



Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Ingeniería en Seguridad

**“Propuesta de un programa de control de riesgos asociados a condiciones de ergonomía en tareas de ensamblaje de componentes electrónicos y producción de tarjetas de circuito impreso en el área de producción de la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda”**

Proyecto final de graduación para optar por el título de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental con el grado académico de Licenciatura

Fiorella Garro Ramírez

Cartago Abril, 2023

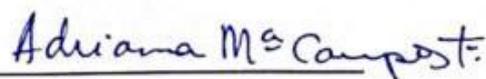


Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

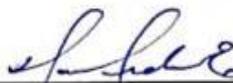
### Constancia de defensa pública

Informe presentado a la Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniera en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental con el grado de licenciatura.

#### Miembros del Tribunal



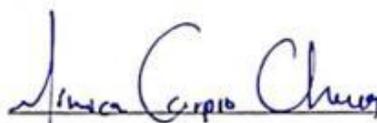
Ing. Adriana Campos Fumero  
Asesora académica



Ing. María Lourdes Medina Escobar  
Profesora Evaluadora



Ing. Milagro Berrocal Jiménez  
Profesora Evaluadora



Ing. Mónica Carpio Chaves  
Coordinadora de Trabajo Final de Graduación  
En representación de la Dirección EISLHA

13 de abril, 2023

## **Dedicatoria**

*Dedico este proyecto a mis padres, quienes han sido mis pilares en la vida y me han enseñado que con dedicación y esfuerzo todo es posible. Gracias por su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y por ser mis guías en el camino hacia mis metas.*

*Este proyecto final de graduación es el resultado de años de dedicación, esfuerzo y perseverancia, pero también es el reflejo de todo el amor, apoyo y enseñanzas que ustedes me han brindado a lo largo de mi vida. Los amo.*

## **Agradecimientos**

*Antes que nada, quiero agradecer a Dios, a la Virgen y a mis ángeles por no abandonarme en ningún momento durante este camino.*

*No hay palabras suficientes para agradecer a mis padres todo lo que han hecho por mí, por su paciencia, dedicación, esfuerzo y sacrificio para darme la mejor educación y una vida llena de oportunidades. Gracias por motivarme siempre a alcanzar las estrellas.*

*A mi hermana Marián, quien ha sido mi cómplice y confidente en todo momento. Gracias por siempre sacarme una sonrisa cuando más lo he necesitado.*

*A Irvin, quien me ha apoyado durante este proceso incondicionalmente. Gracias por estar siempre a mi lado y por escucharme, animarme y motivarme en los momentos difíciles.*

*A mis abuelos Tata y Talla, gracias por ser mi luz y por brindarme su amor y apoyo incondicional. Siempre estaré agradecida por todo lo que han hecho por mí y por ayudarme a crecer como persona.*

*A mi tía Edurne, quien siempre ha estado presente en mi vida, brindándome su apoyo y consejos invaluable. Gracias por ser una fuente constante de inspiración y motivación.*

*A mi abuelita Lety, por su sabiduría y por los valiosos consejos que me ha brindado en mi vida.*

*A mi primo Juanchi, por su incondicional apoyo en este proyecto. Gracias por tus conocimientos y por tu gran ayuda.*

*También quiero agradecer a mis amigos por sus palabras de aliento, por sus consejos, por sus risas y por su compañía en los buenos y malos momentos.*

*A mi profesora asesora Adriana Campos, por su tiempo y dedicación, y por creer en mí y en mi proyecto desde el principio.*

*También a la profesora Mónica Carpio por sus palabras alentadoras y su colaboración para alcanzar uno de mis grandes sueños.*

*A mi asesora industrial, Mariela Nuñez, por compartir su valioso conocimiento y apoyo, y por recibirme como una más en la empresa, brindándome toda la información necesaria para sacar adelante este proyecto.*

*No puedo dejar de agradecer a la empresa Zollner por brindarme la oportunidad de desarrollar mi proyecto en sus instalaciones y por permitirme conocer de cerca sus procesos y funcionamiento. Agradezco también a todos los colaboradores que tuvieron la disposición de compartir sus conocimientos y experiencias conmigo, lo cual fue de gran ayuda para el éxito de mi proyecto.*

*Por último, a todas aquellas personas que de alguna u otra forma formaron parte de este proceso, y estuvieron para mí cuando necesité de su ayuda. ¡Gracias de corazón por todo su cariño y apoyo!*

## Resumen

Zollner Electronics Costa Rica Ltda es una empresa que manufactura placas de circuito para los sectores de industria automotriz y electrónica. El presente proyecto presenta una propuesta de programa para el control de las condiciones de ergonomía en tareas de ensamblaje de tarjetas electrónicas en el área de producción, que incluya controles tanto ingenieriles como administrativos.

Se realizó un muestreo no probabilístico en 166 tareas distribuidas en 11 áreas mediante un inventario de peligros ergonómicos. Mediante un Análisis AMFE se evaluó el Número Prioritario de Riesgo (NPR) de cada tarea y se obtuvo 16 tareas con un alto riesgo ergonómico. Según los factores de riesgo de estas tareas se utilizó las metodologías *REBA*, la ecuación de *NIOSH* y el método *Job Strain Index* para la evaluación. Además, se hizo una revisión de indicadores y entrenamientos de la empresa, consultando al personal de producción, consultorio médico y a la coordinadora EHS.

Según la aplicación de la herramienta *REBA* en 13 tareas, solo una no contaba con factores de riesgo. De las dos evaluaciones de *NIOSH*, se identificó un incremento moderado del riesgo y la herramienta *Job Strain Index* indicó que dos tareas poseen un nivel de riesgo bajo y una tarea posee un nivel de riesgo medio. En total, se identificaron 13 tareas con riesgos muy alto, alto y medio.

Con base en los resultados del análisis de riesgos, se evidencia la necesidad de políticas, procedimientos y entrenamientos que guíen a la organización, por lo que se recomienda un programa de control de riesgos asociados a las condiciones de ergonomía.

**Palabras Clave:** desórdenes musculoesqueléticos, ergonomía, ensamble manual, tarjetas de circuito impreso, componentes electrónicos, industria electrónica.

**Keywords:** musculoskeletal disorders, ergonomics, manual assembly, printed circuit boards, electronic components, electronics industry.

## Índice

<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
A. Identificación de la empresa	7
B. Planteamiento del problema	10
C. Justificación del proyecto	12
D. Objetivos del Proyecto de Graduación	13
E. Alcances y Limitaciones del Trabajo	14
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>15</b>
<b>III. METODOLOGÍA</b>	<b>19</b>
A. Tipo de investigación	19
B. Fuentes de información	19
F. Población y muestra	21
G. Operacionalización de variables	24
H. Descripción de herramientas, métodos e instrumentos de investigación	27
I. Plan de Análisis	34
<b>IV. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>37</b>
A. Herramientas asociadas a aspectos ergonómicos en el área de producción	37
B. Herramientas aplicadas en el área administrativa	50
C. Conclusiones	59
D. Recomendaciones	60
<b>V. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN</b>	<b>61</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>63</b>
a. Datos generales de la empresa	63
b. Definiciones	66
c. Objetivos	67
d. Alcance	67
e. Metas e Indicadores	68

f. Limitaciones _____	68
<b>II. PLANIFICACIÓN _____</b>	<b>69</b>
1. Recursos _____	69
a. Matriz de involucrados y responsabilidades _____	70
b. Matriz RACI _____	71
<b>III. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS _____</b>	<b>72</b>
<b>IV. PROPUESTA DE CONTROLES INGENIERILES _____</b>	<b>74</b>
<b>V. PROPUESTA DE CONTROLES ADMINISTRATIVOS _____</b>	<b>116</b>
1. Capacitación “Buenas prácticas de ergonomía en el trabajo” _____	116
a. Guía de pausas activas _____	125
b. Proyecto “Validación ergonómica en puestos de trabajo” _____	129
<b>VI. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA _____</b>	<b>131</b>
<b>VII. CRONOGRAMA DEL PROGRAMA _____</b>	<b>132</b>
<b>VIII. CONCLUSIONES _____</b>	<b>134</b>
<b>IX. RECOMENDACIONES _____</b>	<b>134</b>
<b>X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____</b>	<b>136</b>
<b>XI. BIBLIOGRAFÍA _____</b>	<b>137</b>
<b>XII. APÉNDICES _____</b>	<b>141</b>
<b>XIII. ANEXOS _____</b>	<b>173</b>

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Estrategia de muestreo	21
Cuadro 2. Operacionalización de variable del objetivo específico uno	24
Cuadro 3. Operacionalización de variable del objetivo específico dos	25
Cuadro 4. Operacionalización de variable del objetivo específico tres	26
Cuadro 5. Nivel de riesgo del método REBA	30
Cuadro 6. Tareas con alto riesgo según AMFE	42
Cuadro 7. Resultados de la evaluación REBA	44
Cuadro 8. Resultados de la evaluación ecuación de NIOSH	46
Cuadro 9. Resultados de la evaluación JSI	47
Cuadro 10. Resumen de los tres métodos ergonómicos aplicados	48
Cuadro 11. Incapacidades por enfermedad osteomuscular del año 2021 a octubre del 2022	52
Cuadro 12. Cantidad de atenciones por "Enfermedades del sistema musculoesquelético o del tejido conectivo" por turno en 2021 y 2022	54
Cuadro 13. Nivel de compromiso con respecto a mejoras en aspectos ergonómicos	55
Cuadro 14. Lista de entrenamientos impartidos	57
Cuadro 15. Contacto Zollner Electronics Ltda	65
Cuadro 16. Metas e indicadores del programa	68
Cuadro 17. Matriz de involucrados y responsabilidades	70
Cuadro 18. Matriz RACI	71
Cuadro 19. Resultados de los tres métodos ergonómicos aplicados.	73
Cuadro 20. Tareas problemáticas y su identificación.	74
Cuadro 21. Propuestas ingenieriles para el problema A	75
Cuadro 22. Comparación de las propuestas del problema A	78
Cuadro 23. Propuestas ingenieriles para el problema B	81
Cuadro 24. Comparación de las propuestas del problema B	84
Cuadro 25. Propuestas ingenieriles para el problema C	87
Cuadro 26. Comparación de las propuestas del problema C	90
Cuadro 27. Propuestas ingenieriles para el problema D	93
Cuadro 28. Comparación de las propuestas del problema D	96
Cuadro 29. Propuestas ingenieriles para el problema E	99
Cuadro 30. Comparación de las propuestas del problema E	101
Cuadro 31. Propuestas ingenieriles para el problema F	104
Cuadro 32. Comparación de las propuestas del problema F	106
Cuadro 33. Propuestas ingenieriles para el problema G	110

<b>Cuadro 34. Comparación de las propuestas del problema G</b>	<b>113</b>
<b>Cuadro 35. Propuestas ingenieriles escogidas</b>	<b>115</b>
<b>Cuadro 36. Validación final hipotética</b>	<b>115</b>
<b>Cuadro 37. Contenido de la capacitación</b>	<b>117</b>
<b>Cuadro 38. Ejercicios de pausas activas</b>	<b>126</b>
<b>Cuadro 39. Lista de verificación para el seguimiento del programa</b>	<b>131</b>

## Índice de figuras

Figura 1. Organigrama de la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda .....	9
Figura 2. Ruta de plan de acción .....	34
Figura 3. Número de áreas identificadas en las líneas de producción o áreas de la planta .....	37
Figura 4. Peligros ergonómicos identificados por área/ línea de producción .....	39
Figura 5. Ejemplo de medición de los ángulos con herramienta en línea RULER .....	43
Figura 6. Matriz de interés/influencia .....	56
Figura 7. Organigrama de la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda .....	64
Figura 8. Propuesta de mapa de trabajo para cambio en retrabajo de Heatsink.....	108
Figura 9. Formulario de solicitud de revisión de puesto .....	130
Figura 10. Cronograma del programa .....	133

## **I. Introducción**

### **A. Identificación de la empresa**

Zollner Electronics es uno de los proveedores de servicios de manufactura electrónica más grandes del mundo (CINDE, 2015). La empresa se enfoca en la manufactura de productos de alta complejidad y tecnología para diferentes mercados como el automotriz, aeroespacial, telecomunicaciones, tecnología de datos, sistemas de medición y tecnología ferroviaria, médico e industria electrónica en general (La República, 2019). Actualmente, la empresa está presente en 20 países; tales como: en Alemania, Hungría, Rumania, China, Túnez, Estados Unidos, Suiza, Hong Kong y Costa Rica.

