

# **IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO ERGONÓMICO EN EL PROCESO DE PELETIZADO DE LA MÁQUINA EREMA. PAVCO. 2019**

**Yudy Viviana Cárdenas Ramírez <sup>1</sup>**

**Jenny Catalina Carrillo Rubio <sup>2</sup>**

**Hilda Patricia Mora Tovar <sup>3</sup>**

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESPECIALIZACIÓN EN ERGONOMÍA  
BOGOTÁ D.C.  
2019**

<sup>1</sup> Diseñadora Industrial. Estudiante Especialización en Ergonomía, Universidad El Bosque.

<sup>2</sup> Microbióloga. Especialista en Administración en Salud Ocupacional. Estudiante Especialización en Ergonomía, Universidad El Bosque.

<sup>3</sup> Fisioterapeuta. Especialista en Gerencia en Salud Ocupacional. Estudiante Especialización en Ergonomía, Universidad El Bosque.

# **IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO ERGONÓMICO EN EL PROCESO DE PELETIZADO DE LA MÁQUINA EREMA. PAVCO. 2019**

**Yudy Viviana Cárdenas Ramírez**

**Jenny Catalina Carrillo Rubio**

**Hilda Patricia Mora Tovar**

**Asesora temática**

**Dra. DIANA CAROLINA GARZÓN LEAL <sup>4</sup>**

**Asesora metodológica**

**Dra. CLARA MARGARITA GIRALDO LUNA <sup>5</sup>**

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**ESPECIALIZACIÓN EN ERGONOMÍA**

**BOGOTÁ D.C.**

**2019**

<sup>4</sup> Fisioterapeuta. Terapeuta Ocupacional. Especialista en Ergonomía, Salud Laboral y Seguridad Industrial. Magister en Prevención de Riesgos Laborales. Candidata a PHD en Ergonomía y Psicología aplicada.

<sup>5</sup> Bacterióloga. Especialista en Epidemiología. Magister en Salud Pública y Desarrollo Social.

**Nota de Aprobación**

---

---

---

---

---

**Director de Investigaciones**

---

**Director División de Posgrados**

---

**Director de Programa**

---

**Jurado**

## **NOTA DE SALVEDAD DE RESPONSABILIDAD INSTITUCIONAL**

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, sólo velará por el rigor científico, metodológico y ético de este en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestras asesoras que contribuyeron para el desarrollo de este trabajo ya que ustedes fueron parte de este proyecto que hoy finaliza con satisfacción.

A los operarios del área de Geosistemas de la empresa productora de tubos PVC por su incondicional apoyo y colaboración.

A las empresas donde laboramos ya que nos permitieron tomar el tiempo necesario para estudiar y poder llevar a feliz término un nuevo logro en nuestra vida profesional.

Finalmente, agradecemos a todos aquellos que contribuyeron en la concreción de la presente investigación.

## **DEDICATORIA**

A nuestras familias por ese apoyo incondicional que nos permitieron que este proyecto se hiciera realidad, serán ustedes nuestra razón de vida que iluminara con prosperidad nuestro sendero, durante el ejercicio como ergónomas.

A ti Dios por llevarnos de tu mano por el sendero del éxito; recibiendo sabiduría y el discernimiento para alcanzar esta meta.

## GUÍA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>Introducción</b> .....	<b>16</b>
<b>1. Marco Teórico</b> .....	<b>17</b>
<i>1.1. Marco de antecedentes</i> .....	<i>17</i>
<i>1.2. Marco conceptual</i> .....	<i>18</i>
1.2.1. Factores de riesgo.....	20
1.2.2. Desórdenes Musculoesqueléticos .....	21
1.2.3. Estrategias de Intervención .....	24
1.2.4. Carga Física.....	26
1.2.5. Máquina Erema y Proceso de Peletizado .....	27
1.2.6. Herramientas de Evaluación Ergonómica .....	28
<i>1.3. Marco contextual</i> .....	<i>31</i>
<i>1.4. Marco legal</i> .....	<i>33</i>
<b>2. Problema</b> .....	<b>36</b>
<b>3. Justificación</b> .....	<b>39</b>
<b>4. Objetivos</b> .....	<b>44</b>
<i>4.1. Objetivo general</i> .....	<i>44</i>
<i>4.2. Objetivos específicos</i> .....	<i>44</i>
<b>5. Aspectos Metodológicos</b> .....	<b>45</b>

5.1.	<i>Tipo de estudio.....</i>	45
5.2.	<i>Población objeto de estudio .....</i>	45
5.3.	<i>Criterios de selección .....</i>	45
5.4.	<i>Variables.....</i>	46
5.5.	<i>Recolección de Información .....</i>	50
6.	<b>Materiales y Métodos .....</b>	<b>51</b>
7.	<b>Plan de análisis .....</b>	<b>53</b>
8.	<b>Consideraciones éticas.....</b>	<b>64</b>
9.	<b>Resultados.....</b>	<b>65</b>
9.1.	<i>Caracterización de la población objeto de estudio.....</i>	65
9.2.	<i>Tareas y subtareas de peletizado del área de Geosistemas.....</i>	67
9.3.	<i>Identificación de factores de Riesgo Ergonómico.....</i>	87
9.3.1.	Resultados de la aplicación del Método REBA .....	87
9.3.2.	Resultado de la aplicación del Método OWAS.....	93
9.4.	<i>Comparación de resultados de la herramienta de primer nivel con la herramienta de segundo nivel para identificación de factores de riesgo .....</i>	100
9.5.	<i>Propuesta de intervención para el puesto de trabajo en el proceso de peletizado de la máquina Erema.....</i>	108
10.	<b>Discusión.....</b>	<b>136</b>
11.	<b>Conclusiones.....</b>	<b>139</b>

<b>12.1. Para la empresa:</b> .....	<b>142</b>
<b>12.2. Para el trabajador:</b> .....	<b>143</b>
<b>12.3. Para la academia:</b> .....	<b>144</b>
<b>Referencias</b> .....	<b>145</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>150</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Flujograma Máquina Erema - Peletizadora, 2019.....	73
Figura 2. Dimensiones de las estaciones del puesto de trabajo. Máquina Erema.2019. ....	86
Figura 3. Plataforma para apoyo de materia prima. Alimentación de la máquina. ....	116
Figura 4. Banda transportadora. Alimentación de la máquina. ....	116
Figura 5. Plataforma y banda transportadora. Alimentación de la máquina. ....	117
Figura 6. Secuencia de uso. Alimentación máquina Paso 1 .....	118
Figura 7. Secuencia de uso. Alimentación máquina Paso 2 .....	119
Figura 8. Carro transportador de material atascado.....	127
Figura 9. Secuencia de uso. Carro transportador.....	129
Figura 10. Herramienta para levantar material atascado. ....	130
Figura 11. Herramienta para levantar material atascado. ....	132
Figura 12. Secuencia de uso. Desatascado trituradora Paso 1 .....	133
Figura 13. Secuencia de uso. Desatascado trituradora Paso 2.....	134
Figura 14. Secuencia de uso. Desatascado trituradora Paso 3.....	135

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Herramientas de segundo nivel para evaluación de puesto de trabajo .....	29
Tabla 2. Legislación y normas técnicas .....	33
Tabla 3. Matriz de operacionalización de variables. ....	46
Tabla 4. Operacionalización de las variables del puesto de trabajo .....	49
Tabla 5. Objetivo 1 .....	51
Tabla 6. Objetivo 2 .....	51
Tabla 7. Objetivo 3 .....	52
Tabla 8. Objetivo 4 .....	52
Tabla 9. Objetivo 5 .....	52
Tabla 10. Incremento de puntuación del Grupo A por carga o fuerzas ejercidas .....	55
Tabla 11. Codificación de las posiciones de la espalda.....	56
Tabla 12. Codificación de las posiciones de los brazos .....	57
Tabla 13. Codificación de las posiciones de las piernas.....	58
Tabla 14. Codificación de la carga y fuerzas soportada. ....	59
Tabla 15. Categorías de Riesgo por Códigos de Postura.....	60
Tabla 16. Categorías de Riesgo de las posiciones del cuerpo según su frecuencia relativa. ....	61
Tabla 17. Características personales de los trabajadores Máquina Erema 2019. ....	65
Tabla 18. Información ocupacional de los operarios. Máquina Erema. 2019 .....	66
Tabla 19. Condiciones de salud y ausentismo. Operarios máquina Erema.2019 .....	66
Tabla 20. Tarea 1. Abastecimiento material con montacargas. Máquina EREMA.....	75
Tabla 21. Tarea 2. Alistamiento Máquina EREMA. ....	76

Tabla 22. Tarea 3. Alimentación de la Máquina EREMA. ....	78
Tabla 23. Tarea 4. Verificación del sistema de granulación Máquina EREMA. ....	79
Tabla 24. Tarea 5. Limpieza del área Máquina EREMA. ....	80
Tabla 25. Tarea 6. Desplazamiento de producto terminado Máquina EREMA.....	81
Tabla 26. Tarea 7. Desatascar máquina cortadora Máquina EREMA. Tareas No Cotidianas. ....	82
Tabla 27. Tarea 8. Desatascar trituradora Máquina EREMA. Tareas No Cotidianas. ....	83
Tabla 28. Tarea 9. Desatascar granuladora Máquina EREMA. Tareas No Cotidianas. ....	84
Tabla 29. Dimensiones de las estaciones del puesto de trabajo. Máquina Erema.2019.....	85
Tabla 30. Método REBA. Alimentación de la máquina. Grupo A.....	88
Tabla 31. Método REBA. Alimentación Máquina. Grupo B. Lado Izquierdo.....	89
Tabla 32. Método REBA. Alimentación Máquina. Grupo B. Lado Derecho .....	90
Tabla 33. Método REBA. Alimentación Máquina. Puntuación Final.....	91
Tabla 34. Interpretación del Nivel de actuación según la puntuación final obtenida. Herramienta REBA.....	93
Tabla 35. Método OWAS. Desatascado Cortadora. ....	94
Tabla 36. Método OWAS. Desatascado Trituradora.....	95
Tabla 37. Método OWAS. Desatascado Granulador.....	97
Tabla 38: Categorías de Riesgo y Acciones correctivas. OWAS.....	99
Tabla 39. Cuadro comparativo resultados herramienta primer nivel y segundo nivel REBA ....	100
Tabla 40. Cuadro comparativo resultados herramienta primer nivel y segundo nivel-OWAS ...	104
Tabla 41. Repertorio Tecnológico Alimentación de la máquina. ....	109
Tabla 42. Definición de factores de riesgo ergonómico Alimentación de la máquina.....	110
Tabla 43. Justificación propuesta de alimentación de la Máquina Erema.....	112

Tabla 44. Requerimientos de diseño para la tarea de alimentación de la máquina Erema.....	113
Tabla 45. Soluciones a factores de riesgo ergonómico Alimentación de la máquina. ....	114
Tabla 46. Repertorio Tecnológico Desatascado Trituradora.....	119
Tabla 47. Definición de factores de riesgo ergonómico en la tarea de desatascado de al tritadora. ....	120
Tabla 48. Justificación propuesta Trituradora. ....	122
Tabla 49. Requerimientos de diseño para tarea de desatascado de la Trituradora. ....	123
Tabla 50. Soluciones a factores de riesgo ergonómico Trituradora .....	125

**Introducción:** El presente trabajo de grado parte del análisis de una herramienta de primer nivel aplicada al proceso de fabricación de material peletizado del área de Geosistemas en una empresa productora de PVC, para la identificación de factores de riesgo existentes. De acuerdo con este análisis se identificaron las tareas críticas en este proceso y con esta información se procedió a la aplicación de 2 herramientas de segundo nivel con el fin de corroborar los resultados y evaluar de forma más detalladas las tareas, subtareas, segmentos corporales involucrados y generar una propuesta de intervención al puesto de trabajo.

**Metodología:** Se realizó un estudio descriptivo, se caracterizó la población, se identificaron tareas y subtareas, se aplicaron las herramientas de segundo nivel REBA y OWAS para confirmación de factores de riesgo ergonómicos

**Resultados:** Los resultados obtenidos con REBA demuestran que los segmentos con mayor exposición son hombro, tronco y miembros inferiores y en la aplicación de la herramienta OWAS para la tarea de desatascado de la trituradora los segmentos con mayor exposición fueron brazos y tronco.

**Conclusiones:** Con la aplicación de las herramientas de II nivel se comprueba que la carga postural es el principal factor de riesgo ergonómico en el puesto de trabajo y siendo hombro, brazo, tronco y miembros inferiores las partes del cuerpo más expuestas.

**Palabras claves:** Ergonomía, desordenes musculoesqueléticos, factores de riesgo biomecánicos, peletizado, REBA, OWAS.

**Introduction:** The present degree work starts from the analysis of a first level tool applied to the manufacturing process of pelletized material from the Geosystems area in a PVC producing company, for the identification of existing risk factors. According to this analysis, the critical tasks in this process were identified and with this information, 2 second level tools were applied in order to corroborate the results and evaluate in a more detailed way the tasks, sub-tasks, body segments involved and generate an intervention proposal for the job.

**Methodology:** A descriptive study was carried out, the population was characterized, tasks and subtasks were identified, the second level REBA and OWAS tools were applied to confirm ergonomic risk factors.

**Results:** The results obtained with REBA show that the segments with greater exposure are shoulder, trunk and lower limbs and in the application of the OWAS tool for the task of unblocking the crusher the segments with greater exposure were arms and trunk. Conclusions With the application of the tools of II level it is verified that the postural load is the main ergonomic risk factor in the workplace and being shoulder, arm, trunk and lower limbs the most exposed parts of the body.

**Conclusions:** With the application of the tools of II level it is verified that the postural load is the main factor of ergonomic risk in the workplace and being shoulder, arm, trunk and lower limbs the parts of the body more exposed.

**Keywords:** Ergonomics, musculoskeletal disorders, biomechanical risk factors, pelletizing, REBA, OWAS.

## **Introducción**

El presente trabajo de grado tiene como finalidad la identificación de factores de riesgo ergonómico en el proceso de fabricación de material peletizado del área de Geosistemas en una empresa productora de PVC, la cual determinó de acuerdo con un análisis inicial las tareas críticas dentro del proceso de peletizado. Estas tareas críticas y su factor de riesgo fueron identificados inicialmente bajo una herramienta de primer nivel establecida por su ARL y aplicada en esta área.

Con esta información se inició el desarrollo del presente trabajo, el cual tiene como objetivo comprobar mediante una herramienta de segundo nivel que las tareas críticas identificadas en la primera herramienta presentan un factor de riesgo ergonómico y evaluar de forma más detalladas las tareas, subtareas y los segmentos corporales involucrados.

Teniendo en cuenta lo anterior y dando cumplimiento a los objetivos establecidos en el presente trabajo se genera una propuesta de intervención para mejorar las condiciones del puesto de trabajo previniendo así la aparición de posibles desordenes musculoesqueléticos.

## **1. Marco Teórico**

### *1.1. Marco de antecedentes*

Durante los últimos años, los problemas ergonómicos se hicieron importantes debido a sus efectos sobre la eficiencia y la productividad de las plantas industriales. Se han propuesto varios trabajos de investigación y enfoques científicos, tratando de lograr el diseño ergonómico efectivo de las estaciones de trabajo pertenecientes a plantas industriales (1).

A finales de los años 90, el diseño ergonómico de las estaciones de trabajo del sistema de fabricación se apoyó por grabaciones de video para la recopilación de datos sobre los métodos de trabajo, para lograr el diseño ergonómico efectivo de las estaciones de trabajo del sistema de fabricación. (1).

El diseño ergonómico final de las estaciones de trabajo depende de la experiencia del investigador y su conocimiento sobre el sistema de fabricación. La metodología de diseño generalmente se basa en una sola medida de rendimiento ergonómico, relacionado con un estándar ergonómico específico como el Sistema de análisis de postura de trabajo de Ovako (OWAS), el Burandt –Análisis de Schultetus, las ecuaciones NIOSH 81 y NIOSH 91 (NIOSH significa Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (1).

Otros estudios sobre lugares de trabajo controlados han examinado los efectos de diversas intervenciones ergonómicas en el consultorio sobre los síntomas de la parte superior del cuerpo entre los usuarios de ordenadores, con los que se ha informado de impactos positivos sobre los

síntomas músculo esqueléticos. Dado que una de las ventajas de la formación en ergonomía es proporcionar a los empleados los conocimientos necesarios sobre cómo deben organizar sus lugares de trabajo individuales y de colaboración, la formación se combina con puestos de trabajo ajustables y flexibles que favorecen los hábitos informáticos saludables y las medidas preventivas eficaces, además, la disposición de mejorar el control de los trabajadores sobre su entorno de trabajo a través de la adaptabilidad y el conocimiento puede mejorar la salud física y el rendimiento de los trabajadores (2).

En muchos países, la prevención de los DME relacionados con el trabajo (WMSD) se ha convertido en una prioridad nacional. Los DME relacionados con el trabajo son una preocupación mundial y se distribuyen tanto entre los países industrializados como entre los países en desarrollo industrial (3).

En Brasil desde el 2010 más específicamente la industria del plástico han presentado varios factores epidemiológicos, tecnológicos y consideraciones sociales durante muchos años, asociados a DME entre los trabajadores asociados a la repetitividad, uso de la fuerza y un alto grado de exigente ritmo de trabajo (4).

## *1.2. Marco conceptual*

La base del análisis ergonómico del puesto de trabajo consiste en una descripción sistemática y cuidadosa de la tarea o puesto de trabajo, para lo que se utilizan observaciones y entrevistas, a fin de obtener la información necesaria. En algunos casos, se necesitan instrumentos simples de

medición, como puede ser un luxómetro para la iluminación, un sonómetro para el ruido, un termómetro para el ambiente térmico, etc.

La evaluación de un puesto tiene en cuenta el equipo, el mobiliario, y otros instrumentos auxiliares de trabajo, así como su disposición y dimensiones. La disposición del puesto de trabajo depende de la amplitud del área donde se realiza el trabajo y del equipo disponible, por lo tanto, no pueden darse criterios específicos de evaluación para cada posibilidad (5).

**La Ergonomía** es definida por la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA), como “la disciplina científica relacionada con la comprensión de interacciones entre los seres humanos y los otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica principios teóricos, información y métodos de diseño con el fin de mejorar el bienestar del hombre y el desempeño de los sistemas en su conjunto” (6).

La Ergonomía ha profundizado en tres áreas del conocimiento o especialidades en los ámbitos físico, mental y social: la ergonomía física, la ergonomía cognitiva y la ergonomía organizacional(6).

- **Ergonomía cognitiva:** Se encarga de los procesos mentales, tales como la percepción, la memoria, el razonamiento y la respuesta motriz, que afectan las interacciones entre los seres humanos y otros elementos del sistema, y centra su preocupación en la comprensión de los procesos desplegados en situaciones de trabajo con fuertes exigencias mentales (7).

- **Ergonomía física:** Se ocupa de los factores fisiológicos, biomecánicos y antropométricos involucrados en las situaciones de trabajo con un fuerte componente físico (7).
- **Ergonomía organizacional:** Se concentra en la optimización de los sistemas socio técnicos, en los que se incluyen las estructuras organizacionales, políticas y procesos en lo que se refiere a la capitalización de los conocimientos y la experiencia de la organización (7).

### 1.2.1. Factores de riesgo

Entre los principales factores de riesgo que pueden producir trastornos músculo esqueléticos, se identifican tres:

- a. Los factores biomecánicos tales como la aplicación de la fuerza, los movimientos repetitivos, las posturas forzadas y estáticas.
- b. Los factores organizacionales y psicosociales como el nivel de exigencia, la falta de control sobre el trabajo y el nivel de satisfacción y apoyo por parte de supervisores y compañeros de trabajos.
- c. Los factores individuales o personales relacionados con la historia personal del trabajador, edad, enfermedades crónicas no derivadas del trabajo.

Según los estudios realizados por el Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH)<sup>3</sup>, los factores de riesgo biomecánicos para DME están relacionados con los esfuerzos prolongados y movimientos repetitivos con las manos, tales como el levantar, halar, empujar, o

cargar objetos pesados frecuentemente; las posiciones incómodas prolongadas; la vibración; las condiciones de trabajo en los que se combinen factores de riesgo aumentarán el riesgo de problemas musculoesqueléticos. El nivel de riesgo depende de cuánto tiempo el trabajador está expuesto a estas condiciones y el nivel de exposición. (8).

La interacción de todos estos aspectos se constituye en un aspecto a considerar para determinar las condiciones en las que se realiza la tarea, ya que cuando las demandas físicas aumentan, el riesgo de lesión también aumenta y cuando se sobrepasan las características y condiciones físicas del trabajador, se originan las lesiones que por los estudios revisados están asociadas con lesiones músculo esqueléticas (8).

### **1.2.2. Desórdenes Musculoesqueléticos**

Los Desórdenes musculoesqueléticos (DME) se definen como lesiones o desórdenes del sistema músculo esquelético causadas o agravadas por múltiples factores de tipo individual, psicosocial, organizacional y ambiental del trabajo (9).

Las Guías de Atención Integral Basadas en la Evidencia para DME relacionados con el Trabajo publicadas en Colombia en 2006, determinaron que 82% de todos los diagnósticos evaluados correspondía a DME del miembro superior y la columna vertebral, de estos el túnel carpiano es la primera causa de morbilidad de los trabajadores afiliados al sistema general de riesgos laborales, seguido del dolor lumbar, la sordera neurosensorial, el síndrome de manguito

rotador, la epicondilitis y la tenosinovitis de Quervain (10). A continuación, se relacionan las patologías más importantes asociadas a los DME:

- El síndrome de túnel carpiano es la compresión del nervio mediano a través del túnel del carpo, formado por los huesos carpianos, la banda carpiana y los tendones de los músculos flexores de la muñeca. Se caracteriza por parestesias, adormecimiento, hormigueo, dolor, sensación de calor y ocasionalmente atrofia muscular, en la región del pulgar, segundo y tercer dedo de la mano especialmente en horas de la noche y puede irradiarse al antebrazo o al hombro (10).
- La Tenosinovitis de Quervain consiste en la inflamación y estrechamiento de la vaina del tendón alrededor del abductor largo y el extensor corto del pulgar provocando dolor y ocasionalmente aumento de volumen en el borde distal externo del radio. El dolor aumenta con el pulgar doblado sobre la palma de la mano y en la desviación cubital de la muñeca. Es más frecuente en mujeres jóvenes y está relacionado con actividades repetidas. Las condiciones del trabajo relacionadas con la Tenosinovitis de Quervain son los agarres fuertes, movimientos frecuentes en desviación radial, manipulación de herramientas con mangos muy grandes o pequeños, movimientos contra resistencia de los dedos, movimientos de los dedos asociados con presiones externas en la zona de la palma o de la muñeca (10).
- La Epicondilitis lateral y medial del codo son estados dolorosos en las inserciones musculares de los epicóndilos del codo que aparecen unidas a contracturas musculares y

puntos gatillo, algunas producen un dolor referido que irradia hacia los dedos y la columna cervical. Las causas no están determinadas claramente, pero se relaciona con signos de desgaste en el origen de los tendones extensores de la mano y de los dedos, generados por sobrecargas o microtraumatismos crónicos. Aparece frecuentemente cuando se efectúan actividades no habituales o se aumenta la cantidad habitual de las mismas (sobreesfuerzo), lo que produce una mayor carga en los extensores del brazo. Con ello los movimientos repetitivos sin la suficiente fase de relajación tienen una importancia especial, pues superan la capacidad aeróbica del tendón muscular provocando alteraciones regresivas. Estas actividades pueden ser tocar el piano, escribir en el computador, trabajos excesivos con el destornillador y determinados gestos deportivos (10).

- De otra parte, el síndrome de manguito rotador es la inflamación del tendón de los músculos rotadores del hombro. Debido a la capacidad de esta articulación de realizar movimientos en todos los ejes, es especialmente inestable y por ende susceptible de lesión. La aparición de ésta lesión es espontánea asociada a dolor, severa limitación de movimientos activos y pasivos del hombro con presencia de atrofia muscular variable, secundaria a inmovilidad prolongada, afectando notoriamente la calidad de vida de las personas al comprometer muchas de las actividades de la vida diaria como peinarse, lavarse los dientes y vestirse, esta lesión puede estar relacionada con sobrecarga del hombro (trabajadores 40-50 años), Inestabilidad articular (en menores de 35 años) y degeneración del manguito con la edad (en mayores de 55 años). Una vez se presenta, se debe evitar realizar trabajos por encima del hombro, movimientos de abducción mayor a 60 grados durante más de una hora por día y levantar peso con el codo en extensión (10).

