

**DISEÑO DE FORMATO ESTANDARIZADO PARA EVALUACIÓN  
BIOMECÁNICA OBJETIVA DE PUESTOS DE TRABAJO EN ÁREAS  
OPERATIVAS DE PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS EN COLOMBIA**

JESSICA JULIETH GAITAN CANCHÓN  
SOLANDY KATHERINNE GÓMEZ FONSECA

UNIVERSIDAD ECCI  
DIRECCIÓN DE POSGRADOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN DEL  
TRABAJO  
BOGOTA D.C. 2022

**DISEÑO DE FORMATO ESTANDARIZADO PARA EVALUACIÓN  
BIOMECÁNICA OBJETIVA DE PUESTOS DE TRABAJO EN ÁREAS  
OPERATIVAS DE PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS EN COLOMBIA**

JESSICA JULIETH GAITAN CANCHÓN Cod: 112286

SOLANDY KATHERINNE GÓMEZ FONSECA Cod: 112285

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Especialistas en Gerencia  
de la Seguridad y Salud en el Trabajo

ASESOR

JULIETHA OVIEDO CORREA

UNIVERSIDAD ECCI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN DEL  
TRABAJO

BOGOTA D.C. 2022

## TABLA DE CONTENIDO

1. Título .....	4
2. Problema de investigación.....	4
2.1. Descripción del problema.....	4
2.2. Formulación del problema .....	7
3. Objetivos de la investigación.....	7
3.1. General .....	7
3.2. Específicos .....	7
4. Justificación y delimitación de la investigación .....	8
4.1. Justificación.....	8
4.2. Delimitaciones.....	11
4.3. Limitaciones .....	11
5. Marco de referencia .....	12
5.1. Estado del arte .....	12
5.1.1. Estado del arte nacional.....	12
5.1.2 Estado del arte internacional.....	16
5.2. Marco teórico .....	22
5.3. Marco legal.....	36
6. Marco Metodológico .....	40
6.1. Fases de la investigación .....	41
6.2. Análisis de la información.....	43
7. Resultados.....	44
7.1. Análisis e interpretación de los resultados.....	44
7.2. Discusión.....	51
8. Análisis Financiero. ....	52
9. Conclusiones.....	54
10. Recomendaciones. ....	55
11. Referencias .....	56
Anexos .....	61

## **1. Título**

DISEÑO DE FORMATO ESTANDARIZADO PARA EVALUACIÓN  
BIOMECÁNICA OBJETIVA DE PUESTOS DE TRABAJO EN ÁREAS OPERATIVAS  
DE PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS EN COLOMBIA.

## **2. Problema de investigación**

### **2.1. Descripción del problema**

En la actualidad en las áreas operativas de las organizaciones, hay una deficiencia en la estandarización del adecuado proceso para evaluar los puestos de trabajo, teniendo en cuenta que para el ingreso a las áreas operativas todo el personal debe usar adecuadamente los Elementos de protección personal (EPP) necesarios para evitar la materialización de los riesgos ya sean biológicos, físicos, químicos o por condiciones de seguridad, elementos que impiden la visualización de la postura necesaria para evaluar el riesgo Biomecánico, ya que se requiere el uso de marcadores articulares en el cuerpo de los trabajadores para poder realizar la evaluación de manera objetiva.

El movimiento corporal humano (MCH) es necesario para cumplir con las actividades diarias de las personas, en las organizaciones es fundamental para llevar a cabo la asignación de tareas según el cargo que desempeñe cada trabajador en cumplimiento a la actividad económica de la organización, por lo tanto el MCH es el pilar fundamental de la fisioterapia, área encargada de evaluar de manera objetiva la actividad postural y el riesgo biomecánico en las organizaciones, ampliando la visión de la fisioterapia a un escenario laboral, específicamente a las áreas operativas de una organización, evaluando de esta forma el MCH

de los trabajadores en conjunto con el equipo, la herramienta y el espacio de trabajo de uso diario.

Por lo anterior, no hay un método de valoración biomecánica que sea objetivo y eficaz para inspeccionar los puestos de trabajo en las áreas operativas, debido a que los Software de valoración postural tales como Templo, Kinovea, entre otros, ofrecen un método de valoración donde el usuario debe tener la menor cantidad de ropa y debe usar marcadores articulares, requisitos que no cumplen los trabajadores de las áreas operativas por el uso de los EPP, sesgando de esta forma el análisis postural necesario para evaluar el riesgo biomecánico en las organizaciones, ya que se realiza una valoración superficial de la postura que genera sesgos en la medición y en los rangos articulares que pueden provocar a corto, mediano o largo plazo la materialización de un accidente de trabajo y/o enfermedad laboral.

De acuerdo con la Resolución 0312/2019, del 13 de febrero, emitida por el Ministerio del trabajo por la cual se definen los Estándares Mínimos del sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el trabajo, es importante asegurar y orientar la atención oportuna de los empleados ante la posible ocurrencia de accidentes de trabajo y/o enfermedades laborales, esto mediante el cumplimiento del sistema general de riesgos laborales el cual es un mecanismo creado para todos los trabajadores en Colombia. Sin embargo, de acuerdo al cambio constante de la normativa en los últimos años, las pequeñas y medianas empresas no cumplen con los estándares mínimos del sistema ya que no han implementado el mismo, por lo tanto, el requisito de la valoración de los peligros y riesgos aún no cumple con la valoración objetiva que se requiere, por el contrario las organizaciones realizan evaluaciones superficiales que no permiten evidenciar de manera técnica y objetiva los peligros y los riesgos de exposición.

Por otro lado, según el Consejo Colombiano de Seguridad (2021) “la tasa de accidentes de trabajo en Colombia para el 2020 fue de 4.4 accidentes de trabajo por cada 100 trabajadores y la tasa de Enfermedad Laboral fue de 503,6 casos por cada 100.000 trabajadores”.

Para enfermedad laboral de los trabajadores afiliados al sistema de gestión de riesgos laborales los sectores económicos con mayor enfermedad laboral en 2018 fueron, en primer lugar, el sector minas y canteras, el cual muestra un aumento del 10% con respecto al año anterior, con una tasa de 319 trabajadores con enfermedad laboral calificada por cada 100.000, en segundo lugar, la industria manufacturera con una tasa de 273 trabajadores y en tercer lugar, agricultura, ganadería, caza y silvicultura con una tasa de 244 trabajadores. Dentro de los sectores económicos que tuvieron un aumento significativo fueron servicio doméstico con un 57%, pesca con 24% y hoteles y restaurantes con 23% (Consejo Colombiano de Seguridad, 2021).

En consideración a lo anterior, es importante implementar inspecciones objetivas en los puestos de trabajo de las áreas operativas de pequeñas y medianas empresas en Colombia en respuesta a los estándares mínimos que plantea la normativa, para mitigar la materialización de los peligros y riesgos biomecánicos, teniendo en cuenta que dentro de los objetivos de la Ergonomía a nivel individual según Huertas (2019) esta “Mejorar el nivel de seguridad en el puesto de trabajo, así como la salud física y mental del trabajador” y a nivel organizacional busca analizar los puestos de trabajo de manera objetiva y por tareas, utilizando la tecnología más adecuada para promover las condiciones más óptimas del puesto de trabajo. (Huertas 2019), con el fin de adaptar el puesto de trabajo de acuerdo con las características antropométricas propias de cada colaborador creando coherencia entre la

maquina y la persona en pro del desarrollo de las diferentes actividades laborales. (González y Ruiz 2011)

## **2.2. Formulación del problema**

¿Cómo estandarizar de manera objetiva el proceso de evaluación de los puestos de trabajo, específicamente de los riesgos biomecánicos en el área operativa de pequeñas y medianas empresas en Colombia?

## **3. Objetivos de la investigación**

### **3.1. General**

Diseñar un formato estandarizado para la evaluación biomecánica objetiva de los puestos de trabajo en áreas operativas de pequeñas y medianas empresas en Colombia, con el fin de mejorar la salud de los trabajadores y la productividad de la organización.

### **3.2. Específicos**

Realizar un estudio de las estrategias usadas actualmente para la valoración del riesgo biomecánico en pequeñas y medianas empresas en Colombia, mediante una revisión sistemática de la literatura.

Identificar la validez y confiabilidad de los métodos de valoración del riesgo biomecánico en pequeñas y medianas empresas en Colombia mediante el análisis de la información recolectada a partir de la revisión sistemática realizada.

Diseñar estrategias para la valoración del riesgo biomecánico, mediante el uso de realidad virtual, que faciliten los procesos de evaluación postural garantizando la objetividad de los resultados en pro de la salud de los trabajadores y la productividad de la organización.

Mejorar la salud de los trabajadores, impactando de manera positiva en la productividad de la organización, a través del diseño del formato estandarizado para la evaluación biomecánica objetiva de los puestos de trabajo en áreas operativas de pequeñas y medianas empresas en Colombia.

#### **4. Justificación y delimitación de la investigación**

##### **4.1. Justificación**

Los desórdenes musculoesqueléticos (DME) son un grupo de diagnósticos médicos que se caracterizan por generar sintomatología dolorosa y alteraciones primarias en el sistema musculoesquelético, específicamente en los estabilizadores estáticos (Ligamentos y tendones), estabilizadores dinámicos (Músculos), huesos y articulaciones, los cuales afectan secundariamente el sistema nervioso y circulatorio, ocasionados o no por exposiciones ocupacionales. Los factores que influyen en la aparición de los DME están relacionados a nivel biomecánico y físico, teniendo en cuenta que un trabajador puede tener Enfermedad Laboral (EL) y/o Accidente de trabajo (AT) por la materialización de los riesgos biomecánicos tales como Postura forzada, mantenida, o anti gravitacional, Movimiento repetitivo y/o Manipulación manual de cargas o riesgos físicos tales como Ruido, Vibración, Temperaturas extremas e Iluminación.

Actualmente, las EL y los AT, tienen mayor incidencia por desórdenes músculo esqueléticos en los colaboradores de las industrias, teniendo en cuenta que “Los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo se encuentran entre las principales causas de lesiones y discapacidades ocupacionales en los países industrializados y en desarrollo” (Cohen, Carrillo y Bedoya, 2020).

Por otro lado, la realidad virtual se ha venido implementando en diferentes entornos, tales como el sector industrial, donde se crean prototipos, escenarios peligrosos, logística, minería y producción, así como en el entorno académico, donde se usan como simuladores de vuelo y como estrategia de aprendizaje para un nuevo idioma y para el uso de máquinas en empresas; a medida que pasa el tiempo, la utilización de sistemas de realidad virtual aumenta, actualmente también se está usando para el entrenamiento del personal médico, en sus procesos de diagnóstico, procedimientos quirúrgicos, utilización de dispositivos, equipos médicos, entre otros, esta experiencia brinda al sector de la salud un acercamiento más con la realidad a la persona, permitiendo realizar los procesos de manera más eficaz y eficiente y aportando conocimiento actualizado y con estrategias tecnológicas en el sector industrial, específicamente la Seguridad y Salud en el trabajo (SST).

De acuerdo a la resolución 0312/2019, del 13 de febrero, emitida por el Ministerio de Trabajo la cual establece los estándares mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), todas las empresas en Colombia deben cumplir con lo aquí reglamentado según corresponda, sin embargo, se ha evidenciado que la mayoría de pequeñas y medianas empresas no cumplen actualmente con este requisito ya que algunos factores económicos y de responsabilidad social impiden la contratación y la participación de un profesional con formación en SST para cumplir con esta labor, teniendo en cuenta que cuando una empresa tiene en su estructura organizacional mandos medios y altos que carecen de competencias profesionales referentes a los Sistemas de Seguridad y Salud Ocupacional se limita la creación, implementación y seguimiento adecuado de las normas, leyes o reglamentos que debe cumplir una organización (Molina, Cachiguango, Estévez y Egas, 2018), por lo tanto las organizaciones no realizan la evaluación objetiva de los peligros a los que están expuestos los trabajadores.

Por otro lado, al momento de realizar una evaluación objetiva de los peligros a los que están expuestos los trabajadores, se debe velar por el uso de métodos válidos y confiables, específicamente en el riesgo biomecánico se deben tener en cuenta a su vez todos los instrumentos necesarios para una correcta medición de ángulos de confort o discomfort, tales como Templo, Kinovea, entre otros Software que permitan una valoración postural objetiva, de este modo se permite la identificación de riesgos a los cuales están expuestos los trabajadores en cada una de sus actividades y por lo tanto una vez identificados los riesgos biomecánicos se pueden crear acciones preventivas y correctivas que mitiguen la materialización de los mismos.

Ahora bien, para que las organizaciones cumplan con dichos requisitos, los trabajadores deben ser evaluados con la menor cantidad de ropa posible mientras cumplen con las actividades propias de su rol laboral, debido a que los software de valoración postural incluyen marcadores articulares que permiten la medición de ángulos de manera objetiva, sin embargo, existen barreras que limitan el cumplimiento de estos requisitos debido a que las organizaciones también deben velar por la mitigación de otro tipo de riesgos a los cuales están expuestos los trabajadores implementando de esta manera el uso adecuado de los EPP, que sesgan la valoración del riesgo biomecánico.

