

**Desarrollo de un algoritmo para el monitoreo de la mala postura que adopta la columna en trabajadores de empresas industriales****Development of an algorithm for monitoring the poor posture adopted by the spine in workers of industrial companies****Desenvolvimento de algoritmo para monitoramento da má postura adotada pela coluna vertebral em trabalhadores de empresas industriais**

Alcalá Adrianzen Miguel E.<sup>1</sup>, Pajares Ochoa Geanela A.<sup>2</sup>, Riva Lopez Lenin<sup>3</sup>, Chavarry Terrones Yajaira<sup>4</sup>, Peña Jaime Jhon<sup>5</sup>

**Resumen**

El presente trabajo está basado en brindar una solución a problemas relacionados con el riesgo ergonómico que pueden producir daños en la salud, para este proyecto se consideró las posturas de los trabajadores de empresas industriales que realizan funciones de oficina o de control y funcionamiento de maquinarias como uno de los causantes; por lo que el objetivo es desarrollar un algoritmo para el monitoreo del mismo y a su vez alertar cuando la postura necesite ser corregida, para ello será necesario el uso del lenguaje de programación Python y la instalación de librerías con visión artificial como Cv2/ open CV que ayudarán al procesamiento de las imágenes en tiempo real las cuales son captadas a través de una cámara, y según el código de programación se toma los puntos de referencia en relación con la postura corporal de tal manera que permita validar que su funcionamiento sea idóneo. Como resultado se obtuvo una eficiencia del 94% lo que demuestra que es un algoritmo confiable y que con el pasar del tiempo gracias a la tecnología ha tenido una eficacia en aumento.

**Palabras claves:** Programación Python, Visión artificial, malas posturas y riesgo ergonómico.

**Abstract**

The present work is based on providing a solution to problems related to ergonomic risk that can cause health damage. For this project, the postures of workers in industrial companies that perform office functions or control and operation of machinery such as one of the causes; Therefore, the objective is to develop an algorithm to monitor it and at the same time alert when the posture needs to be corrected. This will require the use of the Python programming language and the installation of libraries with artificial vision such as Cv2/open CV that They will help process the images in real time which are captured through a camera, and according to the programming code, the reference points are taken in relation to the body posture in such a way that it allows validating that its operation is ideal. As a result, an efficiency of 94% was obtained, which shows that it is a reliable algorithm and that over time, thanks to technology, it has had increasing effectiveness.

**Keywords:** Python programming, computer vision, bad posture and ergonomic risk.

**Resumo**

O presente trabalho baseia-se em fornecer uma solução para problemas relacionados ao risco ergonômico que podem causar danos à saúde, para este projeto, as posturas dos trabalhadores de empresas industriais que desempenham funções de escritório ou controle e operação de máquinas como uma das causas; Portanto, o objetivo é desenvolver um algoritmo para monitorá-lo e ao mesmo tempo alertar quando a postura precisa ser corrigida, o que exigirá o uso da linguagem de programação Python e a instalação de bibliotecas com visão artificial como Cv2/open CV que Eles ajudarão a processar em tempo real as imagens que são capturadas através de uma câmera,

<sup>1</sup> Escuela de Ingeniería Industrial. Magister. Universidad Privada del Norte. Trujillo. Perú. [miguel.alcala@upn.edu.pe](mailto:miguel.alcala@upn.edu.pe). <https://orcid.org/0000-0002-5478-5910>

<sup>2</sup> Escuela de Ingeniería Industrial. Estudiante. Universidad Privada del Norte. Trujillo. Perú. [N00171694@upn.pe](mailto:N00171694@upn.pe). <https://orcid.org/0009-0004-2522-5713>

<sup>3</sup> Escuela de Ingeniería Industrial. Estudiante. Universidad Privada del Norte. Trujillo. Perú. [N00223003@upn.pe](mailto:N00223003@upn.pe). <https://orcid.org/0009-0009-1588-4711>

<sup>4</sup> Escuela de Ingeniería Industrial. Estudiante. Universidad Privada del Norte. Trujillo. Perú. [N00193046@upn.pe](mailto:N00193046@upn.pe). <https://orcid.org/0009-0005-2269-6234>

<sup>5</sup> Escuela de Ingeniería Industrial. Estudiante. Universidad Privada del Norte. Trujillo. Perú. [N00209154@upn.pe](mailto:N00209154@upn.pe). <https://orcid.org/0009-0001-5831-4489>

e de acuerdo con el código de programación, los puntos de referencia son tomados en relación a la postura corporal de forma que permita validar que su funcionamiento es ideal. Como resultado se obtuvo una eficiencia de 94%, lo que muestra que se trata de un algoritmo confiable y que a lo largo del tiempo, gracias a la tecnología, tiene una eficacia cada vez mayor.

