose humana que está diseñada para inferencias en tiempo real en dispositivos móviles que durante la inferencia, la red produce 33 puntos claves del cuerpo para una sola persona y se ejecuta a más de 30 cuadros por segundo, esto lo hace especialmente adecuado para casos de uso en tiempo real como el seguimiento del estado físico y el reconocimiento del lenguaje de señas, donde sus principales contribuciones incluyen el seguimiento de la postura corporal y una red neuronal de estimación de la postura corporal liviana que utiliza mapas de calor y regresión a coordenadas [2], también la propuesta de evolución de posturas de Yoga que contiene una herramienta diseñada para alinear los datos de video temporalmente, que permite a una red entrenada estimar la pose humana 3D a partir de los esqueletos 2D del conjunto de datos de posturas de Taiji Quan [3,4], y otras que buscan establecer la pose en tiempo real, cabe señalar que este tipo de aplicaciones están desarrolladas dentro del campo de la inteligencia artificial, específicamente el aprendizaje profundo y dentro de este campo destaca Openpose que sirve para la estimación en tiempo real de la forma de los cuerpos, rostros y manos de varias personas [5].

El artículo está organizado en las siguientes secciones: La estimación de pose donde se establece el método propuesto para la supervisión y evaluación de poses correctas de las articulaciones para levantar objetos pesados, el cual inicia detectando la pose correcta de las articulaciones de las establecidas por un profesional. Cálculo del ángulo de las articulaciones del profesional y luego iniciar el video que permita detectar la pose que está realizando el trabajador y cálculo del ángulo de las articulaciones, para posteriormente realizar la diferencia de los ángulos de las articulaciones entre el profesional y el trabajador. Descripción del Algoritmo que describe el programa desarrollado en

## Sistema de control de postura del cuerpo al levantar objetos pesados en la industria automotriz mediante visión artificial

Python con OpenCV (Biblioteca abierta de visión por computadora). Finalmente se establecen los resultados desarrollados con videos y levantamiento de objetos en el laboratorio, con esta propuesta, se espera que las personas puedan realizar los ejercicios de rehabilitación de manera más eficiente.

- **Estimación de pose**

El control porcentual de la postura correcta al levantar objetos pesados como se muestra en el diagrama de bloques de la figura 1, permite identificar la posición correcta del cuerpo que ayudara a reducir lesiones a causa de una mala postura del cuerpo al levantar objetos mediante la estimación porcentual considerando el porcentaje entre 0% (deficiente) a 100% (eficiente) de tal manera que se pueda elegir el nivel porcentual más adecuado considerado por el departamento de riegos laborales.

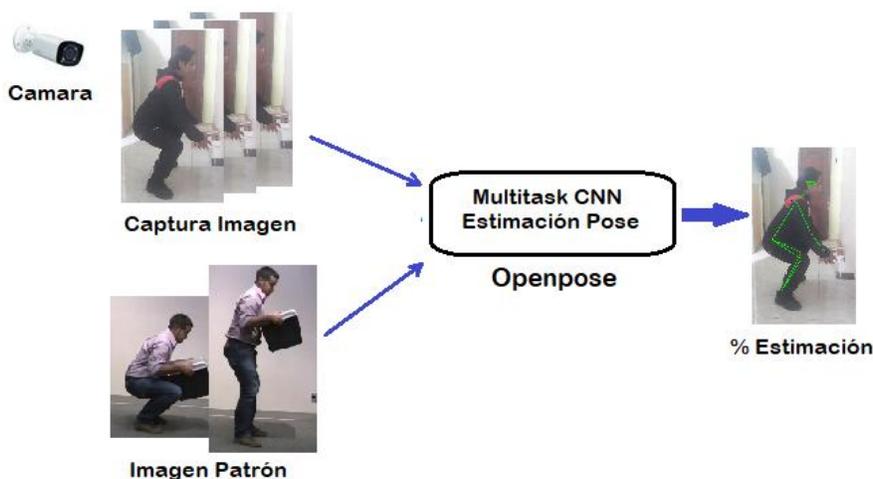


Figura 1: Diagrama de bloques de funcionamiento

- **Detección de Pose**

La detección de la pose de las articulaciones utiliza un modelo pre entrenado de estimación de poses, conocido como el módulo de red neuronal profunda Openpose mediante redes neuronales convolucionales que proporciona la detección de puntos claves de la persona en 2D mediante 18 puntos en las articulaciones [6] que se muestran en la figura 2.