- Lumbalgia es la sensación de dolor o molestia localizada entre el límite inferior de las costillas y el límite inferior de los glúteos, cuya intensidad varía en función de las posturas y de la actividad física. Suele acompañarse de limitación dolorosa del movimiento y puede asociarse o no a dolor referido o irradiado. El diagnóstico de lumbalgia inespecífica implica que el dolor no se debe a fracturas, traumatismos o enfermedades sistémicas y que no existe compresión radicular demostrada ni indicación de tratamiento quirúrgico. La duración promedio de los episodios sintomáticos es de 4 semanas con o sin tratamiento médico (10).

Las condiciones de trabajo relacionadas con el dolor lumbar son la manipulación de cargas, particularmente si se realizan desde planos bajos que exijan flexiones y rotaciones profundas del tronco, posturas prolongadas y mantenidas de pie o en sedente, adopción frecuente de posturas forzadas como cuclillas o sostenimiento anti gravitatorio de los brazos por encima de los hombros (10).

### **1.2.3. Estrategias de Intervención**

Por muy adaptado que éste un puesto de trabajo a la persona es importante tener en cuenta algunas estrategias de intervención para disminuir la aparición de posibles DME de las cuales se encuentran:

- a. Horarios de trabajo:** Cuando la jornada de trabajo y los horarios no están adecuadamente organizados, sobre todo cuando existe el trabajo nocturno, se produce la desincronosis, con la alteración de los ritmos circadiano; el sueño se hace insuficiente y aparece la fatiga crónica, se presentan determinadas manifestaciones de rechazo por parte del organismo que se resiste al cambio, y se producen trastornos nerviosos, digestivos además de otras consecuencias derivadas de las anteriores.
  
- b. Ritmos de trabajo:** Las personas realizan mejor sus actividades durante el día y durmiendo durante la noche, significando el sueño una recuperación física y psíquica de importancia vital, sin el cual resulta imposible la vida.
  
- c. Duración de las jornadas**
  
- d. Pausas y comidas:** las pausas de descanso intercaladas en las horas de trabajo constituyen una forma adecuada de recuperar capacidades.
  
- e. Rotación puestos de trabajo:** La rotación de puestos de trabajo es un control administrativo para prevenir los desórdenes musculoesqueléticos en el trabajo (WMSD) y tiene muchos efectos positivos en el lugar de trabajo, incluidas las oportunidades de capacitación para una fuerza laboral con múltiples habilidades y la eliminación del aburrimiento y la monotonía de las tareas simples y repetitivas. Triggs y King (2000) recomendaron el uso de técnicas cuantitativas para desarrollar un programa de rotación de trabajos, como la ecuación de elevación NIOSH (NLE), el índice de tensión laboral (JSI)

y la evaluación rápida de las extremidades superiores (RULA). Horton et al. (2012) investigaron los efectos de la rotación de tareas, la frecuencia y el orden de rotación, y el género, y mostraron que la fatiga muscular se redujo cuando la rotación entre tareas involucró diferentes niveles de esfuerzo. Schneider et al. (2005) recomendaron que no se use la misma región del cuerpo después de la rotación del trabajo, de modo que los trabajadores puedan realizar una carga de trabajo razonable rotando a través de los trabajos de baja y alta demanda. Los estudios sobre la rotación de puestos de trabajo podrían dividirse en estudios de campo y estudios de balance de líneas. Los estudios de campo se centraron en la efectividad de la rotación de puestos de trabajo como estrategia de intervención para los desórdenes musculoesqueléticos en el trabajo WMSD en varios lugares de trabajo (11).

#### **1.2.4. Carga Física**

La capacidad física de trabajo se define como la posibilidad de realizar trabajo por la acción coordinada e integrada de una variedad de funciones, principalmente procesos generadores de energía, actividad neuromuscular y factores psicológicos. Su conocimiento permite prever las posibilidades de realizar una actividad física con rendimiento óptimo y manteniendo un margen de seguridad para no afectar la salud (12).

### **1.2.5. Máquina Erema y Proceso de Peletizado**

Los plásticos son materiales poliméricos que se obtienen mediante un proceso químico en el cual pequeñas moléculas se enlazan entre sí para formar una gran molécula, este proceso es conocido como “Reacción de Polimerización, las productoras de plástico juegan con esta reacción para desarrollar materiales con diferentes características. A nivel mundial una de las empresas más reconocidas en el procesamiento de plásticos reciclados es EREMA y especialmente para polipropileno ofrecen el sistema COAX el cual utiliza como materia prima, bolsas, películas y fibras, para luego ser peletizadas.

La materia prima para procesar es el Polipropileno PP proveniente de bolsas y de rafia, este se encuentra en forma aglutinada, la cual es comúnmente llamada en crispeta. Dentro de la materia prima, también se pueden hacer mezclas con otros polímeros y recuperar materiales coextruidos, siendo el mayor porcentaje de la mezcla el polipropileno. Cuando se habla de coextruidos, son aquellos empaques o productos que están formados por varias capas de polímeros.

La máquina Erema puede ser alimentada con porciones completas de gran volumen (limitadas únicamente por las medidas de la tolva de alimentación) y también por cinta transportadora, por dispositivo de elevación y volteo o por sistema de pulpo. También se puede integrar un alimentador de bobinas para la alimentación adicional directa de bobinas de film. El triturador monorotor controlado por la carga a través de empujador segmentado patentado, reduce

el tamaño del material y lo conduce directamente sin desviaciones a la extrusora subsiguiente, allí el material previamente triturado y precalentado es fundido.

Después de pasar por una sección de doble desgasificación de alta eficiencia la masa pasa por un cambiador de filtro automático. En el filtro la masa es liberada de partículas sólidas, impurezas infundidas, pasando después al subsiguiente apropiado sistema de granceado (13).

### **1.2.6. Herramientas de Evaluación Ergonómica**

En la actualidad existen un gran número de métodos de evaluación que tratan de asistir al ergónomo en la tarea de identificación de los diferentes riesgos ergonómicos. La selección del método adecuado para medir cada tipo de riesgo, así como la garantía de fidelidad a la fuente de la herramienta o documentación utilizada se ha identificado como un problema importante al que se enfrentan los ergónomos a la hora de iniciar un estudio ergonómico (14).

Los métodos de evaluación ergonómica permiten identificar y valorar los factores de riesgo presentes en los puestos de trabajo para posteriormente, en base a los resultados obtenidos, plantear opciones de rediseño que reduzcan el riesgo y lo sitúen en niveles aceptables de exposición para el trabajador. La exposición al riesgo de un trabajador en un puesto de trabajo depende de la amplitud del riesgo al que se expone, de la frecuencia del riesgo y de su duración. Dicha información es posible obtenerla mediante métodos de evaluación ergonómica, cuya aplicación resulta sencilla, frente a otras técnicas más complejas o que requieren conocimientos más específicos o instrumentos de medida no siempre al alcance de los ergónomos (14).

A continuación, se relacionan las principales herramientas de segundo nivel aplicables a la evaluación de un puesto de trabajo:

**Tabla 1. Herramientas de segundo nivel para evaluación de puesto de trabajo**

Herramienta	Características	Limitaciones
OCRA	Evaluación de los miembros superiores. Movimientos y esfuerzos repetitivos, posiciones incómodas de brazos, muñecas y codos. Evalúa otros factores como uso de instrumentos vibrantes, uso de herramientas que provoquen compresión en la piel y realización de tareas que requieren precisión.	Subjetividad del que aplica el método en la selección de la tarea a evaluar.  No considera la presencia de micro pausas dentro de la tarea. No evalúa el uso repetitivo de fuerza. La evaluación de las posturas se cuantifica exclusivamente en función del tiempo en el cual se mantiene a misma y no según la gravedad
RULA	Evaluación del cuerpo entero. Se dirige especialmente a muñeca, antebrazo, codos, hombros, cuello y tronco. Los factores de riesgo evaluados son: Frecuencia de movimientos, trabajo estático muscular, fuerza, postura de trabajo y tiempo de trabajo sin una pausa.	Subjetividad del que aplica el método en la selección de la tarea a evaluar.  No considera la presencia de micro pausas dentro de la tarea. No evalúa el uso repetitivo de fuerza. La evaluación de las posturas se cuantifica exclusivamente en función del tiempo en el cual se mantiene la misma y no según la gravedad.
REBA	Evaluación del cuerpo entero. Se dirige especialmente a muñeca, antebrazo, codos, hombros, cuello, y tronco. Los factores de riesgo evaluados son: Repetición, fuerza, y postura forzada.	Subjetividad del que aplica el método en la selección de la tarea a evaluar.  Solo califica un hemicuerpo. Requiere conocimiento y entrenamiento específico del observador para realizar la evaluación del movimiento corporal.

---

ANSI	Evaluación de los miembros superiores. Analiza las siguientes partes específicas del cuerpo: hombro, antebrazo, muñeca, mano, dedos y cuello. Este método valora el movimiento en diferentes segmentos corporales, posturas, velocidad tasa de repetición, duración total de la operación y fuerza aplicada. Así mismo califica a la exposición a vibración y la relacionada con la exposición a frío.	Se limita al análisis de situaciones impactantes en las extremidades superiores. Es apropiado para la evaluación de la carga física de trabajo en oficinas y ambientes de trabajo de ensamble o procesamiento.  Requiere análisis intensivo por parte del observador con ayuda de una grabación en video de la estación de trabajo, para determinar los criterios evaluados. Todos los movimientos que obtengan una calificación menor indican una situación de riesgo tolerable. Requiere conocimiento y entrenamiento específico del observador para realizar la evaluación del movimiento corporal.
MALCHAIRE	Evaluación de los miembros superiores. Los factores de riesgo evaluados son: Posturas inadecuadas. Fuerzas utilizadas, repetitividad y molestias mecánicas.	Subjetividad del que aplica el método en la selección de la tarea a evaluar. Solo califica un hemicuerpo.
BIOMECÁNICO	Evaluaciones biomecánicas de esfuerzos estáticos a partir de la postura adoptada, carga, frecuencia y duración de esfuerzos. Permite conocer el riesgo de sobrecarga por articulación, carga máxima y estabilización de la postura.	Subjetividad del que aplica el método en la selección de la tarea a evaluar
OWAS	Es considerado el método para la evaluación de carga postural, basado en una clasificación simple y sistemática de las posturas de trabajo y en observaciones de la tarea.	La principal limitación es que no se puede utilizar si se quiere identificar los grados o niveles de gravedad de la postura básica analizada.

---

Fuente: (15)

En la actualidad existen un gran número de métodos de evaluación que tratan de asistir al ergónomo en la tarea de identificación de los diferentes riesgos ergonómicos. La selección del método adecuado para medir cada tipo de riesgo, así como la garantía de fidelidad a la fuente de la herramienta o documentación utilizada se ha identificado como un problema importante al que se enfrentan los ergónomos a la hora de iniciar un estudio ergonómico (14).

### *1.3. Marco contextual*

La empresa objeto de estudio se creó en 1962 entrando al mercado con baldosas de vinilo, en 1967 introdujo al mercado las tuberías de PVC, En 1982 los geosintéticos para obras viales, de infraestructura y ambientales. Cuenta con plantas en Colombia en Cauca, Bogotá y alrededor de 18 países.

Una marca multinacional que se unió a la empresa objeto de estudio líder en la provisión de productos y soluciones para los sectores de la petroquímica, construcción, infraestructura, agricultura, salud, transporte, telecomunicaciones y energía, entre otros. Es uno de los productores más grandes de tuberías y conexiones plásticas y una de las compañías petroquímicas más fuertes de América Latina, conformada por cuatro grupos de negocio:

- a. **Vinyl:** que produce PVC y productos de PVC.
- b. **Fluent:** que produce tuberías y accesorios para conducción de fluidos, protección de conductores eléctricos y fibra óptica, Geosistemas, ductos y micro ductos para telecomunicaciones.

- c. **Flúor:** Minas de fluorita y produce: Fluoruro de aluminio Fluoro carbonos, gases refrigerantes, propelentes para inhaladores médicos (16).

La marca multinacional, conformada por la fábrica de tubos de PVC y Geosistemas, con plantas en Bogotá, Barranquilla, Cali y Guachené, se enfoca en sistemas de conducción de agua potable y soluciones para alcantarillado, recolección de aguas lluvia, irrigación, energía, telecomunicaciones y conducción de gas; además de la producción de geosintéticos que apoyan la construcción de vías, túneles, reservorios y barreras para suelos.

Además, la marca fábrica geosintéticos y se especializa en proveer soluciones innovadoras y de calidad para proyectos de infraestructura de transporte, petróleo y minería. Asimismo, con sus geotextiles no tejidos está presente en los mercados de automoción, calzado y techado, entre otros.

Con una historia que se remonta a más de 50 años, Mexichem tiene una larga tradición de agregar valor a los materiales y crear productos de calidad. Hoy Mexichem es un proveedor líder de productos y soluciones en múltiples sectores de la industria y el comercio, desde construcción e infraestructura hasta agricultura, salud, transporte, telecomunicaciones, energía y más (16).

Dentro de la planta de la empresa objeto de estudio nuestra área de investigación se encuentra situada en la planta de Geosistemas, área de tejidos específicamente en la máquina Erema, la cual es la encargada de reciclar todos los productos de desechos de plásticos para volverlos a reutilizar. Dentro de esta área de trabajo se evidencian condiciones de trabajo con

riesgos biomecánicos, físicos, condiciones de seguridad (mecánicos, locativos, tecnológicos) y químicos.

#### *1.4. Marco legal*

**Tabla 2. Legislación y normas técnicas**

Norma	Descripción
Decreto 614 de 1984	Por el cual se determinan las bases para la organización y administración de Salud Ocupacional en el país.
Decreto 1295 de 1994	Por el cual se determina la organización y administración del Sistema General de Riesgos Profesionales destinados a prevenir, proteger y atender a los trabajadores de los efectos de las enfermedades y los accidentes que puedan ocurrirles con ocasión o como consecuencias del trabajo que desarrollan.
Ley 9 de 1979	Artículo 84.-Obligaciones de los empleadores, literal d) Adoptar medidas efectivas para proteger y promover la salud de los trabajadores, mediante la instalación, operación y mantenimiento, en forma eficiente, de los sistemas y equipos de control necesarios para prevenir enfermedades y accidentes en los lugares de trabajo.
Resolución 2400 de 1979	Título III PARÁGRAFO 1o. determina que la distancia entre máquinas, aparatos, equipos, etc., será la necesaria para que el trabajador pueda realizar su labor sin dificultad o incomodidad, evitando los posibles accidentes por falta de espacio, no será menor en ningún caso, de 0,80 metros.
Resolución 1016 de 1989	Artículo 10 hace referencia a las principales actividades de los subprogramas de Medicina preventiva y del trabajo que de acuerdo con el numeral 2 se deben desarrollar actividades de vigilancia epidemiológica, conjuntamente con los subprogramas de higiene y seguridad industrial. El numeral 4 menciona la investigación y análisis de las enfermedades ocurridas, la obligación a determinar sus causas y establecer las medidas preventivas y correctivas que sean necesarias, de acuerdo con el numeral 11 se deben diseñar y ejecutar programas para la prevención, detección y control de enfermedades relacionadas o agravadas por el trabajo.
Decreto 1072 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo, libro 2 título 4 -5.
Resolución 0312 de 2019	Por la cual se definen los estándares mínimos del sistema de

		gestión de seguridad y salud en el trabajo.
NTC 2506	Mecánica. código sobre guardas de protección de maquinaria	Esta norma identifica y describe métodos de protección aplicables a secciones que presentan riesgo en maquinaria, indicando los criterios que se deben tener en cuenta para el diseño, construcción y aplicación de tales medios
ISO 12100	Guía para la fabricación de máquinas seguras	se definen procedimientos importantes de sistemas y partes de sistemas de mando relativas a la seguridad de máquinas e instalaciones
NTP 434	Superficies de trabajo seguras	Determina los peligros que se tienen en la industria y sus medidas de intervención.
NTC 5655	Principios para el diseño ergonómico de sistemas de trabajo	Esta norma técnica colombiana establece los principios básicos que orientan el diseño ergonómico de los sistemas de trabajo y define los términos fundamentales que resultan pertinentes. En ella se describe una aproximación integrada al diseño de estos sistemas, en el que se contempla la cooperación de expertos en ergonomía con otras personas participantes en esa actividad, atendiendo con igual importancia, los requisitos humanos, sociales y técnicos, durante el proceso de diseño.
NTC 3955	Ergonomía. definiciones y conceptos ergonómicos	Este documento presenta conceptos básicos para aplicar la terminología de la ergonomía; intenta promover el empleo de una terminología común entre expertos y usuarios, tanto en el ámbito de la ergonomía como en el ámbito general.
ISO 9241:2011	Ergonomía en la interacción humano-sistema	Proporciona una guía para la selección de dispositivos de entrada para sistemas interactivos, basada en factores ergonómicos, teniendo en cuenta las limitaciones y capacidades de los usuarios y las tareas específicas y el contexto de uso. Describe los métodos para seleccionar un dispositivo o una combinación de dispositivos para la tarea en cuestión. También se puede utilizar para evaluar la aceptabilidad de las compensaciones en las condiciones existentes.
ISO 6385	Principios ergonómicos para proyectar sistemas de trabajo	Comprobación de que los factores humanos, tecnológicos y organizacionales afectan al comportamiento en el trabajo y al bienestar de los hombres como parte del sistema de trabajo. El diseño del sistema de trabajo debe satisfacer las exigencias humanas, aplicando conocimientos Ergonómicos a la luz de la experiencia práctica en el funcionamiento de las organizaciones.
NTC 5723	Ergonomía. evaluación de posturas de trabajo estáticas	Establece recomendaciones ergonómicas para diferentes tareas en el lugar de trabajo. Esta norma suministra información a quienes están involucrados en el diseño o rediseño del lugar de trabajo, tareas y productos para el trabajo, que están familiarizados con los conceptos básicos de ergonomía en general, y posturas de trabajo en particular. Especifica los

	límites recomendados para posturas de trabajo estáticas en las que no se ejerce ninguna fuerza externa, o la que se ejerce es mínima, y se tienen en cuenta los ángulos del cuerpo y los aspectos de tiempo. Está diseñada para brindar orientación sobre la evaluación de algunas variables de las tareas, y permite evaluar los riesgos para la salud de la población trabajadora.
NTC 5693 Ergonomía, manipulación manual. parte 1: levantamiento y transporte	Especifica los límites recomendados para el levantamiento y transporte manual teniendo en cuenta, respectivamente, la intensidad, la frecuencia y la duración de la tarea. Está diseñada para ofrecer orientación sobre la evaluación de varias variables de tarea y permitir la evaluación de los riesgos para la salud de la población trabajadora.
NTC 5649 Mediciones básicas del cuerpo humano para diseño tecnológico. parte 1: definiciones e indicaciones importantes para mediciones corporales	Proporciona una descripción de las medidas antropométricas que se pueden utilizar como base para la comparación de grupos de población.
NTP 387: Evaluación de las condiciones de trabajo: método del análisis ergonómico del puesto de trabajo	Describe un análisis ergonómico del puesto de trabajo y herramientas de medición.
NTP 177: La carga física de trabajo: definición y evaluación	Evaluación de carga física en puesto de trabajo.
NTP 226: Mandos: ergonomía de diseño y accesibilidad	Diseño adecuado de puesto de trabajo.
NTP 452: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural	Evaluación de los diferentes métodos de evaluación de puestos de trabajo de acuerdo con el riesgo.
NTP 502: Trabajo a turnos: criterios para su análisis	Criterios de análisis para evaluar turnos de trabajo.
NTP 477: Levantamiento manual de cargas	Cálculo del peso máximo recomendado en la manipulación manual de cargas, con el fin de poder rediseñar el puesto de trabajo y evitar el riesgo de padecer una lumbalgia debida al manejo de cargas.
Fuentes: (17), (18), (19), (20), (21), (22), (23), (24), (25), (26), (27), (28), (29), (30), (31), (32), (33), (5), (34), (35), (36), (37), (38).	

## 2. Problema

Los factores de riesgo ergonómicos pueden estar derivados de la actividad, entre los cuales se encuentran las posturas forzadas o estáticas, movimientos repetitivos, y manejo manual de cargas (MMC), representando una de las principales causas de la aparición de enfermedades laborales como son los Desórdenes Musculoesqueléticos (DME); éstos suelen aparecer cuando los trabajadores se encuentran expuestos a diferentes condiciones del entorno de trabajo (39).

La aparición de los DME en los puestos de trabajo son un importante problema de salud pública tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo, con un impacto sustancial en la calidad de vida de las personas y una carga económica en los costos de compensación, salarios perdidos y productividad (9). Los factores de riesgo ergonómicos asociados a DME en miembros superiores no han sido objeto de estudio en los países en vía de desarrollo, ya que los estudios en su mayoría se enfocan en el diagnóstico clínico definitivo y no en los factores de riesgo ergonómico que lo ocasionaron (40), además se demuestra que son de naturaleza multifactorial influenciada no sólo por los factores ergonómicos sino también por factores organizacionales. (41).

Existen varios métodos y técnicas que son utilizados en la evaluación de los factores de riesgo ergonómicos para identificar los riesgos relacionados con la aparición de DME en el área laboral, con el fin de priorizar las intervenciones basados en un referente numérico de calificación; estos métodos son seleccionados de acuerdo con la experiencia del evaluador, grado de exactitud y precisión en la recopilación de datos, el campo de aplicaciones o el nivel de

entrenamiento que necesita el evaluador para aplicarlos correctamente (42), algunas veces la selección del método depende del tipo de actividad a evaluar, el alcance del método, y el nivel de complejidad de las tareas (43). Actualmente se usan algunos métodos de observación para la identificación de factores de riesgo ergonómicos derivados de la actividad, estos se dividen en función de las partes del cuerpo que estudian, y los indicadores claves que evalúan, intensidad de la carga de trabajo, frecuencia de la carga de trabajo, duración de la carga de trabajo (44). Para los ergonomistas que realizan evaluaciones de riesgos, existe una gran cantidad de herramientas de evaluación, están las de primer nivel basadas en la observación directa del trabajador durante el trabajo, aunque estos métodos utilizan sistemas de recolección de datos que no son muy precisos y proporcionan resultados bastante amplios, tienen la ventaja de ser fáciles de usar, aplicables a una amplia gama de situaciones de trabajo y apropiado para encuestar un gran número de sujetos a un costo comparativamente bajo, siendo las más adecuadas a las necesidades iniciales de los profesionales de la seguridad y salud en el trabajo que tienen tiempo y recursos limitados y necesitan una base para establecer las prioridades de intervención (42). También existen métodos de evaluación de segundo nivel para evaluar los factores de riesgo ergonómicos que son de naturaleza cuantitativa y de carácter netamente orientativo, ya que usualmente determinan la necesidad de realizar estudios más detallados sin llegar a establecer medidas correctivas definitivas con base a estos valores, permitiendo un máximo alcance de intervención centrado en el componente humano (43).

En la empresa productora de tubos de PVC objeto de estudio fue aplicada una herramienta de primer nivel en el área de Geosistemas para la actividad de peletizado, la cual identificó inicialmente dos tareas con un nivel de riesgo alto para miembros superiores, para poder tomar

decisiones y proponer medidas de intervención y disminuir el riesgo en los operarios es necesario aplicar una herramienta de segundo nivel para confirmar los resultados obtenidos en estos puntos críticos.

### **Pregunta de investigación**

¿Cuáles son los factores de riesgo ergonómico en el puesto de trabajo para el operario de la máquina Erema en el proceso de peletizado en una empresa productora de tubos de PVC?

### **3. Justificación**

La Ergonomía se define como el estudio de las habilidades humanas y las características que afectan el diseño del equipo, los sistemas y el trabajo en general. Uno de los campos en los que la ergonomía encuentra oportunidades de desarrollar sus principios es la industria. La ergonomía industrial está dirigida a solucionar problemas en el diseño de los sistemas productivos con la finalidad de proteger a los trabajadores de accidentes y enfermedades de origen laboral, su propósito fundamental es velar por la relación armónica entre los trabajadores y su entorno laboral, al mismo tiempo, las operaciones y equipos de trabajo diseñados bajo principios ergonómicos ayudan a mejorar la productividad (44).

El factor humano es el componente más importante en todo sistema de trabajo, su seguridad y comodidad son aspectos que deben tenerse presentes para obtener su óptimo desempeño. El diseño del puesto de trabajo debe ser tal que permita lograr una relación entre usuario y su tarea de forma que este no se vea perturbado con el equipo que usa, sino por el contrario que lo encuentre útil y facilite su labor, además de evitarle posturas incorrectas que le ocasionen lesiones durante el desempeño de sus funciones (45).