**Palabras-chave:** Programación Python, visión computacional, mala postura y riesgo ergonómico.

## Introducción

Con el pasar del tiempo, la mala postura del cuerpo humano ha generado afectaciones a la salud corporal esto debido a que muchas personas permanecen en una mala posición por tiempos prolongados, llevando a ocasionar desde dolores musculares a enfermedades más graves como: Dorsalgia, cervicalgia, cifosis entre otros. Estos daños a la salud son mucho más comunes hoy en día debido al uso de computadora, laptop, celular y iPad. El problema de la mala postura tarde o temprano termina ocasionando perjuicios a la salud por lo que es importante tener conocimientos de la ergonomía, controlar los malos hábitos para prevenir alteraciones posturales.

De acuerdo con el Banco Mundial y la UNESCO, durante la pandemia por COVID – 19, son miles las personas que trabajan detrás de un computador y/o desde casa generando síntomas comunes como dolor de cuello, hombros, espalda, entre otros (Batalla, Bautista, y Alfaro, 2015; Borbor et al., 2021). Esto a su vez, es el causante número uno de molestia en el campo laboral, afectando la salud y eficiencia laboral (Aroni y Champi, 2017). Ante esta situación es necesario conocer de la ergonomía, la cual se encarga de acondicionar el área del trabajo al trabajador (Cuyubamba, 1999). La ergonomía es una herramienta eficaz para evitar y eliminar riesgos en el lugar de trabajo, con el propósito de asegurar el bienestar de las personas y alcanzar resultados óptimos en cuanto a eficiencia, seguridad y comodidad (Obregón, 2016; Moreno et al., 2022). Además, es importante destacar que la postura ergonómica debe adaptarse al trabajador y no al revés (Castellano y Pincay, 2020).

En la investigación titulada "Sistema de visión artificial interactivo para el registro de actividad de los fisiculturistas mediante la posición de sus articulaciones en un sistema 3D", se logró obtener los grados de flexión adecuados y establecidos según los criterios meticulosos de un instructor especialista en pesas (Martínez, 2018). En el trabajo de investigación de sistema eléctrico, mediante la ejecución de visión artificial mediante Python, se logró satisfactoriamente conservar los grados de flexión en los rangos adecuados establecidos por especialistas de salud y deporte (Amaya-Zapata et al., 2016). En el paper Lecciones de danza interactivas a través de la estimación de la postura del cuerpo humano y el emparejamiento de topografías esqueléticas, ofrecen cambiar el hardware de Kinect con un sistema de software de código abierto y ser desarrollado para temas de discapacidad (Deb et al., 2018). En el estudio sobre el monitoreo de rutinas de pausas activas en trabajadores, se llega a la conclusión de que la utilización de un algoritmo de detección es de gran soporte para evaluar posturas (Herrera et al., 2020). De acuerdo con la OMS aproximadamente el 80% de la población sufre de dolores de cuello y espalda. También se destaca que el malestar lumbar es la principal causa de discapacidad, según (Franklin Square Physical Therapy, 2020; Robledo, 2017). Según el MTPE más de 200,000 personas ya realizaban trabajo remoto en el Perú debido al crecimiento de la digitalización de acuerdo a (Andina, 2020; Linares, 2017). Ante esta realidad se plantea como objetivo general: Desarrollar un algoritmo para el monitoreo de la mala postura que adopta la columna en usuarios de computadoras. Los Objetivos específicos: Analizar el funcionamiento de cada herramienta involucrada en el desarrollo del algoritmo, Evaluar la precisión y problemas de visión del sensor ante diversos entornos, Realizar la toma de muestra de posturas haciendo uso de lenguajes de programación como Python.