Sin embargo a través de la estandarización del formato para realizar la evaluación biomecánica objetiva de los puesto de trabajo, las empresas podrán contar con un método viable y confiable a la hora de cumplir con los requisitos legales de SST tal como lo dispone la normativa y de esta forma podrán mejorar las condiciones de trabajo a nivel operativo con el fin de crear acciones preventivas frente a los factores de riesgo biomecánico y de esta forma mejorar las condiciones de salud de los trabajadores y por consiguiente la productividad de la organización; si bien de manera inicial las organizaciones dispondrán de

un costo adicional en equipos de medición, a mediano y largo plazo se verán beneficios a nivel económico, teniendo en cuenta que los costos de ausentismo, incapacidades e indemnizaciones por EL y AT producidos por la materialización de riesgos biomecánicos, disminuirán, por la presencia de condiciones de salud óptimas en los trabajadores, por otro lado a nivel organizacional, cuando se impacta positivamente en la salud de los trabajadores, por ende en su calidad de vida, aumenta la productividad de los mismos y de la organización.

Considerando lo anterior, se pretenden estandarizar los métodos para la valoración del riesgo biomecánico en pequeñas y medianas empresas en Colombia, con el objetivo de mejorar la salud de los trabajadores y por ende la productividad de la organización.

#### **4.2. Delimitaciones**

Espacial: El presente proyecto de investigación se desarrollará en pequeñas y medianas empresas de Colombia.

Temporal: El proceso de investigación se llevará a cabo desde el mes de Julio del 2021 como fecha de inicio al mes de febrero del 2022 como fecha de finalización.

#### **4.3. Limitaciones**

Espacial: No contar con los espacios adecuados para simular los lugares de trabajo y las actividades propias del mismo mediante el uso de realidad virtual.

Económico: Se requiere de una inversión para el acceso a los softwares y los equipos e instrumentos de medición.

Temporal: Se cuenta con un límite de tiempo menor a un año para la realización del presente proyecto de investigación.

## **5. Marco de referencia**

### **5.1. Estado del arte**

Se realizó una búsqueda bibliográfica de documentos de apoyo relacionados con la temática de investigación de este proyecto, la cual incluyó la aplicación y viabilidad de los métodos para la valoración del riesgo biomecánico y la presencia de DME por condiciones laborales. A continuación, presentamos la meta data de 6 tesis y 9 artículos investigativos a nivel nacional e internacional de acuerdo con el tema de estudio.

#### **5.1.1. Estado del arte nacional**

En Bogotá, Bedoya Aguilar & Delgado Díaz. (2021) realizaron una revisión sistemática donde se recopilaron más de 20 documentos web de Colombia, Venezuela, Ecuador y España, relacionados con el sector de construcción específicamente en las áreas operativas, con el fin de identificar los factores de riesgos biomecánicos a los cuales están expuestos los trabajadores, evidenciando que la edad promedio donde se presenta mayor incidencia de DME en miembros superiores, hombros y región cervical es entre los 45 y 55 años, con presencia de enfermedades tales como Tenosinovitis De Quervain, Síndrome del túnel carpiano, epicondilitis, hombro doloroso, bursitis o tendinitis del manguito rotador, síndrome cervical por tensión, dolor lumbar inespecífico y hernia discal, enfermedades que son originadas por consecuencia de la materialización de los riesgos biomecánicos, entendiendo que “Áreas de estudio como la biomecánica, son consideradas por la SST para realizar normativas, guías y directrices, con el fin de mejorar las condiciones de los trabajadores, asegurando una mejor calidad de vida” (Bedoya y Delgado, 2021), o por el

contrario en caso de no ser tenidas en cuenta caracterizadas por disminuir la productividad de los trabajadores y como consecuencia directa de la organización.

Por otro lado, Quiroz, Ospina y Castro. (2016), realizaron un estudio descriptivo y exploratorio, empleando criterios de forma cualitativos y cuantitativos para el Taller de Ajuste de Motores y Sistemas de Transmisión de Potencia sede (L) en Bogotá, donde implementaron los métodos de LEST y OWAS con el fin de controlar, monitorear y eliminar los peligros y factores de riesgos de los procesos existentes para optimizar la productividad de la organización, teniendo en cuenta que si aumenta el ausentismo laboral y las incapacidades médicas laborales por EL y AT, se verá comprometido el proceso productivo, los procesos de redistribución de personal y en el peor de los casos los procesos legales, indemnizaciones y sanciones de la organización.

La metodología utilizada en el método LEST se realizó con el fin de valorar las condiciones de trabajo de los puestos de trabajo fijos de manera global teniendo en cuenta el entorno físico, la carga física y mental, los aspectos psicosociales y los tiempos de trabajo, por otro lado el método OWAS fue utilizado para evaluar la carga física relacionada a 252 posibles combinaciones de posturas adoptadas por los trabajadores (Quiroz Revelo et al., 2016).

De igual forma, Peña y Rodríguez. (2021), realizaron un estudio mixto con criterio de forma cuantitativa y cualitativa, de tipo observacional, descriptivo y con alcance transversal donde su objetivo fue identificar y evaluar los riesgos biomecánicos en los técnicos electricistas, teniendo en cuenta que los trabajadores que se desempeñan en este cargo no sólo están expuestos a riesgos eléctricos o de trabajos en altura, encontrando que el riesgo biomecánico está asociado a posturas forzadas, prolongadas o anti gravitacionales, así como a movimientos repetitivos y a riesgos físicos por vibraciones, ocasionando la

materialización de los riesgos y como consecuencia la presencia de DME que pueden desencadenar una EL y/o AT.

El presente estudio se llevó a cabo en 4 fases, las cuales corresponden a la fase conceptual donde se recopiló la revisión bibliográfica con relación al tema de estudio, la fase de caracterización del perfil sociodemográfico en el cual se aplicó una encuesta estructurada para determinar las características tales como la edad, el género, entre otras, en la tercera fase de identificación y evaluación de los factores de riesgo se aplicó el cuestionario Nórdico Kuorinka, el cual es utilizado “para la detección y análisis de síntomas músculo-esqueléticos, aplicable en el contexto de estudios biomecánicos o de seguridad y salud en el trabajo y que pretende detectar la existencia de síntomas iniciales, que aún no han constituido una enfermedad laboral o no han llevado a consultar al médico” (Peña y Rodríguez, 2021), además se implementó la técnica de observación para identificar los factores de riesgo biomecánico presentes en la organización y finalmente en la fase de propuesta de medidas de prevención se realizó el diseño de medidas preventivas frente a los resultados obtenidos. Sin embargo, es posible evidenciar que en la tercera fase correspondiente a la valoración del riesgo biomecánico no se utilizó una medida válida y confiable, lo cual ocasiona que los resultados obtenidos no sean objetivos.

En Cartagena, Cohen et al. (2020) realizaron una investigación de tipo descriptivo, mediante un análisis experimental donde participaron 67 operarios (cuñeros y encuelladores) de la empresa petrolera Drilling & Well Services, con el objetivo de analizar la relación de los riesgos biomecánicos, específicamente la manipulación manual de cargas a través de la metodología REBA y RULA, evidenciando que las actividades de mayor riesgo para los trabajadores son el traslado de la tubería y los ajustes de llaves de potencia, sin embargo cabe resaltar que la forma en la cual realizan la medición angular, es sobre un

registro fotográfico realizado durante la actividad, por lo tanto no se especifica el uso de un software para la medición de los ángulos en las posturas estáticas y dinámicas evaluadas, y por lo tanto se generan sesgos en el método de evaluación.

Así mismo, Bedoya et al. (2018), realizaron un análisis descriptivo aplicado donde se evidenció la sintomatología que presentan los trabajadores en los diferentes segmentos corporales, tales como la espalda, el cuello, los hombros y las extremidades superiores e inferiores; con base en este análisis fue posible determinar cuáles eran los métodos de evaluación pertinentes para cada puesto de trabajo, evidenciando que hay existencia de síntomas músculo-esqueléticos aplicables en el contexto de las actividades propias de fuerza y repetitividad que a pesar de no ser considerados como riesgo biomecánico considerable con consecuencia de ÉL, deben ser tenidas en cuenta para determinar las acciones correctivas y preventivas adecuadas, teniendo en cuenta que las acciones que fueron concluidas por los autores están relacionadas al rediseño del puesto de trabajo únicamente.

Dentro de las metodologías utilizadas para la valoración del riesgo biomecánico fueron implementados los métodos de RULA, OWAS y OCRA, sin embargo, no se especifica la forma en la cual fueron aplicados y la relevancia teórica de los mismos, así mismo la muestra del estudio fue pequeña ya que solo participaron 25 trabajadores, lo cual limita el proceso de investigación y sus resultados.

Por último, en Colombia, las condiciones de trabajo y la presencia de desórdenes musculoesqueléticos presentes en cultivos de café son foco de estudio e intervención. Un estudio realizado por Garzón, Vásquez, Vásquez y Muñoz en 2017 analizó las condiciones de trabajo, riesgos ergonómicos y presencia de desórdenes musculoesqueléticos en los trabajadores, donde principalmente se vio afectado el género femenino con patologías directas a nivel lumbar y cervical, sumado a esto, se determinó que la mayor parte de las

empresas colombianas no cuentan con afiliación a ARL y EPS para los mismos, lo que contribuye a que haya una sobreexplotación del personal.

### **5.1.2 Estado del arte internacional**

Por otro lado, para suministrar información más detallada y actualizada del proceso de valoración biomecánica realizada en otros países, se hizo una revisión de la literatura a nivel internacional, a continuación, se presentan los 9 documentos que tuvieron mayor relevancia teórica con relación al tema de investigación del presente proyecto.

En Guatemala, Polanco (2015) realizó un análisis para determinar la relación de la ergonomía con la eficacia en los procesos productivos de la empresa KMI S.A. mediante la aplicación del método LEST con el fin de diseñar estrategias preventivas y correctivas, teniendo en cuenta que “la ergonomía es aplicada en un pequeño número de puestos, sin saber el gran potencial que representa para mejorar la eficacia y la productividad de los trabajadores” (Polanco, 2015); por lo tanto, si un trabajador tiene alguna EL o AT, secundariamente se va a producir fatiga muscular durante la realización de las actividades propias de su rol laboral y por ende se va a disminuir la productividad individual y grupal según sea el caso, es por esto de vital importancia disminuir la probabilidad de DME en las organizaciones, con el fin de optimizar los recursos y cumplir con los objetivos estratégicos de las mismas.

Así mismo, Osorio (2019), realizó un análisis del factor de riesgo biomecánico y la relación entre la ergonomía y los niveles de ausentismo laboral en una planta empacadora de productos de limpieza e higiene personal mediante la aplicación del método LEST, específicamente del personal operativo, teniendo en cuenta que “en las industrias, específicamente en aquellas donde los procesos son manuales o semiautomáticos, se

presentan problemas constantes de lesiones de los operarios en el área de trabajo por mal diseño de puestos o condiciones de trabajo inadecuadas” (Osorio, 2019).

Inicialmente se realizó una evaluación biomecánica mediante una hoja de campo desarrollada con base en el método LEST, para la calificación se utilizó el software Ergoniza desarrollado por la Universidad Politécnica de Valencia, el cual permite realizar evaluaciones biomecánica cualitativas y cuantitativas de acuerdo con las necesidades del evaluador y del puesto de trabajo. Por lo tanto, es importante destacar el proceso adecuado de la valoración biomecánica realizada por los autores, así como el uso de métodos válidos y confiables a través de la implementación de un software complementario para estandarizar el proceso de evaluación y así disminuir los niveles de ausentismo laboral en la organización, guiándonos en el desarrollo de nuestro objetivo general.

En el artículo “*Evaluación ergonómica postural en trabajadores del área de inspección en industria maquiladora*” publicado por Gómez (2020) en México se realizó una investigación de tipo cuantitativo, descriptivo, no experimental y transversal, en una empresa manufacturera del sector médico, en la cual se desempeñan tareas de inspección, medición y valoración de hallazgos en el material recibido en el área de producción; inicialmente se aplicó el Cuestionario nórdico musculoesquelético en el cual se incluyeron datos demográficos como género y edad, tiempo de desempeño en el cargo, actividades propias del mismo y partes del cuerpo con sintomatología dolorosa o molestias, con su respectiva frecuencia, restricción y causalidad (Gómez, 2020), así mismo se aplicó el método de RULA para evaluar la carga postural estática y como software fue usado el de Ergonautas, evidenciando que la probabilidad de materialización del riesgo biomecánico es alta en las organizaciones, así como la presencia de DME en miembros superiores teniendo en cuenta el tipo de actividad; con relación a la productividad se evidencio que los DME

“son una de las principales causas de costos para la empresa derivado de ausencias por motivos de enfermedad y pérdida de empleos” (Gómez, 2020).