Uno de los aspectos que se ha descuidado es el diseño de los puestos de trabajo y la postura que se debe adoptar para la ejecución de las tareas, estos aspectos son de suma importancia porque contribuyen a elevar la productividad y medir el grado de satisfacción con su puesto de trabajo lo que pudiera reflejarse en una mayor interacción con el mismo y así mejorar su calidad y rendimiento. Los beneficios que trae consigo el apropiado diseño de la estación de trabajo y la

adopción de posturas adecuadas tanto a los trabajadores como a la industria, facilita el desarrollo de sus tareas, los protege de posibles lesiones físicas, reducción en la fatiga del personal, motivación general de un lugar de trabajo confortable, reducción de gastos ocasionados por lesiones en el puesto de trabajo, así como el ausentismo que provocan estos retrasos (45).

Los factores de riesgo ergonómicos asociados a DME en miembros superiores no han sido muy estudiados en los países en vía de desarrollo, ya que en su mayoría se enfocan en un diagnóstico clínico y no en los factores de riesgo que lo ocasionan, siendo esto muy importante para su oportuna prevención (46). En un estudio tailandés se llevó a cabo la identificación de los factores de riesgo en trabajadores de ensamblaje electrónico, allí se concluyó que los DME en miembros superiores son un problema común en países en vía de desarrollo y nombra algunos factores de riesgo ergonómicos relacionados como postura forzada, esfuerzo y estrés por contacto (40). Otro estudio epidemiológico indicó que el movimiento repetitivo es un factor de riesgo asociado a los DME, también se incluye la manipulación manual de cargas, por efecto de fuerzas ejercidas tales como transportar, levantar y empujar; en conclusión este estudio hace un llamado a realizar prevención primaria en forma de soluciones ergonómicas integrales como mejorar la tarea de trabajo y modificar las prácticas de trabajo o las estaciones de trabajo para reducir las alteraciones en miembros superiores (9)(40).

Los DME actualmente constituyen un problema de salud pública mundial, nacional y regional debido a su aumento en los últimos años, además se considera como la causa más frecuente de ausentismo con 49.9% ausencias de más de tres días según la Comisión Europea y pérdida de productividad, representando el 59% de todas las enfermedades laborales en el ámbito

mundial según datos de la OIT de 2013 (9) (47). Generalmente afectan las partes blandas del aparato locomotor como los músculos, tendones, nervios y otras estructuras próximas a las articulaciones, produciendo pequeñas agresiones mecánicas como roces, estiramientos, compresiones, cuando se mantienen repetidamente por largos períodos causando finalmente una lesión (47). Mundialmente los DME en miembros superiores por causa del entorno laboral son los más altos y comunes, basados en las investigaciones realizadas sobre epidemiología ocupacional a nivel mundial, incluida Asia y Latinoamérica (40)(48). “Los costos de los DME relacionados con el trabajo en los países desarrollados y en desarrollo oscilan entre el 0,5 y el 2% del PIB” (40). En cuanto a días de trabajo perdidos e invalidez resultante se calculan en 215 mil millones de dólares al año en Estados Unidos, en Europa los costos de todas las enfermedades y accidentes laborales representan 2,6 a 3,8% del PIB, donde el 40 a 50% es resultado de DME (47). En Latinoamérica en general la lesión y enfermedad laboral oscilan entre 9 y 12% del PIB según el cálculo de la OIT (9) (49).

En Colombia los DME corresponden al principal grupo diagnóstico en procesos relacionados con la determinación de origen y pérdida de capacidad laboral representado el 82% de las enfermedades laborales y “se localizan principalmente en el segmento superior y en espalda”. Para 2005 Colombia presentaba 23.477 casos de DME, teniendo un costo directo e indirecto de 171.1 millones de dólares. Desde 2009 según el Ministerio de Trabajo, los DME son la principal causa de enfermedad laboral (9)(49). La II Encuesta Nacional de condiciones de seguridad y salud en el trabajo en Colombia indica que los DME se mantienen como la patología con mayor reporte a las ARL por parte de las EPS, siendo el más representativo con un 66% y simultáneamente son las que más reconocen las ARL con el 88% de los casos; además se

representa en su mayoría en hombres relacionado por el tipo de trabajo que desempeñan, como lo es el manejo y levantamiento manual de cargas. Las empresas con mayor frecuencia de DME son las del sector industrial: industria manufacturera y las exposiciones peligrosas más frecuentes son movimientos repetitivos de miembros superiores con 65.11%, posiciones que generan fatiga 56.51%, vibraciones y ruido 25.67%. La encuesta concluye que la concentración de DME se da en miembros superiores y con mayor incidencia en manos, además que el sector industrial fue el que más reportó enfermedad laboral (50).

Gracias a la creciente aparición de DME en el mundo laboral y sus consecuencias sociales y económicas que representan una demanda asistencial importante en servicios de salud y rehabilitación, es necesario que se encuentren instrumentos que nos ayuden a identificar los factores de riesgo Biomecánicos y así generar acciones de prevención primarias que impidan que los trabajadores evolucionen a una posible enfermedad laboral (51).

Actualmente en la industria se han implementado algunas estrategias de intervención para disminuir factores de riesgos biomecánicos basados en un diseño o rediseño del puesto de trabajo y en factores organizacionales que comprenden los horarios de trabajo, ritmos de trabajo, duración de las jornadas, pausas y comidas, rotación de puestos de trabajo y manipulación adecuada de cargas. Estas medidas han sido establecidas teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la evaluación de los factores de riesgo ergonómico (11).

La validación de los factores de riesgo con una herramienta de segundo nivel permitirá a la empresa determinar medidas de intervención que deban tomarse para mejorar las condiciones

Identificación de factores de riesgo ergonómico  
en el proceso de peletizado de la Máquina Erema.  
PAVCO. 2019.

Yudy Viviana Cárdenas Ramírez  
Jenny Catalina Carrillo Rubio  
Hilda Patricia Mora Tovar

ergonómicas del puesto de trabajo, mejorar la calidad de vida y bienestar de los trabajadores, así como disminuir índices de accidentalidad, enfermedad de origen laboral y el ausentismo.

## **4. Objetivos**

### ***4.1. Objetivo general***

Identificar los factores de riesgo ergonómico en el puesto de trabajo del proceso de peletizado en la máquina Erema en una empresa productora de tubos de PVC en el segundo semestre del 2019.

### ***4.2. Objetivos específicos***

- a.** Caracterizar la población objeto de estudio.
- b.** Identificar las tareas y subtareas de peletizado del área de Geosistemas.
- c.** Identificar los factores de riesgo derivados de carga física en la máquina Erema.
- d.** Comparar los resultados obtenidos en la herramienta de primer nivel con la herramienta de segundo nivel para identificación de factores de riesgo.
- e.** Proponer estrategia de intervención para el puesto de trabajo en el proceso de peletizado de la máquina Erema.

## 5. Aspectos Metodológicos

### 5.1. Tipo de estudio

Se realizó un estudio descriptivo para proponer mejorar las condiciones de trabajo y la disposición del puesto de trabajo.

### 5.2. Población objeto de estudio

La población estudio se centró en todos los operadores que manipulan la máquina Erema del área de Geosistemas que trabajan durante los 3 turnos rotativos correspondientes en la empresa productora de tubos PVC.

### 5.3. Criterios de selección

- Criterios de inclusión

Operarios asignados a la máquina Erema en el área de Geosistemas de la empresa productora de tubos de PVC.

- Criterios de Exclusión

Personal practicante de la empresa de la empresa productora de tubos PVC.

Personal directivo o administrativo de la empresa productora de tubos PVC.

#### 5.4. Variables

A continuación, se relacionan las variables que se tuvieron en cuenta para la caracterización de la población estudio.

**Tabla 3. Matriz de operacionalización de variables.**

Variable	Definición	Clasificación de la variable	Escala de medición	Unidades	Definición operacional
Sexo	Referente a la construcción de un rol social en el cual se desenvuelve un individuo	Cualitativa	Nominal	Femenino= F Masculino =M	hombre, mujer y no definido.
Edad	Tiempo que ha vivido una persona u otro ser vivo contando desde su nacimiento.	Cuantitativa	18 a 100	Años	Años cumplidos en el momento de la intervención.
Antigüedad en el cargo	La cantidad de tiempo en días o meses que una persona lleva en un puesto de trabajo o en una tarea.	Cuantitativa	Mínimo 1 año en el cargo	Días Meses Años	Tiempo (días o meses) en el puesto de trabajo
Experiencia	Tiempo de experiencia en el cargo	Cuantitativa	1 año 2 a 5 años 5 a 10 años Más de 10 años Ninguna.	Años	Años de experiencia
Incapacidades en el último año	Número de incapacidades	Cuantitativa	N. A	N.A	Incapacidad por enfermedad

		que ha tenido un trabajador en el último año producto de enfermedades generales o accidentes de trabajo				general. Incapacidad por accidente de trabajo.
Accidentes de trabajo en el último año	de	Número de accidentes de trabajo que ha tenido un trabajador en el último año	Cuantitativa	N. A	N.A	# de accidentes de trabajo
Manipulación manual de cargas	de	operación de transporte o sujeción (levantamiento, la colocación, el empuje, la tracción, etc.) de una carga (objeto susceptible de ser movido) por parte de uno o varios trabajadores	Cualitativa	Si No	Si No	Si No
Tipo de manipulación	de	Forma de realizar la manipulación	Cualitativa	Levanta mient Empuje Colocaci ón Fracción Transpor te o desplaza miento	Si No	Si No
Tipo de agarre		Actividad en la cual se involucran las manos	Cualitativa	Pinza Agarre dígito palmar Agarre palmar	Si No	Si No

				Latero- lateral			
Peso de la carga	Cantidad en Kilogramos	en	Cuantitativa	Menor de 5 Kg	Kilogramos: Kg	Kilogramos de peso.	de
				De 6-12 Kg			
				De 13 a 19 kg			
				De 20-26 kg			
				Más de 26 kg			
Parte del cuerpo afectada	Parte del cuerpo que presenta sintomatología musculoesquelética	del que	Cualitativa	Cuello Hombros Codos Muñeca Manos Espalda Superior Espalda baja Rodillas Pie	Si No	Si No	
Cantidad de veces levanta y transporta carga	de que y la	Número de veces determinado tiempo que realiza levantamiento y transporte de carga	de por que	Cuantitativa	Nro. de veces / tiempo determinado	# veces levanta carga/minutos, horas	Número de Repeticiones
Tiempo exposición	de	Tiempo en el cual permanece realizando una actividad o expuesto a algún riesgo	se	Cuantitativa	% horas	Horas expuestas/horas diarias laboradas	Tiempo (horas % en el puesto de trabajo)

**Fuente.** Elaboración Propia.

**Tabla 4. Operacionalización de las variables del puesto de trabajo**

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición	Codificación
N° de estaciones de trabajo	Cantidad de estaciones de trabajo	Número de puestos	Cuantitativa, razón	N° estaciones de trabajo Total de
Posición de la estación de trabajo	Entorno donde un trabajador desarrolla su labor, en una posición fija o móvil	Fijo o móvil	Cualitativa, nominal	Fijo=0 Móvil=1
Dimensiones de la estación de trabajo	Define el área total de espacio donde el trabajador desempeña su labor	Metros cuadrados	Cuantitativa, razón	Área total de la estación de trabajo m <sup>2</sup>
Ancho de los compartimientos de la estación de trabajo	La distancia horizontal de un lado a otro de un objeto	En centímetros	Cuantitativa, razón	Cm
Largo de los compartimientos de la estación de trabajo	La distancia vertical de un objeto no plano	En centímetros	Cuantitativa, razón	Cm
Alto de la estación de trabajo	Distancia de una dimensión geométrica, usualmente vertical o en la dirección de la gravedad	En centímetros	Cuantitativa, razón	Cm

**Fuente.** Elaboración Propia.

### *5.5. Recolección de Información*

Se inició el proceso de recolección con la siguiente información suministrada por la empresa:

- Base de datos de ausentismo de 2019 del personal del área de Geosistemas.
- Base de datos rotación de turnos 2019 del personal del área de Geosistemas.
- Listado de personal 2019 del área de Geosistemas.
- Estudio de primer nivel de factores de carga física a puesto de trabajo máquina Erema por la empresa productora de tubos PVC.
- La observación con la ayuda de registro fotográfico y video

## 6. Materiales y Métodos

Para dar cumplimiento a los objetivos propuestos se llevaron a cabo las siguientes actividades.

**Tabla 5. Objetivo 1**

Objetivo	Actividades	Entregables	Recursos
Caracterizar la población objeto de estudio.	Revisar las bases de datos recibidas de la empresa.  Verificar la información de las variables a trabajar según la matriz de variables creada.	Información de la población presentada en tablas. (Tabla 17, 18 y 19)	1. Cuadro de variables para la caracterización objeto de estudio.  1. Base de datos de turnos de la planta. 2. Listado de personal

**Fuente.** Elaboración Propia.

**Tabla 6. Objetivo 2**

Objetivo	Actividades	Entregables	Recursos
Identificar las tareas y subtareas de peletizado del área de Geosistemas.	Verificar el protocolo a través de una lectura exhaustiva.  Validar a través de la observación que las actividades y las tareas coinciden con las descripciones del protocolo.  Realizar una descripción del proceso productivo de peletizado.	Flujograma del proceso productivo máquina EREMA-Peletizadora (Figura 1) documento final  Descripción detallada de las tareas. (Tablas de la 20 a la 28) en documento final	Método de Observación. Protocolos de procesos.

**Fuente.** Elaboración Propia.

**Tabla 7. Objetivo 3**

Objetivo	Actividades	Entregables	Recursos
Identificar los factores de riesgo derivados de carga física en la máquina Erema.	Identificar según las actividades las herramientas de segundo nivel a implementar.	Formatos de aplicación de los métodos de evaluación en Excel (Anexo 2. Informe de evaluación de ergonomía REBA).	Informe de resultados de aplicación de herramienta de primer nivel (Anexo 1)
	Aplicar las herramientas de segundo nivel.	ergonómica REBA). (Anexo 3. Informe de evaluación de ergonomía OWAS).	Herramienta de segundo nivel de carga física (Ergonautas).
	Realizar el análisis de los resultados	(Anexo 5. herramienta primer nivel ARL Sura).	

**Fuente.** Elaboración Propia.

**Tabla 8. Objetivo 4**

Objetivo	Actividades	Entregables	Recursos
Comparar los resultados obtenidos en la herramienta de primer nivel con la herramienta de segundo nivel para identificación de factores de riesgo.	Realizar un cuadro comparativo en Excel teniendo en cuenta porcentajes de exposición, segmentos corporales, actividad, carga que manipula, tipo de agarre etc.	Matriz de comparación de metodologías (Tabla 39. Cuadro comparativo resultados herramienta primer nivel y segundo nivel-REBA). (Tabla 40. Cuadro comparativo resultados herramienta primer nivel y segundo nivel-OWAS).	Equipo de intervención (Ergónomas, Asesora metodológica.)

**Fuente.** Elaboración Propia.

**Tabla 9. Objetivo 5**

Objetivo	Actividades	Entregables	Recursos
Proponer estrategias de intervención para el puesto de trabajo en el proceso de peletizado de la máquina Erema.	Realizar un modelo 3D de la máquina actual en Rhinoceros. Desarrollar las propuestas dentro del modelo 3D.	Propuesta de mejora para la intervención del puesto de trabajo de la máquina Erema. Planos de propuesta de intervención. (Anexo 4. Planos de diseño modelo 3D)	Diseñador de Equipo de intervención (Ergónomas, Asesora metodológica.)

**Fuente.** Elaboración Propia.

## **7. Plan de análisis**

La caracterización de la población se presentó en tablas utilizando datos absolutos debido a que la población estudio cuenta con tres trabajadores, se describen en tres categorías, datos personales, datos laborales y datos de condiciones de salud y ausentismo.

Para la identificación de las tareas y subtareas, luego de realizar la observación y tomar registros de video y fotográficos, se elaboró el flujograma que muestra la secuencia del proceso, en tablas se presentaron las descripciones de cada una de las tareas de manera independiente.

Para la identificación de los factores de riesgo ergonómicos se partió de los resultados obtenidos en la aplicación de la herramienta de primer nivel entregada por la empresa productora de tubos PVC en un documento Excel la cual identifiqué factores de riesgo ergonómicos, ambientales y de riesgo psicosocial, se identificaron 5 tareas de las cuales 2 fueron calificadas como tareas críticas con una puntuación alta para los segmentos de hombro, mano-muñeca y manipulación manual de cargas. (Anexo 5. Herramienta primer nivel ARL Sura.)

Teniendo en cuenta los factores de riesgo identificados con la herramienta de primer nivel, se realizó la selección de las herramientas de segundo nivel. Se analizaron 3 métodos para carga postural (REBA, RULA Y OWAS). Finalmente se seleccionó el método REBA para la primera tarea considerada crítica, alimentación de la máquina, siendo esta una tarea rutinaria dentro del proceso y OWAS para la tarea de desatascado (no cotidiana).

El método REBA permite el análisis de las posturas individuales que se adoptaron en cada una de las subtareas identificadas y no en conjunto o secuencias de posturas adoptadas por los miembros superiores del cuerpo (brazo, antebrazo, muñeca), tronco, cuello y piernas; permite realizar un análisis más detallado de los ángulos adoptados por los diferentes segmentos corporales. Adicionalmente se evalúan otros aspectos determinantes en la carga física como lo es la carga o fuerza manejada, el tipo de agarre o el tipo de actividad muscular desarrollada por el operario. Otro factor que se tuvo en cuenta fue que la metodología REBA permite discriminar la calificación de la muñeca teniendo en cuenta que en la herramienta de primer nivel este segmento corporal fue evaluado con una calificación alta.

La metodología REBA evalúa la postura de la siguiente manera: divide el cuerpo en dos grupos, el Grupo A que incluye las piernas, el tronco y el cuello y el Grupo B, que contempla los miembros superiores (brazos, antebrazos y muñecas). La puntuación del Grupo A se obtiene a partir de las puntuaciones de cada uno de los miembros que lo componen (tronco, cuello y piernas). La puntuación del Grupo B se obtiene a partir de las puntuaciones de cada uno de los miembros que lo componen (brazo, antebrazo y muñeca). El método se aplica para los 2 hemicuerpos independientemente (lado izquierdo y lado derecho). El método REBA incluye el tipo de agarre, la fuerza aplicada durante la realización de la tarea y el tipo de actividad muscular desarrollada. La fuerza ejercida durante la realización de la tarea aumenta la puntuación del Grupo A un punto si la carga supera los 5kg, y dos puntos si la carga supera los 10kg. Además, si la fuerza se aplica bruscamente se deberá incrementar una unidad. (Tabla 10)

**Tabla 10. Incremento de puntuación del Grupo A por carga o fuerzas ejercidas**

<b>Carga o fuerza</b>	<b>Puntuación</b>
Carga o fuerza menor de 5 Kg.	0
Carga o fuerza entre 5 y 10 Kg.	+1
Carga o fuerza mayor de 10 Kg.	+2

**Fuente.** Ergonautas

La calidad del agarre de objetos aumenta la puntuación del Grupo B, excepto en el caso de que la calidad del agarre sea buena o no existan agarres.

A partir de las puntuaciones del grupo **A** y **B**, se obtiene la puntuación **C**, que se incrementa según el tipo de *actividad muscular* desarrollada en la tarea, obteniendo de esta forma la puntuación final. Obtenida la puntuación final la herramienta propone diferentes niveles de riesgo y actuación. Genera una escala de puntuación de 1 a 15 siendo 1 un nivel de riesgo inapreciable y no necesario un nivel de actuación y entre 11 y 15 un nivel de riesgo muy alto con un nivel de actuación inmediata. Cada Nivel establece un nivel de riesgo y recomienda una actuación sobre la postura evaluada. (52)

Para la segunda tarea crítica identificada en los resultados de la herramienta de primer nivel (desatascado de trituradora), una vez realizado el proceso de observación en la planta se identificó que esta tarea crítica no solamente se realiza en la trituradora sino también ocurre en la cortadora y el granulador. Basados en esta información se analizaron 3 métodos para carga postural (REBA, RULA Y OWAS), seleccionando el método OWAS. Este método permite evaluar las diferentes posturas que fueron observadas durante el desarrollo de la tarea de forma global a intervalos regulares. Adicionalmente el método identifica posturas forzadas de diferentes

segmentos corporales (espalda, brazos y piernas). El método OWAS permite identificar la postura de mayor riesgo dentro de las observadas durante el desarrollo de la tarea distinguiendo cuatro niveles o categorías de riesgo para cada postura. Además, esta herramienta también permite evaluar la manipulación manual de cargas, la cual fue identificada en la herramienta de primer nivel con una calificación alta.

El procedimiento para aplicar el método OWAS contiene los siguientes pasos:

Determinar si la tarea debe ser dividida en varias fases (Si las actividades desarrolladas por el trabajador son muy diferentes en diversos momentos de su trabajo, se llevará a cabo una evaluación de cada subtarea), se establece el tiempo de observación de la tarea dependiendo del número y frecuencia de las posturas adoptadas, se determina la frecuencia de observación o muestreo y registro de posturas observadas en cada fase identificada por medio de fotografías o videos de la actividad. A cada postura se le asignará un **código de postura** conformado por cuatro dígitos (53), el primer dígito dependerá de la posición de la **espalda** del trabajador en la postura valorada así: (Tabla 11).

**Tabla 11. Codificación de las posiciones de la espalda.**

Posición de la espalda	Código
Espalda derecha	1



Espalda doblada	2	
Espalda con giro	3	
Espalda doblada con giro	4	

**Fuente.** Ergonautas

El segundo dígito dependerá de la posición de los **brazos** y valorada así: (Tabla 12)

**Tabla 12. Codificación de las posiciones de los brazos**

Posición de los brazos	Código	
Los dos brazos abajo	1	
Un brazo bajo y el otro elevado	2	
Los dos brazos elevados	3	

**Fuente.** Ergonautas

El tercer dígito dependerá de la posición de las **piernas** y valorada así: (Tabla 13)

**Tabla 13. Codificación de las posiciones de las piernas.**

Posición de los brazos	Código	
Sentado	1	
De pie con las dos piernas rectas	2	
De pie con una pierna recta y la otra flexionada	3	
De pie o en cuclillas con las dos piernas flexionadas y el peso equilibrado entre ambas	4	
De pie o en cuclillas con las dos piernas flexionadas y el peso desequilibrado.	5	
Arrodillado	6	
Andando	7	

**Fuente.** Ergonautas

El cuarto digito dependerá de la **carga o fuerza** y valorada así (Tabla 14)

**Tabla 14. Codificación de la carga y fuerzas soportada.**

Carga o fuerza	Código	
Menos de 10 kg	1	
Entre 10 y 20 kg	2	
Más de 20 kg	3	

**Fuente.** Ergonautas

Una vez codificadas las posturas se deberá calcular la categoría de riesgo de cada una de ellas, para conocer a qué **categoría de riesgo** pertenece cada postura se utiliza la siguiente tabla (Tabla 15).

**Tabla 15. Categorías de Riesgo por Códigos de Postura.**

	Piernas	1			2			3			4			5			6			7		
	Carga	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Espalda	Brazos																					
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	3	3	3	4	2	3	4
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4

Fuente. Ergonautas

Se calcula el porcentaje de cada posición de cada miembro (espalda, brazos y piernas) con respecto al total de posturas adoptadas o evaluadas, calcular la categoría de riesgo para cada miembro en función de la frecuencia relativa, se conocerá así, qué miembros soportan un mayor riesgo y la necesidad de rediseño de la tarea.

Una vez conocidas las frecuencias relativas la tabla 16 permitirá conocer las categorías de riesgo para la espalda, los brazos y las piernas de manera global y la acción requerida (53).

**Tabla 16. Categorías de Riesgo de las posiciones del cuerpo según su frecuencia relativa.**

	Frecuencia Relativa	≤10 %	≤20 %	≤30 %	≤40 %	≤50 %	≤60 %	≤70 %	≤80 %	≤90 %	≤100 %
Espalda	Espalda derecha	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Espalda doblada	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	Espalda con giro	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	Espalda doblada con giro	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
Brazos	Dos brazos bajos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Un brazo bajo y el otro elevado	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	Dos brazos elevados	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
Piernas	Sentado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	De pie	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	Sobre una pierna recta	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	Sobre rodillas flexionadas	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	Sobre una rodilla flexionada	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	Arrodillado	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	Andando	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

Fuente. Ergonautas

OWAS asigna una **categoría de riesgo** a cada postura a partir de su **código de postura** (53) y establece las acciones correctivas para cada una de ellas.( Tabla 38. Categorías de Riesgo y Acciones correctivas. OWAS).