### **Misión y Visión**

Según el Departamento de Recursos Humanos de la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda. (2022), la visión de la empresa es “Convertirnos en la unidad de negocio más atractiva del Grupo Zollner con bajo costo, alta calidad y rentabilidad” (Zollner Electronics Costa Rica Ltda., 2022). La misión de la empresa está enfocada en:

- Mercado: Industria Electrónica y Automotriz.
- Productos: Tarjetas de Circuito Impreso y Mecatrónica.
- Diferencial: Fuerza laboral altamente calificada, talentosa y educada con experiencia y mejora continua en nuestros procesos.

Bajo la misma línea de declaraciones estratégicas, es posible señalar que entre los valores de la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda., 2022, se destaca la confianza, el respeto y la honestidad, la responsabilidad holística (es decir, tienen una visión de la corporación como un todo y existe un orgullo sobre los logros comunes), la profesionalidad, la adaptabilidad y flexibilidad, la viabilidad económica (donde se mejora continuamente aspectos de calidad, tiempos y costos), el desempeño y el compromiso (Zollner Electronics Costa Rica Ltda., 2022, s.f.).

### **Antecedentes históricos de la empresa**

En 1965, Manfred Zollner fundó la empresa homónima como una tienda de electrónica en su ciudad natal, Zandt, en Alemania. Cinco años después de dicho acontecimiento, se funda una “fábrica de Electrotecnología” lo cual coincide con el inicio de la unidad de negocio de Inductividades. Luego, se presentaron una serie de acontecimientos como el

establecimiento de la unidad de negocios de Mecánica y Galvanoplastia, ampliación de las capacidades de producción de bobinas automatizadas, entre otros.

Conforme transcurrieron los años, la empresa fue creciendo y a su vez, añadiendo más sucursales en diferentes localidades. Respecto a la incorporación de la empresa en el territorio nacional, la planta de Zollner Electronics en Costa Rica comenzó sus operaciones en el año 2014, siendo así la primera planta de la compañía en Latinoamérica. Nuestro país fue seleccionado debido a la solidez a nivel de sus relaciones comerciales, además por la estabilidad que ofrece la figura de la zona franca, el clima socioeconómico y los altos perfiles profesionales que el país ofrece (CINDE, 2015).

### **Ubicación geográfica**

La planta de Zollner Electronics Costa Rica Ltda. se ubica en el Parque Industrial La Lima, el cual se sitúa en la provincia de Cartago, cantón Central, distrito de San Nicolás.

### **Organigrama de la organización**

La organización de la planta de Zollner Electronics Costa Rica Ltda. tiene como máxima autoridad al gerente general. Luego, se derivan otras gerencias las cuales, a su vez tienen cargo los diferentes departamentos de la empresa. Estas gerencias son: Recursos Humanos, la de Calidad, la de Materiales, la de Ingeniería, la de Producción, y la de Mantenimiento y Facilidades. El departamento de Ambiente, Salud y Seguridad (o también

conocido por sus siglas en inglés como *EHS*) forma parte del departamento de Calidad. A continuación, se muestra con mayor detalle en la figura 1 el organigrama de la empresa.

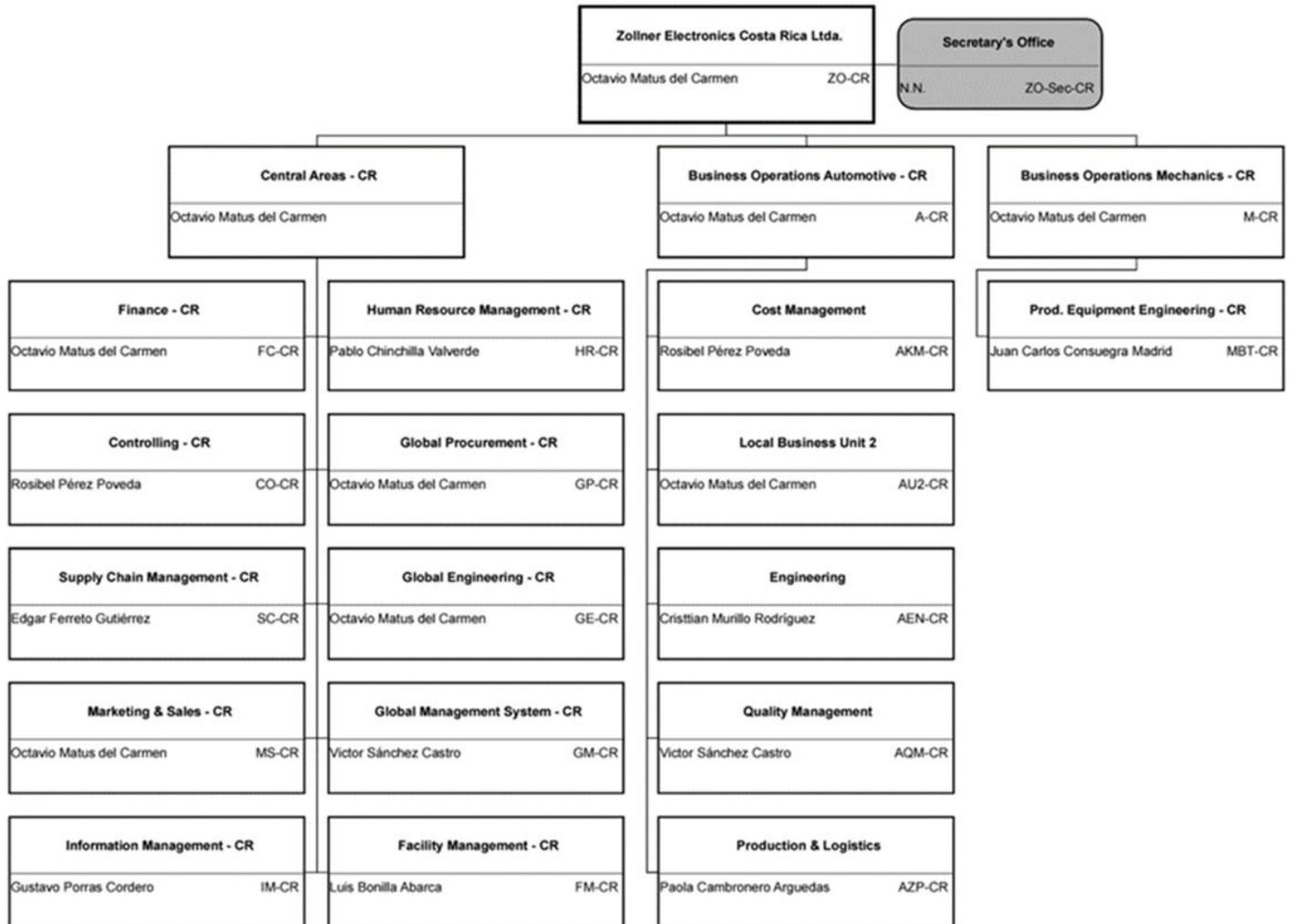


Figura 1. Organigrama de la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda

### Cantidad de empleados

En la actualidad, se cuenta con una totalidad de 351 empleados, divididos en 174 hombres y 177 mujeres, distribuidos en los diversos departamentos que conforman a la empresa. En el área de producción hay tres turnos: I turno (de 6 a.m. a 2 p.m.), II turno (de 2 p.m. a 10 p.m.) y III turno (de 10 p.m. a 6 a.m.).

### Mercado

Los servicios están dirigidos a los sectores de industria automotriz y electrónicos. Entre los clientes que corresponden al área de automotrices, se destacan las compañías Varroc, Marelli y BorgWarner. Por otro lado, en el sector de electrónicos se incluyen los clientes LEA, Rheem, OTT, Teradyne, Tandem y Hologic.

## **Proceso productivo y productos**

Zollner Electronics Costa Rica Ltda. se destaca por el ensamblaje electromecánico de tarjetas de circuitos impresos (*Printed Circuit Board* o por sus siglas, *PCBA*) para las industrias aeronáutica, médica, automotriz y aeroespacial. Además, la empresa posee una gran variedad de *PCBAs* ya que cada cliente externa los requerimientos y especificaciones para el ensamble de estas. La empresa brinda servicios de gestión de administración de proyectos, investigación y desarrollo, realiza el diseño de maquinaria y equipo, brinda reparación y mantenimiento de productos fabricados por Zollner o de tarjetas provistas por el cliente.

Respecto al proceso productivo de la empresa, éste se conforma de cinco áreas las cuales son el ingreso de materiales, la bodega, producción, taller de mantenimiento y producto terminado. El proceso comienza desde el área de ingreso de materias primas, donde estas son revisadas, y luego introducidas al sistema electrónico de control de inventarios. Posteriormente, en el área de bodegas se preparan los componentes electrónicos requeridos por orden y estos son transportados al área de producción.

El área de producción está compuesta por dos tipos de líneas de ensamble: manual y automatizado. En dichas líneas, se ensamblan las tarjetas electrónicas con sus respectivos componentes electrónicos. Luego, estas entran a los hornos, donde se solidifica la soldadura con la que se pegan los componentes a las tarjetas y después pasan a la etapa de control de calidad. Finalmente, el producto ingresa al área de *outgoing*, donde se acopian hasta el momento de envío al cliente.

### **B. Planteamiento del problema**

En el área de producción de la empresa, se desarrollan diversas actividades en las líneas de montaje, las cuales incluyen un constante manejo de materiales y riesgos asociados a movimientos repetitivos y posturas estáticas lo cual ha incrementado la generación de dolencias musculoesqueléticas y lesiones en los trabajadores, resultando muchos en incapacidad.

La empresa tiene como objetivo estratégico poseer un nivel de absentismo anual menor al 4,8%. Para el 2021 la compañía reportó un 11,25 % del total de días de incapacidad de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS) por problemas osteomusculares lo cual representa un incumplimiento de los objetivos estratégicos, ya que el valor anterior supera el indicador corporativo. Esta situación a su vez genera un aumento en las pólizas laborales y

eleva los costos operativos para la empresa puesto que dichas incapacidades generan problemática y desorganización a nivel administrativo y operativo.

Respecto a las consultas en el consultorio médico de la empresa, en el 2021 hubo un total de 124 atenciones por motivo de enfermedades del sistema músculo esquelético o del tejido conectivo, de las cuales 77 fueron de los turnos I, II y III del área de producción. La doctora encargada reporta que los síntomas más frecuentes que presentan los trabajadores son dolor muscular, lumbalgia y dolor articular.

Agregado a esto, existen exigencias de clientes de la empresa, así como de la propia empresa por mejorar la salud ocupacional. La Ingeniera Mariela Nuñez Row, actual líder de EHS, solicitó la revisión de las condiciones ergonómicas en el área de producción, ya que no cuentan con una investigación previa que indique el nivel de priorización de los riesgos en las distintas líneas. Lo que finalmente lleva a la necesidad de generar un análisis en los puestos de trabajo del área de producción y, por ende, un tratamiento a los riesgos ergonómicos en dichas áreas.

### **C. Justificación del proyecto**

En la industria electrónica, la cual ha presentado un crecimiento importante (Laverde, 2017), frecuentemente se presentan líneas de montaje donde se realizan movimientos repetitivos y con considerable nivel de estrés mecánico por posturas no naturales, lo cual se correlaciona a la aparición de trastornos musculoesqueléticos causados por un mal diseño de tareas (León-Duarte & Quijada-Durazo, 2016).

A nivel europeo las lesiones o trastornos músculo esqueléticos son considerados como la causa principal de ausentismo laboral. Además de afectar la calidad de vida de los trabajadores, pueden generar repercusiones en la productividad y a nivel económico tanto para la empresa como para el colaborador (Villalobos- Rodríguez & Brenes-Cerdas, 2020). Particularmente, el 40% de los costes económicos que tienen las enfermedades y accidentes del trabajo son generados por trastornos musculoesqueléticos (Martínez-Plaza, 2009).

Una incapacidad por lesiones en el sistema locomotor simboliza un inconveniente para la empresa puesto que genera un atraso a nivel administrativo, ya que se debe gestionar la logística para cubrir el puesto vacante que deja la persona incapacitada (Peña-Peña, 2016). Para los compañeros de este individuo, la situación anterior podría significar a un aumento de la carga de trabajo (Burrola-Sánchez, 2008). A nivel operativo, podría afectar los tiempos de producción y entrega del producto final, lo que perjudica la operatividad, la eficiencia y las metas de la corporación.

Según datos de las estadísticas de la siniestralidad laboral en Costa Rica para el año 2020 y 2021, se destaca que los esfuerzos físicos excesivos al levantar objetos se encuentran en el cuarto lugar de denuncias, y representan el 6% del total de casos. Particularmente, en el 2020, 7 007 casos del total de las 108 040 denuncias fueron por esfuerzos físicos y en el 2021 fueron 7 429 de las 118 770 denuncias (Consejo de Salud Ocupacional, 2021). Lo anterior podría apoyar la necesidad de verificar el comportamiento de la empresa, por lo que sería necesario realizar estudios para determinar si se presentan estas condiciones en el área de producción.