## Material y métodos

En el presente estudio se utilizaron muestras las cuales consisten en el factor humano (trabajadores de empresas industriales) ya que es el objeto de estudio. La tarea para esta parte inicial fue la estimación de poses, para identificar las posturas a partir de una imagen o un video. Para la realización del paso anterior, se tuvo que utilizar el sistema de cámara Pro Max de 12 MP, luego para la captar la imagen en tiempo real se hizo uso de una cámara web modelo TE-9070 que permitió una buena resolución para el

software. Luego para poder trabajar la data o tomar información en vivo de las pruebas de funcionamiento se hizo uso de una laptop Lenovo modelo IdeaPad S340 permitiendo la descarga de software. También se realizó la instalación de distintos softwares de lenguaje de programación. Para iniciar mencionamos a Python, la librería con visión artificial Cv2 / open CV y Mediapipe, Visual Studio Code que permite programar en muchos lenguajes. Para finalizar la mención de materiales se instaló el software Anaconda3 ya que este es una Suite de código abierto que abarca una serie de aplicaciones, mediante una distribución libre y abierta de los lenguajes Python.

### Técnicas y fórmulas matemáticas

*Técnica 1.* Detección de Imagen, para iniciar el proceso de detección de imagen se hace uso de la técnica mostrada en la Figura 1, la cual ayuda a detectar los puntos dentro de la imagen en este caso el cuello y torso. Así mismo ayuda a tomar el alto y ancho de la imagen de entrada como se muestra en la Figura 2.

```
# Get fps.  
# Get alto y ancho.  
h, w = image.shape[:2]
```

Fig. 1 Función para la detección de imagen



Fig. 2 Toma de imagen

Luego la imagen de entrada se transforma al formato RGB, ya que openCV lee las imágenes por defecto en dicho formato es así que el logaritmo que se utilizó se muestra en la Figura 3.

```
# Convertir el BGR image a RGB.  
image = cv2.cvtColor
```

Fig. 3 Función para cambio de formato de imagen

En las detecciones de visualización de salida y el cambio de color se utiliza la siguiente Ecuación 1.

$$Color (Red) = RGB \times \left(1 - \frac{C}{100}\right) * \left(1 - \frac{K}{100}\right) \quad (1)$$

El siguiente código que se muestra en la Figura 4. Sirve para el procesamiento de imagen.

```
# Procesa la image.  
keypoints =
```

Figura 4. Procesamiento de imagen

*Técnica 2.* Cálculo de distancia, en el desarrollo de esta parte del algoritmo, el cual permitirá determinar los puntos en el objeto enfocado y encontrar la distancia entre los puntos de referencia con la ayuda de la formula Ecuación 2.

$$D = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \quad (2)$$

El algoritmo de la Figura 5 es quien realiza la determinación de los puntos en la imagen como lo muestra la Figura 6.

```
# calcular distancia
def findDistance(x1, y1, x2, y2)
pose.process(image)
```

Figura 5. Función para el cálculo de puntos de referencia.



Figura 6. Señalización de puntos en la imagen

*Técnica 3.* Hallar el ángulo, se procede a detectar los ángulos usando la siguiente función Figura 7, en relación con la fórmula matemática Ecuación 3. Lo que permitirá conocer de manera instantánea el ángulo de las posiciones en las que se encuentre la persona como se proyecta en la Figura 8.

$$\theta = \arccos \left( \frac{Y^2_1 - Y_1 \cdot Y_2}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}} \right) \quad (3)$$

```
# Calcular el angulo.
degree = int(180 / m.pi) * theta
return degree
```

Figura 7. Código para detectar los ángulos al capturar las imágenes



Figura 8. Ángulo por punto de referencia

*Técnica 4.* Conectar los puntos calculados, cuando cada punto ya se encuentra determinado se unifican por medio de un dibujo de líneas coordinadas las cuales variarán de acuerdo con la postura y por ende a la inclinación de ángulos Ecuación 4.

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right) \quad (4)$$

En la Figura 10 se ve la proyección de puntos en diferentes partes del cuerpo: hombro, cuello, oídos, brazos, cadera. Para llegar a esto se utilizó el siguiente código Figura 9.

```
# Dibujar puntos de referencia.  
cv2.circle(image,(l_shldr_x,  
l_shldr_y), 7, yellow, -1)
```

Figura 9. Código para unir los puntos de referencia en la imagen



Figura 10. Dibujo de las líneas para unir cada punto

*Técnica 5.* Verificación de la posición, en esta parte del proceso es determinante ya que se arrojan los resultados de cálculos de los ángulos Ecuación 5, por lo que nos indicará una buena o mala postura.

$$m = \frac{Y2 - Y1}{X2 - X1}$$

$$m = \tan\theta$$

(5)

La función de la Figura 11 se utilizó para verificar los ángulos que mostrarán si se encuentra en una posición correcta o incorrecta como se muestra en la Figura 12.

```
if neck_inclination < 40  
and torso_inclination < 10:
```

Figura 11. Función para verificar la postura

Cuello: 47 Torso: 4 Alineación: CORRECTA



Figura 12. Verificación de la postura correcta

*Técnica 6.* Configuración del tiempo para envío de alerta, se coloca una cantidad de tiempo (5 seg.) que funcionará como restricción Figura 13, ese será el tiempo de consideración por si realiza una acción diferente a la habitual.