Adicionalmente, para lograr altos niveles de calidad en una organización, los trabajadores deben cumplir con una alta productividad, sin embargo se genera impacto directo sobre la salud de los mismos, por lo tanto “el control de calidad surge como una necesidad global en la industria para desarrollar productos que cumplan altos estándares de precisión y desempeño” (Gómez, 2020), siendo relevante la consolidación adecuada del sistema de Gestión de Calidad en compañía del Sistema de Seguridad y Salud en el trabajo, para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos organizacionales y los beneficios en la salud de los trabajadores respectivamente.

Por otro lado, se realizó en México un estudio denominado “*Identificación y evaluación de riesgos posturales en un proceso de acabado de piezas automotrices*” publicado por Cuautle, Uribe y García en el año 2021, el cual tuvo como objetivo la identificación, evaluación e intervención de los factores de riesgo posturales, empleando métodos ergonómicos como REBA, OWAS, NIOSH y KIM en el proceso de acabado de piezas automotrices, compuesto por la eliminación de rebabas, la inspección de calidad, el etiquetado y la colocación de eliminadores de ruido, tareas que fueron evaluadas como alto riesgo, requiriendo una acción inmediata, la cual fue implementada con la propuesta que los autores plantearon, la cual consistió en un dispositivo con 5 guardafangos que evitan el esfuerzo y la manipulación manual de cargas por parte de los trabajadores, datos que se verificaron con la aplicación de los mismo métodos una vez implementado el dispositivo, demostrando que “instrumentos ergonómicos como REBA, NIOSH y el análisis de las condiciones de trabajo contribuyen a evaluar las posturas de trabajo” (Cuautle et al., 2021) para la identificación de alteraciones ergonómicas en un puesto de trabajo, así como al

momento de realizar mejoras en los mismos. En Ecuador, Zambrano y Vicente (2019), realizaron una revisión sistemática en 4 bases de datos internacionales correspondientes a Scielo, Redalyc, Scopus y Medline con el fin de identificar la relación de los DME con la incidencia en la salud de los trabajadores del sector económico de la construcción, donde se evidencio que los DME son la causa principal de ausentismo laboral y de los costos elevados en la atención secundaria y terciaria, teniendo en cuenta que ocasionan en los trabajadores dificultad para la realización de actividades que requieran manipulación manual de cargas, movimientos repetitivos y posturas mantenidas (Zambrano y Vicente, 2019).

De igual forma, Molina et al (2018), realizaron una investigación de tipo cualitativo en empresas de servicios de alimentos y bebidas (catering) en Ecuador, a través del cumplimiento de 2 etapas, en la primera etapa se realizó mediante el enfoque introspectivo vivencial, la recolección de la información de los puestos de trabajo descritos según el tipo de actividad y se realizó un análisis de los datos con el software libre de Ergonautas del método RULA y OWAS, durante la segunda etapa se realizó el análisis in situ de los riesgos biomecánicos mediante el uso de la matriz de valoración de peligros y riesgos, finalmente se evidenció que la estimación de los riesgos altos y moderados es mayor a la estimación de los riesgos bajos y tolerables, considerando que independientemente de la severidad de los riesgos el objetivo es mitigar la probabilidad de materialización de los mismos o la implementación de acciones preventivas, para proporcionar un ambiente de trabajo adecuado, óptimo y seguro para que los trabajadores puedan realizar sus tareas en las mejores condiciones. (Molina et al., 2018).

En concordancia con el estudio anterior Balderas, Zamora y Martínez en el 2019, realizaron un estudio transversal en México con una empresa de manufactura, tomando una

muestra de 185 trabajadores del área productiva con el fin de evaluar la presencia de trastornos musculoesqueléticos tales como la lumbalgia, identificando un porcentaje de prevalencia alto asociado a la manipulación manual de cargas, teniendo en cuenta que:

La consecuencia del incorrecto manejo manual de cargas ha generado que los operarios presenten casi el triple de posibilidades de sufrir dolor lumbar, teniendo en cuenta que reportaron cargar más de 30 kg...levantar objetos desde el nivel del piso, aumenta casi cinco veces esta posibilidad (Balderas et al., 2019)

Un estudio realizado en la universidad Técnica de Ambato, el cual tenía como objetivo evaluar posturas en el trabajo, específicamente en el área de montaje de la empresa de calzado Calzafer Cía, Ltda, donde los colaboradores adoptan posturas con un grado de exposición importante, identificó mediante la observación directa o indirecta con ayuda de medios tecnológicos, la aplicación de programas tales como OWAS y RULA, donde se determinan los resultados y valores de riesgo que presentan los trabajadores de manera objetiva. (Humberto, 2015).

En el cual se determinó que un porcentaje de las posturas adoptadas requieren un rediseño del puesto de trabajo por lo que es necesario un dimensionamiento ergonómico para disminuir la repetición de posturas forzadas... las posturas restantes requieren cambios en la forma de realizar las tareas por que pueden generar daños al sistema musculoesquelético lo que genera enfermedades profesionales (Humberto, 2015).

Finalmente, en Perú, Saravia y Abdel (2018), realizaron la identificación y evaluación de los peligros y el establecimiento de los controles de los riesgos biomecánicos, teniendo en cuenta la empresa de Prestación de Servicios Generales Motta S.R.L,

específicamente el área de mantenimiento en trabajos específicos de soldadura, debido a que esta es una de las tareas en las cuales se evidencio mayor nivel de riesgo.

Teniendo en cuenta que la evaluación de los riesgos biomecánicos “no son realizadas de acuerdo a las exigencias legales nacionales e internacionales por los responsables del trabajo, ni por el área de seguridad debido al desconocimiento generalizado en la empresa respecto a los requisitos que se deben cumplir para la ejecución de estos trabajos de alto riesgo con potencial fatal” (Saravia y Abdel, 2018), es importante estandarizar los procesos de valoración biomecánica para que la implementación de los métodos biomecánicos sea asequible para todas las organizaciones y de esta forma se mitigue la materialización del riesgo.

Adicionalmente, es importante aclarar que, así como esta empresa no cuenta con un profesional encargado del SG-SST para su adecuada implementación, la mayoría de pequeñas y medianas empresas cursan con un problema similar que a lo largo del tiempo va limitar la objetividad en los procesos necesarios para cumplir con el Sistema de Gestión, incluida la valoración de los riesgos biomecánicos, que se espera sea realizada por un ergónomo especialista en SST.

Posterior a la revisión de la literatura realizada en los últimos 7 años a nivel nacional e internacional, se concluyó que actualmente los DME están presentes con un alto índice de prevalencia en las organizaciones, ocasionando EL y AT, por otro lado se evidencio que las organizaciones no cuentan con un método estandarizado para realizar el proceso de evaluación del riesgo biomecánico, debido a factores económicos y organizacionales que limitan las acciones correctivas, preventivas y las medidas de control relacionadas a estos riesgos, por lo tanto es importante estandarizar el método de valoración biomecánica en pequeñas y medianas empresas en Colombia, teniendo en cuenta que al tener una menor

cantidad de EL y AT, la organización es vista ante la comunidad y demás partes interesadas como una empresa segura y confiable (Saravia y Abdel, 2018).

## 5.2. Marco teórico

La era tecnológica que vivimos actualmente es sin duda alguna un fenómeno que ha facilitado el rápido crecimiento de las industrias, es por esto por lo que se denomina la nueva revolución industrial, donde los seres humanos han tenido que hacer una serie de cambios y adaptaciones para estar a la vanguardia con los avances tecnológicos y así poder reducir los impactos negativos que se pueden generar a través del tiempo.

Teniendo en cuenta lo anterior, debemos conocer los parámetros de adaptación del ser humano para identificar cuáles son las condiciones óptimas que requieren para llevar a cabo una tarea, a través del estudio de los factores de riesgo asociados a la carga física y mental, término que hace referencia a la *Ergonomía*, el cual comenzó a utilizarse en el año 1950 y que actualmente ha avanzado y se ha desarrollado en diferentes técnicas de actuación a nivel laboral.

La *ergonomía correctiva* es aquella que se caracteriza por actuar posterior a la materialización de un riesgo y que busca determinar las consecuencias de este con el fin de evitar que ocurra nuevamente, mejorando y optimizando los procesos (Móndelo, 1999) por el contrario la *ergonomía preventiva* busca llevar a cabo una idea con la menor cantidad de errores y teniendo en cuenta al ser humano y a la maquina con el fin de mitigar la materialización de los riesgos.

Dentro de los factores de riesgo, cabe destacar que estos dependen directamente de las condiciones del puesto de trabajo (Horarios, condiciones ambientales, tipo de trabajo) y las condiciones individuales (edad, condición visual, habilidades y destrezas).

A lo largo de los años se ha podido evidenciar que el término de Ergonomía ha ido en crecimiento, ya que tuvo lugar desde la segunda guerra mundial en respuesta a la necesidad por cumplir con las labores que realizaban los hombres en sectores económicos de minería y fábrica, teniendo en cuenta el impacto socioeconómico por el cual la comunidad estaba atravesando en esa época, ya que las mujeres y niños debían suplir las actividades que realizaba el hombre al no estar presente, por lo tanto el aumento en el desarrollo de máquinas e instrumentos tales como medios de transporte y máquinas de automatización fueron necesarias para dar cumplimiento a la demanda laboral, sin embargo fue posible evidenciar que el rendimiento humano limitaba el rendimiento de la organización por la falta de adaptación del hombre a la maquinaria, convirtiéndose como objetivo principal de las organizaciones aumentar la productividad de las misma, teniendo en cuenta que a medida que aumenta la tecnología disminuye la necesidad de preocuparse por errores mecánicos, por el contrario se busca tener un mayor control de las necesidades del trabajador. Siendo importante destacar que en la actualidad hay mayor cubrimiento de sectores económicos, siendo primordial la seguridad de los trabajadores y de la organización, a través de procesos biomecánicos que mejoren las condiciones de trabajo.

Para llevar a cabo las condiciones óptimas del trabajo es importante tener en cuenta la productividad de la organización que es directamente proporcional a las condiciones de trabajo, esto quiere decir que si hay mejores condiciones de trabajo la productividad será mejor y por el contrario si hay malas condiciones de trabajo la productividad disminuirá; otro factor importante es la eficacia que solo puede ser definida en la organización si es clara y válida para cada situación en particular. Teniendo en cuenta la fiabilidad, esta debe ser medida por la organización posterior al seguimiento de los objetivos obtenidos con el fin de identificar la calidad de los procesos. Finalmente se debe medir la satisfacción y el desarrollo

personal de los trabajadores con el fin de potencializar características de liderazgo, autonomía y participación activa de los mismos.

Sin embargo cuando no se cumplen estas condiciones óptimas de trabajo, se pueden presentar riesgos biomecánicos, entendiendo que un *riesgo* según la NTC-OHSAS 18001 es definido como “ La combinación de la probabilidad de que ocurra un(os) evento(s) o exposición(es) peligroso(s), y la severidad de la lesión o enfermedad que puede ser causada por el(los) evento(s) o exposición(es)”, específicamente el *riesgo biomecánico* corresponde a la materialización de los peligros asociados con factores de riesgo biomecánicos, tales como la carga física, la postura, la fuerza y el movimiento.

La *carga física*, corresponde a las características físicas de los trabajadores necesarias para cumplir con las actividades durante la jornada laboral, teniendo en cuenta el trabajo muscular estático, caracterizado por contracciones musculares continuas y mantenidas y el trabajo muscular dinámico, caracterizado por la contracción y relajación del musculo en un periodo de tiempo corto (GATI-DME, 2006)

Teniendo en cuenta las *posturas prolongadas* son aquellas en las que una persona mantiene una misma postura durante el 75% o más de su jornada laboral, en el caso de las *posturas mantenidas*, se caracterizan por mantener una postura ideal por dos o más horas de manera continua ó una postura incorrecta por 20 minutos o más de manera continua, por otro lado las posturas en las cuales las articulaciones están en ángulos de discomfort corresponden a *posturas forzadas* y finalmente las *posturas anti gravitacionales*, son aquellas en las cuales un segmento corporal está en contra de la gravedad de manera continua (GATI-DME, 2006).

Adicionalmente, la *fuerza* corresponde a la tensión que realizan los músculos, en respuesta a un esfuerzo requerido, con el fin de dar cumplimiento a las actividades durante la jornada laboral, específicamente, la manipulación manual de cargas estáticas y dinámicas, así

como el periodo de tiempo en el cual se realiza la actividad y los periodos de descanso de esta (GATI-DME, 2006).

Finalmente, el *movimiento* se define como el desplazamiento de uno o más segmentos corporales a través del tiempo en el espacio, específicamente se evalúa el movimiento repetitivo, teniendo en cuenta los ciclos de trabajo y el número de movimientos por ciclo (GATI-DME, 2006).