Cabe destacar que la empresa cuenta con una meta corporativa de que el absentismo no supere el 0.4% a nivel mensual, sin embargo, la estadística de la empresa muestra que esta meta fue alcanzada sólo en 6 meses del 2021. Además, en el 2021 el 62, 1% del total de atenciones en el consultorio médico se dieron por motivo de enfermedades del sistema musculoesquelético o del sistema conectivo.

A raíz de los aspectos previamente señalados, la compañía identificó la importancia de fortalecer las medidas de prevención de riesgos ergonómicos en las estaciones de ensamble manual, depanelización, estaciones de prueba de las tarjetas y *rework*, ya que el área de producción se compone mayoritariamente por estas tareas.

#### **D. Objetivos del Proyecto de Graduación**

##### **Objetivo general**

- Proponer un programa de control de riesgos asociados a condiciones de ergonomía en tareas de ensamblaje y producción de tarjetas de circuito impreso en el área de producción de la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

##### **Objetivos específicos**

- Identificar los peligros relacionados a condiciones de aspectos ergonómicos en el área de producción de la compañía.
- Evaluar riesgos ergonómicos presentes en el área de producción de la compañía.
- Diseñar propuestas de control ingenieril y administrativo, en un programa de control para las condiciones de riesgo ergonómico en los puestos de ensamblaje y producción de tarjetas de circuito impreso.

## **E. Alcances y Limitaciones del Trabajo**

### **Alcances**

Este presente proyecto pretende generar una propuesta de programa de prevención de riesgos ergonómicos dirigida al área de producción, específicamente a las estaciones de ensamble manual, depanelización, estaciones de prueba de las tarjetas y reparación-retrabajo (*repair and rework*) de la empresa Zollner Electronics. El programa de control busca reducir los reportes de dolencias musculoesqueléticas en los trabajadores e incapacidades, enfocándose a la identificación de riesgos asociados a fuerza y postura anormal.

### **Limitaciones**

El horario de permanencia establecido de lunes, martes y miércoles con un horario estricto de 7:00 am a 2:00 pm no permitió incluir los turnos II y III para la investigación y aplicación de herramientas ergonómicas.

Por otro lado, debido a que la empresa debe cumplir con altas métricas de productividad y rendimiento; la aplicación de las herramientas para conocer a mayor profundidad sobre las condiciones ergonómicas de la población trabajadora del área de producción dependió de la disponibilidad y del permiso del supervisor para la aplicación de estas.

## II. Marco teórico

### La industria de los semiconductores

El uso cotidiano de los aparatos electrónicos es una realidad indiscutible, ya que las personas emplean tecnología para los quehaceres del día a día. Todos los aparatos electrónicos requieren de semiconductores para su debido funcionamiento, por lo que la industria de los semiconductores se encarga de fabricar aquellos componentes vitales para las tecnologías de las que toda la humanidad depende (Burkacky et al., 2022).

Los componentes electrónicos tales como los circuitos integrados, microcontroladores, resistencias, capacitores, baterías, leds e inductores son ensamblados en las placas de circuito impreso, las cuales son utilizadas en casi todas las aplicaciones tecnológicas: desde teléfonos celulares hasta en la aeronáutica (Silvestre et al., 2019), por lo que es relevante mencionar que la industria de manufactura electrónica abarca una extensa gama de procesos de producción.

Para los procesos de producción de placas de circuito impreso ensambladas se destacan dos tipos de tecnologías las cuales son la tecnología de montaje superficial (también conocida con las siglas *SMT* por su traducción en inglés) y la tecnología de orificio pasante (también referida por las siglas *THT* en inglés). A nivel más general, el proceso tiene tres etapas: Ensamblaje de tipo *SMT*, el ensamblaje *THT* y Prueba-Recubrimiento. La fase *SMT* consiste en el ensamblaje automático de los componentes electrónicos. La etapa *THT* es el ensamble manual de los componentes donde se utilizan los agujeros de los *PCBAs* para montar los elementos y luego pasan a la etapa de soldadura por ola. La etapa de Prueba y Recubrimiento consiste en el testeo electrónico de la tarjeta con una máquina de prueba especial según la tarjeta, y luego de haber pasado dicha prueba, se realiza el recubrimiento de la tarjeta con una capa protectora de polvo y humedad.

Conviene resaltar que a pesar de que la industria electrónica posee diversos procesos y a su vez, subprocesos de producción, en general, a este tipo de industria se le han asociado ciertos riesgos laborales donde el más destacado es la exposición a productos químicos. A pesar de esto, los trastornos musculoesqueléticos se han identificado como otra condición relacionada a este tipo de industria (Chee et al., 2004).

## **La ergonomía y su importancia en los puestos de trabajo**

Maestre-Daza (2017) menciona que la ergonomía pretende lograr una mayor relación entre el trabajador y sus condiciones de trabajo y teniendo en cuenta las características del entorno, esta examina las capacidades físicas y limitaciones del cuerpo humano, las tareas que debe realizar una persona y las herramientas utilizadas. La adecuada preparación de las condiciones ambientales y organizacionales del entorno laboral es muy importante pues de lo contrario, puede traer problemas a los trabajadores.

Las problemáticas pueden generarse debido a deficiencias en el diseño físico y en la disposición del puesto lo que puede causar posturas inadecuadas que desarrollan enfermedades músculo esqueléticas. Las enfermedades o trastornos músculo esqueléticos son multi causales, es decir pueden aparecer por diversos factores o por la combinación de factores de riesgo, los cuales pueden ser individuales, psicosociales, organizativos, mecánicos y físicos (OSHA, 2021).

Según García-Salirrosas & Sánchez-Poma (2020) los trastornos musculoesqueléticos relacionados al trabajo son un grupo de alteraciones o lesiones asociadas al sistema locomotor, los cuales generan una alteración física o funcional a nivel de los nervios, articulaciones, músculos, discos intervertebrales o tendones. Además, estos pueden dañar la espalda, el cuello, miembros superiores y con menos frecuencia a los miembros inferiores. Según Rodríguez & Dimate (2013) estos se desarrollan con el tiempo y pueden ser provocados por el propio trabajo, además de ser considerados como una de las causas principales por incapacidad laboral y ausentismo en el mundo.

### **Áreas del cuerpo donde aparecen las lesiones musculoesqueléticas y factores causantes**

La Secretaría de salud laboral y medio ambiente de Asturias (s.f.) destaca que las lesiones musculoesqueléticas pueden aparecer en cualquier región corporal, aunque se localizan con mayor frecuencia en la espalda, en el cuello, en los hombros, codos, muñecas, rodillas, pies y piernas. Entre las alteraciones musculoesqueléticas se destaca la tenosinovitis, el síndrome del túnel carpiano, la tendinitis, epicondilitis, bursitis, contracturas, hernia de disco, lumbalgias y cervicalgias.

Cabe destacar que las alteraciones anteriores no siempre se pueden identificar clínicamente y van a ser los factores de riesgo, o las condiciones de trabajo las que originan un gran número de ellos. Entre estos se destaca los esfuerzos, la repetitividad, posturas incómodas del trabajo, carga estática, la manipulación manual de cargas, y ciertos

movimientos que están condicionados por el diseño del puesto de trabajo, por los tipos de tareas que deben realizarse y por su organización (Secretaría de salud laboral y medio ambiente de Asturias, s.f.).

Respecto al factor de fuerza, Chacón-López (2017) asegura que esto se producen cuando hay un exceso de fuerza en el agarre de los objetos y en aquellas labores que demandan mucho esfuerzo con un objeto externo, lo que genera una extensión sobre los tejidos internos y tensión alrededor de los músculos del cuerpo. Por otro lado, la repetitividad se produce cuando en un periodo de tiempo, se efectúan una serie de movimientos cuantificados, donde se efectúa una fuerza similar durante una labor con poca variación (Chacón-López, 2017).

Por otro lado, Podniece (2007) señala que las posturas estáticas o incómodas son aquellas donde los músculos deben contraerse y el cuerpo recibe grandes cargas mecánicas. En otras palabras, trabajos con las manos por encima del nivel de los hombros, o permanecer sentado o de pie durante mucho tiempo generan este tipo de factor físico. Las cargas estáticas producen tensión en las articulaciones y en los músculos a pesar de que el músculo se mantenga estático (Rojas & Pintor, 2018).

### **Estudios previos sobre la industria de semiconductores y ergonomía**

En relación con la industria electrónica, entre 1998 y el 2002 se llevó a cabo un estudio financiado por el gobierno de Malasia sobre varios aspectos de salud y seguridad ocupacional, incluida la ergonomía en fábricas de semiconductores. Entre los factores de riesgo ergonómico identificados en el estudio se destacan estar sentados durante mucho tiempo, posturas incómodas con hombros levantados y trabajo repetitivo (Chee et al., 2004).

En otro estudio donde se evaluaron particularmente las estaciones de trabajo para pruebas eléctricas en una fábrica de mediano tamaño en Malasia. Se encontró que los operadores experimentaban fatiga en sus brazos y en el trapecio debido a que tenían que levantar los brazos durante largas horas pues las mesas no tenían lugar para descansar los brazos. Sumado a lo anterior, ellos debían sostener su brazo y mano, y a su vez estirarse para alcanzar los interruptores del osciloscopio y el teclado de la computadora que utilizaban, los cuales estaban ubicados demasiado alto y lejos de ellos (Yeow & Nath Sen, 2003).

### **Controles y programas de Ergonomía**

Tosi (2020) menciona que el diseño y la ergonomía también operan más en el nivel de resolución de problemas que en la investigación teórica abstracta, caracterizándose

principalmente a partir del campo de intervención más que del área disciplinar como tal. Además, la capacidad de innovación del diseño y las aportaciones específicas que el diseño ofrece a la ergonomía hacen una integración a la reducción o supresión del riesgo encontrado.

Es posible disminuir o eliminar los riesgos previamente hallados, por medio de un programa. Concretamente, un programa consiste en un plan con una secuencia organizada de acciones necesarias para lograr ciertos resultados durante períodos de tiempo predeterminados (Ordaz-Zubia y Saldaña-García, 2005).

De acuerdo con Ruiz-Arguedas (2017), para que el ambiente de trabajo donde se aplique un programa de ergonomía sea exitoso, esta última debe de ser una actividad de valor agregado. En este sentido, se supone que reduce los costos de compensación de los trabajadores, reduce los costos médicos y aumenta la productividad.

### **III. Metodología**

#### **A. Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo descriptivo. Este tipo de metodología involucra la medición de variables, recolección de información y observación del comportamiento de las personas o elementos en cuestión de análisis. Lo anterior quiere decir que se exhibe el conocimiento de la realidad tal como se presenta en una situación de espacio y de tiempo dado relacionado a las condiciones ergonómicas de los puestos de trabajo (Rojas-Cairampoma, 2015).

#### **B. Fuentes de información**

Para la ejecución de esta investigación, fue necesario el uso de diferentes fuentes de información, entre ellas están:

##### **Fuentes primarias**

###### **A. Libros**

- Design for Ergonomics (Tosi, F., 2020)Diseño de sistema de trabajo (Konz, S., 2000).
- Elementos de los programas ergonómicos NIOSH 1997 (Cohen, A., et al.,1997).
- Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods (Stanton, N. A., et al., 2004).
- Ergonomía 4 El trabajo en oficinas (Mondelo, P., et al., 2001).

###### **B. Proyectos de graduación**

- Propuesta de alternativas de control para la exposición ocupacional a iluminación y riesgos ergonómicos en el personal administrativo y de mantenimiento de la Fundación Escuela Autónoma de Ciencias Médicas (UCIMED) (Chaves-Duarte, V., 2019).
- Propuesta de un programa de prevención de riesgos ergonómicos en tareas de manipulación y levantamiento de cargas en el área de despacho de Coca Cola FEMSA S.A., Calle Blancos (Carmona-Benavides, K., 2021).
- Propuesta de un programa de control de riesgos asociados a condiciones de ergonomía y de iluminación en el área de empaque de sólidos y líquidos de una Compañía Farmacéutica (Rojas-Montero, F., 2021).
- Propuesta de alternativas de control de las condiciones ergonómicas y de iluminación para los puestos de trabajo de Grupo Trisan (González-Córdoba, A.C., 2018).

