

Intervención organizacional en base NOM-036-1-STPS-2018 para evaluación de riesgo ergonómico de puestos operativos en empresa del sector cuero-calzado en Guanajuato

Organizational intervention based on NOM-036-1-STPS-2018 for evaluation of ergonomic risk in operational positions in a company in the leather-footwear sector in Guanajuato

Adriana Fragoso Mora¹
Ma. Eugenia Sánchez Ramos²
Gerardo Pérez Marcoux³

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo identificar, analizar y controlar los factores de riesgo ergonómico bajo la NOM-036-1-STPS-2018 en puestos operativos a partir de tecnologías de inteligencia artificial. Los materiales y métodos utilizados están en base a los requerimientos técnicos sujetos de evaluación técnica a partir de un estudio observacional, descriptivo de corte transversal con procesamiento de datos en una arquitectura tecnológica a partir de un modelo de estimación de pose humana que utiliza la Tecnología Tensorflow por medio de una red neuronal artificial convolucional para determinar los índices en posturas ergonómicas con riesgo significativo y posturas sanas para los puestos involucrados en el diagnóstico.

Palabras clave: inteligencia artificial, puestos operativos, riesgo ergonómico, inteligencia artificial.

Abstract:

The objective of this research is to identify, analyze and control ergonomic risk factors under NOM-036-1-STPS-2018 in operational positions based on artificial intelligence technologies. The materials and methods used are based on the technical requirements subject to technical evaluation from an observational, descriptive cross-sectional study with data processing in a technological architecture from a human pose estimation model that uses Tensorflow Technology by means of a convolutional artificial neural network to determine the indices in ergonomic postures with significant risk and healthy postures for the positions involved in the diagnosis.

¹ Instituto Tecnológico Superior de Purísima del Rincón/ ITSPR adriana.fm@purisima.tecnm.mx

² División de Ciencias Económico Administrativas /UGTO sanchez.me@ugto.mx

³ Centro de Investigación Aplicada en Tecnologías Competitivas para la Creación de Valor /CIATEC). gpdm@ciatec.mx

Keywords: artificial intelligence ergonomic risk, operational positions.

Introducción

Según el estudio de (Guadalupe Rivera) se calcula que en México ocurre un accidente de trabajo cada 58 segundos, la necesidad de proteger a los trabajadores, contra las causas de las enfermedades profesionales y accidentes de trabajo, es una cuestión inobjetable. Toda actividad realizable debe ser tendiente a la prevención de riesgos laborales a efectos de llevar a cabo un control de pérdidas, con las consecuentes ventajas de la producción y la productividad alcanzando así un mayor bienestar social, que se refleja en la economía de la propia empresa.

El objetivo de la ergonomía es tratar de mejorar la calidad de vida del usuario, tanto delante de un equipo como en algún doméstico; en cualquier caso este objetivo se concreta con la reducción de los riesgos posibles y con el incremento del bienestar de los empleados.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que existen una serie de factores de riesgos laborales y no laborales (carga física, organización del trabajo, psicosocial, individual y sociocultural) que contribuyen a causar enfermedades laborales.

El factor de riesgo ergonómico es una característica del trabajo que puede incrementar la probabilidad de desarrollar un trastorno musculoesquelético, ya sea por estar presente de manera desfavorable o debido a que haya presencia simultánea con otros factores de riesgo.

Los principales factores de riesgo ergonómico a considerar son:

- La generación de fuerzas: La generación de fuerzas internas en segmentos articulares de gran intensidad o con una frecuencia significativa.
- La alta frecuencia de movimientos: Aunque las acciones que se realicen no impliquen la realización de un esfuerzo significativo, la repetitividad puede afectar las características mecánicas de nuestros tejidos.
- La duración larga de la exposición: Cuanto más tiempo se esté exigiendo al cuerpo a lo largo de la jornada laboral, más riesgo habrá.