En respuesta a la presencia de factores de riesgo biomecánico en las organizaciones es importante realizar inspecciones y análisis de puestos de trabajo tanto administrativos como operativos, los cuales son fundamentales para determinar los peligros a los cuales están expuestos los trabajadores y de esta forma implementar acciones preventivas y correctivas que mitiguen la materialización de estos.

En la actualidad, existen métodos de valoración biomecánica válidos y confiables clasificados en dos niveles, básico y avanzado. En el nivel básico se realiza una revisión de prevalencia e incidencia de enfermedades laborales, accidentes de trabajo y ausentismo laboral, las cuales sirven como indicador para determinar la presencia de riesgos biomecánicos en la organización, teniendo en cuenta que la presencia de desórdenes músculo esqueléticos, así como la presencia de incapacidades, son ocasionadas en consecuencia a los riesgos biomecánicos. Posterior a realizar esta identificación de los factores de riesgo, presentes en la organización, se procede a un nivel avanzado, donde se evalúa de una forma más detallada los factores de riesgo mediante la aplicación de métodos de evaluación biomecánica en respuesta a los peligros biomecánicos presentes en el puesto de trabajo, entendiendo que por cada actividad se pueden presentar uno o más peligros, por lo tanto, es importante dividir cada actividad en tareas para realizar una evaluación más detallada.

El método que actualmente se usa en las organizaciones para evaluar la carga física es *Ovako Working Analysis System* (OWAS), desarrollado en el año 1977 por un grupo multidisciplinar de ergónomos e ingenieros en Finlandia, el cual evalúa de manera global las posturas adoptadas a lo largo de la jornada laboral, mediante la observación por un periodo de tiempo aproximado de 20-40 minutos. Este método se caracteriza por clasificar las posturas en 252 combinaciones, teniendo en cuenta la posición de diferentes segmentos corporales tales como; la columna, miembros superiores y miembros inferiores, así como la carga manipulada según la pertinencia, donde se determina si la actividad a evaluar requiere de una evaluación simple la cual corresponde a actividades uniformes de corta duración o evaluación tipo multifase la cual requiere de la descomposición de la actividad por su alta complejidad, posteriormente se asigna un código de postura y un nivel de riesgo por cada una de las posturas para finalmente consolidar e interpretar las posturas de manera individual y global, determinando las posturas con mayor riesgo a través del cálculo del mismo de 1 a 4, siendo 1 postura normal y natural, sin efectos dañinos en el sistema músculo esquelético, donde no se requiere acción correctiva y 4 postura con efectos sumamente dañinos en el sistema músculo esquelético, requiriendo acciones correctivas de manera inmediata (Diego, 2015).

Por otro lado, el riesgo de postura es evaluado por dos métodos, el primero y no más importante, es el método *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), desarrollado por un grupo interdisciplinar de ergónomos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales y enfermeras, a partir de un estudio en el cual se valoraron aproximadamente 600 posturas de trabajo con la aplicación de métodos, tales como la ecuación de Niosh, la escala de percepción de esfuerzo, el método OWAS y el método RULA. REBA evalúa el riesgo postural frente al peligro de posturas forzadas en el cuerpo completo de manera individual, teniendo en cuenta las posturas que tengan mayor exposición mediante el análisis de los ángulos por extremidad para brazo, antebrazo y muñeca en el grupo B y para tronco, cuello y piernas en el grupo A,

mediante la observación de las tareas en ciclos de trabajo según corresponda para determinar la puntuación parcial y final por cada segmento corporal, teniendo en cuenta el hemicuerpo que tenga mayor carga postural o en caso de ser necesario evaluando los dos hemicuerpos por separado para comparar los resultados y tener en cuenta el de mayor riesgo. La puntuación final, está determinada por la relación entre las filas que corresponden a la puntuación final del grupo A en un rango de 1 a 12 y las columnas que corresponden a la puntuación final del grupo B con un mismo rango, determinando el nivel de riesgo de 0 a 4, de acuerdo a la puntuación final obtenida en un rango de 1 a 15, siendo 0 un riesgo inapreciable, donde no es necesaria la actuación y 4 un riesgo muy alto que necesita de atención inmediata. Cabe aclarar, que el factor correspondiente al tipo de actividad muscular desarrollada en la tarea es tenido en cuenta para determinar el nivel de riesgo final (Diego, 2015).

El método *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), fue desarrollado en 1993 por McAtamney y Corlett en la Universidad de Nottingham, con el objetivo de evaluar la exposición a los desórdenes musculoesqueléticos de miembros superiores. Este método se caracteriza por evaluar el riesgo postural en miembros superiores, con la valoración de los ángulos por extremidad tal como se disponen en el método REBA, pero haciendo claridad que a pesar de que este método emplee otras partes del cuerpo solo valora el riesgo en las extremidades superiores, teniendo en cuenta a su vez el tipo de actividad y la carga o la fuerza empleada en la misma. La puntuación final, está determinada por la relación entre las filas que corresponden a la puntuación final del grupo A denominado puntuación C en un rango de 1 a 8 y las columnas que corresponden a la puntuación final del grupo B denominado puntuación D con un rango de 1 a 7, determinando el nivel de riesgo de 1 a 4, siendo 1 un riesgo aceptable y 4 un riesgo que requiere cambios urgentes en la tarea. Es importante tener en cuenta que el tipo de actividad ya sea estática, repetitiva o poco frecuente, así como el peso y el tipo de actividad de la carga son factores fundamentales para

obtener la puntuación final, es por esto que el grupo A y B en complemento con estos factores, pasan a denominarse puntuación C y D respectivamente (Diego, 2015).

Teniendo en cuenta el factor de fuerza, específicamente la manipulación manual de cargas, debemos emplear la *Ecuación del National Institute for Occupational Safety & Health* (NIOSH), actualizada en 1991 por el NIOSH en Estados Unidos, la cual evalúa las tareas en las cuales se debe realizar el levantamiento de una carga, con el fin de determinar el peso máximo recomendado (RWL) de la manipulación manual de cargas en un puesto de trabajo sin riesgo al desarrollo de desórdenes músculo esqueléticos, tales como, dolor lumbar, discopatías, entre otros. La ecuación de NIOSH, se basa en el fundamento biomecánico, fisiológico y psicofísico, teniendo en cuenta la mecánica de los segmentos corporales, la capacidad aeróbica determinada por el movimiento repetitivo de una actividad y la percepción del trabajador frente a la carga, respectivamente. Para la aplicación de la ecuación [RWL = LC (Constante de carga) x HM (Distancia horizontal) x VM (Distancia vertical) x DM (Desplazamiento vertical) x AM (Asimetría) x FM (Frecuencia) x CM (Agarre)], primero se determina, si la actividad es una tarea o una multitarea para posteriormente analizar datos como el peso, la distancia, la frecuencia, la duración, el tiempo de recuperación, el tipo de agarre y el ángulo de asimetría al momento de manipular una carga (Diego, 2015).

Finalmente, el *Check List OCRA* permite evaluar los riesgos asociados al movimiento repetitivo, con relación a la probabilidad de la presencia de desórdenes músculo esqueléticos, teniendo en cuenta por cada acción, el factor de fuerza, postura, movimiento y duración en minutos. La International Ergonomics Association (IEA) incluye a través de este método, el factor de repetitividad, posturas inadecuadas o estáticas, fuerzas, movimientos forzados y periodos de descanso y recuperación, por tal motivo, este método es actualmente

recomendado en la norma ISO 11228-3 y es caracterizado por su alta complejidad al momento de ser aplicado. El método realiza un análisis detallado del puesto de trabajo analizando los factores de forma independiente según corresponda, en un periodo de tiempo de 8 horas, correspondientes a una jornada laboral completa, sin embargo, en el caso en el que el trabajador realice más de una actividad en su jornada laboral, se tendrá en cuenta la evaluación del puesto de trabajo con la totalidad de horas que disponga en cada actividad de manera independiente. Posterior a la aplicación del método, se determina el valor del Índice Check List OCRA (ICKL) [ $ICKL = (FR \text{ (Recuperación)} + FF \text{ (Frecuencia)} + FFz \text{ (Fuerza)} + FP \text{ (Postura y movimiento)} + FC \text{ (Riesgos adicionales)}) \times MD \text{ (Multiplicado de duración)}$ ] con el fin de clasificar el riesgo como óptimo, aceptable, incierto, inaceptable leve, inaceptable medio e inaceptable alto (Diego, 2015).

Sin embargo, el método más utilizado según la evidencia científica a nivel de las organizaciones actualmente es el *Método del Laboratorio de Economía y Sociología del Trabajo* (LEST), desarrollado F. Guélaud, M.N. Beauchesne, J. Gautrat y G. Roustang, colaboradores de este. Este método se caracteriza por ser de carácter global e incluir la valoración de 16 variables con puntuaciones que varían entre 0 a 10 teniendo en cuenta que 0 corresponde a una situación satisfactoria y 10 a una situación nociva, en 5 dimensiones correspondientes a entorno físico (Ambiente térmico, ruido, iluminación y vibración), carga física (Estática o dinámica), carga mental (Tiempo, complejidad y atención), aspectos psicosociales (Iniciativa, estatus social, comunicaciones y relaciones interpersonales) y tiempo de trabajo en lugares de trabajo que tengan condiciones constantes y estandarización de los procesos. Para esto es importante el uso de instrumentos tales como el psicrómetro, luxómetro, sonómetro, anemómetro y cronómetro. Una vez obtenida la valoración final de cada dimensión, se debe realizar un histograma para representar de forma gráfica y eficaz las condiciones de trabajo generales (Diego, 2015).

Ahora bien, es importante implementar herramientas de medición angular para complementar los métodos de evaluación mencionados anteriormente, con el fin de crear objetividad en el proceso de valoración postural necesaria para implementar los mismos, Software de valoración postural tales como *Templo* y *Kinovea*. En el caso de *Templo* es un software que fue desarrollado en Alemania por la compañía CONTEMPLAS GmbH como respuesta a las valoraciones posturales y los análisis biomecánicos de cualquier tipo de persona a través de la sistematización de videos y captura de pantalla; específicamente en la aplicación clínica realiza análisis posturales en 2D y 3D y análisis del ciclo de la marcha mediante la incorporación de sensores electromiográficos para medir la presión plantar y la forma del pie, en la aplicación deportiva, tiene incorporado diferentes deportes tales como Golf y Béisbol para analizar la técnica y en general las características biomecánicas de cada deporte, por lo tanto puede ser usado en medicina laboral con el fin de realizar un análisis biomecánico asertivo de los trabajadores. *Templo* está caracterizado por medir ángulos de 3 y 4 puntos a nivel horizontal y vertical mediante el uso de marcadores articulares que sirven como referencia articular al momento de realizar el análisis, generando objetividad en el mismo, por tal motivo la persona debe cumplir con los requisitos mínimos de evaluación postural correspondientes al uso de la menor cantidad de ropa posible (Contemplas, 2020).

En el caso de *Kinovea*, es un programa de Software libre, gratuito y de código abierto para análisis de video, el cual inicialmente era utilizado en el análisis de gesto y técnica deportiva. Este programa de video permite la marcación de ejes, cálculos de angulaciones, medición de distancia y seguimiento de trayectorias desde una edición en video, de la cual con ayuda de un cursor se puede avanzar o retroceder la secuencia, permitiendo un análisis del gesto y la técnica desde un punto cualitativo y cuantitativo. Al ser un programa que requiere de fotografías e imágenes, donde se capture el gesto a evaluar, se debe procurar que la imagen sea clara y de buena calidad, donde se puedan visualizar los puntos claves. Es una

herramienta excelente, por ser de uso sencillo, gratuita y práctica accesible para estudios biomecánicos. Sin embargo, debe evaluarse de forma completa y rigurosa, ya que, por ser una herramienta con un componente importante de subjetividad, puede generar sesgos si las condiciones no son las mejores, como la colocación de los marcadores articulares o la visualización correcta de las imágenes (Kinovea, 2021).

Sin embargo, al momento de implementar los Software mencionados anteriormente, es importante utilizar estrategias tecnológicas que faciliten la interacción simulada de los puestos de trabajo operativos de manera eficaz y objetiva. La *realidad virtual* tal como lo expresa Ferreira, Campanari y Rodríguez (2021) “es un sistema computacional que permite la creación de entornos artificiales por parte del usuario. En este tipo de entorno, es posible interactuar, navegar y sumergirse en un espacio tridimensional utilizando canales multisensoriales”. Además de ser una herramienta educativa que brinda a los estudiantes y al personal en formación estrategias de aprendizaje innovadoras, permiten llevar a cabo el proceso de transmisión de la información a través de un medio tecnológico que en los últimos años ha tomado fuerza ya que crea experiencias en un entorno controlado, que ofrece seguridad al eliminar la probabilidad de materialización de los riesgos a los cuales puede estar expuesta una persona en el proceso de aprendizaje, así como el ahorro del presupuesto a lo largo de su aplicación ya que no es necesario el uso de recursos físicos y se disminuyen los costos en el material necesario para el proceso de aprendizaje al ser uno de los objetivos de la realidad virtual la propiciación del ensayo-error de manera simulada y finalmente la efectividad ya que mitiga los reprocesos y aumenta la productividad.