### C. Normas

- INTE/ISO 6385:2016 Salud y Seguridad en el trabajo. Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo.
- Norma INTE T29:2016 Guía para la elaboración del programa de salud y seguridad en el trabajo. Aspectos generales.
- Norma INTE/ISO 11064-4:2016 Diseño ergonómico de centros de control. Parte 4: Distribución y dimensiones de los puestos de trabajo.
- Norma INTE/ISO 11228-1:2016 Ergonomía. Manejo manual. Parte 1: Levantamiento y transporte.
- ISO 15537:2004 Principios para la selección y empleo de personas en el ensayo de aspectos antropométricos de productos y diseños industriales.

### D. Páginas Web

- Ergonautas

### **Fuentes secundarias**

#### A. Notas Técnicas

- Normas Técnicas de Prevención (NTP) del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)

### **Fuentes terciarias**

#### A. Bases de datos

- e-libros
- Repositorio TEC
- Scielo
- Scholar Google

## F. Población y muestra

La presente investigación está centrada al área de producción. Según los lineamientos de la empresa, el personal de producción labora en 3 tipos de turnos: I turno (de 6 a.m. a 2 p.m.), II turno (de 2 p.m. a 10 p.m.) y III turno (de 10 p.m. a 6 a.m.). Sin embargo, la población muestreada será la correspondiente al primer turno. El turno I cuenta con 45 personas con la posibilidad de rotar entre los distintos puestos de una línea de producción de acuerdo con los requerimientos del cliente y las matrices de entrenamiento de los trabajadores.

El área de producción está subdividida según los clientes y generalmente cada línea de producción tiene las estaciones de trabajo posicionadas según el flujo de proceso de cada cliente. Actualmente, las líneas de producción evaluadas corresponden a los clientes *Rheem*, *LEA*, *BMW X3*, *Tandem*, *Teradyne* y *Varroc-Tesla*. Cabe señalar que, en estas líneas un operario ensamblador puede rotar en las distintas estaciones que contiene cada tarjeta (es decir, a nivel general en estaciones de ensamble, *repair-rework*, estación de pruebas y uso de máquinas).

Las áreas de estudio son las referidas como *Cleaning Room* (traducción en inglés del área de limpieza de las tarjetas de circuito impreso), *Depaneling* (área de depanelización de PCBAs), *Test system* o también conocida como *ICT* (por sus siglas en inglés de *In Circuit Test* donde se detectan las tarjetas defectuosas), el área de *rework* (donde se realiza retrabajo y se repara manualmente aquellos fallos en las tarjetas) y el área de *Final Inspection* (o inspección final del departamento de Calidad, donde realizan una inspección visual final de las tarjetas).

En el caso del área de producción, se realizó un muestreo no probabilístico a conveniencia, debido a que el supervisor de cada línea no poseía el dato de cuál persona estaba en cada estación de trabajo, también debido a las variaciones o modificaciones diarias que se realizaban a nivel de producción. Las mediciones ergonómicas se hicieron cuando se trabajaban las tarjetas electrónicas más pesadas de cada cliente (es decir, el peor caso).

Asimismo, se realizó un estudio preliminar basado en la observación de las tareas desempeñadas y se seleccionaron aquellas con un mayor nivel de riesgo según las puntuaciones obtenidas con la herramienta Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) para aplicar las herramientas REBA, Job Strain Index y la ecuación de NIOSH. A continuación, se presenta el Cuadro 1, donde se puede visualizar con mayor detalle la muestra empleada para la aplicación de cada herramienta.

*Cuadro 1. Estrategia de muestreo*

Área	Herramienta	Muestra	Caracterización de la evaluación
Área Administrativa	Inventario de peligros	11 áreas de producción	Observación de las tareas efectuadas en las líneas de trabajo de <i>Rheem, Test system de BMW X3, Tandem, Teradyne, Varroc-Tesla, Test system de Varroc-Tesla, Rework General, Final Inspection, Rework SMT, Depaneling Area y LEA.</i>
	Entrevista semiestructurada a la coordinadora de EHS	1 persona	Entrevista en formato digital con una duración aproximada de 20 minutos
	Cuestionario al personal del consultorio médico de la empresa	1 persona	Cuestionario digital
	Cuestionario al personal con inherencia en el área de producción	6 personas	Cuestionario digital
Área de Producción	REBA	Tomar la tarjeta de zona de entrada del proceso.	Aplicación en Test System de BMW X3
		Colocación de los PCBA en cajas ESD.	Aplicación en THT Assembly de Rheem
		Tomar la tarjeta del rack de almacenamiento.	Aplicación en THT Assembly de Rheem
		Colocación de la tarjeta en la caja ESD.	Aplicación en THT Assembly Thermostat de Rheem
		Tomar la tarjeta del rack de almacenamiento.	Aplicación en EOL de Rheem
		Pegar la etiqueta a la pantalla y colocarla en caja ESD.	Aplicación en EOL de Rheem
		Tomar la tarjeta de la torre de cajas apiladas y colocarla en la mesa de trabajo.	Aplicación en Rework General
		Se realiza un transporte de cajas en torre sobre un carrito del cuarto de Teradyne al cuarto de lavado.	Aplicación en Cleaning Room de Teradyne
		Tomar los thermal y colocar en placa metálica.	Aplicación en THT Assembly de Varroc-Tesla

		Tomar los heatsink y alinear con los thermal.	Aplicación en THT Assembly de Varroc-Tesla
		Tomar las cajas con las tarjetas y posicionarlas en la mesa para su debida inspección.	Aplicación en Final Inspection
		Traslado manual de los trays a estación de Muppets.	Aplicación en THT Assembly de Tandem
		Posicionar dos tarjetas a la máquina moldeadora.	Aplicación en THT Assembly de Tandem
	Job Strain Index	Cepillado del PCBA.	Aplicación en THT Assembly de Rheem
		Remover y colocar el clip de las tarjetas de LEA.	Aplicación en Rework General
		Retirar el sobrante de plástico en la máquina moldeadora	Aplicación en THT Assembly de Tandem
	Ecuación de NIOSH	Tomar la tarjeta de la torre de cajas apiladas y colocarla en la mesa de trabajo.	Aplicación en Rework General
		Tomar las cajas con las tarjetas y posicionarlas en la mesa para su debida inspección.	Aplicación en Final Inspection

## G. Operacionalización de variables

La operacionalización de variables del objetivo específico uno (identificar los peligros relacionados a condiciones de aspectos ergonómicos en el área de producción de la compañía) se muestra a continuación:

Cuadro 2. Operacionalización de variable del objetivo específico uno

Variable	Conceptualización	Indicador	Herramienta
Peligros asociados a aspectos ergonómicos	Son aquellos que se originan debido a la interacción del trabajador con el puesto de trabajo y la adopción de posturas, movimientos o acciones capaces de producir daños a la salud	Cantidad de peligros ergonómicos a los que se exponen los trabajadores	Inventario de peligros basados bajo el método de la observación
		Cantidad de medidas administrativas relacionadas a las condiciones ergonómicas	Entrevista semiestructurada a la coordinadora del departamento de EHS sobre la gestión administrativa en relación con la ergonomía
		Cantidad de reportes recibidos en el consultorio médico debido a enfermedades del sistema musculoesquelético de trabajadores del área de producción desde el año 2021 a octubre del 2022.	Cuestionario al personal del consultorio médico de la empresa
		Cantidad de reportes debido a enfermedades del sistema musculoesquelético de trabajadores del área de producción desde el año 2021 a octubre del 2022.	Estadística EHS Indicators-2022
		Cantidad de incapacidades por enfermedad osteomuscular en el área de producción	
		Índice de personas con compromiso/ influencia	Identificación de dueños de procesos en el área de producción Matriz de interés/ influencia
		Cantidad de capacitaciones sobre ergonomía en el área de producción	Matriz de entrenamiento de la empresa: F24805517 Matriz de Entrenamientos Mandatorios

La operacionalización de variables del objetivo específico dos evaluar riesgos ergonómicos presentes en el área de producción de la compañía se muestra a continuación:

Cuadro 3. Operacionalización de variable del objetivo específico dos

Variable	Conceptualización	Indicador	Herramienta
Riesgo ergonómico	Condiciones vinculadas al puesto de trabajo y su interacción con el trabajador, las cuales pueden aumentar la probabilidad de lesiones musculoesqueléticas cuando se realizan las tareas	Cantidad de labores con un riesgo alto	Herramienta Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)
		Nivel de riesgo asociado a las posturas de trabajo	Método <i>Rapid Entire Body Assessment (REBA)</i>
		Nivel de riesgo de fuerza	Método de ecuación de <i>NIOSH</i>
		Nivel de riesgo asociado a movimientos repetitivos en extremidades superiores	Método <i>Job Strain Index</i> para movimientos repetitivos
		Cantidad de riesgos ergonómicos identificados por área	Tabla resumen
		Cantidad de posibles causas y problemas raíces	Metodología de los 5 porqués

La operacionalización de variables del objetivo específico tres diseñar propuestas de control ingenieril y administrativo en un programa de control para las condiciones de riesgo ergonómico, se muestra a continuación:

Cuadro 4. Operacionalización de variable del objetivo específico tres

Variable	Conceptualización	Indicador	Herramienta
Las propuestas de control ingenieril y administrativo	Corresponde a todas las modificaciones, agregados de condiciones que puedan mejorar factores de riesgo ergonómicos además de las etapas, fases, pautas y formatos necesarios para desarrollar y ejecutar el programa en ergonomía	Cantidad de personas responsables del programa	Matriz de asignación de responsabilidades (matriz RACI)
		Tiempo de ejecución del programa	Cronograma de actividades de programa con Open Points List (OPL)
		Cantidad de dinero de inversión	Tabla de presupuesto
		Viabilidad según aplicable (aspectos de salud, seguridad, ambientales, económicos, culturales, sociales y de estándares aplicables del diseño planteado).	Calificación brindada en matriz comparativa de alternativas de solución.

## H. Descripción de herramientas, métodos e instrumentos de investigación

- **Objetivo específico 1.**

1. Inventario de peligros basado bajo el método de la observación

El inventario de peligros es una herramienta utilizada para poder identificar o detectar aquellos factores de riesgo ergonómico, y a su vez peligros que se podrían desencadenar de las tareas que realizan. Este se realizó siguiendo el método de la observación en las diferentes áreas y líneas productivas y dicha herramienta fue validada por la ingeniera Mariela Núñez Row, además que se creó con el formato oficial de la empresa. La identificación de los peligros críticos es imprescindible para detectar donde se concentran estos y así poder tomar decisiones y controles efectivos.

2. Entrevista semiestructurada a la coordinadora del departamento de EHS sobre la gestión administrativa en relación con la ergonomía

La entrevista semiestructurada busca recopilar información acerca de las actividades que se han realizado hasta el momento en temática de ergonomía en el área productiva. Además, a través de esta se puede recolectar información acerca de requerimientos, retos y necesidades que se deben tomar en cuenta para la elaboración de controles y en el programa de ergonomía. La entrevista semiestructurada a la coordinadora del departamento de *EHS* se realizó en un formato digital de forma digital y se muestra en el Apéndice 6.

3. Cuestionario al personal del consultorio médico de la empresa

Los cuestionarios son considerados como herramientas de investigación con el propósito de obtener cierta información de las personas consultadas, a partir de una serie de preguntas y otras indicaciones sobre datos de interés. El cuestionario dirigido al personal del consultorio médico de la empresa fue distribuido a través de la plataforma Google Forms y las preguntas se pueden visualizar en el Apéndice 7.

4. Estadística EHS Indicators-2022

La empresa maneja la estadística sobre ciertos indicadores relacionados a la salud y seguridad del trabajador, tales como lo referente a casos que involucran al Instituto Nacional de Seguros, la Caja Costarricense del Seguro Social y métricas sobre inspecciones, validaciones de equipo y procesos, entre otros. La revisión del documento *EHS Indicators-2022* permite conocer la situación actual sobre la cantidad y los motivos de incapacidades

que han sucedido en los últimos años, así como la cantidad de atenciones que han tenido en el consultorio médico por enfermedades del sistema músculo esquelético.

#### 5. Identificación de dueños de procesos en el área de producción

Los dueños de procesos son los responsables de la adecuada ejecución de los procesos o tareas a su cargo y administrar el mejoramiento continuo, por lo que cuentan con el apoyo del personal a su cargo. La identificación de dichas personas en el área de producción se hizo mediante la indagación de cuales departamentos tienen mayor vínculo o incidencia con todos los posibles cambios o implementaciones que se hagan en la planta, por lo cual se aplicó un cuestionario por medio de Google Forms a aquellas personas con mayor jefatura, que tienen mayor relación con las acciones por parte del departamento de *EHS*. Dicho cuestionario se visualiza en el Apéndice 10.