La propuesta de diseño se realizó basada en la metodología Design thinking que utiliza mecanismos para lograr soluciones innovadoras que aumentan el valor en las organizaciones.(54)

Esta metodología cuenta con 5 pasos elementales que se describen a continuación y que fueron utilizados para el desarrollo de la propuesta:

**Empatizar:** Es la base del proceso de diseño que está centrado en las personas y los usuarios. Lo básico para ser empático es:

- **Observar:** Mirar a los usuarios y sus comportamientos en el contexto de sus vidas. Se debe observar desde el exterior sin entrometerse, las mejores ideas vienen en estas situaciones así.
- **Involucrarte:** Generar una conversación, esta puede ser desde una pregunta de pasillo, una conversación más estructurada que incluye preguntas preparadas.(54)

**Definir:** Es traer claridad y enfoque al espacio de diseño en que se definen y redefinen los conceptos. Esta debe cumplir con ciertos criterios para que funcione bien: enmarcar un problema con un enfoque directo, que sea inspirador para el equipo, que genere criterios para evaluar ideas y contrarrestarlas, que capture las mentes y corazones de las personas que has estudiado, que

ayude a resolver el problema imposible de desarrollar conceptos que sirven para todo y para todos (54) .

**Idear:** En esta etapa se entrega los conceptos y los recursos para hacer prototipos y crear soluciones innovadoras. Todas las ideas son válidas y se combina todo desde el pensamiento inconsciente y consciente, pensamientos racionales y la imaginación (54) .

**Prototipar:** Es la generación de elementos informativos como dibujos, artefactos y objetos con la intención de responder preguntas que nos acerquen a la solución final. En esta etapa se inició la propuesta con un modelo en 3D y los planos de las estructuras (54) .

**Evaluar:** consiste en solicitar feedback y opiniones sobre los prototipos que se han creado de los mismos usuarios y colegas además de ser otra oportunidad para ganar empatía por las personas de las cuales estas diseñando de otra manera (54) .

Finalmente se entrega la propuesta con un modelo en 3D y los planos de estructura.

## **8. Consideraciones éticas**

Teniendo en cuenta la resolución 8430 de 1993 emitida por el Ministerio de Salud de Colombia, se informa que la investigación y las pruebas realizadas dentro de este proyecto están catalogadas “sin riesgo”, ya que es un estudio en el que no se realizó ninguna intervención o modificación dentro de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales.

Para el proceso de recolección de información con el fin de velar por el derecho a la privacidad, se omitirá datos personales como números de identificación y nombres dando un código a cada sujeto de estudio.

## 9. Resultados

### 9.1. Caracterización de la población objeto de estudio.

La población trabajadora del área de Geosistemas que opera la máquina Erema está constituida por 3 trabajadores, los cuales cubren 3 turnos rotativos cada uno de 8 horas distribuidos así: de 6 a.m. a 2 p.m., de 2 p.m. a 10 p.m. y de 10 p.m. a 6 a.m.

Con respecto a las características personales (Tabla 17), ocupacionales (Tabla 18) y las condiciones de salud y ausentismo (Tabla 19) se presentan a continuación, entendiendo que son solo 3 trabajadores, por lo cual no se requiere de un análisis porcentual.

**Tabla 17. Características personales de los trabajadores Máquina Erema 2019.**

Trabajador	Sexo	Edad	Estado civil
Trabajador 1	Masculino	56	No casado
Trabajador 2	Masculino	38	Casado
Trabajador 3	Masculino	26	No casado

**Fuente.** Base de datos suministrada por PAVCO. Elaborada por autores

Una vez analizada la información suministrada por la empresa se pudo establecer que los trabajadores todos son hombres, en edades entre los 26 años y los 56 años, con predominio solteros.

**Tabla 18. Información ocupacional de los operarios. Máquina Erema. 2019**

<b>Trabajador</b>	<b>Cargo</b>	<b>Antigüedad en el cargo</b>	<b>Antigüedad en la empresa</b>
Trabajador 1	Operador	6 meses	29 años
Trabajador 2	Ayudante	6 meses	12 años
Trabajador 3	Ayudante	6 meses	2 años

**Fuente.** Base de datos suministrada por PAVCO. Elaborada por autores

Con respecto a la información laboral, 2 de ellos tienen una antigüedad en la empresa de más de 10 años, la antigüedad en el cargo es la misma para los ayudantes como para el operador.

La rotación de cargo en el área es una vez al año.

**Tabla 19. Condiciones de salud y ausentismo. Operarios máquina Erema.2019**

<b>Trabajador</b>	<b>Diagnóstico</b>	<b>Accidentes de trabajo año 2019</b>	<b>Ausentismo en días por enfermedad general 2019</b>
Trabajador 1	Bursitis y amputación traumática	0	33
Trabajador 2	Ninguno	0	0
Trabajador 3	Gastroenteritis	0	2

**Fuente.** Base de datos suministrada por PAVCO. Elaborada por autores

Con la información suministrada por la empresa se puede evidencia que durante el primer semestre del 2019 en el área de Geosistemas no se presentaron accidentes de trabajo. De acuerdo con el ausentismo, un trabajador presenta incapacidad por un tiempo mayor a un mes, debido a enfermedad general con el diagnóstico de bursitis y la información suministrada por la empresa no da evidencia que la amputación traumática haya sido ocasionada por alguna actividad laboral.

## *9.2. Tareas y subtareas de peletizado del área de Geosistemas.*

En el área de Geosistemas de la empresa productora de tubos PVC se realiza la actividad de peletizado de material sintético como materia prima para esta actividad, el cual es reprocesado y transformado en forma de gránulos dentro de una máquina llamada Erema.

La actividad de peletizado inicia desde el abastecimiento del material, el cual es transportado al área con ayuda del montacargas y ubicado donde empieza el proceso de la máquina Erema. Una vez se encuentra el material disponible este es trasladado manualmente por el operario hacia el sistema alimentador de la máquina para dar inicio a este proceso.

Este material sigue su proceso dentro la máquina Erema pasando por el corte de las fibras, la trituración, extruido y finalmente su granulado, el cual es verificado por el operario durante todo el proceso. Una vez el material se encuentra granulado es almacenado en lonas como producto terminado.

Dentro de la actividad se generan situaciones no cotidianas, es decir que no se presentan con frecuencia durante el proceso como son el atascamiento del material, el cual ocurre en la cortadora, la trituradora y en el granulador.

A continuación, se describen las tareas y subtareas que se desarrollan durante el proceso de peletizado en la máquina Erema.

### **Tareas:**

1. Abastecimiento de material con montacargas
2. Alistamiento
3. Alimentación de la máquina
4. Verificación del sistema de granulación
5. Limpieza del área
6. Desplazamiento de producto terminado
7. Desatascar máquina cortadora
8. Desatascar máquina trituradora
9. Desatascar máquina granuladora

### **Subtareas:**

1. Abastecimiento de material con montacargas
  - Manipulación de montacargas para acercamiento de materia prima.
  - Descargue de la materia prima.
  - Verificación y selección de la materia prima a procesar.
2. Alistamiento
  - Verificación condiciones del área de trabajo.
  - Verificación condiciones de la máquina para operar.

- Encendido de bombas para circulación de agua durante el proceso.
- Encendido de máquina, zona trituradora, extrusora, sistema granulador, alimentadora y cortadora.
- Alistamiento de granulador.
- Cambio de filtros del granulador.
- Ajuste de granulador a la máquina.
- Instalación de estiba.
- Instalación de lona de almacenamiento de material peletizado.

### 3. Alimentación de la máquina

- Acercar el material geotextil que se encuentra en el suelo hacia la banda transportadora de alimentación.
- Organizar, desenredar, extender y cortar el material para ubicarlo en la banda transportadora.
- Ubicar el material sobre la banda alimentadora.
- Empujar con la ayuda de una herramienta(pala) el material de la banda cortadora a la reprocesadora.
- Recoger material del piso que se ha caído con la ayuda de una herramienta pala y ubicarlo nuevamente sobre la banda transportadora.

### 4. Verificación del sistema de granulación

- Verificación del corte y tamaño de los gránulos en forma manual.
- Retiro de gránulos que no cumplen con las dimensiones especificadas.

#### 5. Limpieza del área

- Barrido de material con soplete.
- Recoger material manualmente con recogedor.
- Ubicar material en bolsa.

#### 6. Desplazamiento de producto terminado

- Retiro de lona de la tolva.
- Manipulación del montacargas hacia la ubicación de la tolva.
- Desplazamiento de la lona con material peletizado al área de producto terminado.

#### 7. Desatascar máquina cortadora

- Parar máquina.
- Obturar botón de aumento de presurización de aire para apertura de los rollos pisadores.
- Evaluar el atascado para saber si se da reverso, se halla o se corta la materia.
- Subirse en la escalera.

- Desatascar material. (reverso, halar, corte)
- Bajarse de la escalera.
- Verificación de panel de control.

#### 8. Desatascar máquina trituradora

- Empujar la reprocesadora Erema para separarla de la trituradora.
- Desplazarse hacia la trituradora
- Soltar con la llave y mano tornillo frontal.
- Levantar la tapa de la trituradora.
- Con ayuda de una herramienta "barra de uña" desprende y remueve el material atascado.
- Levanta el material atascado con las manos o con la barra de uña y lo coloca en el piso
- Lleva el material atascado al contenedor de "tortas".
- Baja la tapa de la trituradora.
- Atornilla con la mano el tornillo de cierre.
- Empuja la reprocesadora hacia la trituradora para volverlas a ensamblar.

#### 9. Desatascar máquina granuladora

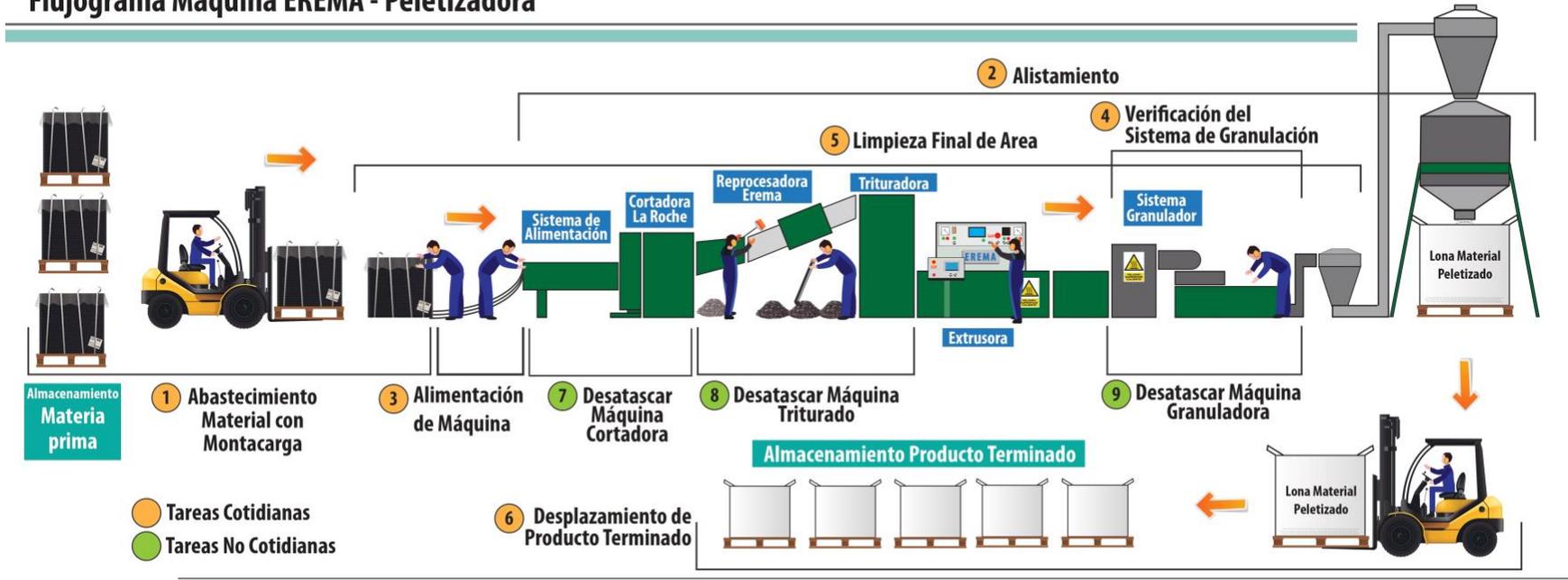
- Halar estructura granulador.
- Suelta tornillos motor granulador con las manos.

- Halar motor granulador. Dejar el motor granulador en el piso.
- Sacar material atascado con ayuda de la barra de uña.
- Levantar motor granulador. Colocar el motor granulador.
- Enroscar con las manos tornillos.
- empujar estructura granulador.
- Lleva el material atascado al contenedor de "tortas".

La figura 1 muestra el proceso productivo en cada una de las fases de peletizado de la máquina Erema

Figura 1. Flujograma Máquina Erema - Peletizadora, 2019

Flujograma Maquina EREMA - Peletizadora



Fuente. Elaboración Propia.

El proceso de peletizado se describe a continuación por cada una de las tareas y sus subtareas, donde se tiene en cuenta la duración en minutos por tarea, la duración total en minutos, el porcentaje de tiempo efectivo de la tarea, los equipos y herramientas que utilizan y los factores de riesgo que se identifican. (Tabla 20 a la tabla 28). Hay que tener en cuenta que hay 6 tareas que se llevan a cabo de manera cotidiana y 3 que son no cotidianas que tienen que ver con el proceso de desatascado. Estas tareas no cotidianas no están incluidas dentro del proceso de peletizado y se realizan de acuerdo a un requerimiento por lo tanto no se puede establecer una frecuencia determinada.

Cabe aclarar que el tiempo efectivo de trabajo que equivale a 465 minutos se calcula teniendo en cuenta 480 minutos de jornada de trabajo menos los 15 minutos utilizados para descanso.

**Tabla 20. Tarea 1. Abastecimiento material con montacargas. Máquina EREMA.**

Tarea 1	Subtareas	Duración x subtarea (min.)	Duración total (min.)	% tiempo efectivo de trabajo	Equipos y herramientas	Factores de riesgo
 <p>Almacenamiento Materia prima</p> <p>1 Abastecimiento Material con Montacarga</p> <p>Abastecimiento material con montacargas</p>	Manipulación de montacargas para acercamiento de materia prima.	3	10	2,15	Montacargas. Tijeras	<b>Carga Estática:</b> Posturas Inadecuadas
	Descargue de la materia prima.	4				
	Verificación y selección de la materia prima a procesar.	3				

**Fuente.** Elaboración Propia.

**Tabla 21. Tarea 2. Alistamiento Máquina EREMA.**

Tarea 2	Subtareas	Duración x subtarea (min.)	Duración total (min.)	%	Equipos y herramientas	Factores de riesgo
Alistamiento	Verificación condiciones del área de trabajo.	2	30	6,45	Destornillador de estrella Destornillador de pala Llave Bristol. Tubo. Espátula. Pinza. Llave expansora. Escalera de dos pasos.	<b>Carga Estática:</b> Posturas Inadecuadas y anti gravitacionales
	Verificación condiciones de la máquina para operar.	3				
	Encendido de bombas para circulación de agua durante el proceso.	4				
	Encendido de máquina, zona trituradora, extrusora, sistema granulador, alimentadora y cortadora.	4				
	Alistamiento de granulador.	3				
	Cambio de filtros del granulador.	4				

---

Ajuste de granulador a la máquina. 4

---

Instalación de estiba. 3

---

Instalación de lona de almacenamiento de material peletizado. 3

---



**Fuente.** Elaboración Propia.

**Tabla 22. Tarea 3. Alimentación de la Máquina EREMA.**

Tarea 3	Subtareas	Duración x subtarea (min.)	Duración total (min.)	%	Equipos y herramientas	Factores de riesgo
 <p><b>3 Alimentación de Máquina</b></p> <p>Alimentación de máquina</p>	Acercar el material geotextil que se encuentra en el suelo hacia la banda transportadora de alimentación.	0,5	324	69,68	Tijeras Pala	<b>Carga Estática:</b> Posturas inadecuadas y forzadas <b>Carga Dinámica:</b> Movimientos repetitivos y aplicación de fuerza. <b>Inadecuado diseño de puestos de trabajo</b> Planos de trabajo inadecuados
	Organizar, desenredar, extender y cortar el material para ubicarlo en la banda transportadora.	1				
	Ubicar el material sobre la banda alimentadora	1				
	Empujar con la ayuda de una herramienta (pala) el material de la banda cortadora a la reprocesadora.	0,5				
	Recoger material del piso que se ha caído con la ayuda de una herramienta pala y ubicarlo nuevamente sobre la banda transportadora.	1				

**Fuente.** Elaboración Propia.

**Tabla 23. Tarea 4. Verificación del sistema de granulación Máquina EREMA.**

Tarea 4	Subtareas	Duración x subtarea (min.)	Duración Total (min.)	%	Equipos y herramientas	Factores de riesgo
 <p>4 <b>Verificación del Sistema de Granulación</b></p> <p>Verificación del sistema de granulación</p>	Verificación del corte y tamaño de los gránulos en forma manual.	1	75	16,13	Colador Balde Cepillo	<b>Inadecuado diseño de puesto de trabajo;</b> Planos de trabajo Inadecuados. <b>Carga Estática:</b> Posturas inadecuadas
	Retiro de gránulos que no cumplen con las dimensiones especificadas.	1,5				

**Fuente.** Elaboración Propia.

**Tabla 24. Tarea 5. Limpieza del área Máquina EREMA.**

Tarea 5	Subtareas	Duración x subtarea (min.)	Duración total (min.)	%	Equipos y herramientas	Factores de riesgo
Limpieza del área	Barrido de material con soplete.	5	20	4,30	Soplete Recogedor	<b>Carga Estática:</b> Posturas inadecuadas
	Recoger material manualmente con recogedor	10				
	Ubicar material en bolsa.	5				

**5 Limpieza Final de Área**



**Fuente.** Elaboración Propia.

**Tabla 25. Tarea 6. Desplazamiento de producto terminado Máquina EREMA.**

Tarea	Subtareas	Duración x subtarea (min.)	Duración total (min.)	%	Equipos y herramientas	Factores de riesgo
Desplazamiento de producto terminado	Retiro de Lona de la tolva.	2	6	1,29	Montacarga. Escalera	<b>Carga Estática:</b> Postura antigravitacional.
	Manipulación del montacarga hacia la ubicación de la tolva.	2				
	Desplazamiento de la lona con material peletizado al área de producto terminado.	2				



**Total Tareas Cotidianas: 465 100,00 %**

**Fuente.** Elaboración Propia.

**Tabla 26. Tarea 7. Desatascar máquina cortadora Máquina EREMA. Tareas No Cotidianas.**

Tareas no cotidianas						
Tarea 7	Subtareas	Duración x subtarea (min.)	Duración total (min.)	%	Equipos y herramientas	Factores de riesgo
	Parar máquina.	0,5	14,5	3,12	Escalera de dos pasos Tijeras	<b>Inadecuado diseño de puesto de trabajo;</b> Planos de trabajo Inadecuados. <b>Carga Dinámica:</b> Inadecuada aplicación de fuerzas. <b>Carga Estática:</b> Posturas inadecuadas y forzadas
	Obturar botón de aumento de presurización de aire para apertura de los rollos pisadores.	0,5				
	Evaluar el atascado para saber si se da reverso, se hala o se corta la materia.	1				
	Subirse en la escalera.	1				
	Desatascar material. (Reverso, Halar, Corte)	10				
	Bajarse de la escalera.	0,5				
	Verificación de panel de control.	1				

**Fuente.** Elaboración Propia.

**Tabla 27. Tarea 8. Desatascar trituradora Máquina EREMA. Tareas No Cotidianas.**

Tarea 8	Subtareas	Duración x subtarea (min.)	Duración total (min.)	%	Equipos y herramientas	Factores de riesgo
 <p><b>8 Desatascar Máquina Trituradora</b></p> <p>Desatascar máquina trituradora</p>	Empujar la Reprocesadora Erema para separarla de la Trituradora	0,32	13,44	2,89	Llave de estrella 24-27 Tornillos Barra de uña	<b>Carga Estática:</b> Posturas inadecuadas y forzadas <b>Inadecuados diseño de puesto de trabajo:</b> Herramientas Inadecuadas Planos de trabajo inadecuados <b>Carga Dinámica:</b> Inadecuada aplicación de fuerzas.
	Soltar con la llave y mano tornillo frontal	0,25				
	Levantar la tapa de la trituradora	0,38				
	Con ayuda de una herramienta "Barra de uña" desprende y remueve el material atascado. Levanta el material atascado con las manos o con la barra de uña y lo coloca en el piso	11				
	Lleva el material atascado al contenedor de "Tortas"	1				
	Baja la tapa de la trituradora	0,08				
	Atornilla con la mano el tornillo de cierre	0,25				
	Empuja la Reprocesadora hacia la Trituradora para volverlas a ensamblar	0,16				

**Fuente.** Elaboración Propia.

**Tabla 28. Tarea 9. Desatascar granuladora Máquina EREMA. Tareas No Cotidianas.**

Tarea 9	Subtareas	Duración x subtarea (min.)	Duración total (min.)	%	Equipos y herramientas	Factores de riesgo
 <p><b>9 Desatascar Máquina Granuladora</b></p> <p>Desatascar máquina granuladora</p>	Halar estructura granulador	1	21		Barra de uña	<b>Carga Dinámica:</b> Inadecuada aplicación de fuerzas <b>Inadecuados diseño de puesto de trabajo:</b> Planos de trabajo Inadecuados
	Suelta tornillos motor granulador con las manos	1				
	Halar motor granulador. Dejar el motor granulador en el piso	10,5				
	Sacar material atascado con ayuda de la Barra de uña	4				
	Levantar motor granulador. Colocar el motor granulador	1,5				
	Enroscar con las manos tornillos	1				
	Empujar estructura granulador	1				
	Traslado el material atascado al contenedor de "Tortas"	1				

**Fuente.** Elaboración Propia.

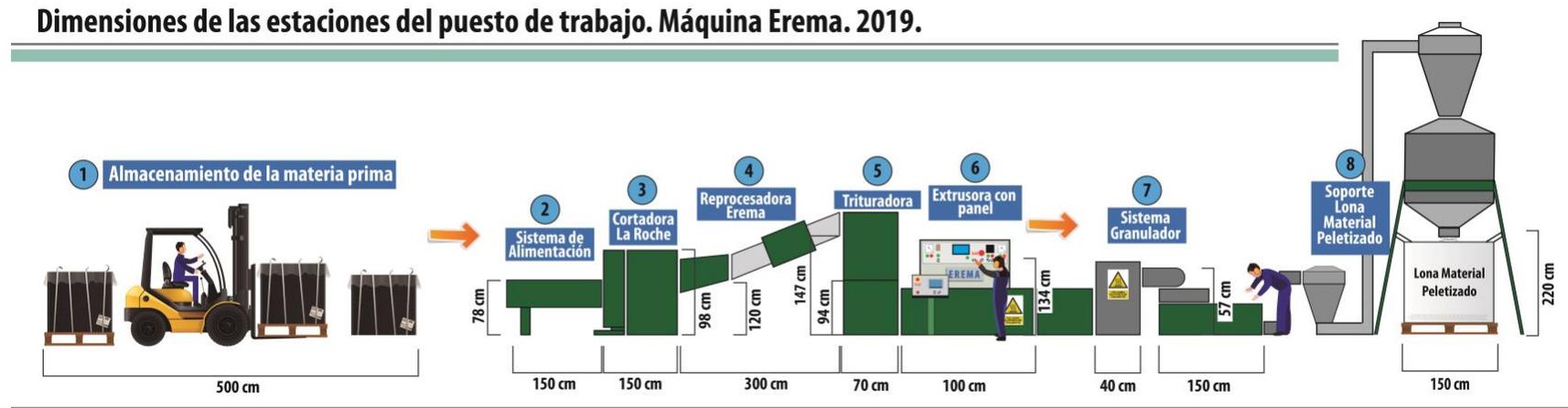
A continuación, se presentan los datos sobre las dimensiones de las diferentes estaciones del puesto de trabajo en la máquina Erema.

