

# Model Based on Machine Learning for the Recognition of images for the Postural Diagnosis of workers in Remote mode

Christian Ovalle<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Perú, Perú, [dovalle@utp.edu.pe](mailto:dovalle@utp.edu.pe)

*Abstract- This article presents the development of an artificial vision system for the recognition of postures focused on remote modality workers, being a suitable model to work with anyone, regardless of their age, race, sexual orientation or size as a target. of this work is to implement remote work to determine the challenges and possibilities of using this type of work and identify factors to consider before implementation. The work is justified because it is essential to determine if this modality is efficient to carry out the correct measurement of the worker's posture. Having as a result that the angle of 120 ° and 60 ° reveals possible causes of back pain and injuries caused by poor posture or incorrect postural hygiene; This means that when the user is sitting in the correct 90° degree posture, it avoids causing serious back injuries in the long term.*

*Keywords- Artificial Vision, Recognition of postures, Skeletonization, Postural Hygiene, Teleworking.*

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).  
**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).  
**DO NOT REMOVE**

# Modelo Basado en Machine Learning utilizando el Reconocimiento de imágenes para el Diagnóstico y Mejora Postural de trabajadores en modalidad de Teletrabajo

Christian Ovalle<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Perú, Perú, [dovalle@utp.edu.pe](mailto:dovalle@utp.edu.pe)

*Resumen- En este artículo se presenta el desarrollo de un sistema de visión artificial para el reconocimiento de posturas enfocados en trabajadores de modalidad remota, Siendo un modelo apto para trabajar con cualquier persona, sin importar su edad, raza, orientación sexual o tamaño como objetivo de este trabajo es implementar el trabajo remoto para determinar los desafíos y las posibilidades de utilizar este tipo de trabajo e identificar los factores a tener en cuenta antes de la implementación. El trabajo se justifica porque es fundamental para determinar si esta modalidad es eficiente para realizar la medición correcta de la postura del trabajador. Teniendo como resultado que el ángulo de 120° y de 60° da a conocer posibles causas de dolores y lesiones en la espalda ocasionadas por una mala postura o una higiene postural incorrecta; esto quiere decir que cuando el usuario se encuentra sentado en la postura correcta de 90° grados evita a largo plazo ocasionar lesiones graves en la espalda.*

*Palabras Claves- Visión Artificial, Reconocimiento de posturas, Esqueletización, Higiene Postural, Teletrabajo.*

## VI. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, el teletrabajo ha traído beneficios a muchas empresas durante la pandemia (COVID-19), y a la vez ha dejado un legado por mejorar, las malas posturas que pueden ocasionar lesiones a largo plazo si estas no son corregidas a tiempo [1].

Si bien es cierto, la mala postura puede causar dolores en la espalda, y este es un problema que puede afectar a más del 60% de las personas, ya sean mediante los trabajos remotos o en personas que realizan cualquier tipo de labor, ya que esto se define respecto en la postura que adopta cada individuo. Esto significa que, de cada diez personas, nueve tendrán dolores de espalda en algún momento. Aunque los problemas se resuelven en algunos casos mejorando la postura de la persona y no vuelven a surgir, por otro lado, en un pequeño número de casos, pueden ser críticos [2].

Sin embargo, las enfermedades ocasionadas más comunes están incluidos como la dorsalgia, cervicalgia, cifosis, torticollis, epicondilitis, entre otras, que, no solo son causadas por sentarse en una posición incorrecta durante largos períodos de tiempo, sino también por hacer esfuerzos incorrectos al levantar peso [3].

Cabe mencionar que, el Ministerios de la Salud (MINSA)

Reflejo en el año 2021 personas con malestares en la espalda debido a estar mucho tiempo en una mala posición al momento de realizar sus labores. Cabe resaltar que, durante todo el tiempo de pandemia, para reducir los contagios y mantener la estabilidad de las empresas se optó por el trabajo en modalidad remota [4] ya que, sin ello, más empresas se verían obligadas a cerrar.

Por otro lado, Torrens & Parra [5] mencionan que en los últimos años ha habido un incremento en el uso de sistemas de visión artificial en la sociedad, desde aplicaciones de reconocimiento facial para completar transacciones hasta los más sofisticados sistemas predictivos utilizados por las grandes corporaciones. Al respecto, el término “Visión Artificial” hace referencia a un conjunto de sistemas tecnológicos cuyos objetivos están vinculados a rasgos de la inteligencia humana como la toma de decisiones, la planificación a corto y largo plazo, la adaptabilidad en un entorno determinado y así, adquirir nuevos conocimientos para la resolución de determinados problemas.

Asimismo, los autores Kamaruzaman y Shafie [6] consideran que existen varios métodos para detectar y reconocer todo tipo de movimientos que realicen las personas, así también García, Mera, Santana y Uzmila [7] nos mencionan que existen estudios basados en algoritmos para identificar rostros, personas, señales de tránsito, tumores, aspectos de datos visuales y detección de imágenes.

El presente trabajo de Investigación tiene como objetivo evaluar el impacto de un modelo basado en el reconocimiento de imágenes con el fin de incentivar a las personas que trabajan de manera remota a tener una mejor postura para evitar las lesiones en la espalda a un futuro. En primer lugar, el sistema refiere a una aplicación informática [8] que nos permite procesar la imagen en tiempo real para así brindar un diagnóstico dependiendo la postura de cada trabajador. Por último, se plantea la siguiente pregunta ¿Cómo el modelo basado en machine learning será de apoyo para el reconocimiento de imágenes para el diagnóstico postural de trabajadores en modalidad remota?

## II. ESTADO DEL ARTE

Si bien es cierto que, el teletrabajo ha traído beneficio a muchas empresas durante la pandemia (COVID-19), sin embargo, la búsqueda de la postural ideal para cada situación ha sido objetivo de numerosos estudios a lo largo del tiempo [1]. La importancia de mantener una buena higiene postural continúa siendo un foco importante de atención, ya que ayuda considerablemente a evitar el riesgo de lesiones [2].

Se desarrollan a continuación 3 prácticas buenas en la realización de la postura en el ámbito laboral para mantener una buena higiene y evitar así el dolor de espalda y las lesiones.

### A. *Estar de pie*

Se deben usar para la realización de esta actividad zapatos cómodos sin tacones altos, y ropa amplia para facilitar el flujo sanguíneo. Es necesario mantener las rodillas un poco flexionadas y moverse continuamente, para evitar la sobrecarga del peso del cuerpo en un lado u otro modificando así la postura.

### B. *Permanecer sentado (Postura de 90°)*

Debemos sentarnos con las rodillas flexionadas y quedando algo por encima de las caderas, con la espalda apoyada en el respaldo y manteniendo una posición erguida y correcta.

Si trabajamos en una mesa es importante orientar todo el cuerpo hacia la dirección que vamos a trabajar evitando la torsión del cuello o columna. Es importante mantener los brazos apoyados sobre la mesa de manera que queden flexionados en una postura cómoda y correcta de 90°.

### C. *Dormir*

Para poder rendir y dar un excelente servicio en el ámbito laboral se debe descansar sobre un colchón firme y una almohada adecuada a la anatomía de la persona, de costado con las rodillas dobladas o sobre la espalda con una almohada bajo las piernas a la altura de las rodillas.