#### 6. Matriz de interés/influencia

La matriz de interés e influencia consiste en una herramienta donde se consideran dos aspectos distintos: cuál es el interés que tiene cada *stakeholder* (partes interesadas que influyen en la empresa) respecto a una decisión que se vaya a tomar y su grado de influencia sobre la toma de esta. Además, las posibilidades para ambos ejes son alta o baja. Cuando se realiza la combinación de estas posibilidades y las partes interesadas, es posible ubicar cada *stakeholder* en los diferentes cuadrantes de la matriz. Esta herramienta permite definir estrategias de gestión política para así aumentar la probabilidad de éxito de un control, cambio o solución.

#### 7. Matriz de entrenamiento de la empresa: F24805517 Matriz de Entrenamientos Mandatorios

Cada vez que una persona ingresa a laborar, la empresa se encarga de brindar entrenamientos, los cuales tienen tres clasificaciones: Mandatorios, Requeridos e Informativos. La revisión de la Matriz de Entrenamientos Mandatorios se realizó con el fin de obtener aquellos temas que se imparten a todos los colaboradores de la organización y en particular conocer la cantidad de capacitaciones existentes de ergonomía en el área de producción.

- **Objetivo específico 2.**

1. Herramienta Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)

La herramienta AMFE consiste en un método que permite identificar aquellos fallos, problemas o errores que se producen en los procesos y a su vez, analizar las consecuencias o efectos de dichos fallos. Según Rojas-Lema (2019), con su aplicación, se pueden identificar los puntos críticos con el fin de eliminarlos y si no es posible, encontrar las medidas correctivas por medio de sistemas preventivos y así tratar de evitar la aparición. Al aplicar esta metodología se puede tener una idea de la situación actual del área de estudio y cuantificar los posibles fallos que se puedan presentar (Rojas-Lema, 2019).

Rojas-Lema (2019) menciona que se identifica el modo de fallo (que es la forma en que el fallo se presenta, es decir el peor caso o posibilidad), el efecto (siendo la consecuencia una vez que se ha producido el modo de fallo) y la causa (o peligro que puede ser la situación que ha ocasionado que el fallo se produzca). A través de esta herramienta se obtiene el Número Prioritario de Riesgo (NPR), el cual es un factor que permite dar prioridad a las causas que habría que evitar para que no se lleguen a evidenciar los fallos y este es el resultado del producto de la severidad, ocurrencia (o también conocida como frecuencia) y detectabilidad como se indica en la siguiente ecuación:

$$\text{IPR} = \text{Severidad} * \text{Ocurrencia} * \text{Detectabilidad} \quad (1)$$

Se manejó el formato oficial del departamento de *EHS* para el uso de esta herramienta, el cual está en el idioma inglés y se definió los rangos de puntuaciones del Índice de Prioridad de Riesgos en las categorías de riesgo menor, moderado o mayor (o más alto).

2. Método Rapid Entire Body Assessment (REBA)

El método *Rapid Entire Body Assessment* es un método de análisis postural para riesgos musculoesqueléticos en una variedad de tareas y permite el análisis conjunto de las posiciones adoptadas por los miembros superiores del cuerpo, del tronco, del cuello y de las piernas (Diego-Mas, 2015). Este método se aplicó por medio del software ERGONIZA de la Universidad Politécnica de Valencia (Anexo 1). Los pasos realizados en la evaluación fueron:

- Se observó al trabajador durante la ejecución de sus tareas según el área que corresponda.

- Se tomó material audiovisual (fotografías y vídeos) de la ejecución de las tareas y se les preguntó sobre ciertas características del puesto (entre ellas si han presentado molestias, entre otros temas).
- A partir del resultado del AMFE, se seleccionaron las tareas con mayor riesgo que involucren posturas anormales, es decir que supongan mayor carga postural o mayor desviación de la posición neutral.
- Se determinó la evaluación del lado izquierdo del cuerpo o el derecho, según corresponda la tarea.
- Se realizó la toma de los datos angulares, a partir del material visual generado anteriormente y usando la herramienta RULER.
- Obtención de las puntuaciones del método, con el fin de determinar la existencia de riesgos y establecer el nivel de acción, riesgo y actuación (ver cuadro 5).

Cuadro 5. Nivel de riesgo del método REBA

Puntuación	Nivel de acción	Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2 o 3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación
4 a 7	2	Medio	Es necesaria la actuación
8 a 10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes
11 a 15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato

Los datos fueron recolectados en la hoja de campo (ver anexo 5) correspondiente a la herramienta y posteriormente analizados.

### 3. Método de ecuación de NIOSH

La ecuación de NIOSH es herramienta para poder identificar los riesgos asociados a la carga física a la que podría estar sometido un trabajador. El resultado de aplicar la herramienta es el Peso Máximo Recomendado (o también *RWL* por sus siglas en inglés de *Recommended Weight Limit*) el cual consiste en peso máximo recomendable para levantar y evitar el riesgo de lumbalgias o problemas de espalda (Diego-Mas, 2015). Este método se aplicó a las tareas que obtuvieron un alto riesgo según el AMFE y que involucran fuerza debido a levantamientos de cargas, por medio del software ERGONIZA de la Universidad Politécnica de Valencia (Anexo 2).

En esta herramienta se contemplan:

- Las distancias Horizontal (H) y Vertical (V) que existen entre el punto de agarre y la proyección sobre el suelo del punto medio de la línea que une los tobillos.
- La frecuencia de los levantamientos (F) en cada tarea, al determinar el número de veces por minuto que el trabajador levanta la carga.
- La duración del levantamiento y los tiempos de recuperación tras un periodo de levantamiento.
- El tipo de agarre, al clasificarlo como bueno, regular o malo.
- El ángulo de asimetría (A) el cual se forma por el plano sagital del trabajador y el centro de la carga, el cual es un indicador de la torsión del tronco del colaborador.
- El peso del objeto manipulado en kilogramos.

La ecuación de para obtener el RWL es la siguiente:

$$RWL = LC * HM * VM * DM * AM * FM * CM \quad (2)$$

Una vez que se obtiene el RWL, se procede a calcular el Índice de Levantamiento (LI), el cual se calcula de la siguiente forma:

$$LI = \frac{\text{Peso de la carga}}{RWL} \quad (3)$$

El método indica que, si el LI es menor o igual a 1, la tarea puede ser realizada por la mayor parte de los trabajadores sin ocasionarles problemas. Por otro lado, si el LI está entre 1 y 3, la tarea puede ocasionar problemas a algunos trabajadores y conviene estudiar el puesto de trabajo y realizar las modificaciones pertinentes. Finalmente, si el LI es mayor o igual a 3, la tarea ocasionará problemas a la mayor parte de los trabajadores y debe modificarse.

#### 4. Método Job Strain Index

El método *Job Strain Index* permite evaluar los puestos de trabajo y valorar si los trabajadores están expuestos a desarrollar desórdenes traumáticos acumulativos en la parte distal de las extremidades superiores como resultado de la ejecución de movimientos repetitivos (Diego-Mas, 2015). En dicho método se realiza una valoración del codo, antebrazo, mano y muñeca, y a su vez se basa en la medición de seis variables. A continuación, se muestra la ecuación para obtener el Job Strain Index:

$$JSI = IE * DE * EM * HWP * SW * DD..... \quad (4)$$

En donde:

IE= Intensidad de esfuerzo

DE= Porcentaje de duración de esfuerzo

EM= Esfuerzos por minuto

HWP= Porcentaje postura mano-muñeca

SW= Velocidad del trabajo

La interpretación del valor obtenido del Job Strain Index se realiza mediante el criterio que si los valores son inferiores o iguales a 3 entonces la tarea es probablemente segura y si las puntuaciones son superiores o iguales a 7 entonces la tarea es probablemente peligrosa. Dicho método se aplicó por medio del software ERGONIZA de la Universidad Politécnica de Valencia (Anexo 3).

#### 5. Tabla resumen

Una tabla consiste en un instrumento que permite presentar información o datos de manera clara y precisa, de forma que haya una mejor comprensión de estos. Posee una estructura semejante a una hoja de cálculo con filas y columnas y se elaboran en función de las características cuantitativas y/o cualitativas de los datos.

#### 6. Metodología de los 5 porqués

La metodología de los 5 porqués tiene como objetivo identificar y determinar la causa raíz de un problema específico, a través de 5 preguntas donde cada una es más específica que la anterior. Entre los beneficios de uso de esta herramienta se destaca que permite profundizar en la naturaleza de un problema, es una metodología sencilla de aplicar y que puede ser integrada con otras metodologías de mejora (Cortés-Flores,2021).

- **Objetivo específico 3**

#### 1. Herramienta de matriz RACI

Según Longarini (2011) la herramienta RACI es de utilidad para el análisis de los procesos de una organización, y esta es un cuadro que relaciona las tareas y aquellas personas que tienen una relación con dicha tarea. Además, esta herramienta permite categorizar a la persona en cuatro grupos los cuales son persona encargada, autoridad responsable, consultor e informado.

## 2. Open Points List (OPL)

En la empresa se maneja el *Open Points List* como la herramienta estandarizada para crear y gestionar aquellas tareas que deben ser completadas para una exitosa ejecución de los proyectos, por lo cual dicha herramienta resulta de gran utilidad ya que puede definir la fecha límite para completar las tareas, los responsables, entre otros aspectos.

## 3. Tabla de presupuesto

Una vez que se definen las posibles alternativas de solución, la tabla de presupuestos muestra la información de forma más clara respecto a los costos que representan las propuestas. Estas permiten realizar comparaciones de los valores y, por lo tanto, permiten tomar decisiones sobre la mejor propuesta a nivel financiero.

## 4. Matriz comparativa de alternativas de solución

Una matriz comparativa es una herramienta que permite identificar y comparar las diferencias entre conceptos (en este caso, las alternativas de solución propuestas). Esta permite el entendimiento de la información de aspectos diferenciadores, es decir, en aspectos de salud, seguridad, ambientales, económicos, culturales, sociales y de estándares de las soluciones planteadas.

# I. Plan de Análisis

En la figura 2 se muestra un mapa conceptual que permite visualizar cómo se realizará el proyecto, por medio de la integración de los objetivos, indicadores y herramientas de cada etapa.

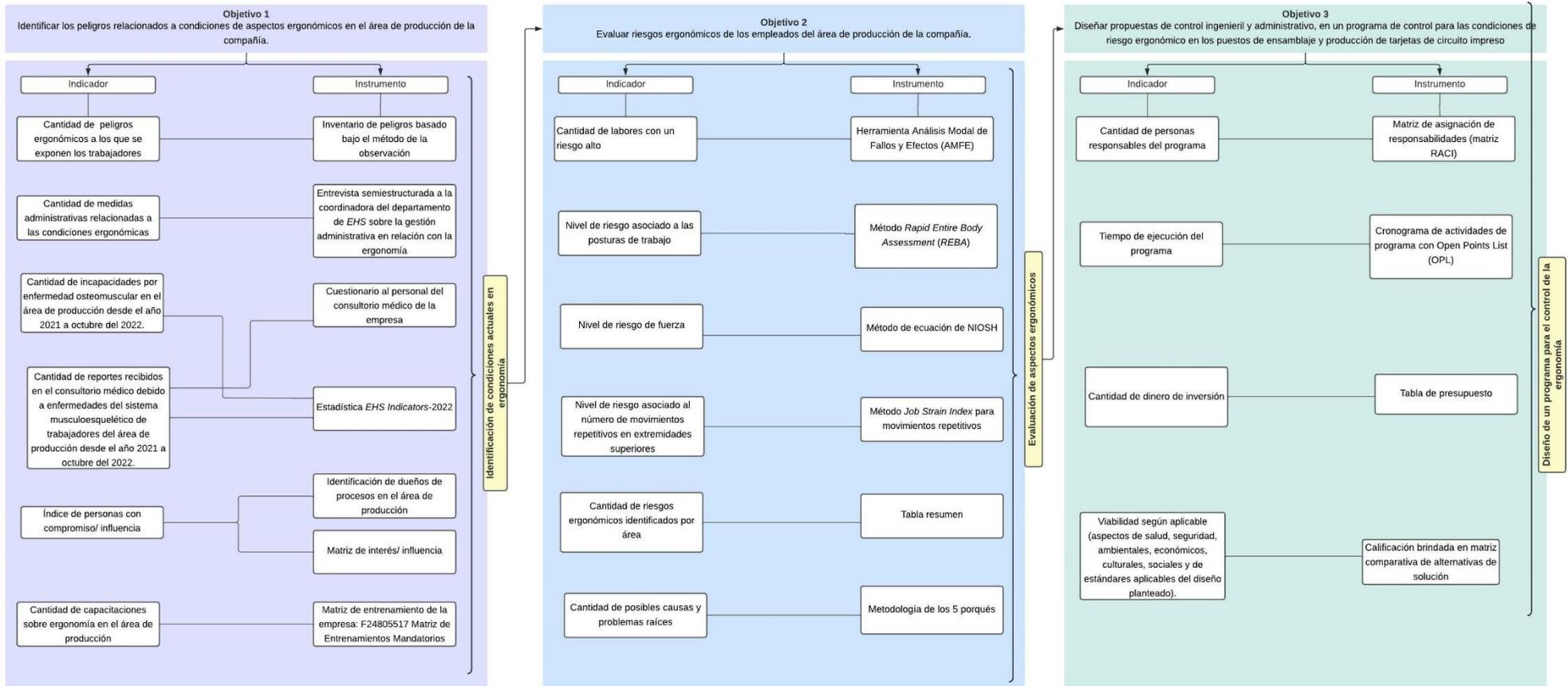


Figura 2. Ruta de plan de acción

El proyecto consta de tres etapas, la primera corresponde a la fase de identificación de condiciones actuales en ergonomía, posterior a esta etapa se evaluaron los aspectos ergonómicos y se concluye con el diseño de un programa para el control de la ergonomía.