**Tabla 29. Dimensiones de las estaciones del puesto de trabajo. Máquina Erema.2019**

N° Estaciones de trabajo	8							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Nombre de las estaciones	Almacenamiento de la materia prima	Sistema de alimentación	Cortadora La Roche	Reprocesadora Erema	Trituradora	Extrusora con panel	Sistema Granulador	Soporte Lona Material Peletizado
Posición de la estación de trabajo	Móvil=1	Fijo=0	Fijo=0	Fijo=0	Fijo=0	Fijo=0	Móvil=1	Fijo=0
Dimensiones de la estación de trabajo en m2	15	1,05	1,5	1,5	0,658	0,7	0,6	2,25
Ancho de la estación de trabajo en cm	500	150	150	300	70	100	40	150
Largo de la estación de trabajo en cm	300	70	100	50	70	70	150	150
Alto de la estación de trabajo en cm	0	78	98	120 a 147	94	134	57	220

**Fuente.** Elaboración Propia.

Figura 2. Dimensiones de las estaciones del puesto de trabajo. Máquina Erema.2019.



Fuente. Elaboración Propia.

### ***9.3. Identificación de factores de Riesgo Ergonómico.***

Teniendo en cuenta los factores de riesgo identificados con la herramienta de primer nivel, se aplicó el método REBA para la primera tarea considerada crítica, alimentación de la máquina y para la segunda tarea de desatascado el método OWAS; se identificó que esta tarea crítica no solamente se realiza en la trituradora sino también ocurre en la cortadora y el granulador.

#### **9.3.1. Resultados de la aplicación del Método REBA**

Los resultados obtenidos con respecto a la puntuación en la aplicación del método REBA en la tarea de alimentación de la máquina se presenta a continuación (Tabla 30 a tabla 33).

**Tabla 30. Método REBA. Alimentación de la máquina. Grupo A**

Método	Tarea	Subtareas	Segmentos							
			Grupo A							
			Tronco	Cuello	Piernas	Puntuación	Fuerza	Puntuación final	Riesgo	Actuación
REBA	Alimentación de máquina	Traslado de material a máquina Erema	5	1	3	7	1	8	3	Es necesaria la actuación cuanto antes
		Organizar, extender y desenredar material	4	2	2	6	1	7	2	Es necesaria la actuación.
		Acomodación de material en banda	3	1	3	5	1	6	2	Es necesaria la actuación.

**Fuente.** Elaboración Propia.

**Tabla 31. Método REBA. Alimentación Máquina. Grupo B. Lado Izquierdo**

Método	Tarea	Subtareas	Segmentos							
			Grupo B							
			Izquierdo							
			Brazo	Antebrazo	Muñeca	Puntuación	Tipo de agarre	Puntuación final	Riesgo	Actuación
REBA	Alimentación de máquina	Traslado de material a máquina Erema	1	1	1	1	0	1	1 Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
		Organizar, extender y desenredar material	2	2	1	2	0	2	1 Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
		Acomodación de material en banda	-	-	-	-	-	-	-	-

**Fuente.** Elaboración Propia.

**Tabla 32. Método REBA. Alimentación Máquina. Grupo B. Lado Derecho**

Método	Tarea	Subtareas	Segmentos							
			Grupo B							
			Derecho							
			Brazo	Antebrazo	Muñeca	Puntuación	Riesgo	Actuación	Tipo de agarre	Puntuación final
REBA	Alimentación de máquina	Traslado de material a máquina Erema	3	2	3	5	2 Medio	Es necesaria la actuación.	0	5
		Organizar, extender y desenredar material	3	2	2	5	2 Medio	Es necesaria la actuación.	0	5
		Acomodación de material en banda	3	2	1	4	2 Medio	Es necesaria la actuación.	1	5

**Fuente.** Elaboración Propia.

**Tabla 33. Método REBA. Alimentación Máquina. Puntuación Final.**

Método	Tarea	Subtareas	Puntuación C (final)					
			Izquierda			Derecha		
			Puntuación con actividad muscular	Riesgo	Actuación	Puntuación con actividad muscular	Riesgo	Actuación
REBA	Alimentación máquina	Traslado de material a máquina Erema	8	3 alto	Es necesaria la actuación cuanto antes	10	3 Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes
		Organizar, extender y desenredar material	8	3 alto	Es necesaria la actuación cuanto antes	10	3 Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes
		Acomodación de material en banda	-	-	-	9	3 Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes

**Fuente.** Elaboración Propia.

Teniendo en cuenta la actividad de alimentación de la máquina Erema para el proceso de peletización, se evidencia mediante aplicación de herramienta de segundo nivel riesgo medio y alto para los segmentos corporales de cuello, tronco y piernas siendo de mayor riesgo el traslado de material hacia la banda alimentadora de la máquina, el cual exige un nivel de actuación inmediato. (Tabla 34. Interpretación del Nivel de actuación según la puntuación final obtenida. Herramienta REBA).

El nivel de riesgo para el miembro superior izquierdo en todas las subtarefas en la operación de alimentación de la máquina Erema es bajo, en el cual puede ser necesaria la actuación (Tabla 34 Interpretación del Nivel de actuación según la puntuación final obtenida. Herramienta REBA), con el fin de evitar alteraciones futuras en estos segmentos. En el miembro superior derecho se evidenció un nivel de riesgo medio por lo cual es necesaria la actuación (Tabla 34 Interpretación del Nivel de actuación según la puntuación final obtenida. Herramienta REBA), con el fin de mitigar el impacto de este sobre la salud de los trabajadores expuestos.

Teniendo en cuenta lo evidenciado anteriormente y sumado al tipo de actividad muscular utilizada para la realización de la alimentación de la máquina Erema es necesario la toma de medidas de control en la ejecución de la operación con el fin de minimizar los factores de riesgo ergonómico y la presencia de sintomatología osteo muscular.

La alimentación de la máquina Erema representa para los trabajadores que la operan un riesgo alto de sufrir alteraciones del sistema músculo esquelético, lo cual requiere una

intervención pronta. (Tabla 34 Interpretación del Nivel de actuación según la puntuación final obtenida. Herramienta REBA).

**Tabla 34. Interpretación del Nivel de actuación según la puntuación final obtenida.**

**Herramienta REBA**

Herramienta REBA		
Nivel de actuación		
Puntuación	Nivel de riesgo	Nivel de actuación
1	 Nivel 1 Inapreciable	No es necesaria actuación
2 o 3	 Nivel 2 Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4 a 7	 Nivel 3 Medio	Es necesaria la actuación.
8 a 10	 Nivel 4 Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11 a 15	 Nivel 5 Muy Alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

**Fuente.** Ergonautas

**9.3.2. Resultado de la aplicación del Método OWAS.**

En las siguientes tablas (35 a 37) se presentan los resultados obtenidos al aplicar el método OWAS en las tareas de desatascado en cortadora, trituradora y granuladora con sus respectivas fases o subtareas.

**Tabla 35. Método OWAS. Desatascado Cortadora.**

Tarea	Fases	Código de postura				Interpretación del riesgo	OWAS					
		E	B	P	C		R	% Posiciones				
		s	r	i	a		Espalda	Brazos	Piernas	Carga		
		p	a	e	r							
		a	z	r	g							
		l	o	n	a							
		d	s	a	o							
		a	s									
Desatasca do cortadora	Desatas car	4	1	2	1	2	Postura con posibilidad de causar daño al sistema músculo esquelético. Se requieren acciones correctivas en un futuro cercano.	100% de las posturas adoptadas se encuentran en riesgo 2	100% doblada con giro	100% los dos brazos abajo	100% de pie	100% menos de 10 kg

**Fuente.** Elaboración Propia.

**Tabla 36. Método OWAS. Desatascado Trituradora.**

Tarea	Fases	OWAS					Interpretación del riesgo	Categoría del riesgo	% Posiciones				
		E	B	P	C	R			Espalda	Brazos	Piernas	Carga	
		s	r	i	a	i							
		p	a	e	r	e							
		a	z	r	g	s							
		l	o	n	a	g							
		d	s	a		o							
		a		s									
Desatascado trituradora	Empujar reprocesadora	2	3	3	3	3	Postura con efectos dañinos sobre el sistema músculo esquelético. Se requieren acciones correctivas lo antes posible.	50% de las posturas adoptadas se encuentran en riesgo 3, el 13% de las posturas adoptadas se encuentran en riesgo 2 y 37% de las posturas adoptadas se encuentran en riesgo 1.	50% doblada 37% derecha 13% doblada con giro	38% elevados 25% abajo 37% uno abajo y elevado	37% de pie 50% una pierna recta 13% andand o	25% menos de 10 kg 25% mayor a 20 kg 50% entre 10 y 20 kg	
	Soltar la tapa de trituradora	1	2	2	1	1	Postura normal y natural sin efectos dañinos en el sistema músculo esquelético. No requiere acción.						
	Levantar tapa de trituradora	2	1	3	2	2	Postura con posibilidad de causar daño al sistema músculo esquelético. Se requieren acciones correctivas en un futuro cercano.						
	Sacar material atascado	4	2	2	2	3	Postura con efectos dañinos sobre el sistema músculo esquelético. Se requieren acciones correctivas lo antes posible.						
	Trasladar	2	1	7	2	3	Postura con efectos dañinos						

material atascado						sobre el sistema músculo esquelético. Se requieren acciones correctivas lo antes posible.
Bajar tapa de trituradora	1	3	3	2	1	Postura normal y natural sin efectos dañinos en el sistema músculo esquelético. No requiere acción.
Atornillar tapa	1	2	2	1	1	Postura normal y natural sin efectos dañinos en el sistema músculo esquelético. No requiere acción.
Empujar reprocesa dora	2	3	3	3	3	Postura con efectos dañinos sobre el sistema músculo esquelético. Se requieren acciones correctivas lo antes posible.

**Fuente.** Elaboración Propia.

**Tabla 37. Método OWAS. Desatascado Granulador.**

Tarea	Fases	OWAS																		
		Código de postura					Interpretación del riesgo	Categoría del riesgo	% Posiciones											
		E	B	P	C	R			Espalda	Brazos	Piernas	Carga								
		s	r	i	a	i														
		p	a	e	r	e														
		a	z	r	g	s														
		l	o	n	a	g														
		d	s	a	o															
		a	s																	
Desatascado granulador	Halar estructura granulador	2	2	2	2	2	Postura con posibilidad de causar daño al sistema músculo esquelético. Se requieren acciones correctivas en un futuro cercano.	30% de las posturas adoptadas se encuentran en riesgo 1, el 50% de las posturas adoptadas se encuentran en riesgo 2 y el 20% de las posturas adoptadas se encuentran en riesgo 3.	70% doblada 30% derecha	10% elevados 50% abajo 40% uno abajo y otro elevado	30% de pie 60% una pierna recta 10% andand o	20% menos de 10 kg 0% mayor a 20 kg 80% entre 10 y 20 kg								
	Suelta tornillos motor granulador con las manos.	1	2	2	1	1	Postura normal y natural sin efectos dañinos en el sistema músculo esquelético. No requiere acción.													
	Halar motor granulador. Dejar el motor granulador en el piso.	2	1	3	2	2	Postura con posibilidad de causar daño al sistema músculo esquelético. Se requieren acciones correctivas en un futuro cercano.													
	Sacar material atascado	2	2	3	2	3	Postura con efectos dañinos sobre el sistema músculo esquelético.													

con ayuda de la Barra de uña						Se requieren acciones correctivas lo antes posible.
Levantar motor granulador.	2	1	3	2	2	Postura con posibilidad de causar daño al sistema músculo esquelético.
Colocar el motor granulador						Se requieren acciones correctivas en un futuro cercano.
Enroscar con las manos tornillos	1	2	2	1	1	Postura normal y natural sin efectos dañinos en el sistema músculo esquelético. No requiere acción.
Empujar estructura granulador	1	3	3	2	1	Postura normal y natural sin efectos dañinos en el sistema músculo esquelético. No requiere acción.
Traslado del material atascado al contenedor de "Tortas"	2	1	7	2	3	Postura con efectos dañinos sobre el sistema músculo esquelético. Se requieren acciones correctivas lo antes posible.

**Fuente.** Elaboración Propia.

Una vez realizada la aplicación de herramienta para los tres momentos de atascado que se pueden presentar durante el proceso de peletizado en la máquina Erema y teniendo en cuenta los criterios del método (Tabla 38. Categorías de Riesgo y Acciones correctivas. OWAS), se pudo evidenciar que la postura que predomina en un 50% en el operario evaluado es: espalda doblada con una pierna recta, un brazo arriba y el otro abajo y manipulación de carga entre 10 y 20 kg, con **un nivel de riesgo 3** (Tabla 38 Categorías de Riesgo y Acciones correctivas. OWAS) para el operario pudiéndole ocasionar daños sobre el sistema músculo esquelético, necesitando una **intervención lo antes posible** en el proceso y en la máquina.

Además, en el área de desatascado de granulador se evidencia riesgo en las subtareas: halar estructura granulador; halar motor granulador y dejar el motor granulador en el piso; sacar material atascado con ayuda de la barra de uña; levantar motor granulador. y colocar el motor granulador y el traslado del material atascado al contenedor de "Tortas". Los riesgos se ven en la manipulación manual de cargas ya que todas estas subtareas implican el levantamiento de máquinas o equipos y de material atascado.

**Tabla 38: Categorías de Riesgo y Acciones correctivas. OWAS.**

Categoría de Riesgo	Efecto de la postura	Acción requerida
1	Postura normal y natural sin efectos dañinos en el sistema músculo esquelético.	No requiere acción.
2	Postura con posibilidad de causar daño al sistema músculo esquelético.	Se requieren acciones correctivas en un futuro cercano.
3	Postura con efectos dañinos sobre el sistema músculo esquelético.	Se requieren acciones correctivas lo antes posible.

4		La carga causada por esta postura tiene efectos sumamente dañinos sobre el sistema músculo esquelético.	Se requiere tomar acciones correctivas inmediatamente.
---	--	---	--

**Fuente.** Ergonautas

*9.4. Comparación de resultados de la herramienta de primer nivel con la herramienta de segundo nivel para identificación de factores de riesgo*

**Tabla 39. Cuadro comparativo resultados herramienta primer nivel y segundo nivel REBA**

Tarea	Segmentos	Herramienta primer nivel	Herramienta segundo nivel -REBA
Alimentación de máquina Erema	Miembros Superiores	La herramienta dio una puntuación de 4 para hombro (flexión y abducción mayor de 45° o extensión mayor a 20°) por más del 10% del tiempo del ciclo de trabajo, más movimientos repetitivos en ciclos cortos y alta concentración de movimientos (criterio GATISSO-OCRA). Siendo una postura antigravitacional representa riesgo para hombro. La puntuación de mano-muñeca es 5 calificando como duro la intensidad del esfuerzo, con una duración de esfuerzo entre el 50% al 79% del ciclo de trabajo, con una postura de muñeca mala (flexo-extensión mayor a 45° con desviación radial mayor a 15° o cubital mayor a 20°, representando riesgo para este segmento.	Se obtuvo una puntuación de 3 en brazo para las 3 subtareas identificadas y evaluadas (traslado de material, organizar, desenredar, extender, cortar el material y acomodación del material en la banda alimentadora), con una postura del brazo entre 21 y 90° de flexión, teniendo en cuenta que en la subtarea de organizar, desenredar, extender y cortar el material se penaliza por estar en abducción y rotación. Para la subtarea de traslado de material existe apoyo a favor de la gravedad. De acuerdo a estos resultados se identifica un riesgo para brazo. La puntuación de muñeca es 1 cuya posición es flexión o extensión de 0 a 15° con una torsión o desviación lateral de la muñeca en la subtarea de

		organizar, desenredar, extender y cortar el material. Con estos resultados no se evidencia mayor riesgo en este segmento de acuerdo al análisis de las 3 subtareas.
Tronco, cuello y piernas	La herramienta dio una puntuación de 3.5 teniendo en cuenta que la postura del tronco es incomoda más del 30% del ciclo de trabajo (flexión mayor o igual de 20 a 60°, extensión de 5 o 10°, inclinación o rotación de 5 o 10°) (NTC 5723). Con postura incomoda de piernas más del 30% del ciclo de trabajo (si los 2 pies no están apoyados o el peso del cuerpo no está simétricamente distribuido, o si ambas rodillas se encuentran con más de 60° de flexión). Se dio puntuación de 0 para cuello lo cual no representa riesgo para este segmento. Teniendo en cuenta los resultados existe un nivel de riesgo para tronco y piernas.	Analizadas las 3 subtareas, el tronco se encuentra en una posición de flexión entre 20 y 60 grados para las subtareas de organizar, desenredar, extender, cortar y acomodación del material en la banda alimentadora, y mayor de 60° para la subtarea de traslado de material, penalizada con torsión e inclinación del tronco. Teniendo en cuenta estos resultados se evidencia un factor de riesgo importante para este segmento. La puntuación en piernas para las 3 subtareas, representa adopción de postura inestable con flexión de una rodilla. Se evidenció que, para las subtareas de traslado de material, organizar, desenredar, extender, cortar el material la postura del cuello se encontraba en flexión mayor a 20°. De acuerdo con estos resultados se evidencia riesgo para estos 3 segmentos.
Manipulación manual de cargas	Se dio una calificación de 3 para la manipulación manual de cargas teniendo en cuenta NIOSH-NTC 5693-1, la cual evalúa para cargas mayores de 3 kg en	Esta herramienta confirma que existe una manipulación manual de cargas entre 5 y 10 kg en la alimentación de la máquina, que aumenta el

	postura bípeda, con desplazamientos cortos sin incluir cargas en sedente ni manipulación de personas.	nivel de riesgo para tronco, cuello y piernas. Adicionalmente determinó un nivel de agarre bueno de la carga para las 3 subtareas.
Actividad muscular	La herramienta de primer nivel no evalúa la actividad muscular	Se producen cambios de posturas importantes y adopción de posturas inestables durante todo el proceso de la alimentación de la máquina Erema aumentando el nivel de riesgo para miembros superiores, tronco, cuello y piernas.
Calificación final	El resultado de la herramienta evidencia una puntuación de 4.9 que representa un nivel de actuación inmediato haciendo énfasis en los segmentos corporales de hombro, mano-muñeca que tuvieron la mayor puntuación.	El resultado de la herramienta evidencia la siguiente puntuación para las subtareas: Traslado de material con puntuación final de 11 muy alto y nivel de actuación inmediata. Organizar, desenredar, extender, cortar el material con puntuación final de 10 alto y nivel de actuación cuanto antes Acomodación del material en la banda alimentadora con puntuación 9 alto y nivel de actuación cuanto antes. De acuerdo a los resultados anteriores se sugiere intervenir en las 3 subtareas haciendo énfasis en la subtarea de traslado de material, especialmente en los segmentos corporales de hombro, tronco, cuello y piernas.

**Fuente.** Elaboración Propia.

De acuerdo al cuadro comparativo a continuación se menciona lo más relevante del análisis realizado:

- Cada una de las herramientas (primer nivel y segundo nivel) califican el nivel de riesgo en forma diferente, siendo la herramienta de primer nivel una combinación de varias metodologías (OCRA, JSI, Niosh, REBA) y la de segundo nivel una sola herramienta con una metodología estandarizada.
- En la herramienta de primer nivel solo se evidencia la calificación del nivel de actuación, en la herramienta REBA ya se tiene ya establecida una tabla que califica el nivel de riesgo como el nivel de actuación.
- En la herramienta de primer nivel no se evalúan los dos hemicuerpos independientemente (derecho-izquierdo), en REBA se realizó la evaluación de estos por separado. Una vez analizados se evidenció que para miembro superior izquierdo no representa riesgo la realización de la tarea de alimentación de la máquina.
- En la herramienta de segundo nivel se realizó la identificación de 3 subtareas que contemplan la tarea global de alimentación de la máquina Erema, lo que permitió evaluar el nivel de riesgo en forma más detallada; la herramienta de primer nivel evaluó la tarea en forma global.
- En el resultado de la puntuación de la manipulación manual de cargas en la herramienta de primer nivel no evidencia el peso de la carga que se tuvo en cuenta, ya que existen rangos que van desde los 6 kg hasta una carga superior a 25 kg. En la herramienta REBA se determinó una manipulación manual de carga en un rango establecido entre 5 a 10 kg.

- La evaluación de mano-muñeca para la herramienta de primer nivel se calificó con una puntuación alta teniendo en cuenta que se calificó como una postura mala (flexo-extensión mayor a 45° con desviación mayor 20°). En la herramienta REBA una vez evaluado los ángulos para las 3 subtareas se encontró que la posición de la muñeca no supera los 15° de flexo-extensión.
- Para los segmentos tronco, cuello y piernas en ambas herramientas se evidencia un nivel de riesgo, siendo en la herramienta de segundo nivel un riesgo mayor al evidenciado en la calificación de la herramienta de primer nivel.
- La herramienta de primer nivel no evalúa actividad muscular como lo hace la herramienta REBA, la cual identifica durante toda la tarea cambios de posturas importantes y adopción de posturas inestables aumentando el nivel de riesgo para el desarrollo de la tarea.
- De acuerdo a la calificación final de las 2 herramientas se concluye que estas evidenciaron nivel de riesgo para hombro, tronco, cuello y piernas, siendo para la herramienta de segundo nivel una calificación mayor para los segmentos de tronco, cuello y piernas y para el primer nivel en miembros superiores.

**Tabla 40. Cuadro comparativo resultados herramienta primer nivel y segundo nivel-OWAS**

Operación	Segmentos	Herramienta primer nivel	Herramienta segundo nivel -OWAS
Desatascar máquina (trituradora)	Miembros Superiores	La herramienta dio una puntuación de 3 para hombro (flexión y abducción mayor de 45° o extensión mayor a 20°) por más del 10% del tiempo del ciclo de trabajo	En el 38% de la ejecución de la tarea de desatascado de la máquina trituradora se evidenció que los dos brazos se encuentran elevados, el 37% un brazo abajo y el otro elevado y el

	<p>(OCRA-NTC 5693-3). Con aplicación de fuerza con uno o 2 brazos, representando riesgo para este segmento. La puntuación de mano-muñeca es de 3 donde se tuvo en cuenta la intensidad del esfuerzo, con una duración del 10 al 20% del ciclo de trabajo. califica la postura de muñeca regular, evidenciándose riesgo para estos segmentos (hombro, mano-muñeca).</p>	<p>25% los dos brazos abajo. El método determina que en un 76% los brazos se encuentran en un nivel de riesgo 2 (los 2 brazos arriba o un brazo arriba y el otro abajo) evidenciadas en las subtareas de empujar, soltar la tapa, sacar el material atascado, bajar la tapa del triturador, atornillar la tapa y empujar la reprocesadora.</p>
<p>Tronco, cuello y piernas</p>	<p>La herramienta dio una puntuación de 3.5 teniendo en cuenta que la postura del tronco es incomoda más del 30% del ciclo de trabajo (flexión mayor o igual de 20 a 60°, extensión de 5 o 10°, inclinación o rotación de 5 o 10°) (NTC 5723). Con postura incomoda de piernas más del 30% del ciclo de trabajo (si los 2 pies no están apoyados o el peso del cuerpo no está simétricamente distribuido, o si ambas rodillas se encuentran con más de 60° de flexión). Con postura incomoda de piernas más del 30% del ciclo de trabajo (si los 2 pies no están apoyados o el peso del cuerpo no está simétricamente distribuido, o si ambas rodillas se encuentran con más de 60° de flexión). Se dio puntuación de 0 para cuello lo cual no</p>	<p>En el 50% de la ejecución de la tarea de desatascado de la máquina trituradora se evidenció que la espalda se encuentra doblada mayor a 20°, el 37% espalda derecha (recta) y el 13% doblada con giro. El método determina que en un 63% la espalda se encuentra en un nivel de riesgo 2 (doblada y doblada con giro) evidenciadas en las subtareas de empujar, levantar la tapa del triturador, llevar el material atascado y empujar la reprocesadora. En el 50% de la ejecución de la tarea se encuentra una pierna recta y el 37% de pie y 13 % andando. El método determina que en un 50% las piernas se encuentran en un nivel de riesgo 2 ( de pie con una pierna recta y la otra flexionada) evidenciadas en las subtareas de</p>

	<p>representa riesgo para este segmento.                  Teniendo en cuenta los resultados existe un nivel de riesgo para tronco y piernas.</p>	<p>empujar, levantar la tapa del triturador, bajar tapa del triturador y empujar la reprocesadora.</p>
<p>Manipulación manual de cargas</p>	<p>Se dio una calificación de 4 para la manipulación manual de cargas teniendo en cuenta NIOSH-NTC 5693-1, la cual evalúa para cargas mayores de 3 kg en postura bípeda, con desplazamientos cortos sin incluir cargas en sedente ni manipulación de personas. Con agarre de la carga a más de 25 cm de la parte frontal del tronco. Evidenciándose un riesgo al realizar esta actividad.</p>	<p>La herramienta evidencia que el 50% de la tarea tiene una fuerza ejercida entre 10 y 20 kg, el 25% mayor o igual a 20 kg y el 25% menor a 10 kg. De acuerdo a estos resultados se evidencia que el 50% de la tarea se realiza levantamiento de carga (material atascado) con un peso entre 10 a 20 kg y que solo el 25% de la tarea se ejerce una fuerza mayor a 20 kg en la realización de las subtareas de empujar la reprocesadora lo cual representa un nivel de riesgo bajo.</p>
<p>Calificación final</p>	<p>El resultado de la herramienta evidencia una puntuación de 4.3 que representa un nivel de actuación inmediato, con énfasis en el factor de riesgo de levantamiento de cargas para todos los segmentos corporales, teniendo en cuenta que la descripción de la tarea refiere que se debe halar la banda transportadora que pesa hasta 200 kg y abrir la tapa con un peso aproximado de 30 kg.</p>	<p>El resultado de la herramienta evidencia que el 50% de la ejecución de la tarea las posturas que se adoptan se encuentran en riesgo 3 requiriendo estas acciones correctivas lo antes posibles en las subtareas de empujar la reprocesadora, sacar el material atascado y llevar material atascado.</p>

**Fuente.** Elaboración Propia.

De acuerdo al cuadro comparativo a continuación se menciona lo más relevante del análisis realizado:

- La herramienta de primer nivel realiza el análisis por segmentos y la de segundo nivel además de analizar por segmentos incluye el análisis de postura.
- En la aplicación de la herramienta de segundo nivel se identifican las siguientes subtareas para el análisis del método: Empujar reprocesadora, soltar la tapa, levantar la tapa del triturador, sacar material atascado, llevar material atascado, bajar tapa del triturador, atornillar tapa y empujar reprocesadora.
- La herramienta de primer nivel describe en forma global la tarea de desatascado de la trituradora y con la herramienta de segundo nivel se pudo a analizar las mismas tareas identificando 8 subtareas. Se realizó aplicación de la segunda herramienta para los desatascados en la cortadora y granulador.
- La herramienta de primer nivel determina el nivel de actuación de toda la tarea a diferencia de la herramienta OWAS que determina el nivel de riesgo por segmento y por posturas.