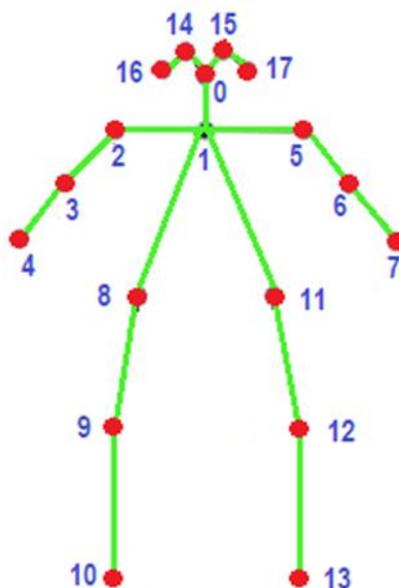


Figura 2: Puntos de articulaciones

Mediante OpenPose desde una imagen con la pose correcta que permita extraer las coordenadas y posterior cálculo de los ángulos de las articulaciones detectadas de la misma manera se realiza con el video en tiempo real [7].

Cabe señalar que todas las coordenadas de las 18 articulaciones se utilizan para calcular la similitud, desde un punto de vista práctico, los diferentes tamaños de las personas permiten tener diferentes valores de coordenadas, por lo tanto, la evaluación de la postura no significa encontrar la similitud, sino que en realidad significa encontrar y calcular la similitud cercana a la pose correcta, independientemente de la contextura de las personas [8]. Siendo determinante que los ángulos de las articulaciones son requisitos esenciales para estimar la pose correcta.

- **Cálculo de Ángulo**

El sistema desarrollado utiliza para el cálculo del ángulo el principio fundamental de la pendiente [3] dada por la ecuación 1.

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (1)$$

Posteriormente se calcula del ángulo mediante la ecuación 2.

$$\theta = \arctag(m) \quad (2)$$

Sistema de control de postura del cuerpo al levantar objetos pesados en la industria automotriz mediante visión artificial

El cálculo de la diferencia del ángulo de la articulación del fisioterapeuta  $\theta_I$  y paciente  $\theta_P$ , como se muestra en la ecuación 3.

$$\theta = \theta_I - \theta_P \quad (3)$$

Finalmente se establece el valor porcentual de similitud dividiendo el número total de ángulos iguales sobre el número de articulaciones.

$$similitud = 100 * \left( \frac{total_{\theta_{iguales}}}{total_{articulaciones}} \right) \quad (4)$$

• **Algoritmo**

El algoritmo que se muestra en la figura 3 realiza la lectura de la imagen patrón y porcentaje de estimación dada por el departamento de riegos laborales para determinar los puntos cartesianos de las articulaciones, así como sus pendientes y posterior cálculo de ángulos, posterior se inicia la captura del frame de vídeo, para determinar la pose del trabajador determinando sus puntos cartesianos, pendiente y ángulos, que permite calcular la estimación a través de la ecuación 4, para finalmente establecer alertas e imprimir la pose final del trabajador y su esqueletización.