Una postura opuesta ante los beneficios del teletrabajo en cuanto al balance trabajo y vida personal, es la de Gálvez, Tirado y Alcaraz [9] quienes llevaron a cabo entrevistas y grupos focales. Sostienen que existe una predisposición errónea de relacionar a la mujer al teletrabajo pues es la mejor opción para balancear el tiempo de familia y trabajo, y esto hace que se refuerce el perjuicio de que las mujeres son responsables del hogar.

Otro punto resaltante es que las teletrabajadoras pierden la motivación y terminan abandonando el teletrabajo como forma viable de trabajo y vuelven al trabajo presencial en oficinas. Otra autora que también expone las consecuencias negativas del teletrabajo es McCarthy [10], quien mediante la revisión bibliográfica reflexiona, sobre el impacto del teletrabajo en la

producción de una comunicación afectiva sostiene que, si las diversas plataformas y dispositivos tecnológicos nos facilitan la conexión con el trabajo de manera remota, que a su vez protege a los trabajadores del contagio del COVID-19, esta nueva metodología de trabajo no protege a trabajadores de los sentimientos de soledad y aislamiento generados por la limitación de su exposición al diálogo cara a cara con sus pares.

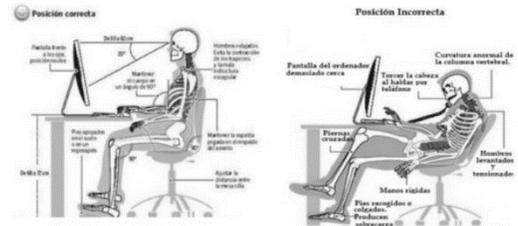


Fig. 1 Recomendaciones de la postura correcta de 90°

La perspectiva positiva hacia el trabajo se relaciona también con los beneficios a nivel de creación y gestión del trabajo en equipo en las organizaciones. Tal y como Pabón y Muñoz [11] mencionan que el teletrabajo permite que diferentes generaciones de trabajadores puedan crear y gestionar comunidades de trabajo colaborativo a través de objetos comunes y comunicación continua y transparente. Asimismo, señalan que se debe priorizar una fuerte dimensión relacional, a nivel intelectual y emocional, con el fin de que los trabajadores se sientan parte de la empresa tal y como se aprecia en la figura 2.

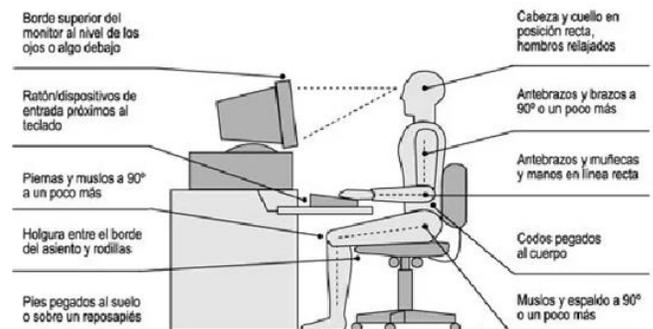


Fig. 2 Ergonomía del trabajo

El método de reconocimiento de objetos en imágenes digitales conocido como Viola-Jones, fue propuesto por los investigadores Paul Viola y Michael Jones [12] en el año 2001. Es el primer método que logra detectar objetos en tiempo real en una imagen. Este método fue desarrollado para realizar la detección de rostros, también puede ser usado para detectar cualquier objeto dentro de una imagen. Actualmente es uno de los métodos más utilizados en la industria, por su velocidad y su alto porcentaje de acierto.

La visión artificial es uno de los algoritmos más utilizados de interés en el reconocimiento de imágenes (Valgren, Lilienthal) [13] tiene como objetivo modelar matemáticamente los procesos de percepción visual y generar programas que permitan similar estas capacidades visuales por computadora. La visión artificial permite la detección automática de la estructura y propiedades de un posible mundo dinámico.

La modalidad de trabajado en casa debido a la propagación de la pandemia (COVID-19). (Davis et al) [14] Determina que las principales preocupaciones ergonómicas estaban relacionadas con el uso de computadores portátiles, sillas no ajustables si reposabrazos, bajas altura de monitor y las superficies rígidas de los escritorios. En este estudio se reconoce la necesidad de que los empleadores proporcionen adopciones ergonómicas para el personal en esta situación, teniendo en cuenta que el trabajo en casa puede llegar a convertir se en una opción permanente para muchos de ellos, de lo contrario las molestias podrían convertirse en condiciones más perjudiciales como los trastornos musculoesqueléticos.

Otros autores como Bouziri [15] identificaron que los factores que pueden incrementarse debido a la falta de anticipación que tuvieron los empleados por motivo del cambio repentino en la modalidad de trabajo remota. Los empleados a los ambientes de trabajo doméstico poco adecuados y a la reducida actividad física, sin embargo, proponen como posibles estrategias de prevención la difusión de mensajes simples relacionados con la higiene ergonómica en casa, la contribución financiera para la adaptación del ambiente de trabajo y el desarrollo de actividad física.

Los factores de riesgo ergonómico en trabajadores remotos también han sido estudiados desde años atrás, específicamente para la urbe en modalidad de teletrabajo.

Se manifiesta que los factores de riesgo más presentados fueron los ergonómico por movimiento repetitiva y postura sedente prolongada incorrecta. Adicionalmente, afirmaron que los factores de riesgo ergonómicos son intrínsecos a esta modalidad de trabajo, por lo que se hace necesario realizar un adecuado diseño de los puestos de trabajo y así, evitar desordenes Musculo esqueléticos a mediano o largo plazo. Sin embargo, todas confirmaron que el riesgo presentado indicaba la necesidad de mostrar un modelo de medidas correctivas, esto debido a factores como posturas inadecuadas y movimientos repetitivos.

Una de las alternativas para analizar estos factores de forma remota, son las imágenes que dan cuenta del empleado y su interacción con el puesto de trabajo, sin embargo, se corre el riesgo de estudiar la postura que el empleado considera es la correcta al momento de la fotográfica y no la posición en la que habitualmente trabaja.

Los autores Valencia y Pizon [16] evaluaron que la mayoría de los avances están enfocados en su implementación y no en la gestión de accidentes y enfermedades que podrían tener, dificultando el planteamiento de estrategia y promoción y prevención, para el caso particular de las posturas y el sedentarismo reportados como factores de riesgo ergonómicos en población en trabajo remota se ha planteado un modelo de reconocimiento de imágenes para el diagnóstico postural de trabajadores en modalidad remota, llevando a cabo un estudio con los empleados voluntarias pertenecientes a diferentes áreas.

Esta investigación consiste en desarrollar un modelo de reconocimiento de imágenes para el diagnóstico postural de trabajadores en modalidad remota. La finalidad del algoritmo es extraer las imágenes digitales, por lo tanto, se guardan en formato digital en la base de datos y se compara con las imágenes y la postural por el usuario y muestra que está en la postura correcta [17].