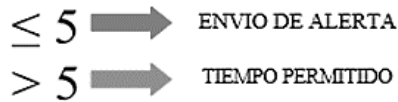


Figura 13 Lenguaje de colores

De sobrepasar estos segundos las líneas de los puntos de referencia se tornan de color rojo como muestra la Figura 14, de lo contrario se mantendrá el color verde indicando que la postura adoptada es correcta para que proyecte esto se utilizó la siguiente función que se visualiza en la Figura 15.

```
good_time = (1 / fps) * good_frames  
bad_time = (1 / fps) * bad_frames
```

Figura 14. Función que calcula tiempo de permanencia

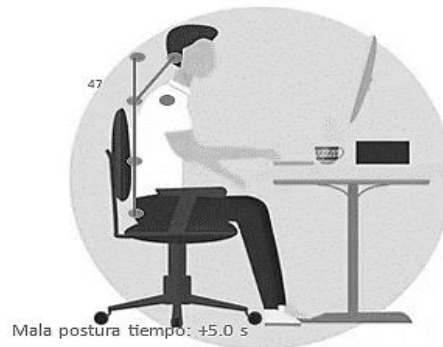


Figura 15. Tiempo para activar alerta por mala postura

*Técnica 7.* Emisión de alerta, el algoritmo que se visualiza en la Figura 16 expresa el resultado de mala postura al llegar al tiempo límite (5s) y la emite en simultáneo a través de un mensaje corto que aparecerá en la parte inferior como lo muestra la Figura 17.

```
def sendWarning():  
    # sound  
    # title="Alerta",  
    # msg="Posicion incorrecta!"
```

Figura 16. Función que emite alerta de posición incorrecta

Cuello:47 Torso : 4 95 Alineación: INCORRECTA



Mala postura tiempo: +5.0 s

Figura 17. Emisión de alerta por posición incorrecta

## Arquitectura

Para ejecutar el algoritmo se tuvieron como base el uso de diferentes equipos y materiales que fueron necesarios para las diferentes etapas, el cual se muestra en la Figura 18.

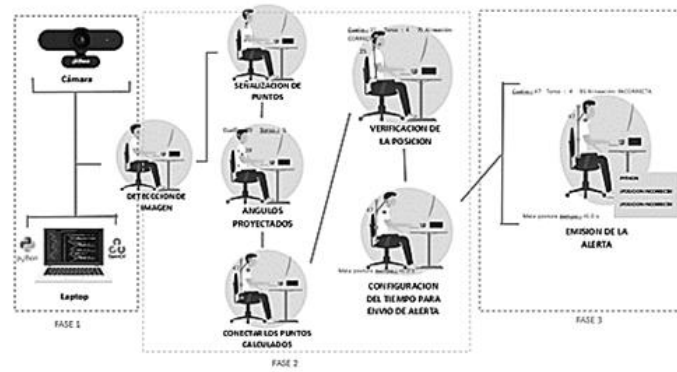


Figura 18 Arquitectura del desarrollo de las funciones

### Desarrollo del algoritmo

Para el desarrollo del algoritmo se llevaron a cabo diferentes técnicas que se complementaban para el correcto funcionamiento del algoritmo, el cual se visualiza en la Figura 19.

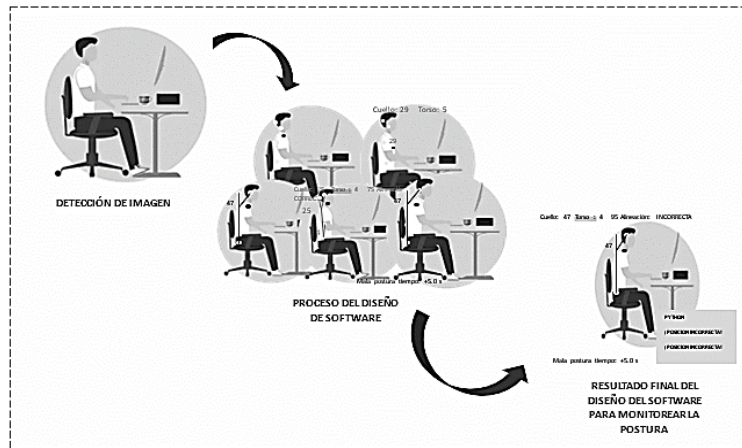


Figura 19. Desarrollo del algoritmo

### Resultados

Para encontrar la precisión del algoritmo se realizaron diferentes pruebas en diferentes días en el cual permitió identificar la eficiencia de este, en donde pasados los 5 segundos surgirá una alerta si la postura no es la adecuada.