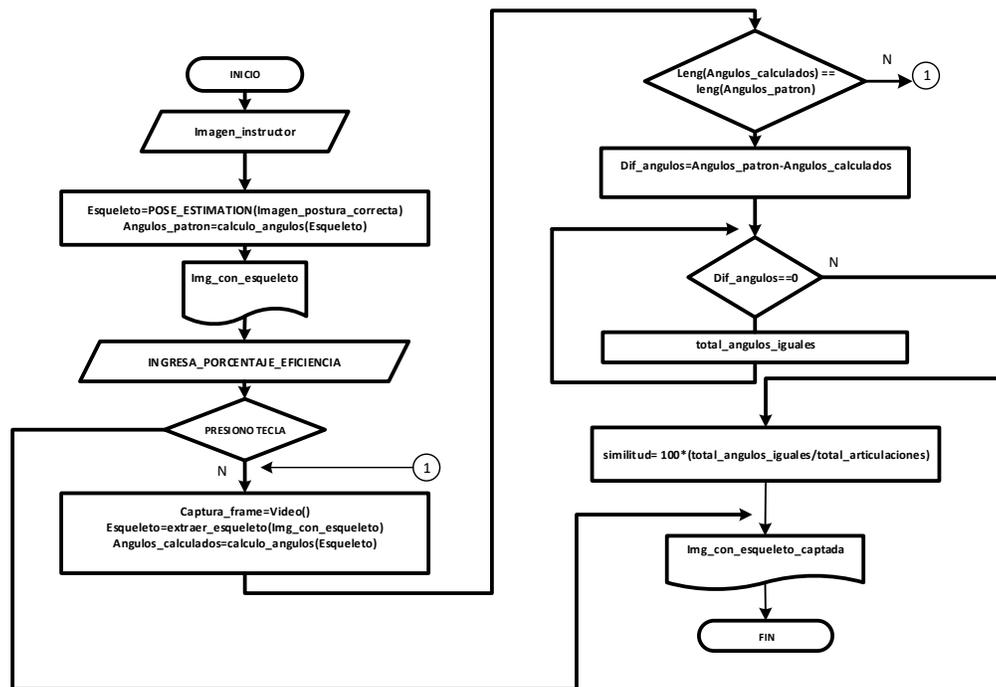


Figura 3: Algoritmo de estimación

## Resultados

La figura 4 muestra imágenes la pose correcta dada por el departamento de riesgos laborales, con su respectiva pose esquelética de color verde.

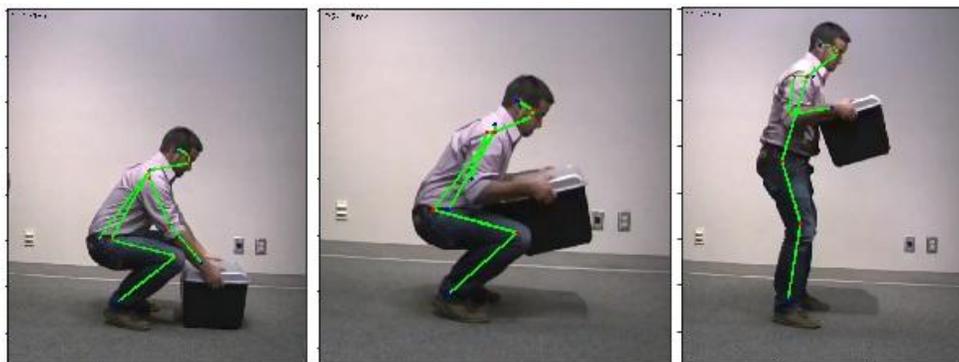


Figura 4: Posturas correctas

Mientras que la figura 5 muestra el resultado de dos pruebas realizadas en el laboratorio y un video de una fábrica con un porcentaje de estimación del 50%, claramente se puede observar que hay diferencias entre la pose del profesional y el obrero, pero esto se debe al porcentaje de estimación elegido.