Cuando un movimiento se repite una y otra vez, se crea una memoria muscular a largo plazo para ese movimiento y con el tiempo, puede realizarse sin un esfuerzo consciente. Esto hace que el operador no tenga que concentrarse en ello y que pueda

centrarse en su trabajo. El objetivo...es ayudar a que los operadores alcancen un nivel de confianza que incrementa sus posibilidades de lograr un alto rendimiento y su comprensión del emplazamiento de trabajo (Lazo, Amato, García y Veneré, 2014).

Actualmente, la realidad virtual también es utilizada como herramienta tecnológica en el ámbito laboral, ya que permite simular espacios de trabajo, maquinas, herramientas y demás recursos necesarios para llevar a cabo el cumplimiento de las labores, tal como lo expresa Lazo et al. (2014), “El uso de simuladores para este tipo de entrenamiento ha demostrado ser un mecanismo apropiado de recreación de situaciones típicas”, situaciones de alto riesgo que permiten la inmersión del trabajador con la realidad, con el fin de formar a los mismos en el escenario de trabajo a través de la combinación de movimientos y sonidos que interactúan entre sí para activar los sentidos, así mismo permite evaluar su comportamiento con el fin de mejorar las condiciones de los mismos y crear un prototipo de trabajo ideal para mitigar la materialización de los riesgos.

En este caso en particular, la realidad virtual permite que las empresas implementen herramientas tecnológicas denominadas Manufactura digital 4.0, las cuales brindan un beneficio a nivel productivo, mediante la realización, monitorización y optimización de los productos de manera digital y ergonómico “brindando la oportunidad de crear lugares de trabajo manuales en un escenario virtual, donde es posible simular tareas manuales y evaluar índices ergonómicos” (Pesina y Carrum, 2019), beneficios que contribuyen al desarrollo de la empresa inteligente en consecuencia al desarrollo tecnológico que está en auge actualmente.

Esta versión de la manufactura permite revolucionar la manera de trabajar en una empresa, ya que los sistemas interactúan entre ellos, por lo que es posible monitorear y validar procesos, crear una copia virtual del mundo físico y tomar decisiones basadas en el análisis numérico (Pesina y Carrum, 2019).

Por lo tanto, las organizaciones deben guiar estrategias de promoción de la salud y prevención de la enfermedad, a través del uso de la tecnología, con el fin de mejorar las condiciones de trabajo de todos, a través de la correcta evaluación de los factores de riesgo biomecánicos, guiado a través de la *Salud Ocupacional*.

La cuál es definida según la OIT y la OMS como la promoción y mantenimiento del mayor grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las ocupaciones mediante la prevención de las desviaciones de la salud, control de riesgos y la adaptación del trabajo a la gente, y la gente a sus puestos de trabajo.

Por otro lado, los *desórdenes músculo esqueléticos* (DME) son un grupo de diagnósticos médicos que ocasionan dolor e incluyen alteraciones en músculos, tendones, vainas tendinosas, síndromes de atrapamientos nerviosos, alteraciones articulares y neurovasculares, ocasionados o no por exposiciones ocupacionales. Con el paso de los años se ha podido evidenciar de acuerdo con varios estudios que los DME tienen mayor prevalencia que otros, según Arias Almonacid, et al (2018) los DME “son la causa principal de pérdida de horas laborales, aumento de costos de producción al igual que problemas de salud relacionados con la actividad ocupacional”. Por todo lo anterior y dando cumplimiento a la normatividad vigente, es importante tener en cuenta las *Guías de Atención Integral en Salud Ocupacional* (GATISO) de obligatorio cumplimiento, descritas en la Resolución 2844 de 2007, las cuales exponen cuales son los pasos para llevar a cabo cada una de las prácticas con aportes desde la evidencia científica, las cuales están dispuestas para las principales causas de morbilidad profesional, teniendo como objetivo impactar positivamente en las fases de promoción de la salud, prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de enfermedades.

El compendio de guías de atención integral en salud ocupacional basadas en la evidencia da respuesta a exposición de compuestos organofosforados y sustancias químicas de benceno, así como enfermedades como hipoacusia, hombro doloroso, asma, dermatitis, dolor lumbar, cáncer de pulmón, desórdenes músculo esqueléticos y neumoconiosis, Siendo tres de ellas, aplicables a este estudio, ya que corresponden a la materialización de riesgos biomecánicos.

La guía de atención integral en salud ocupacional basada en la evidencia, para hombro doloroso, relacionado con factores de riesgo en el trabajo en el año 2007, tiene como objetivo dar recomendaciones para el manejo de síndrome de hombro doloroso relacionado con posturas forzadas, teniendo en cuenta 3 enfermedades laborales que se pueden presentar, las cuales son:

- a. Tendinitis de manguito rotador (CIE 10:M75), la cual corresponde a un conjunto de patologías que se caracterizan por la inflamación de 1 o más tendones del manguito rotador, ocasionando dolor o deterioro funcional.

Se pueden presentar de manera aguda cuando hay un mínimo compromiso estructural o crónico cuando el compromiso estructural es mayor y presenta avulsión completa del tendón.

- b. Tendinitis bicipital (CIE 10:M752), definida como el dolor localizado en la parte anterior del hombro que se puede irradiar a lo largo del tendón bicipital, el cual se encuentra en la parte anterior del antebrazo, con frecuencia ocurre como consecuencia a la ruptura del manguito rotador.
- c. Bursitis (CIE 10: M755), caracterizada por la presencia de dolor asociado con la inflamación de la bursa subacromial, subdeltoidea, subescapular y/o subcoracoidea.

Por otro lado, la guía de atención integral de salud ocupacional basada en la evidencia para dolor lumbar inespecífico y enfermedad discal relacionados con la manipulación manual

de cargas y otros factores de riesgo en el trabajo del 2007, tiene como objetivo emitir recomendaciones para el tratamiento del dolor lumbar inespecífico y la enfermedad del disco intervertebral, teniendo en cuenta que:

- a. El dolor lumbar inespecífico (CIE 10: M545) es definido como la sensación de dolor o molestia localizada en la columna lumbar que va de L1-L5, y no es atribuible a una patología en específico; cuya intensidad aparece hasta por 4 semanas y depende de las posturas y la actividad física que tenga la persona.

El dolor lumbar inespecífico puede generar limitación dolorosa al movimiento y puede asociarse o no a:

- i. Dolor referido: Difuso, difícil de palpar y con origen de dolor diferente a la sensación inicial.
  - ii. Dolor irradiado: Principalmente por compresión de una raíz nerviosa, abarcando todo el recorrido del nervio.
- b. Enfermedad Discal (CIE 10: M544), la cual corresponde a la sensación de dolor o molestia a causa de un daño en los discos intervertebrales que están encargados de proteger el canal medular y amortiguar las cargas. Definidos de la siguiente manera:
    - i. Protrusión discal: Cuando el anillo fibroso se encuentra engrosado o abultado.
    - ii. Extrusión discal: Cuando el núcleo pulposo penetra el anillo fibroso, rompiendo o tensionando el ligamento longitudinal posterior.
    - iii. Disco secuestrado: Cuando el núcleo pulposo se rompe en el anillo fibroso y en el ligamento, entrando en contacto con la raíz nerviosa.

Finalmente, la Guía de Atención Integral en Salud Ocupacional basada en la evidencia para desórdenes músculo esqueléticos relacionados con movimientos repetitivos de miembros superiores del 2007, tiene como objetivo difundir recomendaciones para la

actuación frente a enfermedades de miembros superiores, causadas por factores de riesgo por repetitividad, teniendo en cuenta 3 enfermedades laborales, las cuales son:

- a. Síndrome del túnel del carpo (CIE 10: G560), definido como una neuropatía por compresión del nervio mediano, que ocasiona dolor, parestesias y entumecimiento en el antebrazo, mano y muñeca.

En circunstancias normales la presión de O<sub>2</sub> dentro del compartimiento de la extremidad es 7 a 8 mm Hg. En el STC, cuando la muñeca está en neutro la presión es de 30 mm Hg, en flexión y extensión, la presión incrementa hasta 90 mmHg o más, lo cual puede producir isquemia y como consecuencia deterioro del nervio mediano.

- b. Epicondilitis

- i. Medial (CIE 10: M770), el cual se define como una lesión a nivel del tendón común de los músculos flexor común de los dedos, cubital anterior, palmar mayor y menor y pronador redondo ubicados en la epitroclea.

- ii. Lateral (CIE 10: M771), el cual se define como una lesión a nivel del tendón común de los músculos extensor radial corto del carpo y extensor común de los dedos, extensor propio del meñique, extensor ulnar del carpo y supinador corto ubicados en el Epicóndilo.

- c. Enfermedad de De Quervain (CIE 10: M654), caracterizada por presentar inflamación de la vaina sinovial que se encuentra en el compartimiento dorsal de la muñeca, incluyendo los tendones del 1er dedo, correspondientes al Abductor largo y Extensor corto del pulgar.

### **5.3. Marco legal**

En la actualidad, la normatividad en Colombia correspondiente a la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), la cual se compone de Decretos, resoluciones y leyes, tiene como

finalidad prevenir, controlar y vigilar las condiciones de salud y el bienestar de los colaboradores, así como velar por el cumplimiento y la implementación del sistema de gestión.

El **Decreto 1072/2015**, del 25 de mayo, emitido por el Ministerio del Trabajo, en el cual se establece en su artículo 2.2.4.6.8 las obligaciones por parte de los empleadores para velar por la Seguridad y Salud de los trabajadores, específicamente la disposición de que todo empleador y contratante debe contar con una matriz de requisitos legales en riesgos laborales, ofrece a las organizaciones la claridad de la normatividad vigente que necesitan para llevar a cabo el Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), guiado por el cumplimiento de los estándares mínimos según corresponda (Empresas con menos de 10 trabajadores, con más de 11 trabajadores y más de 50 trabajadores), dispuestos en la **Resolución 0312/2019**, del 13 de febrero, emitida por el Ministerio del Trabajo, donde también se expresa en su artículo 16 que la matriz de requisitos legales en riesgos laborales debe contar con normas vigentes relacionadas al mismo aplicables a la empresa, normas técnicas de cumplimiento de acuerdo con los peligros y riesgos identificados en la empresa y normas vigentes de diferentes entidades que apliquen según sea del caso y que estén relacionadas con los riesgos laborales.

Por otro lado, en el **Decreto 1477/2014**, del 5 de agosto, emitido por el Ministerio del Trabajo, por el cual se expide la Tabla de Enfermedades Laborales, definiendo en su apartado I, los factores de riesgo biomecánicos para facilitar la prevención de enfermedades en las actividades laborales, definiendo los peligros de posturas forzadas, movimientos repetitivos, manejo de cargas y vibraciones localizadas, las cuales guían la organización para implementar programas de promoción de la salud y prevención de la enfermedad, así como acciones preventivas y correctivas que mitiguen la materialización del riesgo, dando

cumplimiento de esta forma a la **Ley 100/1993**, del 23 de diciembre, emitida por la Republica Colombiana, la cual tiene por objeto garantizar los derechos irrenunciables de la persona y la comunidad para obtener la calidad de vida acorde con la dignidad humana, a través de la organización del Sistema General de Riesgos Profesionales, a fin de fortalecer y promover las condiciones de trabajo y de salud de los trabajadores en los puestos de trabajo.

El **Decreto 773/1997**, del 30 de mayo, emitido por el Ministerio de presidencia, establece, en el artículo 5.1 que los Equipos de Protección Personal (EPP), deben “tener en cuenta las condiciones anatómicas y fisiológicas y el estado de salud del trabajador y adecuarse a los ajustes necesarios del mismo”, por lo tanto se requiere el cumplimiento de la norma entendiendo que los EPP hacen parte de las acciones necesarias para mitigar la materialización de riesgos físicos, químicos, biológicos y eléctricos, sin embargo existe limitación al momento de evaluar el riesgo biomecánico por lo que se requiere crear estrategias que impacten de manera positiva sobre el mismo, sin afectar el cumplimiento del presente decreto.

Finalmente, el *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación* (ICONTEC) dispone de las Normas Técnicas Colombianas, para guiar la aplicación de los elementos relacionados con la Ergonomía de la siguiente manera:

1. NTC 5748 de 2019: Principios Ergonómicos relativos a la carga de trabajo mental.  
Parte 1: Términos y definiciones generales.
2. NTC 5649 de 2019: Mediciones básicas del cuerpo humano para diseño tecnológico.  
Parte 1: Definiciones e indicaciones importantes para mediciones corporales.
3. NTC 5655 de 2018: Principios para el diseño ergonómico de sistemas de trabajo.
4. NTC 6301 de 2018: Seguridad de las máquinas. Requisitos antropométricos para el diseño de puestos de trabajo asociados a máquinas.