NOM-036-1-STPS-2018

- La norma que se utilizará en el análisis de este trabajo es la NOM-036-1-STPS-2018, la cual se aplica en el trabajo que requiera mover cargas de 3 kgs o mayores. Utiliza varias tablas de medición de nivel de riesgo que especifica: bajo, medio, alto y muy alto o inaceptable.
- ¿Cuándo aplica esta norma? Cuando en el trabajo se requiera mover cargas de 3 kgs o mayores, por lo tanto la mayoría de los centros de trabajo aplicarán.
- ¿Cómo se empieza por cumplir con esta norma? Implica realizar los siguientes documentos/actividades relacionadas con el manejo y desplazamiento de cargas:



1. Realizar análisis de riesgo de factores ergonómicos
 2. Adoptar medidas de prevención y control al manejar cargas manuales
 3. Vigilar al personal ocupacionalmente expuesto (POE)
 4. Informar, capacitar y adiestrar a POE sobre procedimientos seguros y buenas prácticas
 5. Llevar registros sobre medidas preventivas y exámenes médicos practicados
- ¿Qué es el análisis de riesgo de factores ergonómicos? Básicamente es identificar las actividades que implican un movimiento y desplazamiento de cargas, tal como se menciona en la NOM-036-STPS y adicionalmente, se deberá estimar el nivel de riesgo de acuerdo con los valores y colores de banda que la norma indica en apéndice I y II.

El objetivo de la presente investigación es identificar, analizar y controlar los factores de riesgo ergonómico bajo la NOM-036-1-STPS-2018 en puestos operativos a partir de tecnologías de inteligencia artificial. Los materiales y métodos utilizados están en base a los requerimientos técnicos sujetos de evaluación técnica a partir de un estudio observacional, descriptivo de corte transversal con procesamiento de datos en una arquitectura tecnológica a partir de un modelo de estimación de pose humana que utiliza la Tecnología Tensorflow por medio de una red neuronal artificial convolucional.

La empresa caso de estudio no cuenta con un diagnóstico de la Norma NOM-036-1-STPS-2018 en los puestos de trabajo de la línea de producción, lo cual es necesario para evitar riesgos en cargas y problemas posturales debido de la permanencia prolongada y esfuerzo físico de las actividades realizadas.

Por tanto la hipótesis de la investigación consiste en la determinación de los índices con base en la NOM-036-1-STPS-2018 en posturas ergonómicas con evaluación significativa en posturas sanas y no sanas para los puestos involucrados en el diagnóstico.

Materiales y Métodos

En México se consideran dentro de los indicadores de competitividad el desarrollo de actividades laborales en términos de salud ocupacional, es por ello que la nueva cultura laboral se encuentra soportada en estándares de desempeño sujetos de evaluación por Normas Oficiales Mexicanas que han entrado en vigor, en este alcance nos ocupa la NOM-036 NOM-036-1-STPS-2018.

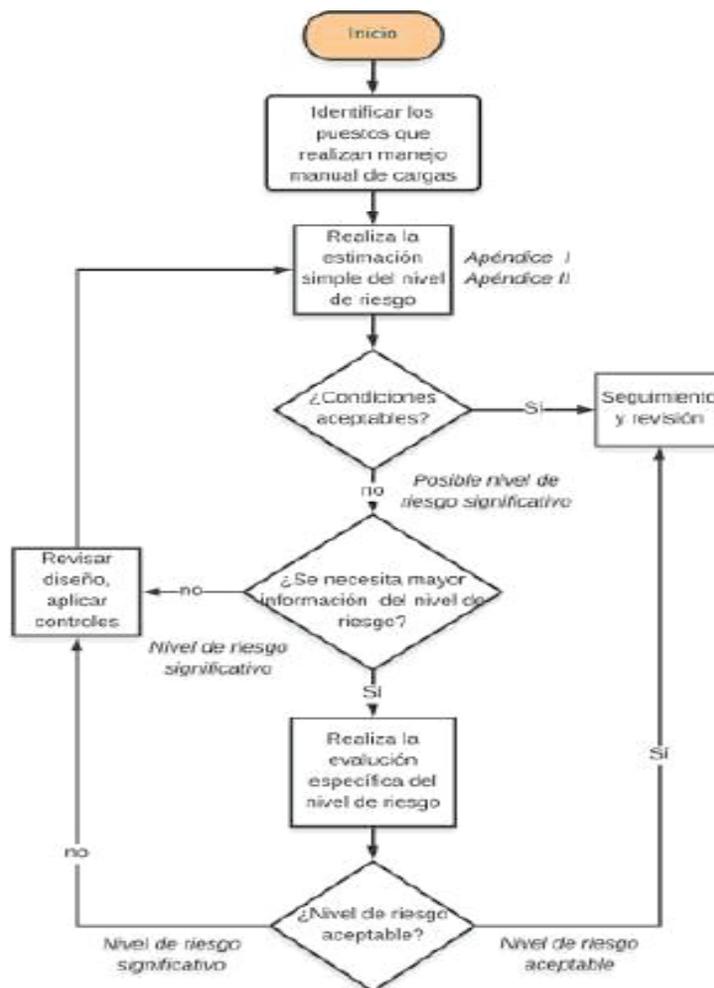
Dentro del proyecto, en base a la Norma de referencia, se elaboraron los check - list relativos a las guías de referencia, numerales y apéndices de la norma para su implementación diagnóstica en (3) alcances siguientes:

1. El análisis de los factores de riesgo ergonómico debido al manejo manual de cargas.
2. El análisis de los factores de riesgo ergonómico levantamiento y descenso de carga.

3. El análisis de los factores de riesgo ergonómico en el transporte de cargas.

El diagrama de flujo siguiente indica la forma en que se aplicó la estimación del nivel de riesgo o evaluación rápida y/o la evaluación específica del nivel de riesgo para cada checklist antes descritos:

Imagen 1 Factores de riesgo ergonómico en el Trabajo- Identificación, análisis, prevención y control. Parte 1: Manejo manual de cargas.

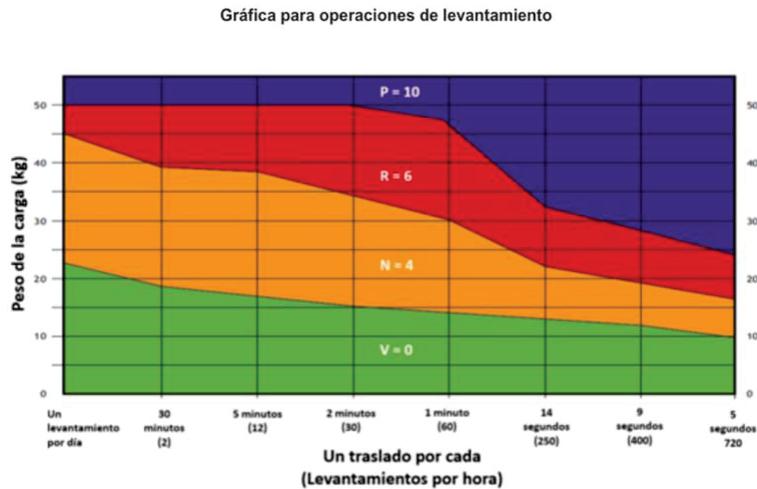


Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-036-1-STPS-2018. Diario Oficial de la Federación. www.dof.gob.mx/



Para la determinación de cada factor de riesgo ergonómico se realizó con base en la norma de referencia la identificación de las actividades en el manejo de cargas del centro de trabajo evaluado a través de los incisos e infografías específicas, a manera de ejemplo se ilustran en la imagen 2. : Nivel de riesgo en manejo manual de cargas

Gráfica para operaciones de levantamiento



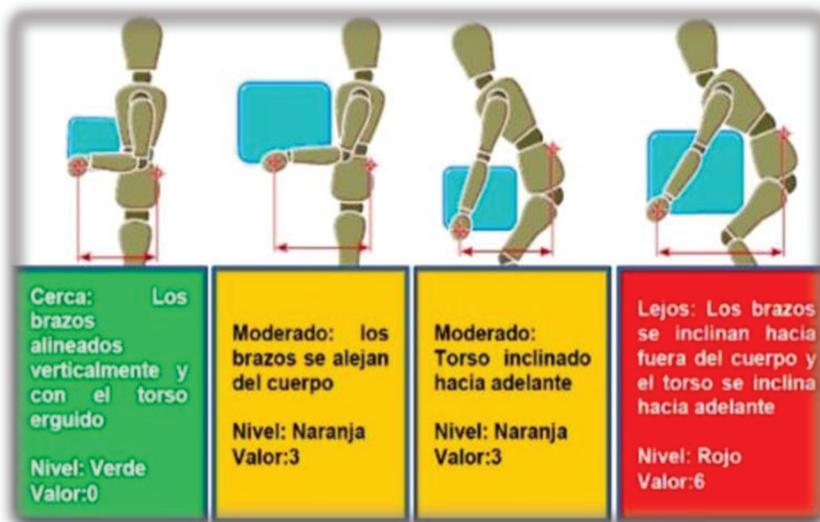
Los factores de riesgo ergonómico que conllevan el manejo manual de cargas, es decir, que implique levantar, bajar, transportar, empujar, jalar y/o estibar materiales, conforme al numeral 1.2 de la NOM-036-1-STPS-2018;