### *9.5. Propuesta de intervención para el puesto de trabajo en el proceso de peletizado de la máquina Erema.*

Para desarrollar la propuesta de diseño se usó el método Design Thinking que consiste en el desarrollo de los siguientes 5 pasos:

- **Descripción del repertorio tecnológico:** Se realizó la revisión de máquinas, herramientas e insumos de las tareas de alimentación de la máquina y desatascado de la trituradora.
- **Empatizar:** En este proceso se recopilaron datos durante las 4 visitas realizadas a la planta en donde se logró observar escenarios que permitieron identificar diferentes factores de riesgo ergonómico específicamente en las diferentes posturas adoptadas por los operarios dentro del proceso.
- **Definir:** Se definieron los factores de riesgo ergonómico, posturas forzadas y levantamiento de cargas.
- **Idear:** En este paso se desarrolló el planteamiento de diferentes conceptos claves que ayudan a dar ideas sobre las posibles soluciones que ayuden a resolver los factores de riesgo ergonómico identificados. Estos conceptos se encuentran enunciados más detalladamente a continuación durante el desarrollo del método

- **Prototipar:** Finalmente se desarrollan las propuestas en las que buscamos dar soluciones puntuales a los factores de riesgo identificados.

A continuación se desarrolla el método para las dos tareas críticas:

**a. Alimentación de la máquina**

- **Repertorio Tecnológico**

**Tabla 41. Repertorio Tecnológico Alimentación de la máquina.**

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>
Máquina Erema – Sistema de Alimentación	Electricidad
Tijeras	Materia prima
Montacargas	

**Fuente.** Elaboración Propia.

- **Empatizar**
  - ✓ El trabajador debe flexionar brazos, tronco y cuello varias veces.
  - ✓ Debe halar con fuerza la materia prima para llevarla a la zona de alimentación de la máquina.
  - ✓ Debe cortar la materia prima cuando se enreda el material,
  - ✓ Debe flexionar su tronco para recoger el material del piso.

- **Definir**

Se enumeran los factores de riesgo identificados en la herramienta de segundo nivel REBA.(Tabla 42).

**Tabla 42. Definición de factores de riesgo ergonómico Alimentación de la máquina.**

<b>Grupos</b>	<b>Segmentos</b>	<b>Áreas afectadas</b>	<b>Subtareas</b>
<b>Miembros Superiores</b>	Brazos	-Brazo flexión más de 90° (Lado derecho)	Traslado de material
	Antebrazos	-Antebrazo flexión por debajo de 60° o más de 100° (Lado derecho)	
	Muñecas	-Muñeca flexionada o extendida más de 15° con torsión o desviación lateral de muñeca. (Lado derecho)	Organizar, desenredar, extender y cortar el material
		-Brazo abducido o rotado (Lado derecho)	
		-Antebrazo flexionado por debajo de 60° o más de 100° (Lado derecho)	Acomodación de material sobre la banda
		-Muñeca flexionada o extendida más de 15° con torsión o desviación lateral de muñeca. (Lado derecho)	
		-Antebrazo flexionado por debajo de 60° o más de 100° (Lado izquierdo)	Traslado de material
		-Brazo entre 46° y 90° de flexión (Lado derecho)	
		-Antebrazo flexionado por debajo de 60° o más de 100° (Lado derecho)	Organizar, desenredar, extender y cortar mat.
<b>Tronco / Cuello</b>	Tronco Cuello	-Tronco Flexionado más de 60° con torsión o inclinación lateral del tronco.	
		-Tronco Flexionado entre 20° y 60° o más de 20° de extensión con torsión o inclinación lateral del tronco.	
		-Cuello extendido o flexionado más de 20°.	

		-Tronco Flexionado entre 20° y 60° o más de 20° de extensión.	Acomodación de material sobre la banda
<b>Miembros Inferiores</b>	Piernas	Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable, con flexión de una o ambas rodillas entre 30 y 60°	Traslado de material Acomodación de material sobre la banda
		Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable.	Organizar, desenredar, extender y cortar mat.
<b>Manipulación manual de cargas</b>	Fuerza o carga ejercida	Entre 5 y 10 kg	Traslado de Material Organizar, desenredar, extender y cortar mat.
			Acomodación de material sobre la banda
<b>Tipo de Agarre</b>	Agarre	Agarre regular (El agarre con la mano es aceptable pero no ideal o aceptable usando otras partes del cuerpo)	Acomodación de material sobre la banda
<b>Actividad muscular</b>	Actividad muscular	Cambios de postura importantes o posturas inestables.	Traslado de Material
			Organizar, desenredar, extender y cortar mat.
			Acomodación de material sobre la banda

**Fuente.** Elaboración Propia.

- **Idear**

Se da la generación de múltiples ideas por medio de lluvias de ideas para minimizar los factores de riesgo ergonómico en estos operarios.

Se plantean las siguientes palabras clave: mesa, plataforma, plano alto, banda transportadora, nivelar.

Por medio de la generación de estas palabras clave se permite ver posibles soluciones entre ellas subir el plano de trabajo, que la materia prima se pueda movilizar con menos dificultad desde el `piso hasta la máquina alimentadora, levantamiento del plano de almacenamiento de materia prima, herramientas livianas para el corte de la materia prima y subir el plano de trabajo para trasladar, organizar y acomodar la materia prima en la máquina.

- **Prototipar**

Se desarrolla una propuesta justificada (Tabla 43) mediante unas preguntas que indican los motivos de intervención. Además se desarrolla una lista de requerimientos y determinantes para la propuesta (Tabla 44).

**Tabla 43. Justificación propuesta de alimentación de la Máquina Erema.**

¿Qué vamos a diseñar?	¿Por qué?	¿Para qué?
*Plataforma para ubicar la materia prima geotextil.	Teniendo en cuenta los resultados de la herramienta de segundo nivel se identificó que en el desarrollo de esta tarea el operario adopta posturas forzadas especialmente del hombro, tronco y miembros inferiores en el momento de trasladar el material a la banda transportadora.	Para evitar las flexiones de tronco, cuello y levantamiento manual de cargas.

**Fuente.** Elaboración Propia.

**Tabla 44. Requerimientos de diseño para la tarea de alimentación de la máquina Erema**

Requerimientos de la plataforma y la banda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La plataforma debe contar con un área suficiente para almacenar al menos cinco paquetes de material geotextil.</li> <li>• La banda debe ser lo suficientemente larga para comunicar el área de almacenamiento con la máquina alimentadora.</li> </ul>
Requerimientos de uso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructura interna de alta resistencia</li> <li>• Practicidad</li> <li>• De fácil mantenimiento y reparación.</li> <li>• Accesibilidad:</li> <li>• Correcta percepción del sistema=Se entiende para que sirve y cuál es su función.</li> </ul>
Requerimientos de Función	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecanismo: Que los mecanismos de activación de la banda sean de fácil descifrado, y que los mecanismos de seguridad no sean de fácil violación.</li> <li>• Confiabilidad: Que el sistema funcione correctamente y no presente fallas durante el funcionamiento.</li> <li>• De alta resistencia (materiales, tiempo de uso)</li> <li>• Acabado: Colores acordes a la máquina actual, no cause accidentes como cortes o atrapamientos</li> </ul>
Requerimientos Estructurales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de componentes bajo</li> <li>• Estructura en acero, resistente e impermeable para la plataforma y para el soporte de la banda.</li> <li>• Las uniones deben ser resistentes y seguras</li> </ul>
Requerimientos Técnico-Productivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mano de obra: Operarios ornamentadores, diseñadores, ingenieros</li> <li>• Modo de producción: Industrial</li> <li>• Estandarización: Uso de materiales, componentes de unión, comerciales, que sean de fácil mantenimiento y reemplazo</li> <li>• Prefabricación: Banda transportadora prefabricada</li> <li>• Realizar control de calidad a los equipos desarrollados y al sistema en general.</li> </ul>

**Fuente.** Elaboración Propia.

• **Determinantes**

- ✓ Normativa materiales para empresas productoras de tubos PVC

- ✓ Zona urbana
- ✓ Subir el plano de trabajo
- ✓ Facilitar el transporte del material

- **Alcances**

Desarrollo de modelo 3D y planos estructurales.

En esta tarea se propone la realización de un levantamiento del nivel del plano de trabajo ya que actualmente el operario debe flexionar su espalda, cuello y piernas repetidamente para poder transportar el material del piso a la máquina, esto se puede confirmar en los resultados del método de segundo nivel REBA aplicado a esta tarea. Se plantea el desarrollo de una plataforma acompañada de una banda transportadora (Figuras 3, 4 y 5), que corrige puntualmente los factores de riesgo ergonómico identificados (tabla 45).

**Tabla 45. Soluciones a factores de riesgo ergonómico Alimentación de la máquina.**

Miembros superiores	-Brazo flexión más de 90° (Lado derecho) -Antebrazo flexión por debajo de 60° o más de 100° (Lado derecho) -Muñeca flexionada o extendida más de 15° con torsión o desviación lateral de muñeca. (Lado derecho)	Tarea frontal: -Al subir el plano de trabajo los brazos no realizan flexión mayor a 90°. No necesaria la rotación del brazo. - Antebrazo se corrige para que la flexión este entre 60 y 100°.
	-Brazo abducido o rotado (Lado derecho) -Antebrazo flexionado por debajo de 60° o más de 100° (Lado	- Al ser ahora una tarea frontal la flexión o extensión de la muñeca no es superior a 15°.

	<p>derecho)</p> <p>-Muñeca flexionada o extendida más de 15° con torsión o desviación lateral de muñeca.                      (Lado derecho)</p> <p>-Antebrazo flexionado por debajo de 60° o más de 100° (Lado izquierdo)</p> <p>-Brazo entre 46° y 90° de flexión (Lado derecho)</p> <p>-Antebrazo flexionado por debajo de 60° o más de 100° (Lado derecho)</p>	<p>Además no será necesaria la torsión de la muñeca.</p>
Tronco y cuello	<p>-Tronco Flexionado más de 60° con torsión o inclinación lateral del tronco.</p> <p>-Tronco Flexionado entre 20° y 60° o más de 20° de extensión con torsión o inclinación lateral del tronco.</p> <p>-Cuello extendido o flexionado más de 20°.</p> <p>-Tronco Flexionado entre 20° y 60° o más de 20° de extensión.</p>	<p>-El tronco se encontrará erguido o con flexiones menores a 60°, además la torsión no será necesaria.</p> <p>- Cuello entre 20° y 60°.</p>
Miembros Inferiores	<p>Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable, con flexión de una o ambas rodillas entre 30 y 60°</p> <p>Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable.</p>	<p>El apoyo de piernas será de pie con soporte bilateral simétrico.</p>
Manipulación manual de cargas	<p>Entre 5 y 10 kg</p>	<p>No realizará levantamientos de cargas y la fuerza que realizará para halar y acomodar el material será menor a 5 kg.</p>
Tipo de Agarre	<p>Agarre regular (El agarre con la mano es aceptable pero no ideal o aceptable usando otras partes del cuerpo)</p>	<p>Agarre bueno: permiten un buen asimiento y las manos pueden ser bien acomodadas alrededor del objeto.</p>
Actividad muscular	<p>Cambios de postura importantes o</p>	<p>No se hacen cambios de postura</p>

---

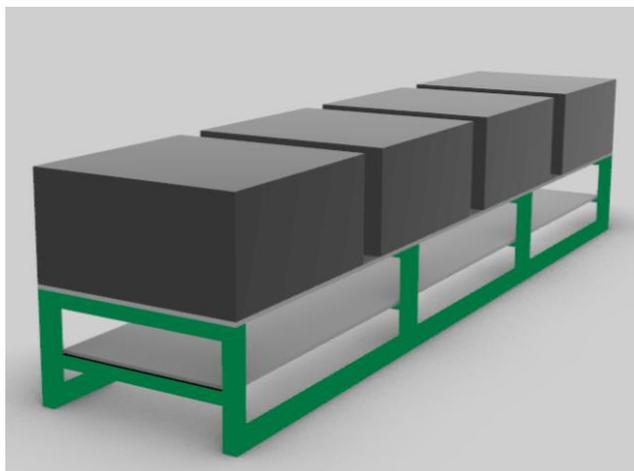
posturas inestables.

importantes y las piernas  
siempre se encontraran con  
soporte bilateral.

---

**Fuente.** Elaboración Propia.

**Figura 3. Plataforma para apoyo de materia prima. Alimentación de la máquina.**



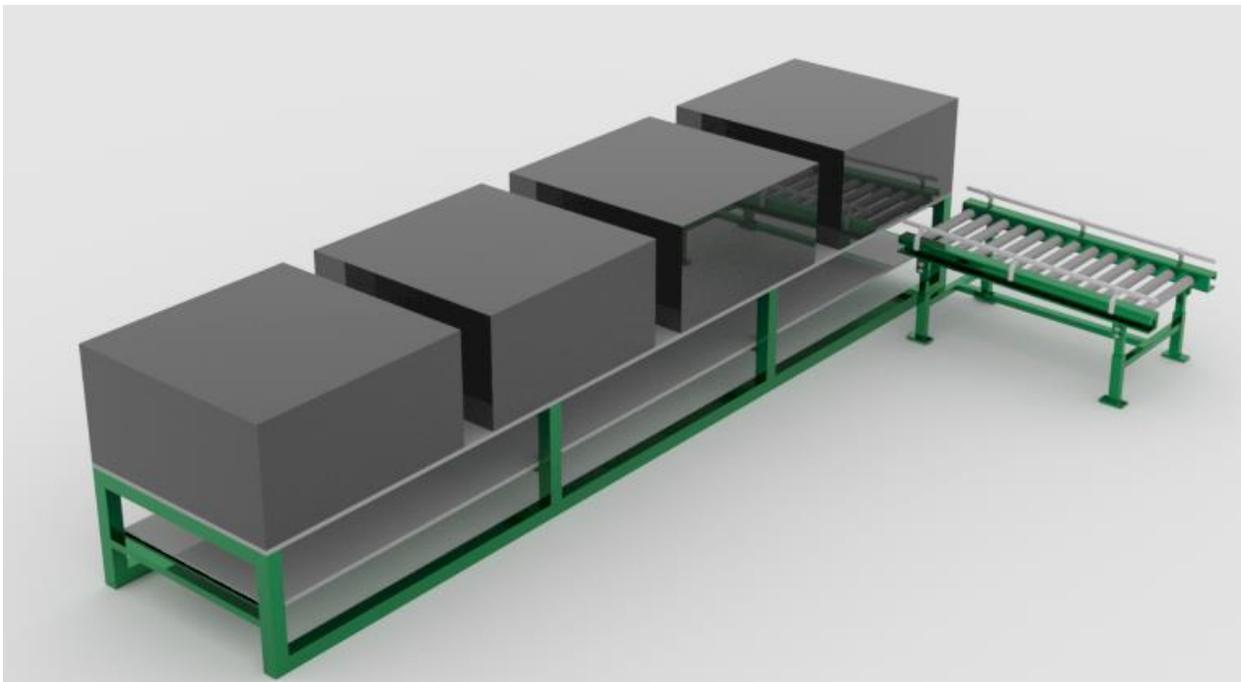
**Fuente.** Elaboración Propia.

**Figura 4. Banda transportadora. Alimentación de la máquina.**



**Fuente.** Elaboración Propia.  
Uso de Recursos (55)

**Figura 5. Plataforma y banda transportadora. Alimentación de la máquina.**



**Fuente.** Elaboración Propia.

Para el diseño de la plataforma se tuvieron en cuenta las dimensiones antropométricas necesarias para el diseño de puestos de trabajo en posición de pie (56).

- ✓ Para una adecuada altura del plano de trabajo: La altura de los codos, para trabajo pesado debe estar entre 10 a 20 cm abajo del codo para permitir un buen trabajo muscular de. Los miembros superiores (56).
  
- ✓ Altura de codos de pie, población general, percentil 50: 98,60 cm (57)

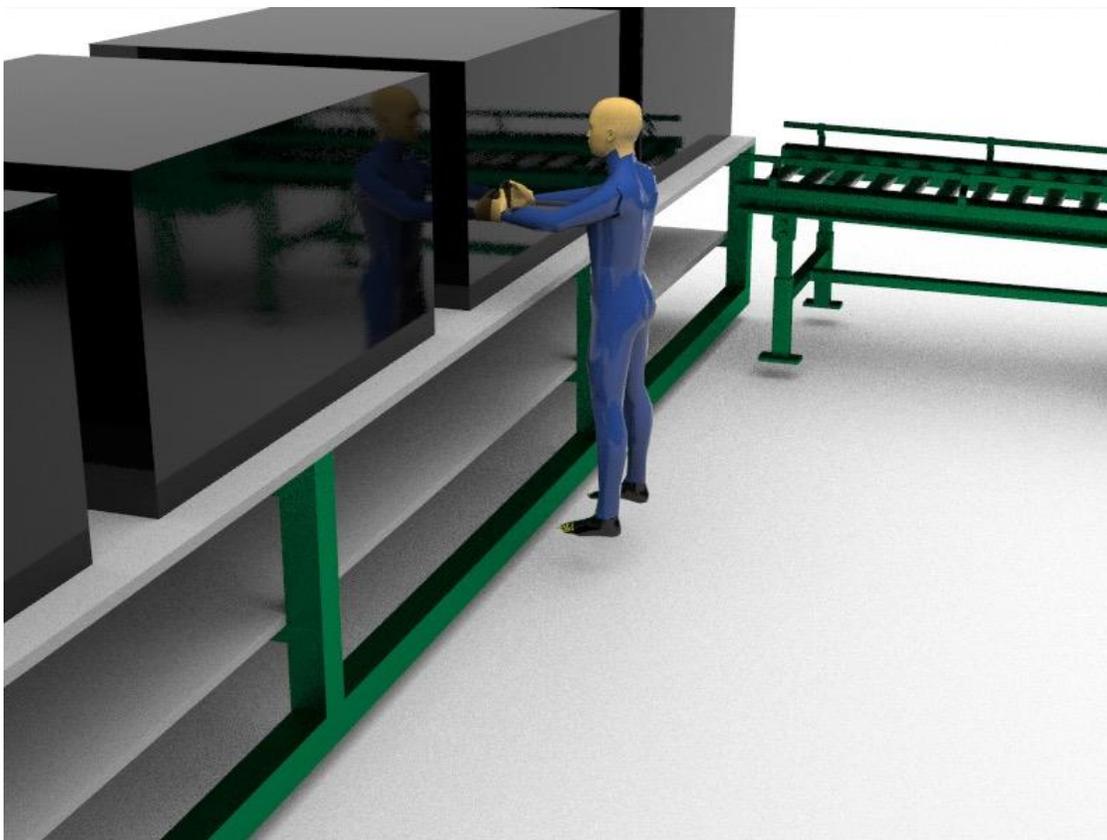
- **Medidas propuesta: (Anexo 4. Planos de diseño)**

- ✓ Alto plataforma: 81 cm, cumple ya que se encuentra 17,6 cm abajo del codo.
- Alto banda: 77 cm, cumple ya que se encuentra 20 cm abajo del codo.
- ✓ El alcance para el manejo de la materia prima se encuentra entre el mínimo y el máximo de agarre. (11)

- **Secuencia de uso**

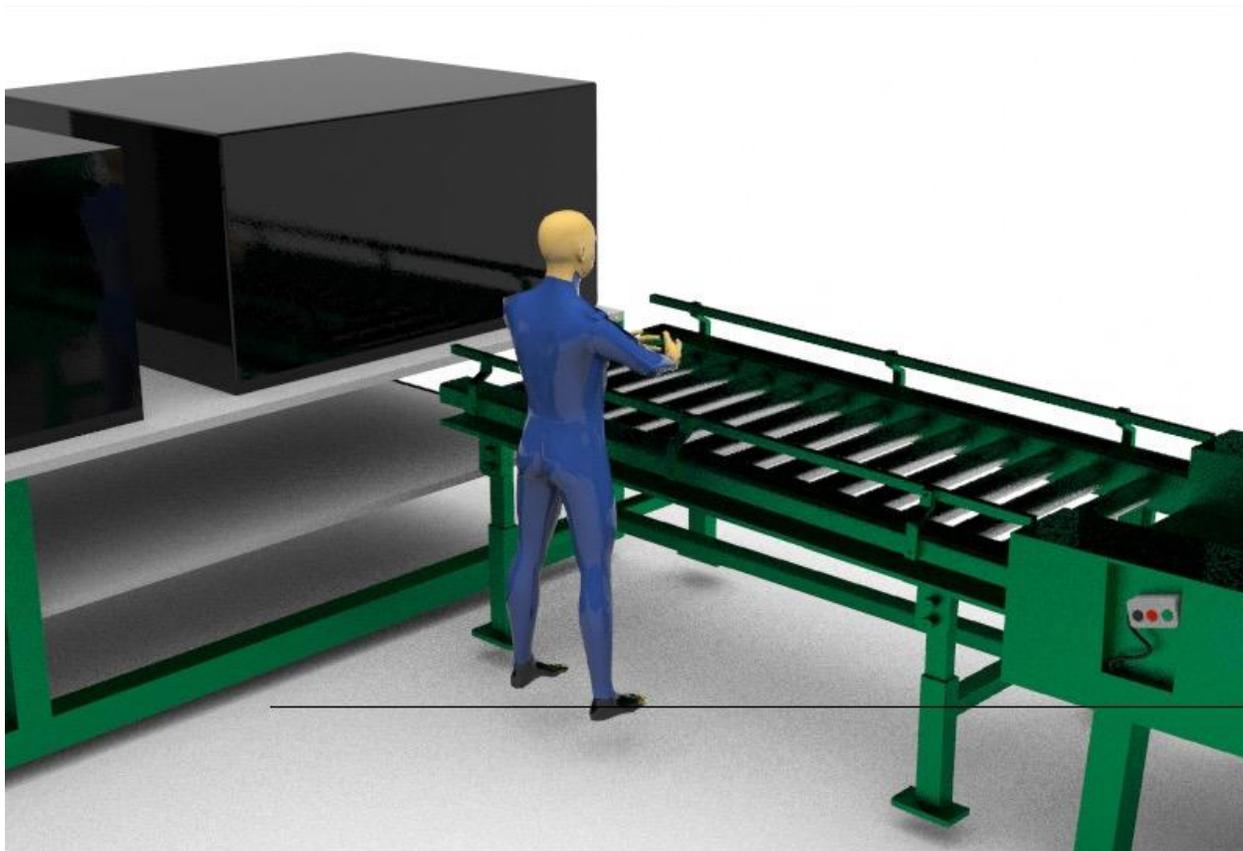
A continuación se puede observar la propuesta con el usuario.