5. NTC 5654 de 2016: Requisitos generales para el establecimiento de una base de datos antropométricos.
6. NTC 6073 de 2015: Ergonomía de la interacción entre el ser humano y el sistema. Parte 2: Criterios para el diseño de dispositivos de entrada físicos.
7. NTC 6073 de 2015: Ergonomía de la interacción entre el ser humano y el sistema. Parte 3: Métodos de evaluación para el diseño de dispositivos de entrada físicos.
8. NTC 5748 de 2019: Principios Ergonómicos relativos a la carga de trabajo mental. Parte 2: Principios y requisitos referentes a los métodos para la medición y evaluación de la carga de trabajo mental.
9. NTC 6073 de 2015: Ergonomía de la interacción entre el ser humano y el sistema. Parte 1: Principios y requisitos para dispositivos de entrada físicos.
10. NTC 3955 de 2014: Ergonomía. Definiciones y conceptos ergonómicos.
11. NTC 5831 de 2010: Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con video terminales. Parte 5: Concepción del puesto de trabajo y exigencias posturales.
12. NTC 5693 de 2009: Ergonomía. Manipulación manual. Parte 3: Manipulación de cargas livianas a alta frecuencia.
13. NTC 5723 de 2009: Ergonomía. Evaluación de posturas de trabajo estáticas.
14. NTC 5693 de 2009: Ergonomía. Manipulación manual. Parte 2: Empujar y Halar.
15. NTC 5693 de 2009: Ergonomía. Manipulación manual. Parte 1: Levantamiento y transporte.

Así como la Organización Internacional de Normalización (ISO), define mediante la **ISO 45001: 2018**, el SG-SST. La cual contribuye al bienestar de los colaboradores, tanto a nivel físico como mental, mediante ambientes de trabajo seguros y saludables, disminuyendo lesiones músculo esqueléticas y el deterioro de la salud, todo lo anterior mediante la mejora continua, contribuyendo al desempeño de los colaboradores.

Específicamente relacionado con la ergonomía, el grupo de ISO 11228 tiene como objetivo la estandarización de la manipulación manual de cargas planteando los límites recomendados para el levantamiento, descenso y transporte manual, en el apartado 1 y la acción de empujar y halar en el apartado 2.

Para concluir, el presente trabajo tiene como objetivo relacionar la normatividad vigente con la temática de investigación de este proyecto, la cual está relacionada con el proceso para estandarizar la valoración del riesgo biomecánico de manera objetiva, a través del cumplimiento y la implementación adecuada del SG-SST para pequeñas y medianas empresas en Colombia, teniendo en cuenta que si este proceso se lleva a cabo de manera oportuna, el planteamiento de la matriz de peligros y riesgos, específicamente el riesgo biomecánico se va a poder evaluar de manera objetiva y de esta forma se va a minimizar la materialización de los mismos.

## **6. Marco Metodológico**

La presente investigación tiene un enfoque de investigación cuantitativa, ya que busca mediante la observación, recolección y análisis de los datos y la información identificar la objetividad de los métodos de valoración ergonómica en los puestos de trabajo operativos de pequeñas y medianas empresas en Colombia, con el fin de diseñar un formato estandarizado que garantice la objetividad de la misma, por lo tanto el presente estudio tiene un paradigma Empírico- analítico que pretende concretar un formato estandarizado de evaluación ergonómica a través de la relación teórico práctica, adicionalmente el método de la presente investigación es de tipo deductivo, teniendo en cuenta que se pretende realizar a través del análisis de los datos y la información un razonamiento lógico acerca de la objetividad de los métodos utilizados actualmente para la valoración ergonómica de puestos de trabajo operativos de pequeñas y medianas empresas en Colombia, con el fin de darle una solución a

un problema actual en las organizaciones, mitigando la materialización de los riesgos ergonómicos en las mismas, finalmente la presente investigación es de tipo descriptivo, partiendo desde el objetivo general del estudio, el cual pretende estandarizar el proceso de evaluación ergonómica en las pequeñas y medianas empresas en Colombia, posterior al análisis de los métodos utilizados actualmente, a través de la observación, recolección y análisis de los datos y la información, con el fin de mejorar la salud de los trabajadores y la productividad de las organizaciones.

## **6.1. Fases de la investigación**

### **6.1.1. Fase 1: Diagnóstico inicial**

La fase 1, denominada Diagnóstico inicial, corresponde a la revisión bibliográfica de artículos y tesis de investigación relacionados con los métodos de valoración ergonómica de puestos de trabajo operativos a nivel nacional e internacional, con el fin de determinar la objetividad de los métodos utilizados actualmente, a través de la recolección y el análisis de la información.

### **6.1.2. Fase 2: Análisis de datos**

A partir de la información recolectada en la fase anterior, la fase 2, denominada Análisis de datos, pretende identificar la validez (libre de errores), confiabilidad (intervalo de confianza) y precisión (1% de error) de los estudios realizados en los artículos y tesis de investigación, con el fin de determinar la objetividad de los métodos de valoración ergonómica en los puestos de trabajo operativos, a través del diligenciamiento de una base de datos que incluya Base de datos, autor, año de publicación, idioma, tipo de estudio, objetivo, método utilizado, resultados y conclusiones, con el fin de determinar el esquema general del presente estudio, teniendo en cuenta los criterios de inclusión.

#### **6.1.2.1. Población:**

Artículos y tesis de investigación relacionados con la valoración ergonómica de los puestos de trabajo operativos, con criterios de inclusión:

- 6.1.2.1.1. Año de publicación no menor a 10 años
- 6.1.2.1.2. Idioma español e inglés
- 6.1.2.1.3. Tipos de estudio experimentales que incluyan mínimo 1 método de valoración ergonómica para puestos de trabajo operativos.

**6.1.2.2.** Bases de datos indexadas

**6.1.2.3. Materiales:**

- 6.1.2.3.1. Recursos humanos:  
Fisioterapeutas, especialistas en SST, profesionales encargadas del análisis de la información y creación del formato estandarizado para valoración ergonómica objetiva
- 6.1.2.3.2. Recursos Tecnológicos:  
Computador para realizar la búsqueda, recolección y análisis de datos e información con relación a los artículos y tesis de investigación.  
Base de datos, para el diligenciamiento de los datos y la información recolectada de los artículos y tesis seleccionados para la presente investigación. Anexo 1.

**6.1.2.4. Cronograma**

Tabla 1

## Cronograma de Actividades

Cronograma de Actividades												
Actividades	Semanas											
	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	
Diagnóstico inicial	■											
Análisis de datos					■							
Diseño de formato estandarizado										■		

Gaitan J, Gómez S. 2021. Cronograma de Actividades

**Fase 3: Diseño de formato estandarizado** Finalmente, la fase 3,

correspondiente al diseño del formato estandarizado para la valoración ergonómica objetiva de los puestos de trabajo operativos de pequeñas y medianas empresas en Colombia, pretende establecer un algoritmo que permita seguir un paso a paso a la hora de evaluar un proceso en una organización, utilizando los métodos de valoración ergonómica que actualmente se utilizan tales como REBA, RULA, OCRA, OWAS, entre otros, en conjunto con la estrategia de entorno simulado a través del uso de la realidad virtual, con el fin de determinar de manera objetiva el análisis de la carga física, la postura, la fuerza y el movimiento, características propias del análisis de riesgo biomecánico, las cuales deben dar un registro de rangos de movilidad articular, manipulación manual de cargas y repetitividad de movimiento durante el análisis.

**6.2. Análisis de la información**

Teniendo en cuenta el presente estudio se realizara la recolección y el análisis de la información a través de la herramienta Excel, donde se pretende incluir la Base de datos, autor, año de publicación, idioma, tipo de estudio, objetivo, método utilizado, resultados y

conclusiones de cada uno de los estudios de manera cuantitativa a través de gráficos, con el fin de determinar el diseño para el formato estandarizado de valoración ergonómica objetiva de los puestos de trabajo operativos de pequeñas y medianas empresas en Colombia, que incluya los apartados más objetivos de los estudios analizados.

### 6.2.1. Presupuesto del proyecto

Para llevar a cabo el cumplimiento del cronograma de actividades, se tendrán en cuenta el presupuesto que se requiere para ejecutar las mismas, a continuación, se presenta por fases del proyecto, el valor que se estima.

**Tabla 2**

#### Presupuesto del proyecto

<b>Presupuesto del proyecto</b>		
<b>Actividades</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Diagnóstico inicial</b>	4'000.000	Talento humano (Fisioterapeutas)
<b>Análisis de datos</b>	4'000.000	
<b>Diseño de formato estandarizado</b>	16'250.000	Diseño de formato estandarizado. Recursos físicos (escenario simulado), tecnológicos (Equipos, software) y humanos (Fisioterapeutas, diseñador de software)

Gaitan J, Gómez S. 2021. Presupuesto del proyecto

## 7. Resultados

### 7.1. Análisis e interpretación de los resultados.

Los resultados del presente estudio se relacionan a continuación teniendo en cuenta el planteamiento de los objetivos específicos.

7.1.1. Para dar cumplimiento al primer objetivo: “Realizar un estudio de las estrategias usadas actualmente para la valoración del riesgo biomecánico en pequeñas y medianas empresas en Colombia, mediante una revisión sistemática de la literatura”. Se realizó búsqueda en bases de datos ScienceDirect, Scielo, Scopus, Ovid y Mendeley, repositorios institucionales con palabras claves de búsqueda como Ergonomía, Ergonomics, Análisis ergonómico, Ergonomic análisis., Ergonomía física, Physical ergonomics, Evaluación ergonómica, Ergonomic evaluation. Se obtuvieron un total de 28 artículos, los cuales posterior a la revisión específica de cada uno, se obtuvieron un total de 20 artículos para realizar el análisis. En el siguiente diagrama se evidencia el proceso de búsqueda realizado.

**Figura 1**

**Diagrama de flujo**

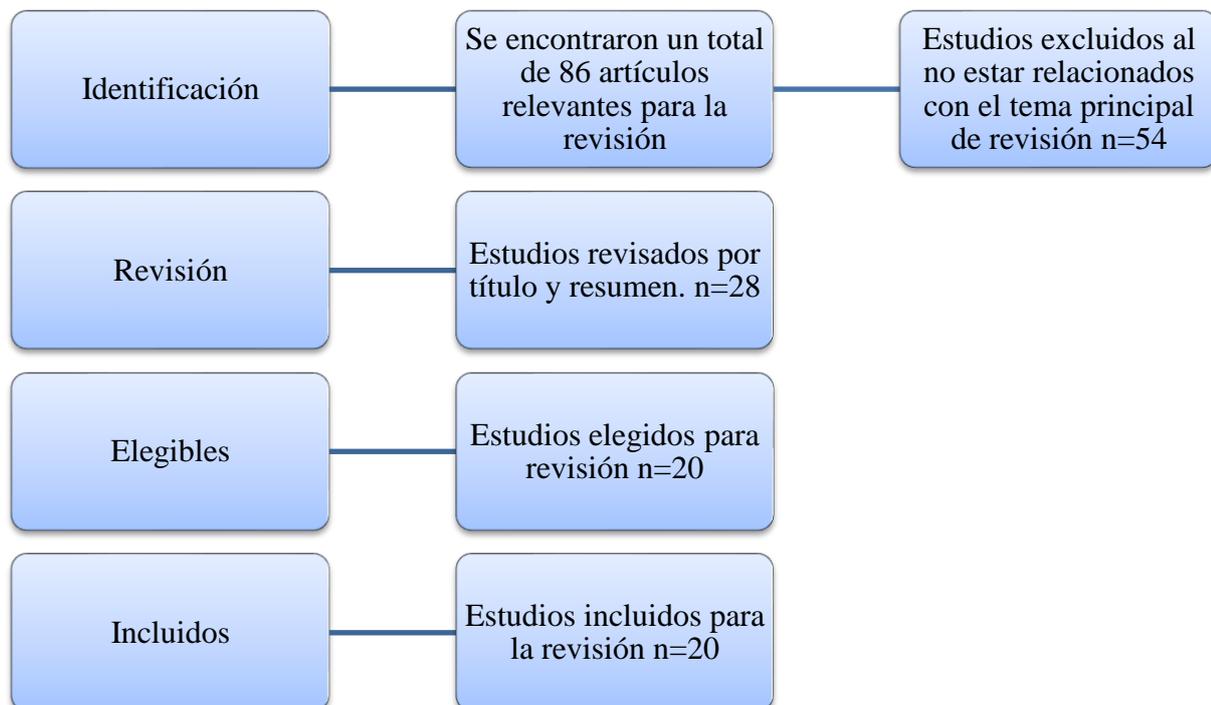


Figura 1: Gaitan J, Gómez S. 2021. Diagrama de flujo

7.1.2. Cumpliendo con el segundo objetivo: “Identificar el nivel de evidencia y de recomendación de los estudios obtenidos determinando la objetividad de los métodos de valoración del riesgo biomecánico en pequeñas y medianas empresas en Colombia a través del análisis de la información recolectada en la revisión sistemática” se identificó nivel de evidencia y recomendación bajo la escala SIGN (Scottish Intercollegiate Guidelines Network) tal como se evidencia a continuación, teniendo en cuenta la selección de artículos realizada anteriormente. (Ver Anexo 2)