La estimación simple del nivel de riesgo o evaluación rápida de las actividades identificadas, de acuerdo con lo señalado en el numeral 1.3 de la Norma de referencia y

La evaluación específica del nivel de riesgo, cuando el resultado de la evaluación rápida no permita determinar el nivel de riesgo o condiciones aceptables y/o cuando a pesar de la implementación de medidas correctivas siga existiendo algún peligro para el trabajador.

Por tanto, la empresa como centro de trabajo podrá continuar la aplicación de una evaluación específica directamente, en ese caso no será necesario realizar la estimación del nivel de riesgo a que se refiere el inciso anterior. (Guía de referencia I: NOM -036-STPS-1-2018).

Imagen 2 Nivel de riesgo en manejo manual de cargas



Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-036-1-STPS-2018. Diario Oficial de la Federación. www.dof.gob.mx/

Bajo la norma de referencia para evaluar el análisis ergonómico dentro de este estudio, NOM-036-1-STPS-2018, especifica como factores de riesgo ergonómico: aquéllos que pueden conllevar sobre esfuerzo físico, movimientos repetitivos o posturas forzadas en el trabajo desarrollado, con la consecuente fatiga, errores, accidentes y enfermedades de trabajo, derivado del diseño de las instalaciones, maquinaria, equipo, herramientas o puesto de trabajo. En específico, el trabajo que requiera mover el trabajador con cargas de 3 kg o mayores. Se empleó su tabla de medición de nivel de riesgo que especifica: bajo, medio, alto y muy alto o inaceptable, como lo marca la Imagen 3: Niveles de riesgo.

Tabla A 1. Nivel de riesgo

Bajo	Medio	Alto	Muy alto o inaceptable
Aunque el riesgo es bajo, se considera aceptable.	Aunque no existe una situación de riesgo alto se deben examinar las actividades con mayor detalle.	Se puede exponer a una proporción significativa de trabajadores a correr el riesgo de un trastorno músculo-esquelético laboral.	Dichas operaciones pueden representar un riesgo grave de lesiones, deben examinarse minuciosamente y ser mejoradas.

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-036-1-STPS-2018. Diario Oficial de la Federación. www.dof.gob.mx/



La descripción de la población objeto de estudio se caracteriza por un total de 370 trabajadores operativos, desempeñando 32 puestos operativos tipo, distribuidos en Planta 1 y 2 por tanto, el muestreo se realiza a juicio y conveniencia dentro de la presente investigación, debido a la selección de trabajadores desempeñando puestos operativos, en los que se realiza manejo manual de cargas como parte de sus actividades productivas esenciales, durante tres turnos distintos de trabajo: diurno, vespertino y nocturno.

La metodología para el análisis automático de posturas de riesgo ergonómico se utilizaron tecnologías de visión por computadora y reconocimiento de patrones. A través de dicha tecnología se pueden obtener mediciones de la localización de las partes del cuerpo en cada cuadro de video de los puestos de trabajo a analizar.

Para llevar a cabo el diseño del estudio, se consideraron las siguientes fases:

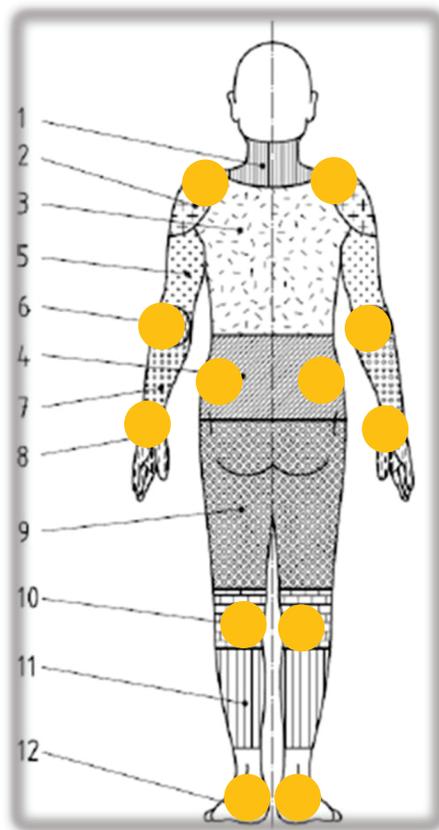
1. Determinación de puestos de trabajo: Se lleva a cabo una identificación de los puestos de trabajo dentro de la empresa.
2. Selección de los puestos de trabajo: Se seleccionaron 6 puestos de trabajo considerando los de mayor riesgo ergonómico con el objetivo de tener un mayor beneficio del proceso de análisis.
3. Toma de videos en sitio: Se llevan a cabo una serie de videos desde diferentes ángulos de cada uno de los puestos de trabajo seleccionados con la finalidad de posteriormente identificar los videos que tienen mayor potencial para un análisis automático en función de la visibilidad del cuerpo así como de las partes del cuerpo de mayor interés.
4. Procesamiento de videos para estimación de postura: Se lleva a cabo una serie análisis de cada cuadro de video y se identifican las posiciones de puntos clave del cuerpo del trabajador.
5. Medición de inclinación de la columna: Se llevan a cabo estimaciones de grados de inclinación de la columna a través de identificar los grados de inclinación de un ángulo formado entre rodillas, cadera y hombros.
6. Comparación de inclinación con respecto a umbral: Se determina un umbral en grados de inclinación que permitan diferenciar posturas con una inclinación de columna sana y las de inclinación con riesgo.
7. Generación de gráfica con tiempo de inclinación con riesgo: Se determina el porcentaje del tiempo en que la actividad se realiza con inclinación con alto riesgo en contraste con el tiempo que se lleva a cabo con una inclinación de bajo riesgo.

El software en Inteligencia Artificial utilizado para el procesamiento de datos implementados Python 3.6, Numpy 1.18.5. Tensorflow 1.15 es un modelo de las Google denominado Posenet que incorpora una arquitectura tecnológica basada en un modelo de estimación de pose humana que utiliza la Tecnología Tensorflow por medio de una red neuronal artificial convolucional. Este tipo de red neuronal tiene como fortaleza su capacidad

para el análisis de imágenes o video en tiempo real, por lo que es utilizado para desarrollar capacidades de visión artificial necesarias para el presente proyecto.

A partir de las coordenadas de cada uno de los elementos del cuerpo humano se determina la postura del curso humano o las actividades que está realizando. A través de lo anterior será posible medir las actividades de los trabajadores ya sea para identificar el nivel de productividad medido a partir de las posturas que determinan el inicio o el final de una actividad determinando indicadores de medición en tiempo, actividad, desplazamiento, productividad en posturas adecuadas vs inadecuadas en relación a riesgos significativos y condiciones ergonómicas como lo muestra la Imagen 4: Identificación de puntos potenciales de riesgo músculo esquelético en pose humana.

Imagen 4 Identificación de puntos potenciales de riesgo músculo esquelético en pose humana