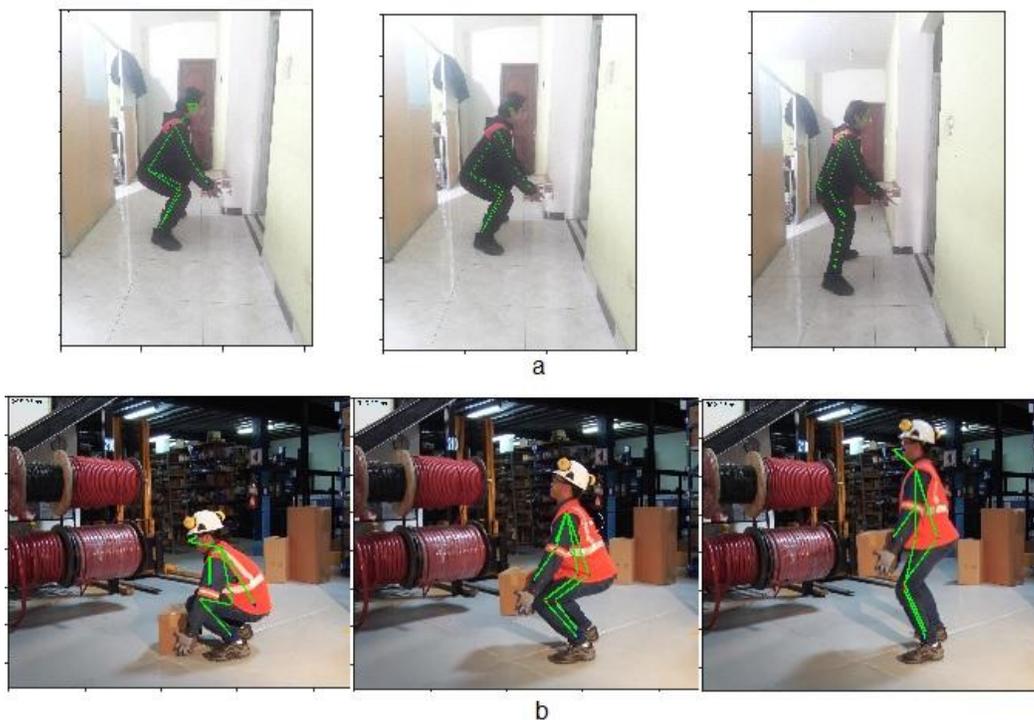


Figura 5: a) Prueba laboratorio b) Prueba en Industria

La tabla muestra los resultados por tiempo estimado tomadas 200 medidas por cada porcentaje de estimación considerando medidas de tendencia central redondeadas para lograr la posición del profesional. Cabe señalar mientras más alto es el porcentaje de estimación, más tiempo se toma en lograr el objetivo, por esta razón se determina que colocar un porcentaje de estimación al 75% permite obtener resultados óptimos, aunque la última palabra tiene el departamento de riesgos laborales.

*Tabla 1: Porcentaje de Estimación*

% Estimación	Tiempo de estimación (minutos)
25	0.3
50	0.5
75	0.7
100	1.2

*Elaborado por: Autores*

*Fuente: Pruebas de laboratorio*

## Conclusiones

La comparación de poses entre el profesional y el trabajador, mediante el ángulo de la articulación resulta adecuada, con el 75% de estimación, pero si se desea cambiar el rango se debería considerar entre 50% y 100% dependiendo del análisis del profesional del departamento de riesgos laborales. Para futuras investigaciones se pretende desarrollar un sistema para varias personas, con etiquetas y aviso inmediato y considerar otras alternativas similares a Openpose que mejoren el sistema.

## Referencias

1. Cao, Z. et al. (2019) OpenPose: Realtime multi-person 2D pose estimation using part affinity fields, arXiv.org.
2. V. Bazarevsky, I. Grishchenko, K. Raveendran, T. Zhu, F. Zhang, and M. Grundmann, "BlazePose: On-device Real-time Body Pose tracking," arXiv.org, Jun. 17, 2020
3. M. C. Thar, K. Z. N. Winn and N. Funabiki, "A Proposal of Yoga Pose Assessment Method Using Pose Detection for Self-Learning," 2019 International Conference on Advanced Information Technologies (ICAIT), Yangon, Myanmar, 2019, pp. 137-142

Sistema de control de postura del cuerpo al levantar objetos pesados en la industria automotriz mediante visión artificial

---

4. T. Kitamura, H. Teshima, D. Thomas and H. Kawasaki, "Refining OpenPose with a new sports dataset for robust 2D pose estimation," 2022 IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision Workshops (WACVW), Waikoloa, HI, USA, 2022, pp. 672-681
5. F. Rosique, F. Losilla and P. J. Navarro, "Using Artificial Vision for Measuring the Range of Motion," in IEEE Latin America Transactions, vol. 19, no. 7, pp. 1129-1136, July 2021
6. G. H. Martinez et al., "Single-Network Whole-Body Pose Estimation," 2019 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), Seoul, Korea (South), 2019, pp. 6981-6990.
7. D. Osokin, "Real-time 2D Multi-Person Pose Estimation on CPU: Lightweight OpenPose," arXiv.org, Nov. 29, 2018
8. A. Viswakumar, V. Rajagopalan, T. Ray and C. Parimi, "Human Gait Analysis Using OpenPose," 2019 Fifth International Conference on Image Information Processing (ICIIP), Shimla, India, 2019, pp. 310-314

©2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).|