**Figura 6. Secuencia de uso. Alimentación máquina Paso 1**



**Fuente.** Elaboración Propia.

**Figura 7. Secuencia de uso. Alimentación máquina Paso 2**



Fuente. Elaboración Propia.

### Desatascado de la trituradora

- **Repertorio Tecnológico**

**Tabla 46. Repertorio Tecnológico Desatascado Trituradora.**

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>
Máquina Erema -	Electricidad

---

Trituradora

---

Barra de uña

---

Destornillador

---

**Fuente.** Elaboración Propia.

- **Empatizar**

- ✓ El trabajador se encuentra de pie durante toda la tarea
- ✓ Debe flexionar su tronco para realizar el desprendimiento del material de la trituradora
- ✓ El material que se desprende es caliente y pesado
- ✓ La herramienta que utiliza actualmente es angosta y pesada
- ✓ Debe cargar con sus brazos el material atascado
- ✓ Debe halar con la barra de uña el material atascado

- **Definir**

Se enumeran los factores de riesgo identificados en la herramienta de segundo nivel OWAS.

**Tabla 47. Definición de factores de riesgo ergonómico en la tarea de desatascado de al trituradora.**

Grupos	Segmentos	Áreas afectadas	Subtareas
Miembros	Brazos	2 Brazos arriba	Empujar Reprocesadora

Superiores		1 Brazo arriba y 1 Abajo	Soltar Tapa Sacar Material Bajar tapa Atornillar Tapa Empujar reprocesadora
Tronco / Cuello / Piernas	Tronco	50% Doblada mayor a 20° 13% Doblada con giro	Empujar Reprocesadora Levantar Tapa Llevar material atascado Empujar Reprocesadora
Miembros Inferiores	Piernas	50 % De pie + 1 Pierna recta con 1 flexionada	Empujar Reprocesadora Levantar Tapa Bajar tapa Empujar Reprocesadora
Manipulación manual de cargas	Fuerza o carga ejercida	50% Realiza levantamiento de carga de 10 a 20 kg	Levantar Material Atascado
Calificación Final	Tarea total	50% Posturas Riesgo 3 Acciones correctivas lo antes posible	Empujar Reprocesadora Sacar material atascado Llevar material atascado

**Fuente.** Elaboración Propia.

- **Idear**

Se da la generación de múltiples ideas por medio de lluvias de ideas para minimizar los riesgos ergonómicos en estos operarios. Se tienen en cuenta todo tipo de ideas desde racionales o desde la imaginación.

Se definen las palabras clave: Agarre alto, coche, liviano, plano alto, pinza, excavadora, ruedas, móvil, niveles, monopatín, caminador, palanca, pala, tijeras, manija, scooter.

Por medio de la generación de estas palabras clave se permite ver posibles soluciones entre ellas como subir el plano de trabajo, que el material atascado se pueda movilizar con menos dificultad, levantamiento del material atascado con palancas o pinzas, herramientas livianas y subir el plano de trabajo para el desarrollo del desatascado de la trituradora y transporte del material atascado.

- **Prototipar**

Se desarrolla una propuesta justificada (Tabla 48), mediante unas preguntas que indican los motivos de intervención. Además se desarrolla una lista de requerimientos y determinantes para la propuesta (Tabla 49).

**Tabla 48. Justificación propuesta Trituradora.**

¿Qué vamos a diseñar?	¿Por qué?	¿Para qué?
*Herramienta para desatascar, desprender y levantar material atascado.	Teniendo en cuenta los resultados de la herramienta de segundo nivel se identificó que en el desarrollo de esta tarea el operario adopta posturas forzadas con nivel de actuación lo antes posible para las subtareas Empujar reprocesador, Sacar material atascado y llevar material atascado. Especialmente en los segmentos de brazos, tronco, piernas con manipulación de carga entre	Para evitar las flexiones de brazos, tronco, piernas y levantamientos inadecuados de cargas que realiza el operario
*Carro transportador de material atascado		

---

10 y 20 kg.

---

**Fuente.** Elaboración Propia.

**Tabla 49. Requerimientos de diseño para tarea de desatascado de la Trituradora.**

Requerimientos de la herramienta y carro transportador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La herramienta y el carro transportador deben soportar altas temperaturas.</li> <li>• La herramienta y el carro transportador deben soportar entre 5 y 20 kg.</li> <li>• La herramienta y el carro transportador deben ser livianos.</li> </ul>
Requerimientos de uso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia: Estructura interna de alta resistencia para el carro.</li> <li>• Materiales resistentes al calor y el roce para la herramienta.</li> <li>• Practicidad</li> <li>• De fácil mantenimiento y reparación.</li> <li>• Accesibilidad: Uso mano izquierda y derecha.</li> <li>• Correcta percepción del sistema=Se entiende para que sirve y cuál es su función.</li> </ul>
Requerimientos de Función	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecanismo: Que los mecanismos de la herramienta funcionen correctamente, no se atasquen, ni se adhieran al material atascado, y que los mecanismos del carro no se atasquen, desarmen. Que los mecanismos no generen peligro de cortes o derrame de material</li> <li>• Confiabilidad: Que el sistema funcione correctamente y no presente fallas durante el funcionamiento.</li> <li>• De alta resistencia (materiales, tiempo de uso)</li> <li>• Acabado: Colores acordes a la máquina actual, no cause accidentes como cortes o atrapamientos</li> <li>• Versatilidad: La herramienta y el carro transportador pueden cumplir con distintas funciones (Desprendimiento y levantamiento) (Almacenamiento y transporte)</li> </ul>
Requerimientos Estructurales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de componentes bajo</li> <li>• Estructura del carro en acero, resistente e impermeable</li> <li>• Estructura de la herramienta en aluminio para que sea</li> </ul>

---

	liviana
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Las uniones deben ser resistentes y seguras</li><li>• La Estructura debe ser resistente e impermeable</li></ul>
Requerimientos Técnico-Productivos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mano de obra: Operarios, diseñadores, ingenieros</li><li>• Modo de producción: Industrial</li><li>• Estandarización: Uso de materiales, componentes de unión, comerciales, que sean de fácil mantenimiento y reemplazo</li><li>• Prefabricación: Accesorios para el carro transportador (Llantas)</li><li>• Realizar control de calidad a los equipos desarrollados y al sistema en general.</li></ul>

---

**Fuente.** Elaboración Propia.

- **Determinantes**

- ✓ Normativa NTC 5693-2- Ergonomía. Manipulación Manual. Parte 2: Empujar Y Halar
- ✓ Zona urbana
- ✓ Facilitar el transporte del material.
- ✓ Deprender y levantar materiales atascados a altas temperaturas.

- **Alcances**

Desarrollo de modelo 3D y planos estructurales.

En esta tarea se propone el desarrollo de una herramienta para desprender el material atascado (Figura 6) ya que la herramienta actual no cumple adecuadamente con las tareas para las que se utiliza. Además, se propone desarrollar una ayuda en forma de carro transportador del

material atascado (Figura 7). En los dos casos se presenta riesgo por levantamiento de cargas. En la tabla 50 se muestran las soluciones que se darían con el uso de la propuesta.

**Tabla 50. Soluciones a factores de riesgo ergonómico Trituradora**

Brazos	2 Brazos arriba y 1 Brazo arriba y 1 Abajo	- En el desatascado de la máquina se propone una herramienta que permite su uso de frente eliminando el riesgo por tener los brazos elevados.
Espalda	50% Doblada mayor a 20° 13% Doblada con giro	-Al transportar el material se propone que el agarre para el carro sea frontal y este a una altura de 115 cm con un diámetro de agarre de 3 cm como lo indica la norma NTC 5693-2 (58) para acoples y manijas.  -Para la herramienta se propone que el uso sea frontal y no sea necesaria la flexión de espalda por parte del operario.
Piernas	50 % De pie + 1 Pierna recta con 1 flexionada	Para la herramienta y el carro se propone que la posición del operario sea con apoyo bilateral simétrico. Será de pie pero no habrá posición inestable de las piernas.
Manipulación manual de carga	50% Realiza levantamiento de carga de 10 a 20 kg	Para el transporte del material se propone que la carga sea llevada sobre el carro y no directamente sobre los brazos del trabajador.  Para la herramienta se propone que la herramienta

---

permita hacer el levantamiento de una forma más efectiva al agarrar el material y hacer su depósito dentro del carro, este contenedor del carro se encuentra a una altura de 94 cm igual a la altura de la máquina, es decir que el transporte del material se realiza horizontalmente y por una distancia corta.

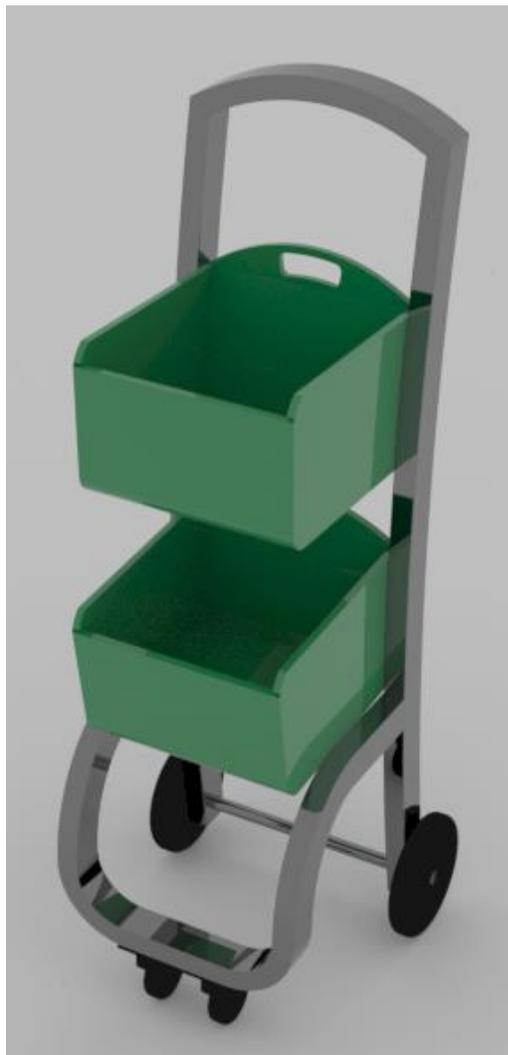
---

Calificación final	50% 3	Posturas Acciones	Riesgo	Con la realización de las propuestas se logra disminuir el riesgo por flexión de espalda o tronco ya lo antes que las tareas se realizan de forma frontal con movimientos horizontales dentro de los alcances mínimos del operario.
--------------------	----------	----------------------	--------	---

---

**Fuente.** Elaboración Propia.

**Figura 8. Carro transportador de material atascado.**



**Fuente.** Elaboración Propia.

Para el diseño del carro transportador se tuvieron en cuenta las medidas antropométricas necesarias para el desarrollo de objetos o herramientas para manipulación manual de cargas: empujar y halar NTC 5693-2. Allí se encuentran enunciados los parámetros sobre dimensiones para el diseño de acoples y manijas en objetos o herramientas que van a ser usados para empujar o halar carga.

Para un adecuado agarre: Diámetro de agarre, anchura de la mano, espesor palmar.

- Diámetro de agarre, percentil 50: 2,33 cm a 3 cm (56)
- Anchura de la mano, población general, percentil 50: 9,50 cm (56)
- Espesor palmar, población general, percentil 50: 3 cm (56)
- Para la altura del agarre al piso y diámetro de agarre se realiza lo que indica la norma NTC 5693-2 (58) para acoples y manijas.

- **Medidas propuesta: (Anexo 4. Planos de diseño)**

- ✓ Ancho agarre: 3 cm, cumple ya que se encuentra dentro del rango.
- ✓ Longitud agarre: 35 cm, cumple ya que supera los 9,50 cm.
- ✓ Con respecto a la altura del agarre al piso es de 115 cm con un diámetro de agarre de 3 cm como lo indica la norma NTC 5693-2 (58) para acoples y manijas.
- ✓ El alcance para el manejo del carro transportador se encuentra entre el mínimo y el máximo de agarre.

- **Secuencia de uso**

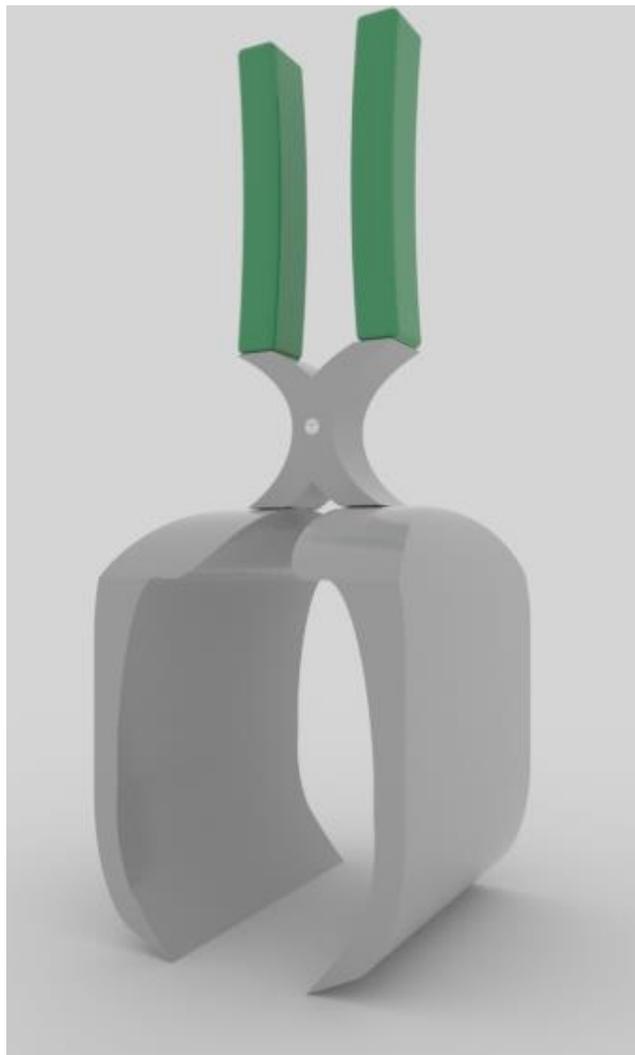
A continuación se puede observar la propuesta con el usuario.

**Figura 9. Secuencia de uso. Carro transportador.**



**Fuente.** Elaboración Propia.

**Figura 10. Herramienta para levantar material atascado.**



**Fuente.** Elaboración Propia.

Para el diseño de la herramienta se tuvieron en cuenta las dimensiones antropométricas necesarias para el desarrollo de herramientas de uso manual (11) , estas dimensiones son tomadas del libro “Dimensiones antropométricas de población latinoamericana”, en el cual se encuentran las dimensiones antropométricas por percentiles, para personas latinoamericanas.

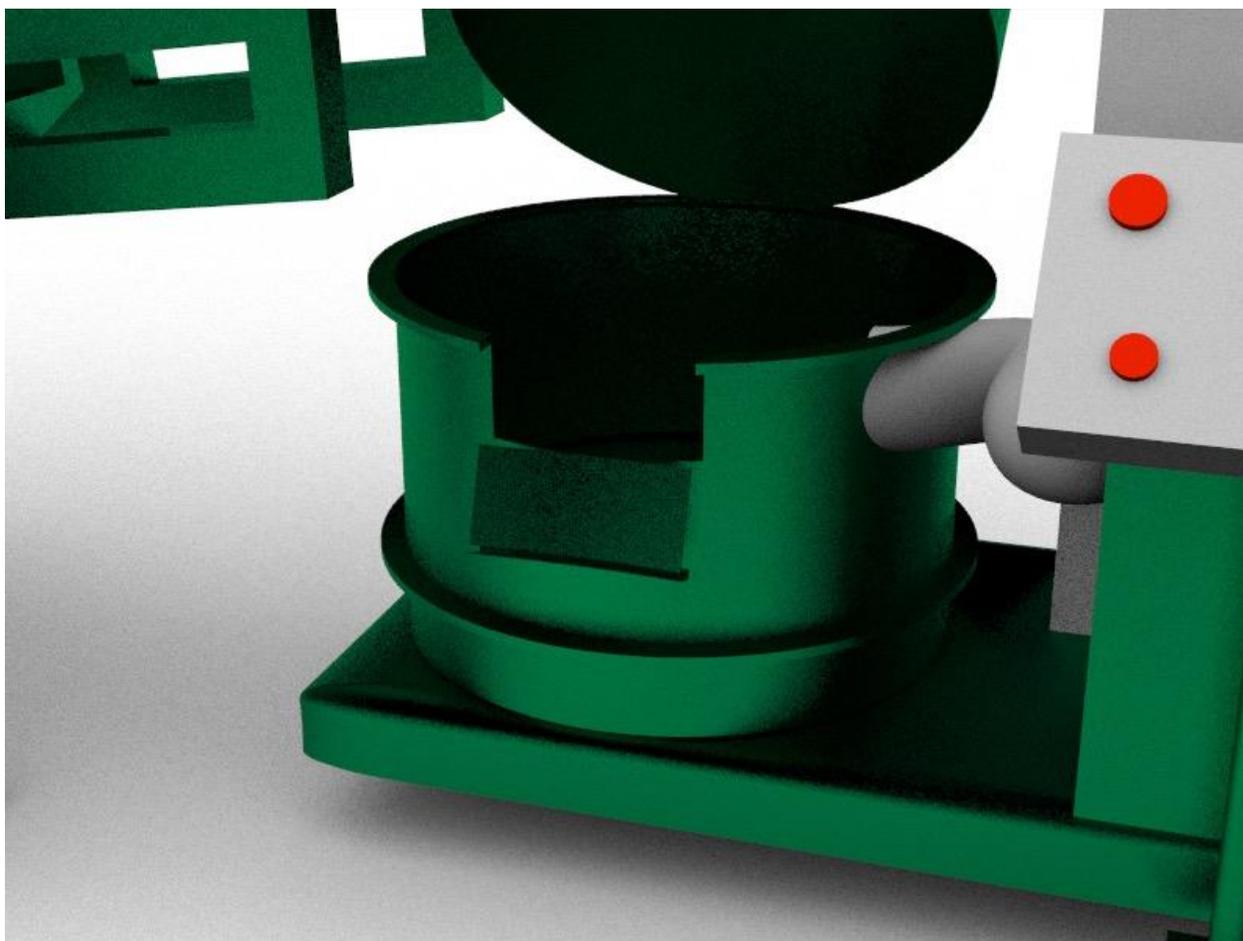
Para un adecuado agarre: Diámetro de agarre, anchura de la mano, espesor palmar.

- Diametro de agarre, percentil 50: 2,33 cm a 3 cm (57)
- Anchura de la mano, población general, percentil 50: 9,50 cm (57)
- Espesor palmar, población general, percentil 50: 3 cm (57)
  
- **Medidas propuesta: (Anexo 4. Planos de diseño)**
  - ✓ Ancho agarre: 3 cm, cumple ya que se encuentra dentro del rango
  - ✓ Longitud agarre: 20 cm, cumple ya que supera los 9,50 cm.
  - ✓ Distancia entre los dos mangos: 5 cm, cumple ya que se encuentra 2 cm más ancho del espesor palmar.

Esta propuesta está pensada para evitar el contacto directo o con guantes del operario con el material atascado, ya que actualmente el levantamiento lo realiza con las dos manos, flexionando su espalda para lograr recoger el material. Este material es caliente y de consistencia pegajosa, factores que dificultan su levantamiento. La herramienta propuesta cuenta con un recubrimiento antideslizante que ayuda a que el cargue y descargue del material sea efectivo al no quedar adherido a la superficie de la herramienta. En cuanto a la flexión de espalda esta se evita ya que el uso de la herramienta es de manera frontal y esta ingresa al fondo de la trituradora para recoger el material.

Para mejorar el transporte del material atascado y este se realice de manera horizontal se propone realizar un corte en el contenedor de la trituradora, esto para que el operario al levantar el material con la herramienta no levante los brazos y su movimiento sea frontal y horizontal.

**Figura 11. Herramienta para levantar material atascado.**

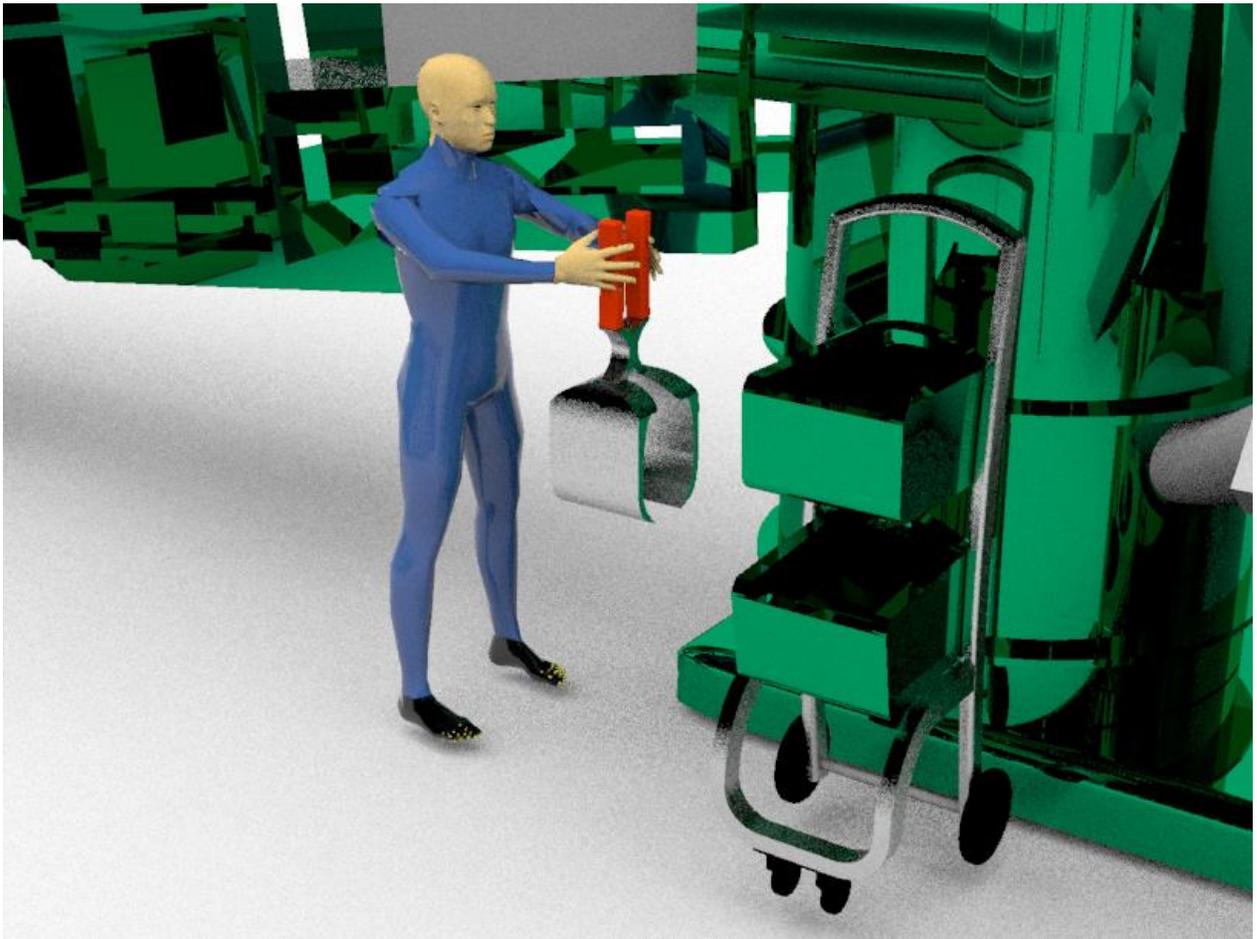


**Fuente.** Elaboración Propia.

- **Secuencia de uso**

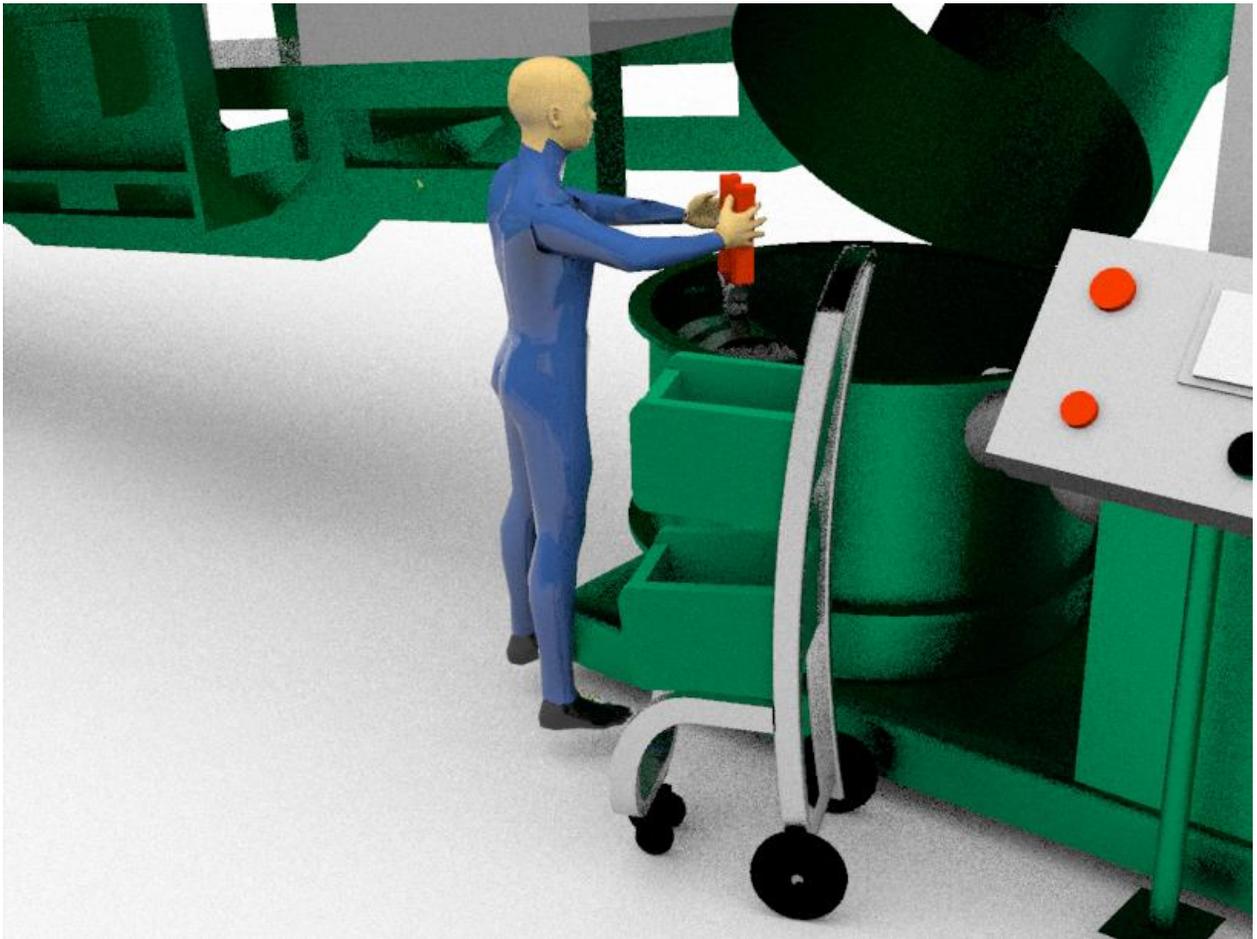
A continuación se puede observar la propuesta con el usuario.