**Tabla 3**

**Análisis de la información**

<b>Título</b>	<b>Método</b>	<b>Nivel de evidencia</b>	<b>Grado de recomendación</b>
<b>Análisis de los Riesgos Asociados a la</b>			
<b>Postura Corporal en el Entorno Laboral de los Trabajadores de la Empresa MOTOR UNO SAS</b>	Cuestionario nórdico RULA	3	D
<b>Análisis de los trastornos músculo esqueléticos presentes en operarios de montaje de canalizaciones del sector de la construcción</b>			
	NIOSH RULA OCRA ERGONOMIC WORKPLACE ANALYSIS	3	D
<b>Determinación del nivel de exposición a factores de riesgo ergonómico en los obreros de una empresa del sector público en Medellín</b>			
	REBA ERIN	3	D

<b>Percepción de desórdenes</b>			
<b>musculoesqueléticos y aplicación del método</b>	RULA		
<b>RULA en diferentes sectores productivos:</b>	Cuestionario nórdico	1+	A
<b>una revisión sistemática de la literatura</b>			
<b>análisis de un puesto de trabajo en el sector</b>			
<b>de obras publica de la municipalidad de</b>	REBA	2+	C
<b>obrera, misiones.</b>			
<b>Evaluación de riesgos ergonómicos en los</b>			
<b>trabajadores de</b>	OWAS		
<b>construcción civil del puente Irapitari-</b>	Mac-ICT	3	D
<b>Kimbiri-Cusco,2020</b>	JOBE		
	RULA		
<b>ERIN: Un método observacional para</b>			
<b>evaluar la exposición a factores de riesgo de</b>	ERIN	3	D
<b>desórdenes musculoesqueléticos</b>			
<b>Análisis del impacto ergonómico asociado a</b>			
<b>la manipulación de cargas en trabajadores</b>	REBA	2+	B
<b>de equipos de perforación del sector</b>	RULA		
<b>petrolero</b>			
<b>Aplicación de los métodos de evaluación de</b>			
<b>LEST y OWAS para valorar los riesgos</b>	LEST	2+	B
<b>existentes en el taller sede (I) de ajuste de</b>	OWAS		
<b>motores y sistemas de transmisión de</b>			
<b>potencia de la Universidad ECCI.</b>			
<b>Diseño de un programa de control del riesgo</b>			
<b>ergonómico en posturas de trabajo estáticas</b>	MÉTODOS		
<b>en el área operativa de la empresa</b>	POSTURE	3	C
<b>FCR Contratistas SAS</b>	TARGETTING,		
	REBA, OWAS,		
	RULA.		
<b>Programa De Prevención De Lesiones</b>			
<b>Musculo Esqueléticas En La Empresa</b>	REBA	2+	B

<b>Pacific</b>			
<b>Petroleum Energy SAS</b>			
<b>Formulación de programa de prevención de riesgos ergonómicos en el sector floricultor dirigido a la plantación de rosas “Flores El Hato”</b>	Método JSI, OCRA, RULA, OWAS, REBA, Método EPR	3	D
<b>Programa de vigilancia epidemiológica en desórdenes músculo esqueléticos -DME- que se presentan en los trabajadores de la empresa industria guerreros en Pasto - Nariño a partir del 2021</b>	REBA, INSHT, OCRA. Cuestionario nórdico.	2+	B
<b>Diseño del programa de prevención de riesgos ergonómicos para auxiliares de planta de supermercados Mercacentro S.A.S.</b>	REBA	2+	B
<b>Condiciones de trabajo, riesgos ergonómicos y presencia de desórdenes musculoesqueléticos en recolectores de café de un municipio de Colombia</b>	OWAS	2+	B
<b>Evaluación de riesgos ergonómicos del trabajo en empresas de catering</b>	RULA OWAS	2-	C
<b>Evaluación ergonómica en la producción. Caso de estudio: Sector Aluminio, Estado Bolívar. Venezuela</b>	REBA OWAS	2++	B
<b>Physical risks of work-related musculoskeletal complaints among quarry workers in East of Iran</b>	Cuestionario nórdico REBA	2++	B
<b>A generic algorithm for computing optimal ergonomic postures during working in an industrial environment</b>	REBA	2+	B

<b>Comparison of OWAS, RULA and REBA</b>	OWAS		
<b>for assessing potential work-related</b>	RULA	1+	A
<b>musculoskeletal disorders</b>	REBA		

Gaitan J, Gómez S. 2021. Análisis de la información

De esta manera, al realizar la lectura de cada uno de los artículos, fue posible evidenciar que en las empresas el riesgo ergonómico que presenta mayor probabilidad de materialización es asociado a las posturas mantenidas, forzadas, anti gravitacionales y prolongadas durante el desarrollo de las labores, siendo importante la aplicación y el conocimiento de uno de los métodos más aplicados, tal como lo es REBA o RULA. Estos son los métodos más confiables, no solo en Colombia, sino a nivel internacional para la evaluación de posturas inadecuadas. Esta tiene una extensión importante en diferentes áreas de aplicación. Evidenciado en el artículo Comparison of OWAS, RULA and REBA for assessing potential work-related musculoskeletal disorders, escrito por Dohyung Kee en el año 2021. En el cual, se evidenció que RULA, tiene una mayor sensibilidad a la identificación de las cargas posturales y a su vez beneficiando la identificación de alteraciones osteomusculares.

**7.1.3.** Para lograr el cumplimiento de este objetivo: “Diseñar estrategias para la valoración del riesgo biomecánico, mediante el uso de realidad virtual, que faciliten los procesos de evaluación postural garantizando la objetividad de los resultados en pro de la salud de los trabajadores y la productividad de la organización.” Se realizó el consolidado del método RULA y REBA (Anexo 3 y 4 respectivamente) en una matriz de Excel, donde se pretende apoyarse con tecnología para el análisis de puesto de trabajo mediante marcadores articulares que determinen los ángulos de trabajo. De esta manera, la información se verá reflejada en

la matriz de Excel y arrojará el resultado de manera automática, esto con el fin de facilitar y optimizar el proceso de evaluación postural de múltiples labores, asegurando los valores reales de acuerdo con los ángulos más ajustados a la ejecución de la labor por el trabajador. (Ver anexos 3 y 4).

Teniendo en cuenta lo anterior y dando cumplimiento al objetivo general “Diseñar un formato estandarizado para la evaluación biomecánica objetiva de los puestos de trabajo en áreas operativas de pequeñas y medianas empresas en Colombia, con el fin de mejorar la salud de los trabajadores y la productividad de la organización.”, se realizó el diseño del formato estandarizado (Anexo 5), para la evaluación biomecánica objetiva en Excel, en el cual está el instructivo para realizar el análisis postural correspondiente, incluyendo los métodos REBA y RULA, para el análisis postural por tareas de la siguiente forma:

Lectura del instructivo

Selección de la labor

Toma de registro fotográfico y de video

Elección del N° de hoja de acuerdo con la posición anatómica de la persona durante la labor

Desglose de la labor en tareas (Mínimo 3, máximo 4)

Toma y diligenciamiento de las medidas según corresponda de acuerdo con el N° de hoja seleccionada

Diligenciamiento de datos complementarios (Manipulación manual de cargas y

Movimiento repetitivo) según corresponda

Evaluación del método REBA y RULA, según corresponda

Obteniendo de esta forma, la valoración del riesgo ergonómico al cual el trabajador está expuesto y evidenciando la criticidad de la labor por tareas para poder priorizar las

medidas de intervención que permitan disminuir el riesgo de exposición y de esta forma impactando de manera positiva en la salud de los trabajadores y por lo tanto en la productividad de estos en la organización.

## **7.2. Discusión.**

De acuerdo con los resultados obtenidos durante el proceso y el desarrollo del formato estandarizado para la evaluación biomecánica, inicialmente se hizo énfasis en la necesidad de implementar un formato mediante el cual se garantizará la productividad y mejora en la salud de cada uno de los trabajadores, teniendo en cuenta que se debe velar por mantener óptimamente la salud del trabajador y de igual forma, darle cumplimiento a las normativas legales expuestas para el buen funcionamiento de las pequeñas y medianas empresas en Colombia, razón por la cual se realizó una revisión sistemática donde se evidencio el grado de recomendación de los métodos de valoración ergonómica actualmente utilizados a nivel nacional e internacional, lo cual nos permitió priorizar los métodos más usados de acuerdo a su nivel de evidencia y así poder elegir los 2 métodos más confiables, los cuales fueron REBA y RULA, métodos los cuales utilizan la valoración de la postura por observación directa, teniendo como referente las medidas (ángulos) que se forman de las articulaciones, las cuales se analizan a través de planos anatómicos y referencias establecidas. Dentro de las cuales está como la más común “la línea media, que divide en derecha e izquierda el cuerpo o la vertical” (Castañeda, Huertas & Murcia, 2020, p.35) medidas que, según Castañeda, Huertas & Murcia (2020) pueden “analizarse a simple vista o con ayuda de algún instrumento apropiado para la medición de ángulos”, lo que nos señala una vez más la importancia de realizar mediciones objetivas con ayuda de un instrumento de medición que permita posterior a la toma de datos reales de los Rangos de movilidad articular (ROM), realizar el análisis de los mismos a través de los métodos de valoración ya establecidos REBA y RULA en el formato de estandarización diseñado. Instrumentos tales como la realidad virtual, con la cual

no se pudo realizar la prueba piloto y mostrar los resultados de la misma, teniendo en cuenta que a lo largo del proceso de investigación surgieron limitaciones en la toma del registro fotográfico y de video ya que no se encontró el recurso humano y físico para poder implementar este instrumento, sin embargo se sugiere hacer un estudio adicional para poder poner en práctica el formato estandarizado con la simulación de un puesto de trabajo operativo en una empresa Colombiana para verificar su objetividad, tal como lo expone Lazo, D'amato, Garcia & Venere (2014) “a través de la simulación en tiempo real de entornos de trabajo con condiciones idénticas a la realidad, en pocos meses” que permiten no solo la valoración del riesgo, sino que también pueden ser utilizadas como entrenamiento en la labor para evitar accidentes, o daños en la infraestructura física al momento de formar a los trabajadores.

### 8. Análisis Financiero.

Para la elaboración presupuestal del diseño del formato estandarizado para evaluación biomecánica objetiva de puestos de trabajo operativos, se requirieron los siguientes recursos humanos, tecnológicos y físicos, los cuales tienen una relación costo beneficio de acuerdo con la fase del proyecto tal como se evidencia a continuación:

**Tabla 4**

<i>ANALISIS FINANCIERO: COSTO-BENEFICIO</i>				
<b>FASE</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>RECURSOS</b>	<b>COSTO</b>	<b>BENEFICIO</b>
Diagnóstico inicial	Revisión Bibliografía	<b>Humano:</b> Fisioterapeuta	\$4.000.000	Identificar los métodos de valoración biomecánica utilizados actualmente a nivel nacional e internacional.
Análisis de los datos	Determinación de la validez, confiabilidad y	<b>Humano:</b> Fisioterapeuta	\$4.000.000	Elegir e implementar los métodos más

	precisión de los artículos de revisión.			confiables en el formato estandarizado para la evaluación de los puestos biomecánicos.
Diseño de formato estandarizado	1. Elección de los métodos más confiables	<b>Humano:</b> Fisioterapeuta	\$4.000.000	Identificar factores de riesgo biomecánicos asociados a la labor evaluada, estableciendo de manera objetiva la criticidad de las tareas, determinado así la medida de intervención adecuada para disminuir el riesgo de exposición biomecánica en los trabajadores.
	2. Formulación de los métodos en formato de Excel	Diseñador de software	\$3.000.000	
	3. Diseño del formato estandarizado en formato de Excel con análisis postural a través de marcadores y características propias del riesgo biomecánico	<b>Tecnológicos:</b> Computador	\$3.250.000	
		Gafas de realidad virtual	\$150.000	
		Software	\$4.350.000	
		<b>Físicos:</b> Sala de simulación de entornos y de movimiento	\$1.500.000	
	<b>Total</b>			

Gaitan J, Gómez S. 2021. Análisis Financiero: Costo-beneficio.