El Reconocimiento de imágenes, se basa en la identificación de figuras y reconocimiento de formas. Todos los algoritmos de reconocimiento tienen la finalidad de poder diferenciar un texto de una imagen cualquiera, para hacerlo se basan en la segmentación de la imagen, adelgazamiento de los componentes y comparación de los patrones. Además, según Tipan [18] evaluó la tarea de extracción de los caracteres de una imagen en este sistema es importante y un poco complicado de realizarlo, en investigaciones similares mencionan que el problema principal está en la detección automática de imágenes.

### III. METODOLOGÍA

Desde un punto de vista metodológico, el tipo de investigación que se va a utilizar en la presente investigación es descriptivo, debido al estudio que se realizan a las posturas de trabajadores en modalidad remota, por lo que su meta no es solo la recolección de datos, sino también predecir e identificar las relaciones que existen entre las variables del problema, Tal como nos mencionan Castillo, Gómez, Guevara & Castillo [19] que en su estudio se investigó la capacidad de la inteligencia artificial (IA) para la detección de Alzheimer mediante un Modelo de detección. Según Pinedo, Ríos, Rodríguez y García [20] El uso de algoritmos de visión artificial nos permite identificar detalles de una imagen, como la posición de cualquier objeto o persona, sin antes no haber pasado por una serie de procesos, lo que facilitara la interacción para poder trabajar con ella. Por esta razón, también es fundamental haber creado un modelo de reconocimiento preciso y detallado para cumplir nuestro objetivo [21].

Además, el diseño es de tipo causal-experimental, puesto que por medio de esta se puede aproximar a los resultados de una investigación experimental, ya que al realizar las pruebas se efectuarán experimentaciones con la manipulación de la

variable de estudio. Por último, es de tipo aplicada, debido a que se valor por objetivo abordar un problema específico o proponer una nueva idea a través de la tecnología, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación, como en nuestro caso, un modelo predictivo basado en machine Learning. Según nos da a entender Murillo [22].

## Metodología Lean Six Sigma

Todas las metodologías buscan fijar nuevas teorías y transformar las existentes, brindándonos posibilidades de generar conocimientos que transformen la realidad y brindar soluciones a los problemas [23]. Lean six sigma es un proceso interactivo que incluye una serie de pasos que son comunes en la mayoría de las aplicaciones de Reconocimiento de imágenes, las cuales son: Obtención y recolección de los datos, procesamiento y análisis de datos, validación y evaluación del modelo.

### A. Obtención y recolección de los datos

Para Orellana y Sánchez [24] esta etapa es muy importante ya que requiere la recopilación y el análisis de datos sobre nuestra variable establecida para definir nuestro resultado deseado. Para la recolección de datos se utilizarán capturas de imágenes o fotografías de posturas, proporcionadas por empresas, en este caso las fotografías fueron tomadas por los mismos trabajadores que laboran en modalidad remota. Esto nos permitirá conocer cuál sería el diagnóstico de postura que mantienen cada trabajador, pero para ello la imagen pasara por varios procesos.

### B. Procesamiento y análisis de datos

Para llevar a cabo el procesamiento de datos es requerido contar con un hardware y software en donde se desarrollará mediante un lenguaje de programación utilizando las librerías que sean necesarias. En primer lugar, el hardware es la parte física que constituye una computadora o sistema informático, según nos da a entender Ruiz & Makagonov [25], en caso nuestro lo que se requiere, es contar con una computadora y una cámara para poder capturar la imagen y poder experimentar con ella. Por otro lado, según la definición del IEEE, los softwares son programas que nos proveen flexibilidad, inteligencia y seguridad, ya que está compuesto por componentes lógicos necesarios que hace posible la realización de tareas específicas, por esta razón en la presente investigación se utilizó el software Anaconda ya que nos facilita la instalación de Python además de las bibliotecas que se requerirán mediante su consola.

## Python

Según Díaz, Challenger & Becerra [26], el creador de Python nos dice que, es un poderoso lenguaje de programación que es fácil de aprender. Fue desarrollado bajo una licencia de Código abierto aprobada por la OSI, por lo que su uso y distribución, son gratuitos, incluso con fines comerciales. Se utiliza en muchas áreas de la tecnología, incluida la web, las

redes, el procesamiento de datos, la inteligencia artificial y más [27]. Y fue diseñado pensando en los programadores principiantes (novatos), porque la sintaxis del lenguaje es fácil de aprender, especialmente para aquellos que buscan una carrera en inteligencia artificial, big data, robótica o ciberseguridad.

## Open Source Computer Vision (Open CV)

Es una herramienta de Python, para que puedas trabajar con fotos o cámara a través de una biblioteca de visión artificial de código abierto. La librería está escrita en los lenguajes C y C++ y es compatible con varios sistemas operativos como, Windows, Mac OS X y Linux, y cuenta con un desarrollo activo en interfaces para Python, Ruby, Matlab y otros lenguajes.

Después de definir las herramientas que utilizaremos en esta investigación, explicaremos brevemente qué es el procesamiento de imágenes y qué queremos lograr con él.

### Procesamiento de Imágenes

Es una clase de procesamiento de señales que consiste en trabajar con fotografías y/o videos en manera real para someterlos a un procesamiento de perfil bajo con el fin de extraer determinadas características o parámetros para facilitar la detección, además de elaborar nuevas imágenes procesadas como material de salida.

El objetivo del procesamiento es mejorar la calidad de la imagen y resaltar algunos de los detalles que queremos resaltar, ya que esto nos será útil para seguir con nuestra identificación de la imagen.

En general, el procesamiento de imágenes se puede realizar mediante métodos ópticos o digitales, como se muestra en la Figura 3.

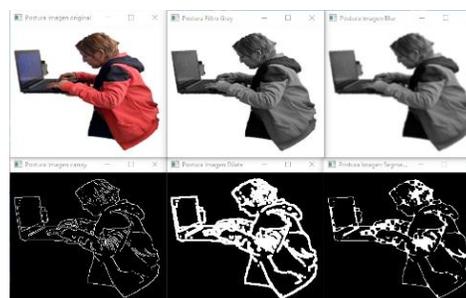


Fig. 3 Procesamiento de imágenes

El procesamiento está basado en técnicas que se aplican a las imágenes para finalmente obtener una buena captura de ello para continuar trabajando. Las cuales son:

## Eliminación de ruido en imágenes

Se puede producir ruido durante la adquisición, la transmisión o el procesamiento de las imágenes con las que trabajará, ya que es importante contar con una buena iluminación en el área de trabajo seleccionada. Existen diversos tipos de ruido presente en las imágenes, siendo los siguientes: Ruido Gaussiano, Ruido impulsivo, Ruido sal y pimienta.

Para ello, nos será útil aplicar los filtros necesarios para corregir el desenfoque captado por la Cámara.

Para llevar a cabo la presente investigación, se utilizaron los siguientes filtros:

### Filtro Gaussiano

Se utiliza para eliminar ruido, una de sus características es la separabilidad, es decir, en lugar de realizar una convolución bidimensional, se puede realizar dos convoluciones unidimensionales. Una en sentido horizontal y otra en sentido vertical, cómo se puede observar en la Figura 4.