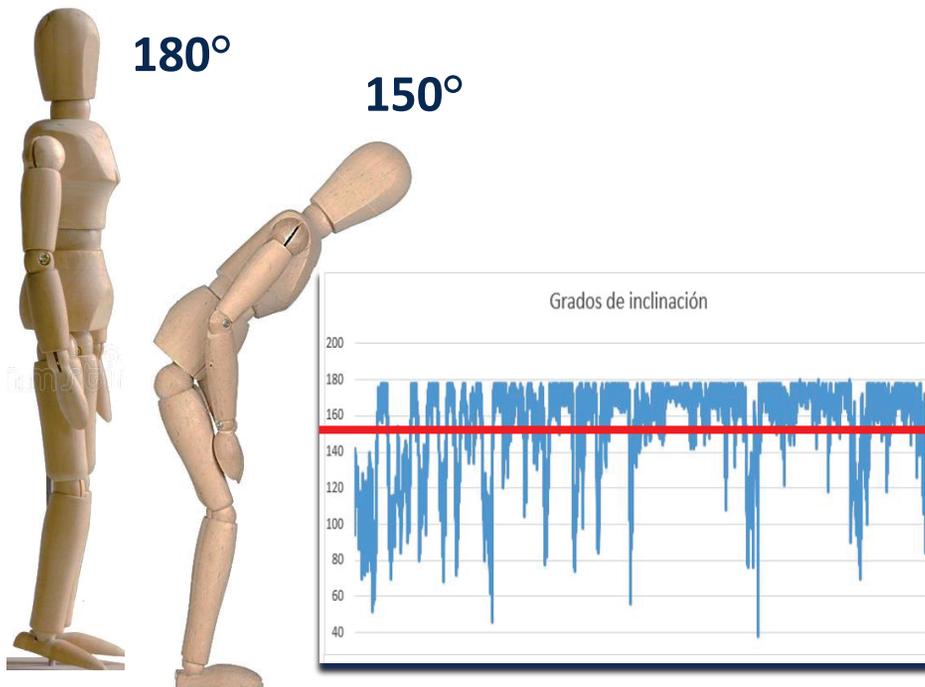
Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-036-1-STPS-2018. Diario Oficial de la Federación. www.dof.gob.mx/



Resultados

El procesamiento de datos se realizó determinando el umbral en grados de inclinación que permitan diferenciar posturas con un grado de flexión de columna sana y las de inclinación con riesgo como se muestra en la imagen 5:

Imagen 5 Evaluación del grado de inclinación de la columna con base al umbral de 150° grados



Fuente: Elaboración propia, Tecnología Tensorflow para pose humana

Enseguida se muestran los resultados obtenidos para los puestos (3) seleccionados como prioritarios dentro del diagnóstico bajo los parámetros de la NOM-036-1-STPS-2018:

Operario general bancada:

Descripción de la actividad en el puesto: En esta etapa el cuero es lavado en contenedores que realizan movimientos de manera circular durante un lapso, una vez terminado los cueros son retirados y el trabajador tiene que tomarlos y extenderlos de manera ordenada.

Para el operario general del área de bancada, en la imagen 6A y la imagen gráfica 6B se demuestra por tiempo de inclinación la posición sana evaluada a partir de las 686 repeticiones que el trabajador realiza de las operaciones un 16% durante su jornada laboral, en tanto, para una posición en riesgo de pie, realiza más de 3653 repeticiones que involucran un 84% de posiciones en riesgo.

Imagen 6A

Operario general bancada



<i>Posición Sana</i>	686
<i>Posición de Riesgo</i>	3653
	4339

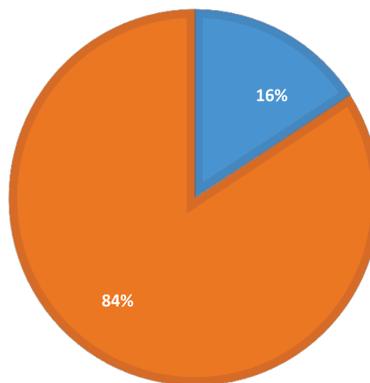
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 6B

Evaluación resumen operario general de bancada

TIEMPO POR TIPO DE INCLINACIÓN

- Posición Sana
- Posición en Riesgo



Fuente: Elaboración propia.



Operario general rampa de cuero:

En este proceso los operarios toman el cuero procesado con sal, la actividad depende de separar y extender para pasarlo a la primera etapa del proceso de transformación del cuero. Se puede denominar la principal etapa después de la llegada del cuero húmedo.

Imagen 7A

Operario general rampa de cuero



<i>Posición Sana</i>	1726
<i>Posición de Riesgo</i>	4348
	6074

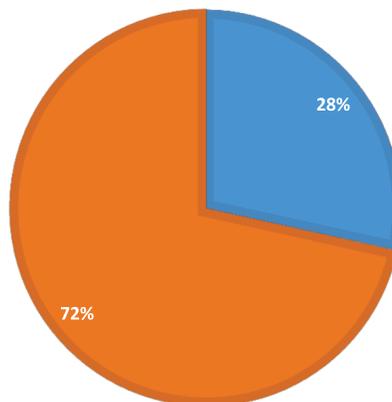
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 7B

Evaluación resumen operario general rampa de cuero

TIEMPO POR TIPO DE INCLINACIÓN

- Posición Sana
- Posición en Riesgo



Fuente: Elaboración propia.