**Tabla 1.**  
Registro de pruebas

Prueba	Nº de Pruebas	Bien	Mal	Eficiencia (%)
Prueba 1	36	34	2	94
Prueba 2	36	33	3	92
Prueba 3	36	34	2	94
Prueba 4	36	35	1	97
Prueba 5	36	35	1	97
Prueba 6	36	33	3	92
Prueba 7	36	35	1	97

Prueba 8	36	31	5	86
Prueba 9	36	34	2	94
Prueba 10	36	35	1	97
Prueba 11	36	33	3	92
<b>Total</b>	<b>396</b>	<b>372</b>	<b>24</b>	<b>94</b>

Así mismo, se registró el tiempo de detección promedio en 36 intentos para determinar la eficiencia del algoritmo.

**Tabla 2.**  
Tiempo de la detección de la postura

Ítem	Nº de intentos	Tiempo de detección promedio
Imagen de Postura Procesada	36	5 segundos

Se obtiene como resultado una eficiencia del 94% después de aplicar las diferentes pruebas, lo cual nos permite cumplir con nuestro objetivo

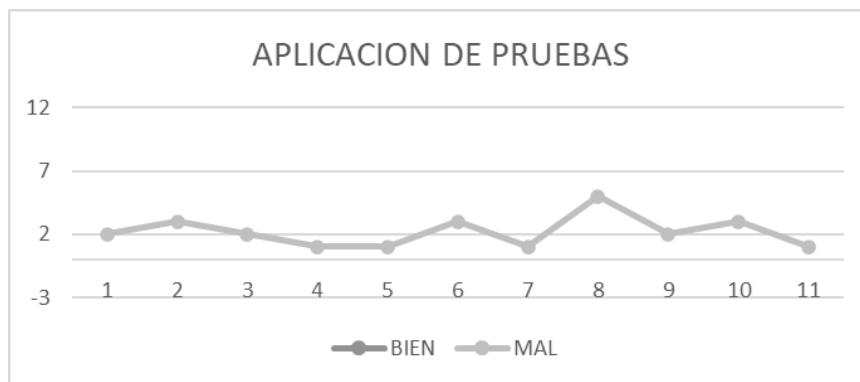


Figura 20. Aplicación de pruebas



Figura 21. Nivel de eficiencia

## Discusión

Se obtuvo una eficiencia del 94% evidenciando así que el algoritmo para monitorear las posturas corporales y corregirlas de ser necesaria para evitar riesgos ergonómicos es funcional. El resultado de



eficiencia obtenida guarda relación con otros estudios ya realizados. En el proyecto titulado Diseño y desarrollo de un módulo para determinar la postura humana empleando técnicas de visión artificial y reconocimiento de patrones como herramienta de soporte en el desarrollo de la motricidad gruesa de niños con discapacidad (Aguilar, 2020) también se ayudaron del lenguaje de programación Python para determinar con precisión los puntos principales de la postura donde tuvieron una eficiencia al 80%. Por otro lado, en la investigación (Martínez, 2018) titulada Sistema de visión artificial para la detección y corrección de posturas en ejercicios realizados por fisicoculturistas que busca ayudar a la corrección de postura en ejercicios físicos mediante la utilización del dispositivo Kinect. Obtuvo una eficacia de 89.52%, esto reafirma que el proyecto es viable y que con el pasar de los años ha existido mejoras en la tecnología que han ayudado a tener una mayor precisión en cuanto a eficiencia.

## Conclusiones

Se demostró que la detección de los puntos claves del cuerpo es sumamente vital para el desarrollo del algoritmo. Asimismo, se analizó cada una de las herramientas utilizadas en el proceso también, se evaluó la precisión y problemas de visión del sensor ante diversos entornos el cual permitió, que el algoritmo pueda identificar las coordenadas precisas que ayudan a la detección inmediata de la postura alertando así si ésta incurre en una posición incorrecta.