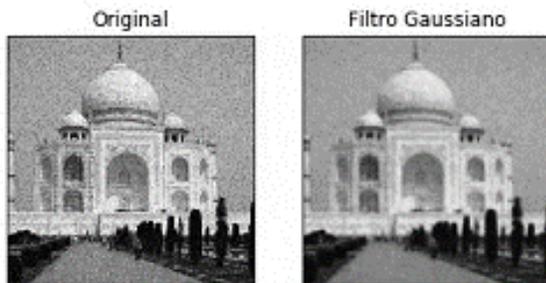


Fig. 4 Aplicando el Filtro Gaussiano

### Filtro Bilateral

Se utiliza para eliminar ruido, una de sus características es la separabilidad, es decir, en lugar de realizar una convolución bidimensional, se puede realizar dos convoluciones unidimensionales. Una en sentido horizontal y otra en sentido vertical, cómo se puede observar en la Figura 5.

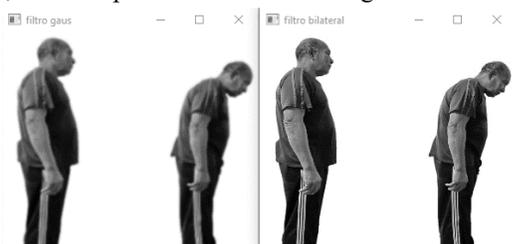


Fig 5 Filtro Bilateral

Tras la aplicación de los filtros, se realiza un reconocimiento de la forma del cuerpo que deseamos identificar mediante segmentación de imágenes.

## Segmentación de Imágenes

La segmentación de imágenes es uno de los procesos más importantes del procesamiento de imágenes, es una técnica utilizada para dividir una imagen en partes, conocidas como segmentos, y es la técnica más utilizada para aplicaciones como el reconocimiento de imágenes o el reconocimiento de objetos, como se puede observar en la Figura 6, ya que para estos tipos de aplicación es ineficiente procesar toda la imagen, Esta técnica divide una imagen en varias partes según las características de la imagen, como la intensidad de los píxeles, el color, la textura, etc.

Las aplicaciones de la segmentación de imágenes entre las más comunes se tienen:

- Recuperación de imágenes basadas en contenido
- Detección de objetos y tareas de reconocimientos
- Sistemas automáticos de control de tráfico y video vigilancia, etc.

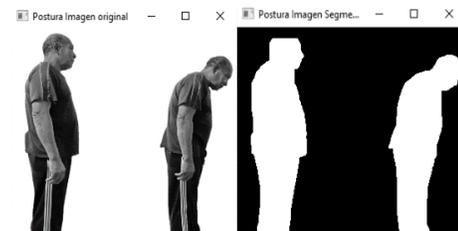


Fig 6. Segmentación de imágenes

Posterior a ello, llegamos a cumplir con una parte sumamente importante, que es la extracción de la silueta del trabajador que es nuestra población objetivo para el presente proyecto, además se dará a conocer cómo será el proceso de evaluación de cada tipo de postura.

Para poder realizar la medición correcta de la postura utilizamos 3 tipos de fórmula las cuales se clasifican en: fórmula de los píxeles, fórmula para la aplicación del filtro gaussiano y fórmula para la escala de grises.

### VI. Fórmula para la clasificación de los Píxeles:

$$\delta(x, y) = \frac{lv(x, y) - \mu^{(x,y)}}{\sigma^{(x,y)}}$$

### b. Fórmula para la aplicación del Filtro Gaussiano

$$p(v) = \sum_{r=1}^{Co} p(v|\omega_r)P(\omega_r)$$

### c. Fórmula para la Escala de Grises

$$g = (f \oplus b) - (f \ominus b)$$

Se va medir la postura del trabajador mediante los ángulos planteados que son de 120°, 90° y 60° es una técnica paramétrica empleada en machine learning. Al ser paramétrica, antes de analizar los datos ya se conoce el número de parámetros o coeficientes que se van a necesitar.

Se recolectó primero una data de 60 trabajadores para empezar a realizar las experimentaciones conforme a ellos se plantean fórmulas para poder hacer la clasificación de los pixeles, para la aplicación del filtro gaussiano y para la escala de grises. Los procesos por lo que la imagen pasa a ser estable con claridad y de forma articulada la perspectiva teórica y metodológica como sustento del proceso permite la construcción acertada al modelo de medición.

Para llevar a cabo el modelo se aplicaron muchos métodos de evaluación ergonómica, la cual requiere la medición sobre el trabajador de determinadas dimensiones. Las mediciones para realizar sobre las posturas adoptadas por el trabajador son fundamentalmente angulares (los ángulos que forman los diferentes miembros del cuerpo respecto a determinadas referencias).

Estas mediciones pueden realizarse directamente sobre el trabajador mediante transportadores de ángulos, electrogoniómetros, o cualquier dispositivo que permita la toma de datos angulares, pero también es posible emplear fotografías del trabajador adoptando la postura estudiada y medir los ángulos sobre estas. Esta herramienta permite realizar la medición de los ángulos sobre las fotografías.

Es muy importante en este caso asegurarse de que los ángulos a medir aparecen en verdadera magnitud en las imágenes, es decir, que el plano en el que se encuentra el ángulo a medir es paralelo de la cámara.

Si se adoptan posturas inadecuadas de forma continua o repetida en el trabajo se genera fatiga y, a la larga, pueden ocasionarse problemas de salud. Uno de los factores de riesgo más comúnmente asociados a la aparición de trastorno de tipo musculoesquelético es precisamente la excesiva carga postural. Así, la evaluación de la carga postural o carga estática, y su reducción en caso de ser necesario, es una de las medidas fundamentales en la mejora de puestos de trabajo.

Existen diversos métodos que permite la evaluación del riesgo asociado a la carga postural, diferenciándose por el ámbito de posturas individuales. El modelo permite el análisis en conjunto de las posiciones adoptadas por el trabajador. Se analizaron tareas simples con variaciones en la carga y los movimientos, se aplicó varios métodos previamente desarrollados con rangos angulares de las posiciones en distintas partes del cuerpo, por lo que existen gran similitud entre ambos métodos. Además de la postura en sí misma, se valoran otros aspectos influyentes en la carga física como la carga o fuerza manejada, el ángulo del trabajador (tanto posturas estáticas como dinámicas). Otra novedad respecto al modelo es la consideración de la existencia de cambios bruscos

de postura o posturas inestables, y si la postura de la columna se mantiene a favor.

La clave para la asignación de posturas del trabajador es la medición de los ángulos que forman diferentes partes del cuerpo del operario. El método determina para cada miembro la forma de medición del ángulo por último se obtiene la puntuación final a partir de dichos valores globales modificados.

El valor final proporcionado por el método es proporcional al riesgo que conlleva la realización de la tarea, de forma que valores altos indican un mayor riesgo de aparición de lesiones musculoesqueléticas. El método organiza las puntuaciones finales en niveles de actuación que orientan al evaluador sobre las decisiones a tomar tras el análisis. El nivel que estima la postura evaluada resulta aceptable al indicar la necesidad urgente de cambios en la actividad.

### C. Medición y evaluación del modelo

Se entiende como el grado en que un instrumento evalúa realmente la variable que intenta medir, en la validez existen otros tipos de evidencia como lo son la validez relacionada con el contenido, la validez relacionada con el criterio, la validez relacionada con el constructo y la validez de experto.