Para el operario general de rampa de cuero, en imagen gráfica 7B se percibe por tiempo de inclinación la posición sana evaluada a partir de las 1726 repeticiones que el trabajador realiza de las operaciones un 28% durante su jornada laboral, en tanto, para una posición en riesgo de pie, realiza más de 4,348 repeticiones que involucran un 72% de posiciones en riesgo.

Operario general planchado:

En este proceso el operador realiza el planchado de los textiles, en donde tienen que asegurarse del tamaño correcto del cuero, para realizar este tipo de actividad se procesa mediante una maquina donde se mantiene una presión de manera ágil y continua. Por último, una vez terminado el planchado se pasa a la medición de grosor del cuero y con ello clasificar en diversas pilas para mantener el control y calidad.

Imagen 8A

Operario general planchado

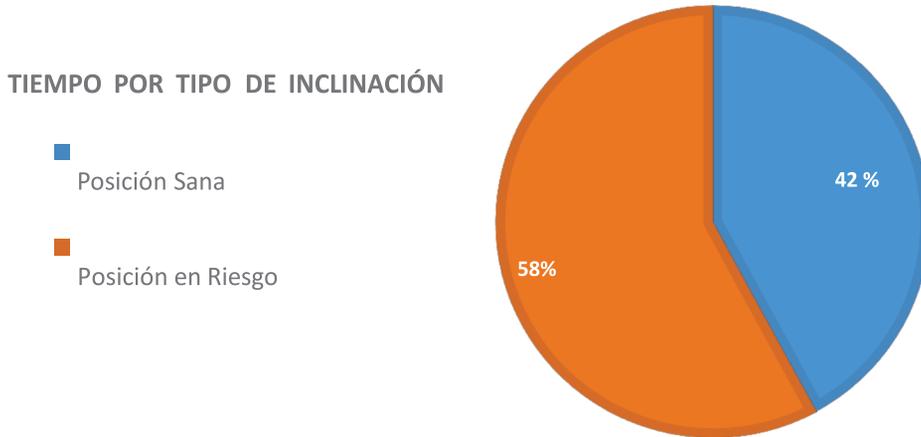


<i>Posición Sana</i>	1826
<i>Posición de Riesgo</i>	2513
	4339

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 8B Evaluación resumen operativo general planchado

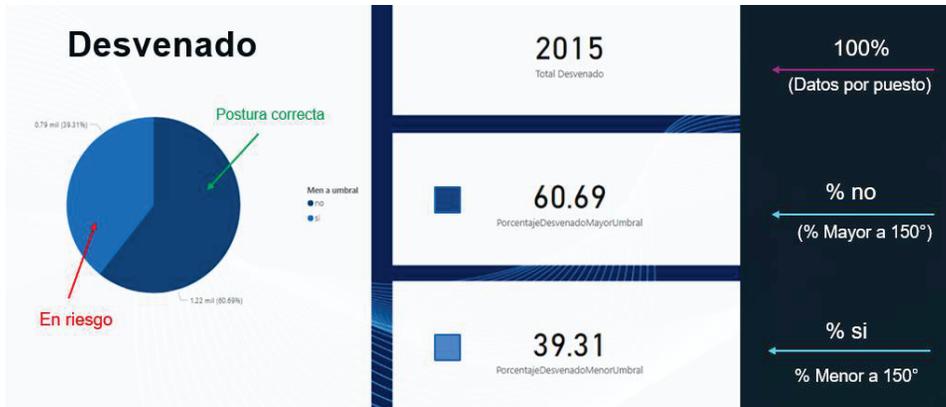


Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse en la imagen gráfica 8B se resume por tiempo de inclinación la posición sana se evalúa a partir de las 1826 repeticiones que el trabajador realiza de las operaciones un 42% durante su jornada laboral, en tanto, para una posición en riesgo de pie, realiza más de 2,513 repeticiones que involucran un 58% de posiciones en riesgo para el operario general de planchado.