El algoritmo propuesto tiene una funcionalidad correcta, logrando la detección de las posturas incorrectas y a su vez alertar al operario.

## Referencias

- Batalla, C., Bautista, J., & Alfaro, R. (2015). Ergonomía y evaluación del riesgo ergonómico. España: Documento Científico-Universidad Politécnica de Catalunya. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/26070>
- Borbor, A. M. C., Villamarín, S. M. G., Moncayo, J. C. N., & Moreta, J. F. A. (2021). Ergonomía en docente universitario durante la pandemia generada por la Covid-19. Revista Conrado, 17(S3), 139-145. Disponible en: <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/2150>
- Aroni, A. A., & Champi, J. A. (2017). Ergonomía y satisfacción laboral de los trabajadores de la Municipalidad Distrital de Pilpichaca Provincia Huaytara Región Huancavelica periodo 2016. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1614>
- Cuyubamba, J. S. (1999). Ergonomía y productividad. Industrial Data, 2(1), 48-50. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81611271011.pdf>
- Obregón, M. (2016). Fundamentos de ergonomía. Grupo editorial Patria. México distrito Federal. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/elibrocom/titulos/40469>
- Moreno Martínez, O. I., Daza Soler, L. J., Flórez Mota, A. D. P., Romero Arevalo, N. Y., & Ramirez Gomez, L. A. (2022). Propuesta de un modelo de seguridad y salud en el trabajo orientado a la ergonomía laboral en la empresa Geomillennium Ingeniería y Consultoría SAS de la ciudad de Bogotá. Disponible en: <https://repositorio.unad.edu.co/handle/10596/48830>
- Castellano, T. G., & Pincay, K. P. (2020). Evaluación ergonómica en el área de producción en la empresa DISPOSTES CÍA. LTDA (Tesis de Grado, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; Facultad de Ciencias de la Ingeniería Aplicadas.). Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6731>
- Martínez, J. M. (2018). Sistema de Visión Artificial para la Detección y Corrección de Posturas en Ejercicios realizados por Fisicoculturistas. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/95190>
- Amaya-Zapata, S., Pulgarín-Velásquez, D., & Torres-Pardo, Ingrid D. (2016). Desarrollo e Implementación de un Sistema de Visión Artificial Basado en Lenguajes de Uso Libre para un Sistema

Seleccionador de Productos de un Centro Integrado de Manufactura (CIM). Lámpsakos (revista Descontinuada), (15), 43–50. <https://doi.org/10.21501/21454086.1702>

Deb, S., Sharan, A., Chaturvedi, S., Arun, A., & Gupta, A. (2018). Interactive dance lessons through human body pose estimation and skeletal topographies matching. *International Journal of Computational Intelligence & IoT*, 2(4). Disponible en: <https://ssrn.com/abstract=3361142>

Herrera, F., Niño, R., Montenegro, C., & Gaona, P. (2020). FabRigo: Modelo informático para el monitoreo y control de rutinas de pausas activas en trabajadores de oficina por medio del modelo PoseNet. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E27), 273-285.

Franklin Square Physical Therapy (20 de octubre 2020). “La importancia de la postura para la salud musculoesquelética. Disponible en: [La importancia de la postura para la salud musculoesquelética - Franklin Square Health Group \(franklinsquarept.com\)](https://www.franklinsquarept.com)

Robledo, J. (29 de abril 2017). “El dolor es la principal causa de absentismo laboral”. Disponible en: [https://as.com/deporteyvida/2017/04/29/portada/1493464000\\_213220.html](https://as.com/deporteyvida/2017/04/29/portada/1493464000_213220.html)

Andina (01 de julio 2020) “Trabajo remoto: 200,000 personas ya laboran bajo esa modalidad en Perú”. Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-trabajo-remoto-200000-personas-ya-laboran-bajoesa-modalidad-peru-803983.aspx>

Linares, I. J. (2017). Aplicación de la ergonomía para mejorar la productividad en el proceso de clasificación de información en la Empresa JRC Ingeniería y Construcción SAC, Lince 2017. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/1651>

Aguilar, L. G. (2020). Diseño y desarrollo de un módulo para determinar la postura humana empleando técnicas de visión artificial y reconocimiento de patrones como herramienta de soporte en el desarrollo de la motricidad gruesa de niños con discapacidad (Tesis de Maestría). Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18689>