La validez relacionada con el contenido refleja el grado en que un instrumento tiene como dominio específico del contenido en lo que se está midiendo. Es importante que este contenido este expresado en las variables que se va a medir. Debe ser coherente, persistente y suficiente, por lo tanto, debe tener en cuenta el contexto teórico estudiado. Las preguntas deben estar muy bien orientada al igual que la medición y las dimensiones elegidas a investigar.

Se relaciona con el constructo y se configura con uno de los más significativos; esto tiene que ver con qué tan bien se representan el instrumento propuesto y la noción teórica. Incluya una descripción de cómo se correlacionan los resultados de una manera que sea consistente con los resultados de otros conceptos que están conectados a nivel teórico.

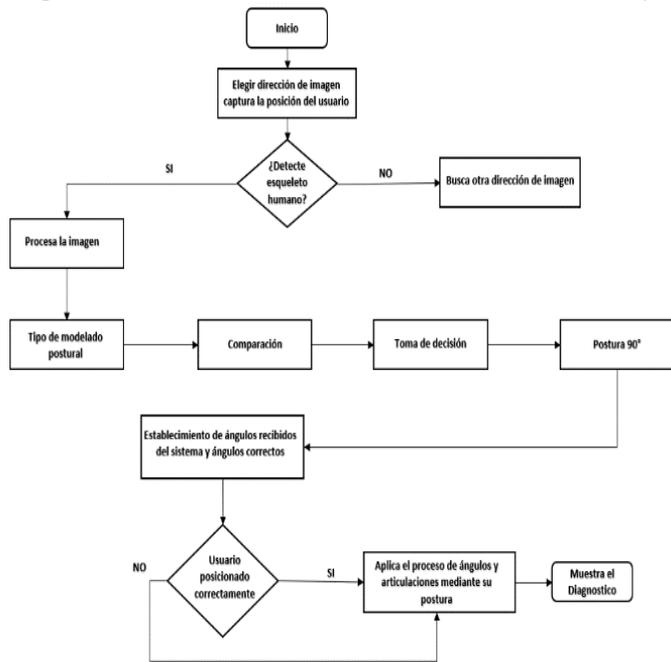
Debe tenerse una claridad sobre el tipo de medición y por su puesto la confiabilidad y validez, tiene por objetivo detecta el nivel de presencia en los puestos evaluados.

El algoritmo implementado parte de la captura de una imagen o video por medio de una cámara web bajo condiciones de fondo e iluminación controlada, las cuales son esenciales para obtener un buen resultado.

En la figura 4 se muestra el diagrama de flujo detallado del algoritmo propuesto, donde lo primero es almacenar una imagen del escenario vacío, para que durante el reconocimiento los píxeles diferentes sean solamente los que conforman la figura del usuario, luego si se hace la captura de la imagen, donde se extrae la silueta de la persona de tal forma que los

píxeles que son fondo tomen el color negro y los que hacen parte de la persona el color blanco.

Luego, se realiza un preprocesamiento en el cual se realiza el realce y limpieza de la región de interés, en cada imagen capturada, teniendo en cuenta la eliminación de ruido y el



filtrado de la imagen para tener una silueta uniforme.

Fig 7 Diagrama de flujo

Teniendo la silueta se procede a hacer una primera validación que permite que el proceso continúe o por el contrario se trunque para obtener una nueva captura lo más pronto posible. Se verifica cuantos contornos hay en la imagen binaria de la silueta de tal forma que si detecta más de 4 asume que hay un objeto intruso en la escena, por lo que vuelve a capturar otra imagen y no permite continuar el algoritmo de este punto en adelante mientras la situación no se corrija. Si por el contrario si hay 4 o menos contornos se continúa haciendo la esqueletización.

La esqueletización consiste en encontrar una línea representativa de la silueta. Esto se logra por medio de adelgazamientos sucesivos, los cuales borran solamente píxeles del contorno en cada iteración. Para este adelgazamiento o thinning se debe cumplir con una serie de condiciones propuestas. Con el esqueleto listo, se busca información relevante que permite eliminar información redundante y ruidosa. Para esto se determina la región del pecho. Este es un punto de cruce dentro del esqueleto que en teoría tiene cuatro ramificaciones: cabeza tronco y los dos brazos.

El proceso continúa eliminando la línea del tronco, que teniendo en cuenta la correcta postura del usuario es vertical y pasa por el punto del pecho, dejando así solo los píxeles que

conforman los brazos, representados por dos líneas no conexas entre sí, donde sus extremos son la ubicación de los hombros y de las manos. La siguiente tarea es precisamente ordenar dichos extremos para clasificar: mano izquierda, mano derecha, hombro izquierdo y hombro derecho.

Con estos puntos organizados hacemos un recorrido por cada una de las líneas para obtener datos como longitud y código de cadena, y encontrar los codos por características de las proporciones físicas del cuerpo humano las cuales fueron proporcionadas por Leonardo Davinci en su estudio de los cánones de las proporciones divinas, plasmados en su obra sobre el “Hombre Vitruviano. La tarea de reconocimiento continúa con el cálculo trigonométrico de los ángulos de los hombros y de los codos con respecto al eje vertical como se muestra en la figura 8.



Fig. 8 Ángulo de postura correcta

A cada postura le corresponde un rango de estos ángulos con un margen de error para contrarrestar las diferencias que hay entre personas por su textura física y por su concepción de las posturas propuestas. Por último, se retorna cual es la postura. Para ello es necesario la evaluación del trabajo dinámico, tienen ya muchos años de existencia y no por ello han dejado de tener validez.

De esta manera, definido el modelo y la guía del proceso que presenta nuestro sistema, con los datos obtenidos aplicamos cada método de evaluación. A partir de los resultados se realiza una valoración de cada factor de riesgo ergonómico en cada tarea. Si ocurriera el caso de no llegar a detectar una manera de manera definida, no podría pasar por el procesamiento, y la foto quedaría inválida.

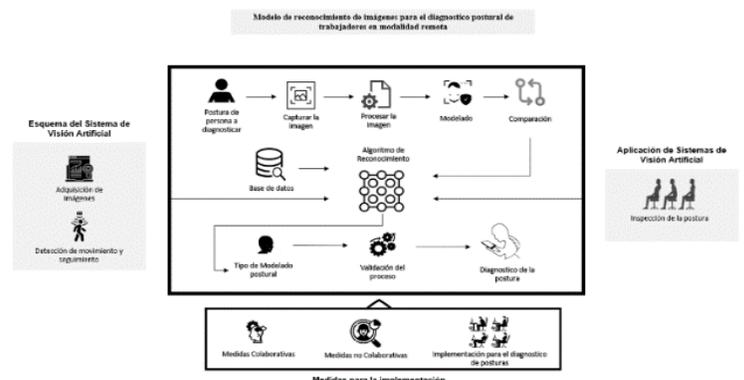


Fig. 9 Modelo Propuesto

## IV. RESULTADOS

### A. Obtención de Datos

Durante el diseño del sistema se analizaron 60 capturas de imágenes basadas en las posturas de trabajadores en modalidad remota, sobre las cuales se realizaron pruebas y gracias a ellas se definieron las mejores condiciones, tanto para el cuidado de la salud de los trabajadores.