Inicialmente, para conocer la situación actual del área de producción se realizó un inventario de peligros, el cual fue basado en la observación de las tareas que efectúan los trabajadores. En este inventario de peligros se pudo identificar aquellas tareas que tienen relacionados un factor de riesgo ergonómico e inclusive visualizar datos adicionales sobre las tareas. Asimismo, a partir de este instrumento se obtuvo la cantidad de condiciones de peligro ergonómico a las que están expuestos los trabajadores de las diferentes líneas productivas.

Por otro lado, se aplicó una entrevista semi estructurada dirigida a la coordinadora del departamento de salud ocupacional de la empresa para conocer cómo ha sido la gestión administrativa en cuanto al tema de la ergonomía. Además, mediante esta encuesta, se conoce cuáles acciones o medidas se han aplicado en el área de producción. El cuestionario al personal del consultorio médico de la empresa determinó cuántas incapacidades relacionadas al puesto de trabajo en el área de producción se han dado. Mediante la aplicación de esta herramienta se identificó cuántas atenciones han brindado a trabajadores del área de producción debido a enfermedades del sistema musculoesquelético.

Para complementar la información anterior, se revisó la estadística de los indicadores del área de salud ocupacional de la empresa donde de igual manera se recopila información sobre la cantidad de personas con incapacidades según su puesto de trabajo, la cantidad de días de incapacidad y la cantidad de reportes en los diferentes turnos del área de producción.

Seguidamente, se hizo una identificación de los dueños de procesos en el área producción con un cuestionario digital dirigido a las áreas que tienen inherencia en los procesos efectuados en el área producción. La información recopilada es de gran peso para la elaboración de una matriz de interés e influencia. Por medio de ambas herramientas, se realizó el índice de personas con compromiso e influencia.

Finalmente, en la primera etapa de identificación, se revisó la matriz de entrenamiento, donde ahí se establecen todos los temas y las áreas encargadas de brindar las capacitaciones obligatorias a los primeros ingresos. A partir de esto, se obtuvo la cantidad de capacitaciones existentes sobre el tema de ergonomía en el área de producción.

En la segunda etapa de evaluación, a partir de los resultados obtenidos del inventario de peligros, se desarrolló la herramienta AMFE, con la cual se generó la cantidad de labores que presentan un riesgo alto a nivel ergonómico. Luego, mediante la aplicación del método REBA fue posible obtener el grado de afectación de las personas que trabajan de pie y por medio de la aplicación de la ecuación de NIOSH se determinó cuál es el nivel de riesgo de fuerza que ejercen en las tareas.

La aplicación de *Job Strain Index*, permitió conocer el nivel de riesgo asociado al número de movimientos repetitivos en las extremidades superiores de los trabajadores. Posteriormente de la aplicación de los métodos ergonómicos, se recopilaron los resultados en una tabla resumen la cual da a conocer la cantidad de riesgos ergonómicos identificados por tarea.

Seguidamente, una vez identificados y cuantificados los riesgos, se aplicó metodología de los cinco porqués, la cual da como resultado la cantidad de posibles causas y problemas raíces de la situación presentada.

Ahora bien, para la última etapa de diseño de propuestas a nivel ingenieril y administrativo para la elaboración de un programa de control, se inició con la elaboración de una matriz de asignación de responsabilidades, con la cual se obtiene la cantidad de personas responsables del programa que se vaya a desarrollar. Cabe señalar que los resultados obtenidos de las herramientas previas de matriz de interés/ influencia y la identificación de los dueños de los procesos en el área de producción, completan la herramienta de la matriz de asignación de responsabilidades.

Seguidamente, y una vez ya establecidas las propuestas, se usó el programa Open Points List para la elaboración de un cronograma de actividades del cual resulta la medida del tiempo para la ejecución del programa. Luego, a través de una tabla de presupuestos se visualiza la cantidad de dinero de inversión para la elaboración de las propuestas generadas.

Finalmente, mediante la elaboración de una matriz comparativa de alternativas de solución, se pudo obtener los términos con respecto a la salud, seguridad, ambiente, lo económico, cultural, social y de estándares aplicables, lo cual despliega la viabilidad de los diseños planteados.

#### IV. Análisis de la Situación Actual

A continuación, se presentan los principales resultados de la aplicación de herramientas para la investigación. Estos se desarrollaron según el tema de estudio, primero los resultados relacionados al área de producción y posteriormente al área administrativa.

##### A. Herramientas asociadas a aspectos ergonómicos en el área de producción

###### 1. Inventario de peligros basado bajo el método de la observación

Se aplicó un inventario con la finalidad de conocer e identificar aquellos peligros relacionados con aspectos ergonómicos en los puestos de trabajo de las diferentes áreas o líneas de producción de la planta (11 en total). En total, se identificaron 166 tareas a nivel de movimientos, por lo que la siguiente figura presenta el número total de tareas identificadas en cada línea o área:

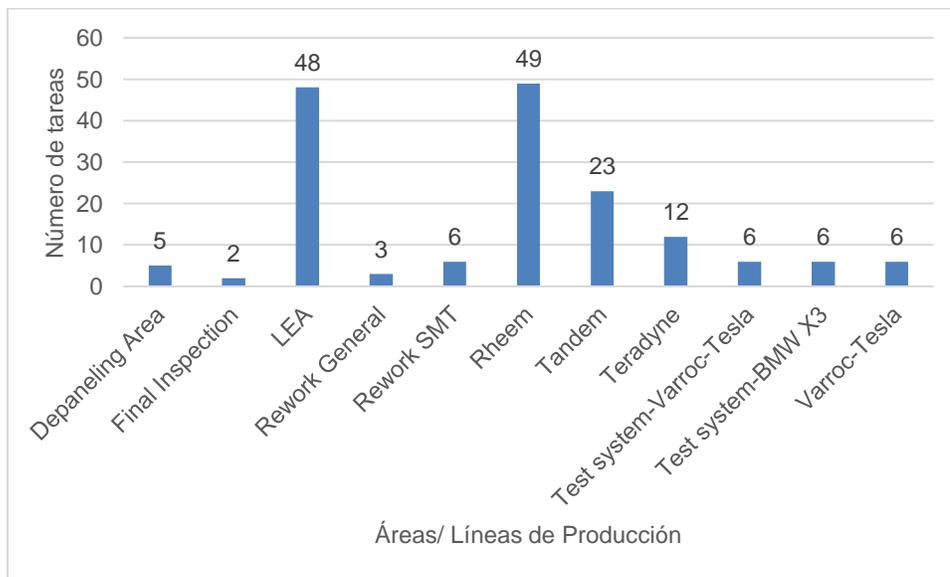


Figura 3. Número de áreas identificadas en las líneas de producción o áreas de la planta

La figura 3 muestra las líneas con mayor cantidad de tareas, *Rheem* con 49 tareas y *LEA* con 48 tareas. En la línea de *Tandem* se identificaron 23 tareas y *Teradyne* con 12 tareas. En el área de Prueba o *Test system* tanto de la línea de *Varroc-Tesla* como la de *BMW X3* se identificó 6 tareas en cada una. De igual forma, el área de ensamble manual de *Varroc-Tesla* y *Rework* en el área de *SMT* obtuvieron 6 tareas identificadas en cada una y el área de *Depanelización* de tarjetas con 5 tareas. Finalmente, se cuantificaron menos tareas en *Rework General* con 3 tareas y *Final Inspection* con 2 tareas.

Los peligros identificados que podrían generar desordenes musculoesqueléticos en las tareas de las diferentes líneas son fuerza, postura anormal y repetición y a manera general, los trabajadores se exponen a 17 tipos de peligros. La identificación de peligros por línea se muestra a continuación:

Áreas/ Líneas de producción	Peligros																Total
	Agarre de pinza	Agarre de pinza y presión o fuerza con los dedos	Extensión de codo y hombro	Extensión del cuello.	Extensión y flexión de hombro y codo.	Flexión de espalda	Flexión del codo	Flexión del cuello.	Flexión y Extensión lateral del hombro.	Levantamiento de cargas y desplazamiento	Movimiento repetitivo de articulación del codo.	Movimiento repetitivo de mano y muñeca.	Posicionamiento anormal de codo	Posicionamiento anormal de hombro, codo y muñecas una altura superior	Presión con los dedos	Presión con pulgares o palma de la mano	
Depaneling Area						3						2					5
Final Inspection						1				1							2
LEA	1	1	5			2				9			1		1	2	22
Rework General	1		1							1							4
Rework SMT	1		1	1			1	1									5
Rheem	1		15		1	7			1	2	1	1		4	2		35
Tandem	1	1	5			3						1			2		13
Teradyne	1		2			3				1							7
Test system-Varroc-Tesla			1		1				1			1					4
Test system-BMW X3			2		1	1			1			1					6
Varroc-Tesla			2														2
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>34</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>1</b>

Figura 4. Peligros ergonómicos identificados por área/ línea de producción

La figura 4 muestra que la línea de producción con mayor cantidad de tareas con peligros relacionados a ergonomía es Rheem, la cual posee 15 tareas bajo el peligro ergonómico de “extensión de codo y hombro” y es la línea con mayor cantidad de tareas con el peligro asociado de “flexión de espalda”, con 7 específicamente. Las líneas que obtuvieron mayor cantidad de peligros asociados fueron Rheem con 35 tareas, LEA con 22 tareas y Tandem con 13. La línea de Teradyne obtuvo 7 tareas con peligros asociados y Test system-BMW X3 con 6. Las áreas productivas que obtuvieron menos tareas con peligros asociados fueron Depaneling Area, Rework SMT, Test system- Varroc-Tesla, Rework general, Final inspection y Varroc-Tesla con 5, 5, 4, 4, 2 y 2 respectivamente.

Por otro lado, los peligros que se visualizaron con mayor frecuencia en las diferentes líneas fueron “extensión de codo y hombro”, “flexión de espalda” y “levantamiento de cargas y desplazamiento” con 34, 20 y 14 tareas asociadas de las diferentes líneas de producción. Tanto “agarre de pinza” como “Movimiento repetitivo de mano y muñeca” fueron asociadas a 6 tareas cada una y se visualizó las tareas “Flexión y Extensión lateral del hombro” y “Agarre de pinza y presión o fuerza con los dedos” en 3 y 2 tareas respectivamente. Finalmente, solo se asoció una tarea de las diferentes líneas de producción o áreas a los peligros ergonómicos “extensión de cuello”, “flexión de codo”, “flexión del cuello”, “Movimiento repetitivo de articulación del codo”, “Posicionamiento anormal de codo”, “Posicionamiento anormal de hombro, codo y muñecas una altura superior” y “Presión de alicate con mucha fuerza con ambas manos”.

## **2. Herramienta Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)**

A partir de las 166 tareas recopiladas del inventario de peligros, se realizó el análisis modal de fallos y efectos (AMFE) con la finalidad de obtener una priorización de las tareas, y por ende la aplicación de las metodologías de evaluación de riesgo ergonómico. Para esto, se planteó un modo de falla por cada tarea, a partir del cual se le asignó un valor de severidad, ocurrencia y detectabilidad, los cuales fueron multiplicados y con esto se obtuvo el número prioritario de riesgo (NPR). En el Anexo 4 se puede observar la cuantificación y cualificación de cada variable. En el Apéndice 1 se observa la categorización de las tareas según el puntaje obtenido, las cuales pueden ser menor (bajo riesgo), moderado y mayor (alto riesgo).