Para el diseño de un formato estandarizado que corresponda a la evaluación biomecánica objetiva de los puestos de trabajo operativos se estima un presupuesto total de veinticuatro millones doscientos cincuenta mil pesos (\$24.250.000) de manera inicial, teniendo en cuenta que el recurso físico y tecnológico solo corresponde a una inversión inicial donde se va a llevar a cabo el proceso de valoración, razón por la cual se estima un presupuesto total de aplicación de siete millones de pesos (\$7.000.000) posterior a su implementación, costo que tiene como beneficio la disminución de horas abiertas y días de incapacidad, los cuales son resultado de valoraciones biomecánicas poco objetivas, que generan enfermedad laboral de origen musculo esquelético, promoviendo bienestar, salud y calidad de vida en los trabajadores, mejorando así la productividad de la empresa.

## 9. Conclusiones

De acuerdo con la investigación, y partiendo de lo evidenciado a través de los artículos seleccionados como material de apoyo y recolección de datos, se evidencio la efectividad de los procesos de evaluación en los diferentes puestos de trabajo de acuerdo con los estándares mínimos que exige la resolución 0312 de 2019 y el Decreto 1072 de 2015, adicionalmente nos permitió ordenar de manera secuencial la evaluación biomecánica objetiva de los puestos de trabajo en áreas operativas, a través del formato estandarizado diseñado en el cual se evidencio el nivel de riesgo de la labor y la criticidad por tareas de la misma, permitiendo la priorización en las medidas de intervención.

Formato en el cual están contemplados los peligros asociados a la materialización del riesgo biomecánico y que permiten dimensionar la exposición al riesgo en su totalidad, tal como la caracterización del trabajador en la postura en la cual realiza su labor lo cual responde a la carga física, los métodos de valoración ergonómica mas usados en la actualidad y los cuales cuentan con mayor confiabilidad, REBA para evaluación de posturas forzadas y RULA para evaluación de carga postural, dos de los factores de riesgo que están asociados en mayor medida a la aparición de desórdenes musculoesqueléticos en los trabajadores por posturas prolongadas, mantenidas, forzadas o antigravitaciones, las cual generan con el tiempo presencia de enfermedad laboral; adicionalmente cuenta con la valoración del riesgo por movimientos repetitivos y la manipulación manual de cargas, identificando el peligro de movimiento y fuerza respectivamente.

Lo cual permitió estandarizar un formato de fácil acceso y aplicación, confiable y asequible para todas las pequeñas y medianas empresas en Colombia, el cual requiere de ajustes y mejoras que se irán realizando a lo largo de las pruebas piloto que se esperan se realicen en un próximo estudio y de esta forma permita impactar de manera positiva la mitigación del riesgo

biomecánico en las organizaciones, a través del planteamiento de acciones de mejora que impacten al individuo la fuente y el medio para lograr mejoras en los procesos productivos.

Además, se evidenció la importancia de obtener un método de valoración Biomecánica, controlado a través de un software, con el objetivo de garantizar un mejor resultado y por ende una medida de intervención más objetiva, por lo tanto, se deben estandarizar los diferentes métodos de valoración con el fin de mejorar la productividad de la empresa y la salud del trabajador, cumpliendo la premisa de que mejores condiciones de trabajo, contribuyen a una mejor productividad, sin embargo es importante dar claridad que para llevar a cabo la implementación de realidad virtual en el proyecto, es de suma importancia contar con el recurso humano y financiero necesario que permita programar todas las labores que se requieren evaluar por cada una de las empresas, razón por la cual no se pudo implementar y estandarizar en el formato entregado, no obstante se espera dar continuidad al estudio realizado con el objetivo de dar respuesta al objetivo general en su totalidad.

## **10. Recomendaciones.**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos a través del proceso de investigación y posterior estandarización de la evaluación biomecánica objetiva de los puestos de trabajo, se proponen las siguientes recomendaciones:

Es importante que las pequeñas y medianas empresas en Colombia cuenten con un personal capacitado en SG-SST con el fin de garantizar a todo el personal un ambiente laboral seguro y productivo, resultado de un análisis biomecánico e implementación de medidas de intervención objetivas.

Se recomienda el cumplimiento oportuno del programa en la empresa en donde se desea ejecutar, con el fin de realizar un análisis completo y oportuno.

Para adquirir mayor precisión en cuanto a resultados, se deben utilizar diferentes herramientas que permitan complementar el trabajo de investigación.

Se debe garantizar una previa sensibilización al personal con el cual se vaya a realizar el análisis, sobre la importancia de evaluar un puesto de trabajo en pro de la salud y el bienestar de los trabajadores.

Se recomienda realizar un estudio complementario en el cual se cuente con el recurso físico y humano de realidad virtual, con el fin de comprobar su efectividad y asertividad en el análisis postural, tal como fue evidenciado en la literatura.

## 11. Referencias

2007. Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Hombro Doloroso Relacionado con Factores de Riesgo en el Trabajo. Bogotá D.C.: Ministerio de Protección Social.

2007. Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Dolor Lumbar Inespecífico y Enfermedad Discal Relacionados con la Manipulación Manual de Cargas y otros Factores de Riesgo en el Trabajo. Bogotá D.C.: Ministerio de la Protección Social.

2007. Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Desórdenes Músculo Esqueléticos (DME) relacionados con movimientos repetitivos de miembros superiores (Síndrome de Túnel Carpiano, Epicondilitis y Enfermedad de De Quervain). Bogotá D.C.: Ministerio de la Protección Social.

Arias Almonacid, D, Rodríguez Gómez, A, Zapata Diaz, J, y Vásquez Trespalacios, E. (2018). Incapacidad laboral por desórdenes músculo esqueléticos en población

trabajadora del área de cultivo en una empresa floricultora en Colombia. *Revista de la Asociación Española de Especialistas en Medicina del Trabajo*, 27(3), 166-174.

Balderas, M., Zamora, M. y Martínez S. (2019). Trastornos musculoesqueléticos en trabajadores de la manufactura de neumáticos, análisis del proceso de trabajo y riesgo de la actividad. *Acta Universitaria Multidisciplinary Scientific Journal*, 29, e1913.

Bedoya Aguilar, J. P., & Delgado Díaz, J. D. (2021). Análisis de los trastornos músculo esqueléticos presentes en operarios de montaje de canalizaciones del sector de la construcción [Posgrados]. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/1024>

Bedoya, E. A., Osorio, I. C., Tovar, C, Roqueme, K., & Espinosa, E. A. (2018). Determinación de la carga física como factor de riesgo de desórdenes osteomusculares. *Revista ESPACIOS*, 39(06).

Cuautle L, Uribe L, García J. (2021). Identificación de riesgos posturales en un proceso de acabado de piezas automotrices. *Revista Ciencia de la Salud*, 19(1), 1-14. doi: <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.10053>

Congreso de la República de Colombia. Ministerio del Trabajo (2014). Decreto 1477 del 5 de agosto de 2014. Por medio de la cual se expide la Tabla de Enfermedades Laborales. Bogotá D.C.: Congreso de la República de Colombia. Ministerio del Trabajo

Congreso de la República de Colombia. Ministerio del Trabajo (2015) Decreto 1072 del 26 de mayo del 2015. Por medio de la cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. Bogotá D.C.: Congreso de la República de Colombia. Ministerio del Trabajo

Congreso de la República de Colombia. Ministerio de trabajo. (2021). Resolución 0312 del 13 de febrero del 2019. Por la cual se definen los estándares mínimos del sistema de

gestión de seguridad y salud en el trabajo SG-SST. Bogotá D.C.: Congreso de la República de Colombia. Ministerio del Trabajo

Contemplas, (2020). Templo versión 2021.1. Templo. Recuperado de <https://contemplas.com/en/software-version/>

Consejo Colombiano de Seguridad. (2019). Cómo le fue a Colombia en accidentalidad, enfermedad y muerte laboral en 2018. [en línea] Recuperado de <https://ccs.org.co/como-le-fue-a-colombia-en-accidentalidad-enfermedad-y-muerte-laboral-en-2018/>

Consejo Colombiano de Seguridad. (2021). Siniestralidad laboral en Colombia, Observatorio de Seguridad y Salud del CCS. [en línea] Recuperado de [https://ccs.org.co/siniestralidad-laboral-en-colombia-observatorio-de-seguridad-y-salud-del-ccs/?doing\\_wp\\_cron=1626534577.6181519031524658203125](https://ccs.org.co/siniestralidad-laboral-en-colombia-observatorio-de-seguridad-y-salud-del-ccs/?doing_wp_cron=1626534577.6181519031524658203125)

Cohen Padilla, H., Carrillo Landazabal, M., Bedoya Marrugo, E., Cohen Padilla, H., Carrillo Landazabal, M., & Bedoya Marrugo, E. (2020). Análisis del impacto ergonómico asociado a la manipulación de cargas en trabajadores de equipos de perforación del sector petrolero. *Nova*, 18(34), 109-124. doi: <https://doi.org/10.22490/24629448.3923>

Ergonautas. (2021) Portal de ergonomía Ergonautas. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de <https://www.ergonautas.upv.es/>

Ferreira, R., Campanari, R. y Rodrigues, A. (2021). La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesional. *Revista Científica General José María Córdova*, 19(33), 233-241.

Garzón, M., Vásquez, E., Molina, J. y Muñoz, S. (2017). Condiciones de trabajo, riesgos ergonómicos y presencia de desórdenes musculoesqueléticos en recolectores de café

- de un municipio de Colombia. *Revista de la Asociación Española de Especialistas en Medicina del Trabajo*, 26(2), 127-136.
- Gómez Bull, K. G. (2020). Evaluación ergonómica postural en trabajadores del área de inspección en industria maquiladora, 12(2).
- Huertas L. (2019). Diagnóstico de los factores de riesgo ergonómico en la planta de producción de la empresa Fruttale S.A.S. [Pregrado] Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C.
- Kinovea, (2021). Kinovea organización. Kinovea software. Recuperado de <https://www.kinovea.org/>
- Lazoa M, Amato J, García C y Veneré V. (2014). Sistema de realidad virtual para el entrenamiento de operarios de excavadoras hidráulicas. *Asociación Argentina de mecánica computacional*. 26(9), 1733-1745.
- León A, Ruiz M, (2011). Modelo de diseño ergonómico para puestos de trabajo en pymes. Caso de estudio en Barranquilla, Colombia. *Universidad del norte*. 86(3), 456-466. doi: 10.6036/3942
- Ministerio de la Protección Social de Colombia. (2007). Resolución 2844 del 16 de agosto del 2007. Por la cual se adoptan las Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional basadas en la Evidencia. Bogotá D.C.: Ministerio de la Protección Social de Colombia.
- Molina, R., Cachiguango, I., Estévez, C. y Egas, P. (2018). Evaluación de riesgos ergonómicos del trabajo en empresas de Catering. *Turismo y sociedad*. 23, 101-123. doi: <https://doi.org/10.18601/01207555.n23.06>
- Osorio Leal, A. M. (2019). Análisis ergonómico en una planta empacadora de producto de limpieza e higiene personal mediante la aplicación del método LEST [Pregrado] Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Peña Rodríguez, B. y Rodríguez Estrada, R. (2021). Identificación y evaluación de factores de riesgo ergonómico a los que se exponen los técnicos electricistas de suspensiones y reconexiones de la empresa INGERYAS SAS [Posgrados].
- Polanco Trujillo, L. E. (2015). Análisis de la relación entre ergonomía y eficacia de una línea de producción en la Empresa KMI, S.A., mediante la aplicación del Método LEST [Pregrado] Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Portero Jijón, E. O. (2015). Evaluación de posturas de trabajo en los operarios del área de montaje en la empresa de calzado CALZAFER Cía. Ltda. [Pregrado]. Universidad Técnica de Ambato.
- Quiroz Revelo, M., Ospina Molina, J. y Castro Ramírez, L. (2016). Aplicación de los métodos de evaluación de LEST y OWAS para valorar los riesgos existentes en el taller sede (I) de ajuste de motores y sistemas de transmisión de potencia de la Universidad ECCI. [Posgrado]. Universidad ECCI.
- Saravia, G. y Abdel, A. (2018). Identificación, Evaluación y Control de Riesgos Disergonómicos en el mantenimiento (trabajos de soldadura) en tanques para Diesel aplicando el método LEST de la RM 375-2008 TR desarrollado por la Empresa Prestación de Servicios Generales Motta S.R.L. [Pregrado]. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- SafetYA®. 2020. Normas Técnicas Colombianas en SST. [en línea] Recuperado de: <https://safetya.co/normas-tecnicas-colombianas-en-sst/#Ergonomia>.
- Torres, A., Guataquí, S. y Niño, Y. (2018). Gestión de la seguridad y salud en el trabajo: manual práctico para la implementación de los estándares mínimos. 1, 129-166.
- Zambrano, G., & Vicente, J. (2019). Desórdenes musculoesqueléticos (DME) y su incidencia en la salud de los trabajadores de la construcción. Revista San Gregorio. Recuperado de <http://repositorio.sangregorio.edu.ec:8080/handle/123456789/1250>