De este modo, para la obtención de la data se utilizó una cámara, en la cual fue ubicada de forma similar en todas las tomas realizadas, paralela al trabajador bajo una observación y a una altura alrededor de 120 cm y 4m de distancia, como se puede observar en la figura 10. Con estas condiciones fue posible efectuar el seguimiento a todas las posturas que presenta el trabajador y obtener diferentes ángulos de acuerdo con la postura en la que se encuentra el trabajador.

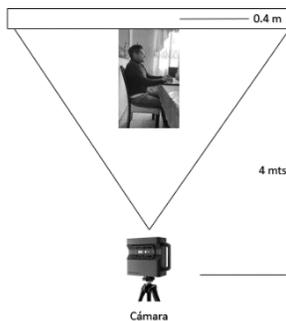


Fig. 10 Plano de posición de la cámara a capturar

En el caso encontrarse con algún defecto o desenfoco que interfiriera en la captura de la imagen, se aplicarían filtros la cual pasara mediante el procesamiento de imágenes anteriormente ya comentado.

De este modo se logró desarrollar un algoritmo donde se analizan las imágenes mediante una esqueletización, como se muestra en la figura 11.

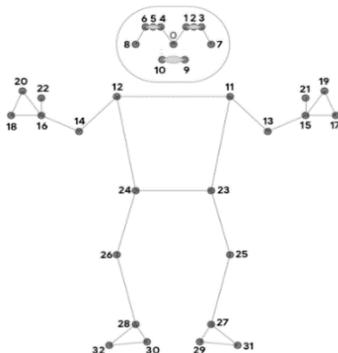


Fig. 11 Esqueletización

### B. Resultados de los Procesamientos de Datos mediante Ángulos

Luego de las pruebas realizadas a más de 60 personas se puede concluir que con el sistema implementado se obtiene 100% de reconocimiento en todas las posturas, dándonos como resultado un ángulo de 90° en este caso, como se muestra en la figura 12. Por otro lado, si la imagen no es reconocida totalmente, será excluida de todos los pasos a realizar.



Fig. 12 Ángulo de la postura

## VI. Resultados Estadístico

Tras las pruebas realizadas a más de 50 personas se puede concluir que con el sistema implementado podemos obtener el 100% de reconocimiento en todas las posturas, los problemas presentados se deben a que el usuario no hace la postura correctamente.

Es posible que a partir de la medición de los ángulos para cada articulación se obtiene graficas tanto en el espacio de descriptores como en tiempo. Con esto no solo es posible hacer un análisis dinámico del movimiento.

De nuestra recolección de datos para realizar la experimentación nos dieron como resultado, que 25 personas presentan la postura incorrecta de 120°, 19 personas presentan la postura incorrecta de 60° y solo 16 personas se encuentran en la postura correcta de 90°.

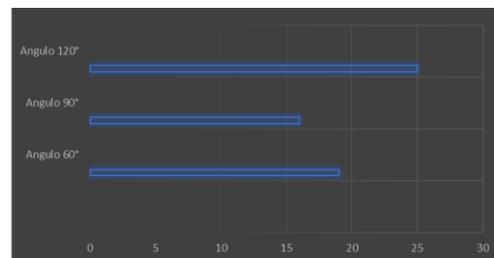


Fig. 13 Resultados de Medición de Posturas

Obteniendo 16 posturas correctas siendo el Ángulo de 90° y 44 posturas incorrectas comprendido por los ángulos de 60° y 120°

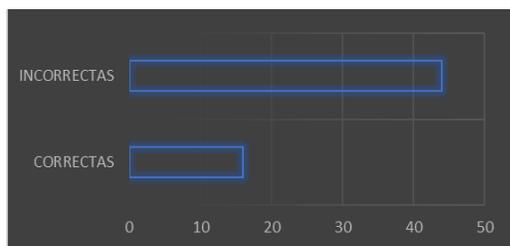


Fig. 14 Diagnóstico Postural

A partir de los resultados de los muestreos de todos los voluntarios se tomó el promedio de cada una de las posturas de 120°, 90° y 60° para todos, se realizó un promedio total el cual se muestra en la figura 15 y se tabula en la tabla I.



Fig. 15 Ángulo de la postura de 120° 90° 60°

TABLA I  
PROMEDIOS DE CADA POSTURA

	Promedio Ángulo Hombro	Promedio Ángulo Codo
Postura 120°	23.5770	8.9084
Postura 90°	39.8778	42.4997
Postura 60°	49.9286	-34.9328

El resultado según el análisis realizado sobre las 3 posturas indicadas podemos verificar que el ángulo de 120° y de 60° da a conocer posibles causas de dolores y lesiones en la espalda ocasionadas por una mala postura o una higiene postural incorrecta, en personas que permanecen por tiempo prolongados en posiciones sedentarias, en nuestro caso nos enfocamos cuando el usuario se encuentra sentado en la postura correcta de 90° grados evitando a largo plazo que no ocasione lesiones graves en la espalda. Con ello formar un hábito postural que nos permita llevar una salud laboral correcta.

Asimismo, en la Tabla II, se observa que existe una muy buena confiabilidad tal como menciona George y Mallery [28], en su investigación “sugieren las siguientes recomendaciones para evaluar los coeficientes de alfa de Cronbach: Coeficiente alfa >.9 es excelente, Coeficiente alfa >.8 es bueno, Coeficiente alfa >.7 es aceptable, Coeficiente alfa >.6 es cuestionable, Coeficiente alfa >.5 es pobre, Coeficiente alfa <.5 es inaceptable. El recojo de la información de la presente investigación de las variables que son la variable Machine Learning utilizando el Reconocimiento de imágenes del 82,3% y la variable Diagnóstico y Mejora Postural del 81,2%.

TABLA II  
ALFA DE CRONBACH

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	Variables
81,2%	82,3%	V1 Machine Learning utilizando el Reconocimiento de imágenes
80,7%	82,4%	V2 Diagnóstico y Mejora Postural

En la Tabla III y IV, se observa en la columna sig. Kolmogorov-Smimov de todos son menores que 0.05, lo cual se rechaza la hipótesis Nula. Entonces, se concluye que la variable 1 Machine Learning utilizando el Reconocimiento de imágenes y la variable 2 Diagnóstico y Mejora Postural no se distribuyen en forma normal.

TABLA III  
LA COLUMNA SIG. KOLMOGOROV-SMIMOV

	PRE TEST		
	Kolmogorov-Smimov*		
	Estadístico	Gl	SIG
V1: Machine Learning utilizando el Reconocimiento de imágenes	0,032	50	0,007
V2: Diagnóstico y Mejora Postural	0,015	50	0,005

TABLA IV  
LA COLUMNA SIG. KOLMOGOROV-SMIMOV

	POST TEST		
	Kolmogorov-Smimov*		
	Estadístico	Gl	SIG
V1: Machine Learning utilizando el Reconocimiento de imágenes	0,201	50	0,000
V2: Diagnóstico y Mejora Postural	0,204	50	0,000

En la figura 16 de la dimensión de Cantidad de casos aplicando Machine Learning en la postura de trabajadores se evidencia que el promedio de puntuación en el pre test fue 23.78 y el promedio en el post test fue 24.25. Con respecto a la mediana para el pre test el 50% tuvo una puntuación menor o igual a 26.48 y el otro 50% tuvo una puntuación menor o igual de moda a 29.15%, en el post test el 50% de trabajadores tuvo una puntuación menor o igual a 27.90 y el otro 50% tuvo una puntuación menor o igual de moda a 32.18%. La moda (puntuaciones con más repeticiones) del pre test fue de 29.15 y del post test fue de 32.18. Concluyendo que la cantidad de casos aplicando Machine Learning en la postura de trabajadores mejorar el Diagnóstico y Mejora

Postural de trabajadores en modalidad de Teletrabajo en un 3.03% en el promedio de puntuación.