Con base a la ley o principio de Pareto, la cual indica que el 80% las consecuencias provienen del 20% de las causas, se calculó el 20% del total de puntajes obtenidos y se asignó a aquellas tareas con un puntaje mayor o igual a 72 con el nivel de riesgo más alto del área de

estudio. Los rangos se establecieron a partir de los valores obtenidos, los cuales a manera general fueron 0, 3, 4, 6, 8, 9, 12, 18, 24, 36, 63, 72, 84, y 96 como el máximo valor resultante.

Se obtuvo un total de 16 tareas con alto nivel de riesgo, sin embargo 5 de ellas poseen doble peligro. En el cuadro 6 se puede observar con mayor detalle dichas tareas con su respectivo NPR.

Cuadro 6. Tareas con alto riesgo según AMFE

Línea de proceso/Área	Tarea	Peligro	NPR								
Test system- BMW X3	Tomar la tarjeta de zona de entrada del proceso	Flexión de espalda	72								
		Extensión de codo y hombro	72								
Rheem	Cepillado del PCBA	Movimiento repetitivo de articulación del codo.	72								
	Colocación de los PCBA en cajas ESD	Flexión de espalda	72								
	Tomar la tarjeta del rack de almacenamiento	Flexión de espalda	72								
	Colocación de la tarjeta en la caja ESD	Flexión de espalda	72								
	Tomar la tarjeta de la caja ESD	Flexión de espalda	72								
		Extensión de codo y hombro	72								
Pegar la etiqueta a la pantalla y colocarla en caja ESD	Flexión de espalda	72									
Rework General	Tomar la tarjeta de la torre de cajas apiladas y colocarla en la mesa de trabajo	Levantamiento de cargas y desplazamiento	72								
		Extensión de codo y hombro	72								
	Remover y colocar el clip de las tarjetas de LEA	Presión de alicate con mucha fuerza con ambas manos	72								
Teradyne	Se realiza un transporte de cajas en torre sobre un carrito del cuarto de Teradyne al cuarto de lavado	Extensión de codo y hombro	72								
		Flexión de espalda	72								
Varroc-Tesla	Tomar los thermal y colocar en placa metálica	Extensión de codo y hombro	72								
	Tomar los heatsink y alinear con los thermal	Extensión de codo y hombro	72								
Final Inspection.	Tomar las cajas con las tarjetas y posicionarlas en la mesa para su debida inspección	Levantamiento de cargas y desplazamiento	96								
		Flexión de espalda	72								
Tandem.	Traslado manual de los trays a estación de Muppets	Extensión de codo y hombro	72								
		Flexión de espalda	72								
	Posicionar dos tarjetas a la máquina moldeadora	Flexión de espalda	96								
	Retirar el sobrante de plástico en la máquina moldeadora	Agarre de pinza y presión o fuerza con los dedos	84								
<p><b>Nota:</b> factor de riesgo a nivel de:</p> <table border="0"> <tr> <td style="background-color: yellow; width: 20px;"></td> <td>Fuerza, a nivel de levantamiento de cargas</td> </tr> <tr> <td style="background-color: orange; width: 20px;"></td> <td>Fuerza, a nivel de mano-muñeca</td> </tr> <tr> <td style="background-color: purple; width: 20px;"></td> <td>Postura anormal</td> </tr> <tr> <td style="background-color: teal; width: 20px;"></td> <td>Repetición, a nivel de articulación del codo</td> </tr> </table>					Fuerza, a nivel de levantamiento de cargas		Fuerza, a nivel de mano-muñeca		Postura anormal		Repetición, a nivel de articulación del codo
	Fuerza, a nivel de levantamiento de cargas										
	Fuerza, a nivel de mano-muñeca										
	Postura anormal										
	Repetición, a nivel de articulación del codo										

El cuadro 6 muestra que 4 de las tareas de alto riesgo están bajo la categoría el factor de riesgo de fuerza. Por otro lado, las otras dos tareas con el factor de fuerza, pero con un peligro asociado a nivel de mano-muñeca son “remover el clip de las tarjetas de LEA” y “retirar el sobrante de plástico en la máquina moldeadora. La tarea “cepillado del PCBA”, es la única tarea de alto riesgo donde se aplica el factor de repetición a nivel del codo.

En la otra mano, se obtuvo 13 tareas con un alto riesgo bajo la clasificación de postura anormal. Además, se obtuvo 7 tareas con el peligro ergonómico de extensión de codo y hombro. Por otro lado, las tareas con mayor NPR (96) fueron “tomar las cajas con las tarjetas y posicionarlas en la mesa para su debida inspección” de *Final Inspection* y “posicionar dos tarjetas a la máquina moldeadora” de *Tandem*.

### 3. REBA método de análisis postural

El análisis de las tareas con un alto riesgo según la evaluación AMFE, donde se adoptan posturas anormales, se realizó por medio del método de evaluación REBA. Se aplicó esta metodología a un total de 13 tareas, las cuales pertenecen a diferentes líneas de producción o áreas por lo que las condiciones de los puestos de trabajo varían. A pesar de lo anterior, se observó que varias tareas poseen características similares: las posturas realizadas en la entrada y salida del proceso (con el uso de cajas ESD o racks a una altura no muy lejana del suelo) y la forma de transportar las cajas.

Para las mediciones de los ángulos de diversas partes del cuerpo, se utilizó la herramienta en línea RULER, la cual se encuentra en la página de Ergonautas de la Universidad Politécnica de Valencia. En la figura 5 se visualiza un ejemplo del uso de esta herramienta; en el caso de la imagen se visualiza *Test system* de *BMW X3*, *THT Assembly* de *Rheem*, *THT Assembly* de *Tandem* y *Final Inspection*.



Figura 5. Ejemplo de medición de los ángulos con herramienta en línea RULER

Posterior a la obtención de los ángulos de las posiciones, se introdujo simultáneamente los datos correspondientes a las piernas, el tronco, el cuello, los brazos, antebrazos, muñecas y

fuerzas realizadas según la tarea en una hoja de campo del método (ver anexo 5) y en el software ERGONIZA (ver Anexo 1), el cual generó el resultado o puntuación REBA. Para corroborar estos datos y obtener los valores multiplicadores de cada tarea (ver apéndice 2) se usó una hoja en Excel con comandos que automatizan la obtención de cada factor multiplicador y desglosa automáticamente la puntuación del riesgo y su nivel de acción (ver cuadro 7).

Cuadro 7. Resultados de la evaluación REBA

	Área	Tarea	Nivel de Riesgo
1	Test System de BMW X3	Tomar la tarjeta de zona de entrada del proceso	Muy alto
2	THT Assembly de Rheem	Colocación de los PCBA en cajas ESD	Alto
3		Tomar la tarjeta del rack de almacenamiento	Alto
4	THT Assembly de Thermostat de Rheem	Colocación de la tarjeta en la caja ESD	Alto
5	EOL de Rheem	Tomar la tarjeta de la caja ESD	Medio
6		Pegar la etiqueta a la pantalla y colocarla en caja ESD	Medio
7	Rework General	Tomar una caja de la torre de cajas apiladas y colocarla al lado de la mesa de trabajo	Muy alto
8	Cleaning Room de Teradyne	Se realiza un transporte de cajas en torre sobre un carrito del cuarto de Teradyne al cuarto de lavado	Alto
9	THT Assembly de Varroc-Tesla	Tomar los thermal y colocar en placa metálica	Bajo
10		Tomar los heatsink y alinear con los thermal	Alto
11	Final Inspection.	Tomar las cajas con las tarjetas y posicionarlas en la mesa para su debida inspección	Muy alto
12	THT Assembly de Tandem	Traslado manual de los trays a estación de Muppets	Alto
13		Posicionar dos tarjetas a la máquina moldeadora	Medio
<b>Actuación</b>			
Inapreciable: No es necesaria la actuación. Bajo: Puede ser necesaria la actuación. Medio: Es necesaria la actuación. Alto: Es necesaria la actuación cuanto antes. Muy alto: Es necesaria la actuación de inmediato.			

El cuadro 7 muestra que de las 13 tareas evaluadas ninguna presenta un nivel de riesgo inapreciable, y por ende que no necesita la actuación. Solo una tarea, la cual es tomar los thermal y colocar en placa metálica, obtuvo un nivel de riesgo bajo por lo que es probable que necesite actuación. Además, 3 tareas obtuvieron un riesgo medio, lo cual el método indica que es necesaria la actuación en las mismas. La mayor cantidad de incidencia se da en niveles de riesgo altos, en donde un total de 6 puestos de trabajo indican que es necesaria la actuación cuanto

antes y finalmente 3 tareas obtuvieron el mayor nivel de riesgo (muy alto), donde es necesaria la actuación en las mismas de inmediato.

El comportamiento de los resultados presentados anteriormente es variado, sin embargo, es evidente la necesidad de actuación en las tareas. Entre las situaciones que se presentaron con mayor frecuencia fue a nivel del ángulo de flexión del tronco, pues deben realizar una flexión de espalda considerable y en simultaneas ocasiones, una inclinación lateral para lograr los trasportes manuales de las cajas o inclusive la entrada y/o salida del proceso. En el caso anterior, realizan posturas anormales para llegar a las cajas ESD que están a una altura muy inferior de las zonas de alcance ideales, por lo que se considera que realizan cambios de postura importantes o adoptan posturas inestables.

En dos de las tres tareas donde se obtuvo el mayor nivel de riesgo, se realizan levantamientos de cargas y es posible suponer este comportamiento de resultados debido a que las cajas levantadas son más pesadas, ya que superan los 10 kilogramos que el método asume como mayor valor a nivel de fuerzas ejercidas. Sumado a lo anterior, los agarres no fueron considerados como buenos ya que el diseño de las cajas no es el óptimo pues no cuentan con agarraderas por lo que las manos no fueron bien acomodadas alrededor de estos objetos.

Para ver un desglose de las tareas y sus respectivas puntuaciones de tronco, cuello, piernas, brazos, antebrazo y muñecas se puede ver el apéndice 2.

#### **4. Ecuación de NIOSH**

El análisis de las tareas con peligro al realizar levantamiento de cargas AMFE, se realizó por medio del método de evaluación Ecuación de NIOSH se aplicó a un total de 2 tareas, las cuales fueron “Tomar una caja de la torre de cajas apiladas y colocarla al lado de la mesa de trabajo” del área de *Rework* General y “tomar las cajas con las tarjetas y posicionarlas en la mesa para su debida inspección” del área de *Final Inspection*.

Se introdujo simultáneamente los datos correspondientes según la tarea en una hoja de campo del método (ver anexo 6) y en el software ERGONIZA (ver Anexo 2), el cual generó las puntuaciones del índice de levantamiento (o también por sus siglas LI) y del peso límite recomendado (o RWL en inglés). En el apéndice 3 se muestran los datos introducidos en el programa. Para corroborar estos datos y obtener los factores multiplicadores de cada tarea se

realizó el cálculo manual por medio de las tablas originales del método. Dichos valores de la ecuación y los resultados se pueden visualizar en el apéndice 4.

Se obtuvo un LI superior a 1 en ambas tareas, lo cual señala la recomendación por parte del método de realizar un rediseño en los puestos de trabajo estudiados. A continuación, se puede apreciar los resultados obtenidos de ambas tareas con ERGONIZA.

*Cuadro 8. Resultados de la evaluación ecuación de NIOSH*

Área	Tarea	Levantamiento	ERGONIZA		Peso de carga
			RWL	LI	
Rework General	Tomar una caja de la torre de cajas apiladas y colocarla al lado de la mesa de trabajo	Origen	11,23	1,89	16,5 kg
		Destino	8,71		
Final Inspection	Tomar las cajas con las tarjetas y posicionarlas en la mesa para su debida inspección	Origen	11,43	1,4	13 kg
		Destino	9,28		

### **5. Job Strain Index**

Las mediciones del método *Job Strain Index* (JSI) se realizaron a las tareas con un alto riesgo según la evaluación AMFE, donde se hay repetición a nivel de la articulación del codo y fuerza nivel de la mano y muñeca. Se aplicó esta metodología a un total de 3 tareas, y para esto se anotaron los datos correspondientes según la tarea en una hoja de campo del método (ver anexo 7) y en el software ERGONIZA (ver Anexo 3), el cual generó las puntuaciones del JSI.