**Figura 12. Secuencia de uso. Desatascado trituradora Paso 1**



**Fuente.** Elaboración Propia.

**Figura 13. Secuencia de uso. Desatascado trituradora Paso 2**



**Fuente.** Elaboración Propia.

**Figura 14. Secuencia de uso. Desatascado trituradora Paso 3**



**Fuente.** Elaboración Propia.

## 10. Discusión

El costo de las lesiones y enfermedades asociadas con las tareas manuales de manejo de materiales son comunes en las industrias. Los sistemas de producción automatizados suelen ir seguidos de una racionalización del proceso de fabricación, lo que genera un trabajo más restringido y repetitivo, con menos oportunidades de realizar pausas cortas durante el trabajo. Esto es motivo de gran preocupación, ya que se supone que estas características son factores de riesgo para el desarrollo de desórdenes musculoesqueléticos (DME), especialmente en el cuello, los hombros, las manos y la parte superior de la espalda (59). Estos factores de riesgo ergonómicos asociados a DME en miembros superiores no han sido muy estudiados en los países en vía de desarrollo, ya que en su mayoría se enfocan en un diagnóstico clínico y no en los factores de riesgo que lo ocasionan, siendo esto muy importante para su oportuna prevención (44).

Los trastornos musculo-esqueléticos actualmente representan una de las principales causas de morbilidad en las industrias, muchas de las cuales son atribuidas a factores de riesgo ergonómicos (posturas forzadas, movimientos repetitivos, manipulación manual de cargas, etc.), la mayor proporción de enfermedades reportadas se encuentran mayormente en columna y extremidades superiores (60).

De acuerdo a los resultados obtenidos en las diferentes tareas observadas en la actividad de peletizado en la máquina Erema se pudo evidenciar que estos factores de riesgos (posturas forzadas, manipulación manual de cargas) se encuentran presentes para las tareas de alimentación de la máquina y desatascado de la trituradora y representan un riesgo para los diferentes

segmentos corporales (hombro, tronco y miembros inferiores) los cuales pueden incidir en la aparición de desórdenes musculoesqueléticos.

Una vez identificadas las tareas críticas dentro de la actividad de peletizado (Alimentación de la máquina y desatascado de la trituradora) de acuerdo a los resultados obtenidos de la herramienta de primer nivel, se observó que los segmentos corporales con mayor nivel de riesgo fueron hombro, mano-muñeca y manipulación manual de cargas. Basados en esta información se aplicaron 2 herramientas de segundo nivel (metodología REBA y OWAS) con el fin de corroborar los resultados de la herramienta de primer nivel ya aplicada por la ARL correspondiente, donde se identificó que los segmentos corporales con mayor nivel de riesgo en la ejecución de estas tareas críticas fueron en tronco, miembros inferiores y hombro.

Analizados los resultados de las herramientas de primer y segundo nivel se confirman que la carga postural es el principal factor de riesgo ergonómico en el puesto de trabajo del operario de la máquina Erema en el proceso de peletizado.

Es de mencionar que para la herramienta de primer nivel los miembros superiores (hombro, mano-muñeca) son los segmentos de mayor riesgo ergonómico en la tarea de alimentación de la máquina y al comprobar los resultados en la herramienta de segundo nivel (REBA) esta nos registra que los segmentos corporales (tronco y miembros inferiores) son los de mayor riesgo, seguido por miembros superiores. Uno de los factores que incidió en los resultados fue la identificación detallada de 3 subtareas dentro de la tarea que nos permitió identificar los riesgos con mayor detalle y precisión al realizar la metodología de segundo nivel para cada una de esas

subtareas. Adicionalmente en la manipulación manual de cargas los resultados no generaron concordancia teniendo en cuenta que la herramienta de primer nivel no evidencia claramente el peso de la carga que tuvieron en cuenta dentro del análisis.

En la tarea de desatascado se aplicó la metodología OWAS como herramienta de segundo nivel, que permitió identificar los riesgos más altos por posturas adoptadas durante el desarrollo de la tarea en las siguientes subtareas: empujar reprocesadora, sacar material atascado y llevar material atascado hacia el contenedor de residuos. Adicionalmente los segmentos con mayor riesgo identificados fueron brazos y espalda.

Dentro del proceso de observación se logró identificar 2 desatascados más y analizar de forma global cada uno de estos desatascados confirmando que el de mayor riesgo es el que se produce en la trituradora, siendo estas actividades no cotidianas dentro del proceso lo que hace que el factor de exposición al riesgo sea bajo.

La aplicación de estas herramientas mostró la presencia de posturas de trabajo riesgosas que necesitaban ser intervenidas. La disposición del puesto de trabajo, las características antropométricas del trabajador y los métodos de trabajo son las principales razones para inducir una postura de trabajo incómoda, factor de riesgo que favorece el desarrollo de desórdenes músculo esqueléticos. De esta manera se ve la necesidad de proponer estrategias de intervención para disminuir factores de riesgos ergonómicos basados en un diseño o rediseño del puesto de trabajo.

## 11. Conclusiones

- El análisis del perfil sociodemográfico de los trabajadores del área de Geosistemas que opera la máquina Erema está constituida por 3 trabajadores con edades distribuidas entre los 26 a los 56 años. 2 trabajadores tienen una antigüedad en la empresa de más de 10 años, con rotación de cargo dentro del área cada año.
- La información suministrada del ausentismo que comprende el año 2018 y hasta abril de 2019 se evidencia por enfermedad general un trabajador que presenta incapacidad por un tiempo mayor a un mes. De igual forma con la información suministrada por la empresa se evidencia que durante el primer semestre del año 2019 no se han presentado accidentes de trabajo en el área de peletizado.
- De acuerdo a las visitas realizadas a la planta productora de tubos PVC, en el área de Geosistemas se identificaron 9 tareas dentro del peletizado en la máquina Erema, de las cuales 3 son tareas no cotidianas (que se realizan eventualmente) y 6 que hacen parte del proceso rutinario. A las 9 tareas se les identifico las subtareas de acuerdo a la observación del proceso durante las visitas realizadas.
- Se realizó un flujograma con la distribución y análisis de las tareas identificadas teniendo en cuenta las subtareas, la duración, equipos y herramientas y factores de riesgo asociados a carga física.

- La aplicación de las herramientas de II nivel (REBA y OWAS) se confirman que la carga postural es el principal factor de riesgo ergonómico en el puesto de trabajo del operario de la máquina Erema en el proceso de peletizado, siendo los segmentos con mayor exposición hombro, tronco y miembros inferiores para el caso de la metodología REBA y brazos y tronco para el caso de la metodología OWAS.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en las herramientas de segundo nivel y la información suministrada por la herramienta de primer nivel podemos concluir que además del riesgo para miembros superiores y tronco, el nivel de riesgo para miembros inferiores fue significativo dentro de la valoración para la tarea de alimentación de la máquina y desatascado de la trituradora.
- Teniendo en cuenta los resultados obtenidos bajo la metodología de OWAS y los resultados de la herramienta de primer nivel para la tarea de desatascado, se comprueba que la postura adoptada donde hay manipulación manual de carga que presenta el mayor riesgo es en la subtarea de sacar material atascado de la trituradora.
- El reconocimiento de los hallazgos encontrados genera la necesidad de proponer medidas de control y mejora, que minimicen los factores de riesgo ergonómico encontrados en la realización de la actividad de peletizado en la máquina Erema.
- Finalmente, y para las medidas de control y mejora se desarrollan unas propuestas formales de las intervenciones que vemos viables para el mejoramiento del puesto de trabajo.

- Se realiza una propuesta para mejorar planos de trabajo, alcances, agarres y movimientos que realiza el operario movimientos frente a la exigencia de la tarea, esto se realiza para mitigar los factores de riesgos Ergonómicos evidenciados en las dos herramientas de evaluación.
- El proceso que se realiza en la maquina Erema permite reprocesar los productos de otros procesos permitiendo el aprovechamiento y aporte en los indicadores ambientales de la organización.

## 12. Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos se plantean las siguientes recomendaciones:

### *12.1. Para la empresa:*

- Contemplar la inversión de la modernización de la máquina Erema.
- Implementar programas de mantenimientos preventivos durante el año para la máquina Erema, con el fin de disminuir reprocesos, correcciones y retraso en la producción.
- En la tarea de alimentación de la máquina se recomienda realizar el levantamiento del plano por medio de plataformas o bandas transportadoras que ayuden a facilitar la movilización y el transporte de la materia prima hacia la máquina alimentadora, tal como se establece en la propuesta de este trabajo de grado (Ver Numeral 9.5 Propuesta de intervención para el puesto de trabajo en el proceso de peletizado de la máquina Erema).
- En la tarea de desatascado de la trituradora se recomienda una herramienta para el levantamiento del material atascado que logre agarrar el material de forma adecuada. Para el transporte del material se recomienda ayuda en cuanto al cargue y movimiento del material atascado, por medio de carros transportadores que posibiliten movilizar el material de forma frontal, además elevar el plano de trabajo para que el cargue y descargue de material sea de fácil acceso para el operario. (Ver Numeral 9.5 Propuesta de intervención para el puesto de trabajo en el proceso de peletizado de la máquina Erema).

- Realizar un análisis de costos de la propuesta realizada en el presente trabajo con materiales que permitan una mayor viabilidad a la realización de la misma y de acuerdo a la necesidad de la propuesta.
- Se recomienda la reposición o cambios de herramientas de acuerdo a su vida útil. Esta vida útil depende del mantenimiento, estado y frecuencia de uso de la herramienta evidenciado en las inspecciones pre operacionales de equipos y herramientas.
- Implementar programa de gimnasia laboral enfocada a los segmentos evidenciados como un factor de riesgo ergonómico identificados con la herramienta de segundo nivel en la actividad de peletizado.
- Mantener una base de datos de ausentismo que contengan los ítems que nos permitan hacer análisis de las condiciones reales de salud de trabajadores.
- Se recomienda el contemplar el mejorar la recolección de la información sociodemográfica de los trabajadores para un análisis más detallado de la información.

### ***12.2. Para el trabajador:***

- Se recomienda tener periodos de descanso donde se realicen pausas activas mínimo dos veces al día en la mitad de la jornada laboral de la mañana y una en la tarde, con

ejercicios enfocados a tronco, miembros inferiores y en segunda instancia para miembros superiores.

- Cambios de posición que permitan disminuir la sobrecarga muscular y articular que involucren los segmentos corporales hombro, tronco y miembros inferiores identificados con mayor riesgo evitando posturas que involucren flexión y rotación del tronco, flexión de hombro mayor a 90° y postura bípeda prolongada (postura que se mantiene a lo largo del 75% de la jornada laboral).
- Participar en las campañas de prevención organizado por la empresa.

### *12.3. Para la academia:*

¿Con qué frecuencia se deben rotar a los trabajadores que desarrollan la tarea de peletizado dentro del área de Geosistemas con el fin de prevenir Desórdenes músculo esqueléticos en la empresa productora de tubos de PVC?

Es importante identificar los factores de riesgo químicos, físicos y biológicos presentes en el proceso de la transformación de la materia prima en la máquina Erema

## Referencias

- (1) Cimino A, Longo F, Mirabelli G. A multimeasure-based methodology for the ergonomic effective design of manufacturing system workstations. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2009 March 1,;39(2):447-455.
- (2) Robertson MM, Huang YH, Lee J. Improvements in musculoskeletal health and computing behaviors: Effects of a macroergonomics office workplace and training intervention. *Appl Ergon* 2017 Jul;62:182-196.
- (3) Choobineh A, Hosseini M, Lahmi M, Khani Jazani R, Shahnava H. Musculoskeletal problems in Iranian hand-woven carpet industry: guidelines for workstation design. *Appl Ergon* 2007 Sep;38(5):617-624.
- (4) Fernandes, Rita de Cássia Pereira, Assunção AA, Silvany Neto AM, Carvalho FM. Musculoskeletal disorders among workers in plastic manufacturing plants. *Rev Bras Epidemiol* 2010 Mar;13(1):11-20.
- (5) INSHT. NTP 387: Evaluación de las condiciones de trabajo: método del análisis ergonómico del puesto de trabajo.
- (6) Rueda Ortiz MJ, Zambrano Vélez M. *Manual de Ergonomía y seguridad*. Segunda edición. 2ª ed.: Alfaomega Colombiana; 2018.
- (7) Obregón Sánchez MG. *Fundamentos de ergonomía*. 1ª ed. Distrito Federal: Grupo Editorial Patria; 2016.
- (8) Clara Eugenia Acevedo Vallejo, Jimena Aristizábal López, Leidy Diana Osorio González, Diana Carolina Ríos Valencia. *Los Factores de Riesgo Biomecánico y los Desórdenes Músculo Esqueléticos*. Universidad Católica de Manizales; 2017.
- (9) Sánchez Medina AF. Prevalencia de desórdenes músculo esqueléticos en trabajadores de una empresa de comercio de productos farmacéuticos. *Revista Ciencias de la Salud* 2018 May 24,;16(2):203.
- (10) Ordóñez CA, Gómez E, Calvo AP. Desórdenes músculo esqueléticos relacionados con el trabajo. *Revista Colombiana de Salud Ocupacional* 2016 Mar 1,;6(1).
- (11) Mondelo PR, Gregori Torada E, Blasco Busquets J. *Ergonomía 3: diseño de puestos de trabajo*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 2013.
- (12) Manero Alfert R, Armisen Penichet A, Manero Torres JM. Métodos prácticos para estimar la capacidad física de trabajo. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*. Pan American Sanitary Bureau 1986 Feb;100(2):170-182.

- (13) Juan Manuel Vicente Pérez, Juan Pablo López Pérez. Diseño de una máquina para la fabricación de productos de gran volumen en polipropileno reciclado Universidad EAFIT; 2006.
- (14) Diego-Mas JA. Selección de métodos de evaluación ergonómica de puestos de trabajo. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia. 2015; Available at: <http://www.ergonautas.upv.es/herramientas/select/select.php>.
- (15) 37° Congreso Colombiano de Medicina del Trabajo y Salud Ocupacional. Manual sobre Sistemas de Vigilancia Epidemiológica (SVE) aplicados a la salud ocupacional. 2017 May,.
- (16) PAVCO Colombia. Available at: <https://pavco.com.co>. Accessed Aug 27, 2019.
- (17) Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Decreto 614 de 1984. 1984.
- (18) Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Decreto 1295 de 1994. 1994.
- (19) Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Ley 9 de 1979. 1979.
- (20) Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Resolución 2400 de 1979. 1979.
- (21) Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Resolución 1016 de 1989. 1989.
- (22) Ministerio del Trabajo. Decreto 1072 de 2015. 2015.
- (23) Ministerio de Trabajo. Resolución 312 de 2019. 2019.
- (24) ICONTEC. Norma Técnica NTC Colombiana 2506 Mecánica. CÓDIGO SOBRE GUARDAS DE PROTECCIÓN DE MAQUINARIA 2003 Sep 09,.
- (25) ISO. ISO 12100:2010. Safety of machinery. General Principles for design. Risk Assessment and risk education. ISO 2010 Nov,.
- (26) INSHT. NTP 434: Superficies de trabajo seguras (I).
- (27) ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 5655 : Principios para el diseño ergonómico de sistemas de trabajo. 2014.
- (28) ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 3955 : ergonomía. Definiciones y conceptos ergonómicos. 2004.
- (29) ISO. ISO 9241-303:2011 ERGONOMICS OF HUMAN-SYSTEM INTERACTION -- PART 303: REQUIREMENTS FOR ELECTRONIC VISUAL DISPLAYS. <https://www.iso.org/standard/57992.html> 2011 Nov,.

(30) ISO. ISO 6385:2016 ERGONOMICS PRINCIPLES IN THE DESIGN OF WORK SYSTEMS. ISO 2016 Sep.,.

(31) ICONTEC. Norma técnica colombiana NTC 5723. Ergonomía : Evaluación de posturas de trabajo estáticas. 2015.

(32) ICONTEC. NTC 5693-1 Ergonomía. Manipulación manual. Parte 1: levantamiento y transporte.&nbsp; 2012.

(33) ICONTEC. NTC 5649. MEDICIONES BÁSICAS DEL CUERPO HUMANO PARA DISEÑO TECNOLÓGICO. PARTE 1: DEFINICIONES E INDICACIONES IMPORTANTES PARA MEDICIONES CORPORALES. 2008.

(34) INSHT. NTP 177: La carga física de trabajo: definición y evaluación.

(35) INSHT. NTP 226: Mandos: ergonomía de diseño y accesibilidad.

(36) INSHT. NTP 452: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural.

(37) INSHT. NTP 502: Trabajo a turnos: criterios para su análisis.

(38) INSHT. NTP 477: Levantamiento manual de cargas: ecuación del NIOSH.

(39) Márquez Gómez M, Márquez Robledo M. Biomechanical and psychosocial risk factors in the Venezuelan meat processing industry. *Ciencia & trabajo* 2015 Dec 1,;17(54):171-176.

(40) Pullopdisakul S, Ekpanyaskul C, Taptagaporn S, Bundhukul A, Thepchatr A. Upper extremities musculoskeletal disorders: prevalence and associated ergonomic factors in an electronic assembly factory. *Int J Occup Med Environ Health* 2013 Oct;26(5):751-761.

(41) Piedrahita H. Evidencias epidemiológicas entre factores de riesgo en el trabajo y los desórdenes músculo-esqueléticos. *Revista MAPFRE Medicina* 2004;15(3):212.

(42) Diego-Mas J, Poveda-Bautista R, Garzon-Leal D. Influences on the use of observational methods by practitioners when identifying risk factors in physical work. *Ergonomics* 2015;58(10):1660-1670.

(43) Gutiérrez Strauss AM, Ministerio de la Protección Social. Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional en el proceso de evaluación para la calificación de origen de la enfermedad profesional. Bogotá D.C.: Imprenta Nacional de Colombia; 2011.

(44) Flores C, Espinosa Sánchez M, Cárcamo E, González Muñoz EL, Gamboa Rodríguez F, Ávila Chaurand R. Diseño y Usuario. Aplicaciones de la Ergonomía. Primera Edición ed. México: Editorial Designio S.A; 2007.

- (45) Velásquez, Maria del Rosario Párraga. Importancia del diseño de la estación de trabajo y la buena postura. 1 2001;4(1):51.
- (46) Sierra C OA, Pardo Ángel NA. Prevalencia de síntomas osteomusculares y factores asociados, en los embaladores de leche en una pasteurizadora en Nemocón, Cundinamarca. Revista Colombiana de Enfermería 2016 Aug 19;5(5):71.
- (47) Castro-Castro GC, Ardila-Pereira LC, Orozco-Muñoz YDS, Sepulveda-Lazaro EE, Molina-Castro CE. Factores de riesgo asociados a desordenes musculo esqueléticos en una empresa de fabricación de refrigeradores. Revista de salud publica (Bogota, Colombia) 2018 Mar;20(2):182-188.
- (48) Ríos Alarcón L, Contreras Puente A. Lesiones musculoesqueléticas de extremidades superiores en trabajadores de una fábrica de cartón. Revista Colombiana de Salud Ocupacional 2018 Jul 31;8(1):e-005.
- (49) Tolosa-Guzmán I. Riesgos biomecánicos asociados al desorden músculo esquelético en pacientes del régimen contributivo que consultan a un centro ambulatorio en Madrid, Cundinamarca, Colombia. Revista Ciencias de la Salud 2015 Jan 1;13(1):25-38.
- (50) Ministerio del Trabajo, Organización Iberoamericana de Seguridad Social. Segunda Encuesta nacional de condiciones de seguridad y salud en el trabajo en el sistema general de riesgos laborales de Colombia. Ministerio del Trabajo 2013 Diciembre,.
- (51) Arenas-Ortiz L, Cantú-Gómez Ó. Factores de riesgo de trastornos músculo-esqueléticos crónicos laborales. Med Int Mex 2013;29(4):370-379.
- (52) Diego-Mas JA. Evaluación postural mediante el método REBA. 2015; Available at: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>.
- (53) Diego-Mas JA. Evaluación Postural Mediante El Método OWAS. 2015; Available at: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/owas/owas-ayuda.php>.
- (54) Hasso Plattner Institute of Design at Stanford University. Bootcamp Bootleg. Institute of Design at Stanford University 2010.
- (55) printable\_models. Gravity conveyor roller v1 printable, low poly model. 2018; Available at: <https://free3d.com/es/modelo-3d/gravity-conveyor-roller-v1--800442.html>, 2019.
- (56) FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL. Laboratorio de Condiciones de Trabajo. Escuela Colombiana de Ingeniería. 2011.
- (57) Chaurand RÁ, León LRP, Muñoz ELG. Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. : Universidad de Guadalajara, CUAAD; 2007.

(58) ICONTEC. NTC 5693-2 ERGONOMÍA. MANIPULACIÓN MANUAL. PARTE 2:  
EMPUJAR Y HALAR. 2009.

(59) Locks F, Hansson G, Nogueira HC, Enquist H, Holtermann A, Oliveira AB. Biomechanical exposure of industrial workers – Influence of automation process. International Journal of Industrial Ergonomics 2018 Sep;67:41-52.

(60) Héctor Andrés Rivas Quevedo, Pamela Alexandra Merino Salazar. Presencia de sintomatología musculoesquelética por posturas forzadas en los trabajadores de una planta de reproceso de plástico. Universidad Internacional SEK; 2019.