Enseguida se presentan los resultados gráficos con la tecnología Power Bi desarrollados para nuestro proyecto, como un valor agregado por la calidad del software para el tablero de dato a presentar dentro de la Empresa:







Discusión

Las contribuciones más relevantes de la investigación son:

El análisis de la NOM-036-1-STPS-2018 in situ, en este sentido la metodología de caso orienta a la visión crítica en un contexto específico donde se puede validar la implementación de las recomendaciones legales vigentes. En este sentido, resulta evidente la falta de conocimiento sobre esta norma tanto en las instalaciones como en las actividades relacionadas con las cargas en los puestos de trabajo.

La evidencia en los videos obtenidos del trabajo de campo permite analizar las variables de flexión, movimientos repetitivos, levantamiento y descenso de cargas desde varios ángulos los cuales impactan en la salud de los individuos desde un punto de vista ergonómico y mecánico.

A diferencia de otros estudios ergonómicos, el análisis de los videos se vinculó a la inteligencia artificial a través de Tecnología Tensorflow por medio de una red neuronal artificial convolucional, lo cual permite estimaciones de postura, y medición de inclinación de la columna en base a la flexión de rodillas, cadera y hombros. Los resultados obtenidos, por tanto, son rigurosos en cuanto a la metodología utilizada, apoyando con la identificación de

posturas con una inclinación de columna de riesgo. Ahora bien, en este punto es fundamental resaltar que también se realizó un análisis comparativo del tiempo en que una actividad se realiza considerando las inclinaciones de alto y bajo riesgo.

Por último, el proyecto es multidisciplinario ya que incluyó investigadores y alumnos de varias áreas de conocimiento como administración, diseño hipermedia, ingeniería y relaciones industriales. Este enfoque holístico integró una metodología que permite la replicación en otros casos de estudio, lo cual propone futuras líneas de investigación para mejorar la salud ocupacional, la redefinición y adecuación del puesto de trabajo, así como las actividades que en ella se realizan.

Referencias bibliográficas

- Flores, C. (2001). Ergonomía para el diseño. Teoría y práctica: Diseño.
- García, F. J. P. (2004). Intensificación del esfuerzo de trabajo en España. Cuadernos de Relaciones Laborales, 22(2), 117-135.
- Géron, A. (2019). Aprendizaje automático práctico con Scikit-Learn, Keras y TensorFlow: conceptos, herramientas y técnicas para crear sistemas inteligentes. O'Reilly Media.
- Mohri, M., Rostamizadeh, A. & Talwalkar, A. (2012). Foundations of machine learning. EE. UU. The MIT Press.
- Monjaraz, Z. M., & Ramos, M. E. S. (2017). Estudio sobre el impacto de los factores ergonómicos en la productividad en un estudio de caso. Jóvenes en la ciencia, 2(1), 1689-1693.
- Papandreou, G, Zhu, T (2017). Towards Accurate Multi-person Pose Estimation in the Wild
- Papandreou, G, Zhu, T (2017). PersonLab: Person Pose Estimation and Instance Segmentation with a Bottom-Up, Part-Based, Geometric Embedding Model.
- Pazmiño Valencia, L. G. (2018). La seguridad y salud ocupacional en el sector de calzado de la provincia de Tungurahua (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Administrativas. Carrera Organización de Empresas).
- Piñeda Geraldo, A. (2015). Ergonomía y antropometría aplicada con criterios ergonómicos en puestos de trabajo en un grupo de trabajadoras del subsector de autopartes en Bogotá, D.C. Colombia. Revista Republicana, (3). Recuperado a partir de <http://ojs.urepublicana.edu.co/index.php/revistarepublicana/article/view/121>.
- Rouhiainen, L. (2018). Inteligencia artificial. Madrid: Alienta Editorial.
- Serrano-Villa, N., Rivera-Aguirre, L., Hernández-Flores, M. F., & Hernández-Pitalúa, D. (2019). Evaluación ergonómica y condición ambiental en una sala con computadoras, con base en las herramientas de la calidad. RINDERESU, 3(1-2), 01-11. http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/7468/stps11_C/stps11_C.html#:~:text=NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D036,%2C%20an%C3%A1lisis%2C%20prevenci%C3%B3n%20y%20control.