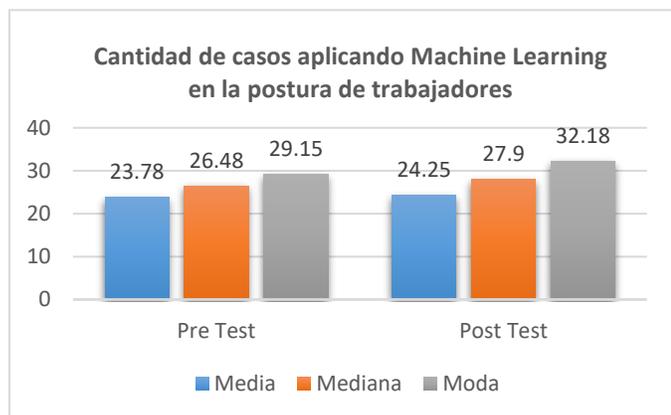


Fig. 16 Medidas de tendencia central del pre test y post test de la dimensión Cantidad de casos aplicando Machine Learning en la postura de trabajadores de la variable Diagnóstico y Mejora Postural de trabajadores en modalidad de Teletrabajo

En la figura 17 de la dimensión de Precisión del diagnóstico se evidencia que el promedio de puntuación en el pre test fue 27.93 y el promedio en el post test fue 28.77. Con respecto a la mediana para el pre test el 50% tuvo una puntuación menor o igual a 29.17 y el otro 50% tuvo una puntuación menor o igual de moda a 31.25%, en el post test el 50% de trabajadores tuvo una puntuación menor o igual a 32.34 y el otro 50% tuvo una puntuación menor o igual de moda a 35.25%. La moda (puntuaciones con más repeticiones) del pre test fue de 31.25 y del post test fue de 35.25. Concluyendo que la Precisión del diagnóstico mejorar el Diagnóstico y Mejora Postural de trabajadores en modalidad de Teletrabajo en un 4% en el promedio de puntuación.

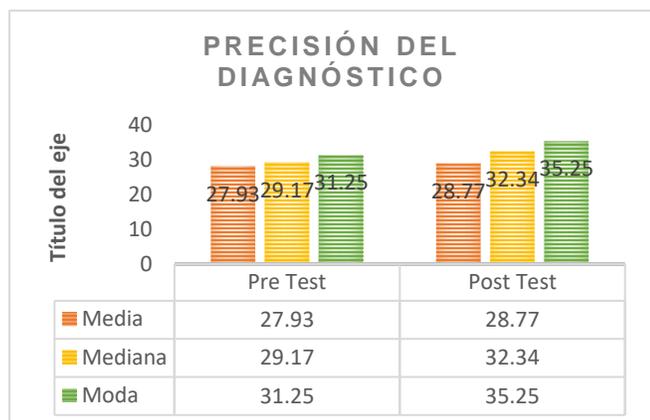


Fig. 17 Medidas de tendencia central del pre test y post test de la dimensión Precisión del diagnóstico de la variable Diagnóstico y Mejora Postural de trabajadores en modalidad de Teletrabajo

En la figura 18 la dimensión de Tiempo de procesamiento se evidencia que el promedio de puntuación en el pre test fue 30.40 y el promedio en el post test fue 34.42. Con respecto a la mediana para el pre test el 50% tuvo una puntuación menor o igual a 32.27 y el otro 50% tuvo una puntuación menor o igual de moda a 33.42%, en el post test el 50% de trabajadores tuvo una puntuación

menor o igual a 35.24 y el otro 50% tuvo una puntuación menor o igual de moda a 37.47%. La moda (puntuaciones con más repeticiones) del pre test fue de 33.42 y del post test fue de 37.47. Concluyendo que el Tiempo de procesamiento mejorar el Diagnóstico y Mejora Postural de trabajadores en modalidad de Teletrabajo en un 4.05% en el promedio de puntuación.

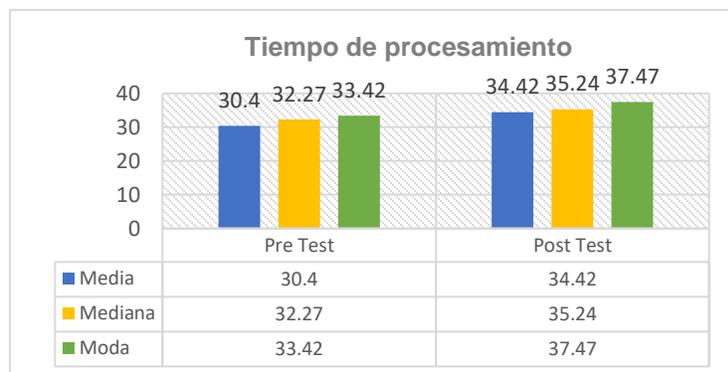


Fig. 18 Medidas de tendencia central del pre test y post test de la dimensión Tiempo de procesamiento de la variable Diagnóstico y Mejora Postural de trabajadores en modalidad de Teletrabajo

## V. DISCUSIÓN

Al respecto, el objetivo del presente estudio es prevenir posibles complicaciones que trae consigo tener una postura inadecuada, por ello se propuso un modelo de reconocimiento, la cual tiene como objetivo identificar y sugerir una recomendación de acuerdo con la postura en la que se encuentra. Sin embargo, conforme se implementó en un primer grupo de colaboradores para una prueba, se realizaron ciertos ajustes en base a la iluminación y ángulo de la cámara para la obtención de las imágenes.

De esta manera, crear un sistema de reconocimiento e identificación de posturas requiere mucho esfuerzo, compromiso y dedicación. Además, al usar el algoritmo para comenzar a producir los primeros resultados medibles, se deben tener en cuenta los problemas relacionados con la privacidad. Consecuentemente, se presentaron limitaciones técnicas 11va como limitaciones en la captación y participación de la cantidad de trabajadores que constituyen nuestra población objetivo, por ello, cada una de las imágenes empleadas en el presente trabajo se han utilizado con el permiso y consentimiento del propietario.

## VI. CONCLUSIONES

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un modelo de aplicación para el reconocimiento y realizar una correcta implementación del teletrabajo e identificar los factores de postura que puedan afectar a los usuarios. De acuerdo con lo indicado en la sección del estado del arte, son varias las opciones para resolver estos casos de estudio. Sin embargo, no todos se ajustan a nuestros objetivos planteados para nuestro proyecto.

Por ello, seleccionamos los siguientes requerimientos: Machine Learning, V.A, Higiene Postural.

Por ello, se evaluó el modelo con 60 personas, logrando reconocer 3 diferentes posturas (60°, 90° y 120°). Además, es adaptable en términos de aumentar el número de posturas conocidas; todo lo que se requiere es la inclusión de nuevas posiciones angulares para capturar.

Este sistema obtenido se puede utilizar para trabajar con cualquier persona, independientemente de su edad, raza, orientación sexual o tamaño.

Hoy en día, se plantean varias opciones para solucionar problemas de reconocimiento e identificación de imágenes. Sin embargo, en base a la poca experiencia adquirida durante el desarrollo de este trabajo, se puede concluir que se requiere de una fase de análisis y evaluación de métodos para determinar la opción más adecuada que se asemeje a los objetivos planteados. Además de los componentes de software y hardware que complementarán el algoritmo durante las etapas de procesamiento de imágenes, desde la adquisición hasta el reconocimiento e identificación.

Del mismo modo podemos afirmar que, la aplicación del modelo de reconocimiento propuesto y nuestro sistema como herramienta de medición permitirá obtener el diagnóstico de la postura que presenta cada trabajador de modalidad remota. Debido al hecho de que hacerlo reduciría cualquier problema de espalda a futuro que pudiera surgir al pasar varias horas en una posición mala o incómoda frente a una computadora.

#### REFERENCIAS

- [1] Calderón Hernández, G. «Impactos de la pandemia sobre las organizaciones: una reflexión desde la perspectiva de la gestión del talento humano» Revista Iberoamericana de contabilidad, administración y economía – Lúmina, 21, 10-17., 2020
- [2] M. Vicente «Lumbalgias, prevención, valoración del daño laboral y rehabilitación», 1st ed. España: Lettera, 2011
- [3] G, Álvarez y C., Rendon, «Principales patologías osteomusculares relacionadas con el riesgo ergonómico derivado de las actividades laborales administrativas» Rev CES Salud Publica, vol. 2, no, 2, pp.196-203, 2011
- [4] Organización Internacional del Trabajo. El teletrabajo Durante la pandemia de COVID-19 y después de ella – Guía práctica.
- [5] S. Parra y M. Torrens, «La Inteligencia Artificial: El camino hacia la ultra inteligencia», RBA Editores México. México, 2017.
- [6] F. Kamaruzaman y A. Shafie, «Recognizing faces with normalized local Gabor features and skipping Neuron Patterns», *Pattern Recognition*, 53, 102-115. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2015.11.020>, 2016
- [7] García, W, Mera, C, Santana, P, Uzmila. «Algorithm for the Recognition of a Silhouette of a Person from an Image. *Journal of Image and Graphics*», 7(2), 42–56., 2019
- [8] A. Paniagua, D. Bedoya y C. Mera «Un método para la 12valuación de la accesibilidad y la usabilidad en aplicaciones móviles – ProQuest», 2020
- [9] Gálvez, A., Tirado, F., & Alcaraz, J. (2019). [“¡Oh! ¡Teletrabajo! “Regímenes de contratación y vivencia de las teletrabajadoras españolas]. *Business Ethics: A European Review*, 29(1), 180-192.
- [10] McCarthy, C. (2020). [Aumente la moral y la productividad con conversaciones reales]. *College Athletics And The Law*, 17(6), 6-7.
- [11] Muñoz, D., Pabón, M., & Valencia, B. (2017). Comunicación organizacional en torno al teletrabajo. *Revista Luciérnaga-Comunicación*, 9(18), 61-71. , 2001
- [12] Viola, P., & Jones, M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. Obtenido de *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern*
- [13] Valgren, C., & Lilienthal, A. J. (2010). SIFT, SURF & seasons: Appearance-based longterm localization in outdoor environments. *Robotics and Autonomous Systems*, 58(2), 149-156.
- [14] Davis, K. G., Kotowski, S. E., Daniel, D., Gerding, T., Naylor, J. y Syck, M., Home Office: Ergonomic Lessons From the “New Normal”. *Design*. <https://doi.org/10.1177/1064804620937907>.(2020).
- [15] Bouziri, H., Smith, D., Descatha, A., Dab, W. y Jean, K. (2020). Working from home in the time of COVID-19: how to best preserve occupational health? *Occupational and Environmental Medicine*, 77(7), 509–510. <https://doi.org/10.1136/oemed2020-106599>.
- [16] Valencia, D. S. y Pinzón, I. M. (2016). Identificación, análisis y prevención del factor de riesgo ergonómico en el teletrabajo. [Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada]. attribute=en <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/21025?locale-attribute=en>
- [17] Ellison, J. K. (2011). Ergonomics for Telecommuters and Other Remote Workers. American Society of Safety Engineers. ASSE Professional Development Conference and Exposition, 1215 June, Chicago, Illinois USA
- [18] Tipan, M. (2012). Un acercamiento a la medición del teletrabajo: Evidencia de algunos países de América Latina. Comisi el Caribe (CEPAL). ón Económica para América Latina y <http://www.cepal.org/Socinfo>.
- [19] Cesar, B. Guevara-Maldonado, David, R. Castillo-Salazar, Darío, X. Castillo-Salazar y Héctor, F. Gómez-Alvarado Alzheimer detection model applying artificial intelligence techniques," *2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2018
- [20] J. C. Santa Maria Pinedo, C. A. Ríos López, C. Rodríguez Grández, y C. W. García Estrella, «Reconocimiento de patrones de imágenes a través de un sistema de visión artificial en MATLAB», *Rev. cient. sist. inform.*, vol. 1, n.º 2, pp. 15-26, jul. 2021.
- [21] Murillo, W «Investigación Aplicada - Definición, Propiedad Intelectual e Industria,» *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, vol. 3, n.º 1, pp. 47-50, 2014.

- [22] Reynaga, Rene y Mayta, William. «introduccion al reconocimiento de patrones». *Fides Et Ratio* [online]. 2009, vol.3, n.3 pp.41-44. Disponible en: <[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-081X2009000100005&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2009000100005&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 2071-081X
- [23] Rodríguez, E., & Toledo Benítez, A Importancia de la metodología de la investigación. In: del Lurdez Consuelo Martínez Montaña M, Rojas R, Cortés Riveroll J. eds. *Metodología de la investigación para el área de la salud*, 2e. McGraw Hill; 2013. Accessed junio 15, 2022.
- [24] Orellana López, Dania M<sup>a</sup> , Sánchez Gómez, M<sup>a</sup> Cruz, Tecnicas de recoleccion de datos en entornos virtuales mas usadas en la investigacion cualitativa. *Revista de Investigación Educativa* [Internet]. 2006;.
- [25] Ruiz, A. & Makagonov, P. Modelos de desarrollo del hardware y software basados en el estudio de computación paralela. *INCI* [online]. 2007, vol.32, n.3
- [26] Díaz-Ricardo, Yanet , Challenger-Pérez, Ivet , Becerra-García, Roberto Antonio. El lenguaje de programación Python. *Ciencias Holguín* [en línea]. 2014, XX(2), 1-13[fecha de Consulta 16 de Junio de 2022]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181531232001>
- [27] Visus, A. ¿Para que sirve Python? *ESIC Bussines*, (2020). Razones para utilizar este lenguaje de programación.
- [28] George, D., & Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference*. 11.0 update (4thed.). Boston: Allyn & Bacon. no. 4, doi: 978-020537552