Se obtuvo que dos de las tres tareas evaluadas poseen valores del JSI inferiores a 3, lo cual el método señala que son probablemente seguras y una tarea con una puntuación superior a 3, por lo que no es posible afirmar que esta tarea sea segura. A continuación, se muestra con mayor detalle los puntajes obtenidos para cada tarea:

Cuadro 9. Resultados de la evaluación JSI

		Puntaje del Factor de riesgo						
Área	Tarea	Intensidad de esfuerzo (IE)	Duración del esfuerzo (DE)	Esfuerzos por minuto (EM)	Postura mano muñeca (HWP)	Velocidad del Trabajo (SW)	Duración de la tarea (DD)	JSI
THT Assembly de Rheem	Cepillado del PCBA	1	0,5	0,5	1,5	1,5	0,25	0,14
Rework General	Remover y colocar el clip de las tarjetas de LEA	13	1	0,5	3	1	0,25	4,88
THT Assembly de Tandem	Retirar el sobrante de plástico en la máquina moldeadora	6	0,5	0,5	2	1,5	0,25	1,13
Valor de JSI $\leq 3$			Tarea segura					
Valor de $3 \leq \text{JSI} \leq 7$			Tareas asociadas a desórdenes musculoesqueléticos					
Valor de JSI $\geq 7$			Tarea peligrosa					

En el cuadro 9 es posible observar que la tarea con mayor puntaje obtenido es “remover y colocar el clip de las tarjetas de LEA” la cual está asociada a desórdenes musculoesqueléticos. Esta tiene el mayor puntaje del factor de riesgo de intensidad del esfuerzo, y esto se debe a que la tarea se vuelve muy compleja cuando deben instalar o desinstalar clips totalmente nuevos, pues las piezas no están tan ahormadas o manejables como aquellas que ya han sido utilizadas en otros retrabajos. Para esta tarea no existe alguna indicación de cómo se debería de hacer a pesar del considerable esfuerzo que requiere a nivel de las manos-muñecas por lo que las trabajadoras ingeniaron su propio método, al usar alicates y hacer una presión de estos con ambas manos para poder colocar el clip. Además, esta situación en ocasiones resulta tan dificultosa que las trabajadoras solicitan ayuda de compañeros del género masculino, quienes tienen mayor fuerza para poder hacer dicha tarea de retrabajo.

Para el caso de la intensidad del esfuerzo de la tarea “retirar el sobrante de plástico en la máquina moldeadora” de la línea de Tandem, a simple vista no se aprecia con tanta facilidad el esfuerzo que deben hacer a nivel de mano-muñeca, debido a la rapidez que emplean en ese puesto de trabajo, sin embargo, los trabajadores reportan que deben realizar un mayor trabajo para poder retirar dicho sobrante. Esto además fue verificado al permitirme realizar la tarea por un corto periodo de tiempo, por lo que se puede decir que la situación puede agravarse en

personas de nuevo ingreso al no estar tan familiarizadas con las características de la tarea. La máquina no cuenta con un diseño óptimo, pues los trabajadores adoptan posturas anormales y realizan esfuerzos a nivel de la mano, que a largo plazo podrían generar una lesión.

Respecto a la duración del esfuerzo, los esfuerzos por minuto y la duración de la tarea, es posible mencionar que los tiempos de ejecución de dichas subtareas son cortos, es decir no se les atribuye un alto valor del total porcentual de tiempo de producción de una pieza. Si bien son labores necesarias en términos de calidad del producto, estas no se realizan la mayoría del tiempo total de producción de una pieza y sumado a eso, la frecuencia de estas depende de factores como la cantidad de flux que salga una pieza (para el caso del cepillado), la cantidad de errores que pueda haber en los clips de las tarjetas de LEA (lo cual es variable) y la cantidad de producción requerida por el cliente en la línea de Tandem.

## 6. Tabla resumen

Se recopilaron los resultados obtenidos con los tres métodos presentados anteriormente. En el apéndice 5 se visualiza con mayor detalle las fotografías de las tareas evaluadas y el puntaje obtenido. A continuación, se muestra un resumen de los puntajes obtenidos según el método, de las 16 tareas evaluadas:

*Cuadro 10. Resumen de los tres métodos ergonómicos aplicados*

	Área	Tarea	Puntuación REBA	Puntuación Ecuación de NIOSH (LI)	Puntuación JSI
1	Test System de BMW X3	Tomar la tarjeta de zona de entrada del proceso	11	N/A	N/A
2	THT Assembly de Rheem	Colocación de los PCBA en cajas ESD	10	N/A	N/A
3		Tomar la tarjeta del rack de almacenamiento	10	N/A	N/A
4	THT Assembly de Thermostat de Rheem	Colocación de la tarjeta en la caja ESD	8	N/A	N/A
5	EOL de Rheem	Tomar la tarjeta de la caja ESD	5	N/A	N/A
6		Pegar la etiqueta a la pantalla y colocarla en caja ESD	5	N/A	N/A

7	Rework General	Tomar una caja de la torre de cajas apiladas y colocarla al lado de la mesa de trabajo	12	1,89	N/A
8	Cleaning Room de Teradyne	Se realiza un transporte de cajas en torre sobre un carrito del cuarto de Teradyne al cuarto de lavado	10	N/A	N/A
9	THT Assembly de Varroc-Tesla	Tomar los thermal y colocar en placa metálica	3	N/A	N/A
10		Tomar los heatsink y alinear con los thermal	9	N/A	N/A
11	Final Inspection	Tomar las cajas con las tarjetas y posicionarlas en la mesa para su debida inspección	11	1,4	N/A
12	THT Assembly de Tandem	Traslado manual de los trays a estación de Muppet.	10	N/A	N/A
13		Posicionar dos tarjetas a la máquina moldeadora	4	N/A	N/A
14	THT Assembly de Rheem	Cepillado del PCBA.	N/A	N/A	0,14
15	Rework General	Remover y colocar el clip de las tarjetas de LEA.	N/A	N/A	4,88
16	THT Assembly de Tandem	Retirar el sobrante de plástico en la máquina moldeadora.	N/A	N/A	1,13

El cuadro 10 muestra que se aplicaron dos métodos de evaluación ergonómica a dos tareas. Se evidencia que la mayoría de las tareas poseen un nivel de riesgo alto-medio según las tres metodologías ergonómicas aplicadas y sólo tres tareas poseen un nivel de riesgo menor, lo cual puede observarse con el color verde asociado.

Respecto a la cantidad de riesgos ergonómicos identificados por área, en EOL de Rheem se identificaron 2 tareas con riesgos posturales, en Cleaning Room una tarea con riesgo postural, en Final Inspection una tarea con riesgo postural y fuerza por levantamiento de cargas y en Rework General 2 tareas y 3 riesgos a nivel de postura, fuerza por levantamiento de cargas y fuerza a nivel de mano-muñeca.

En el área de Test System de BMW X3 se identificó una tarea con un riesgo postural y en el área de Rheem, donde se incluye la línea Thermostat, con 4 tareas con 3 riesgos a nivel de

postura y uno a nivel de repetición. En Tandem se identificó 3 tareas con dos riesgos posturales y uno de fuerza a nivel de mano-muñeca y en Varroc-Tesla 2 tareas y 2 riesgos a nivel de postura.

## **B. Herramientas aplicadas en el área administrativa**

### **1. *Entrevista semiestructurada a la coordinadora del departamento de EHS sobre la gestión administrativa en relación con la ergonomía***

Se realizó una entrevista a la coordinadora del departamento de Salud Ocupacional (EHS) de la empresa para conocer la gestión en cuanto a ergonomía en el área de producción. La lista de preguntas formuladas se encuentra en el apéndice 6. En resumen, la coordinadora mencionó que se han identificado problemas relacionados con ergonomía en las diferentes áreas de producción, principalmente asociados al manejo de cargas. Menciona que la posible causa o problema raíz de estos problemas podría estar relacionado a que se excede la cantidad de material que se debe depositar en una caja ESD. Para identificar las problemáticas, han realizado observaciones en las tareas, medición de pesos, frecuencias y tipos de material que se utilizan.

De la misma manera, se consideró que los puestos de ensamble donde se trabajan con Heatsinks, los cuales son piezas metálicas donde se deben ensamblar las tarjetas y en aquellas líneas de producción con tarjetas más pesadas es donde hay mayor problemática. Otro aspecto abordado es que los trabajadores han comentado sobre la presencia algún malestar a nivel músculo esquelético y también que los malestares podrían generarse por las condiciones o las características del puesto de trabajo.

La empresa posee un programa de capacitaciones, donde se abordan temas del departamento de EHS, sin embargo, la coordinadora mencionó que el programa incluye el tema de ergonomía a nivel muy general y que la empresa actualmente no tiene un programa de control para las condiciones de riesgo ergonómico en los puestos de ensamblaje y producción de tarjetas de circuito impreso.

Otro dato resultante es que la empresa realiza evaluaciones de las condiciones ergonómicas para la toma de acciones preventivas. Además, tienen el plan de validación anual de los puestos de trabajo o para puestos nuevos como control para evitar o disminuir la exposición ocupacional a peligros ergonómicos. Finalmente, se obtuvo que la empresa ha realizado 6 tipos de medidas o acciones administrativas en relación a las condiciones ergonómicas del área de producción, los cuales son la estandarización de algunos accesorios en

los puestos de trabajo, validaciones ergonómicas, exámenes médicos de preempleo, la definición de las estaciones de pie o sentado, la implementación de alfombras ergonómicas en algunos puestos de trabajo donde realizan tareas de pie y también el uso de herramientas automatizadas para trabajos de repetición.

## **2. Cuestionario al personal del consultorio médico de la empresa**

El 2 de noviembre del 2022 se aplicó un cuestionario dirigido al personal del consultorio médico de la empresa para conocer el historial de los trabajadores del área de producción en aspectos relacionados a ergonomía. Gabriela Pérez Poveda, médico general de la empresa, respondió las preguntas indicadas en el apéndice 7.

El consultorio médico incluye una lista de enfermedades específicas bajo la clasificación de enfermedad osteomuscular, entre las cuales se destacan mialgias (dolor en un músculo o grupo de músculos), omalgias (dolor en el hombro), cervicalgias , ciatalgias, lumbalgias, contracturas musculares en diferentes zonas corporales, dolores (en manos, articulaciones, espalda, cuello, zona lumbar, rodillas), lesiones en el manguito rotador, tendinitis (de extensores del pulgar derecho, manos, hombros), entre otros.

En la pregunta sobre la cantidad de atenciones o reportes que han recibido de trabajadores desde el año 2021 a la actualidad (2022), se obtuvo que en el 2021 hubo un total de 124 atenciones por motivo de enfermedades del sistema músculo esquelético o del tejido conectivo, de las cuales 77 fueron de los turnos I, II y III del área de producción. Y en el 2022 (de enero a octubre) hubo 158 atenciones, de las cuales 99 fueron del personal de los turnos I, II y III. Lo anterior significa que, en el 2021, el 62,1% de las consultas por enfermedades del sistema osteomuscular fueron de trabajadores del área de producción, y en el 2022, el 62, 7% las consultas por dichos motivos que provinieron de personal de la planta de producción.

Respecto a la pregunta sobre si han identificado cuáles son los puestos de trabajo del área de producción más riesgosos o causantes de lesiones musculoesqueléticas, la doctora respondió no haber notado algún patrón en algún área específica y considera que los puestos están bien acondicionados para evitar lesiones. También, cree que malas posturas, estrés asociado y sobrecarga de ejercicio son los factores más frecuentes o importantes en la generación de problemas musculoesqueléticos.

Finalmente, se consideró que el dolor muscular, discomfort, lumbalgias y dolores articulares son los síntomas más frecuentes que poseen los trabajadores que consultan por lesiones o dolencias musculoesqueléticas. Los resultados anteriores evidencian que los trabajadores sí poseen dolencias a nivel musculoesquelético, las cuales podrían relacionarse a las condiciones de sus puestos.

### 3. Estadística EHS Indicators- 2022

Se realizó una revisión del documento EHS Indicators-2022, el cual posee información sobre las métricas del departamento con relación a accidentes, enfermedades, costos de compensaciones a los trabajadores, incapacidades, inspecciones, entre otros. Debido a la temática de interés del presente proyecto, se revisó las incapacidades del año 2021 a octubre del 2022, las cuales se presentan en el apéndice 8 y el apéndice 9 para el 2022. A continuación, se presenta la cantidad de incapacidades y días perdidos por enfermedad osteomuscular en la totalidad de meses del 2021 hasta octubre del 2022.

*Cuadro 11. Incapacidades por enfermedad osteomuscular del año 2021 a octubre del 2022*

Incapacidades 2021				
Mes	Clasificación	Turno	Cantidad de trabajadores incapacitados	Días de Incapacidad
Enero	Enfermedad osteomuscular	I Turno	1	1
		III Turno	1	1
Febrero		II Turno	2	4
Marzo		I Turno	2	2
		II Turno	1	2
Abril		III Turno	1	11
Mayo		I Turno	2	3
		II Turno	1	1
Junio		II Turno	1	3
Julio		II Turno	2	4
Setiembre		II Turno	1	2
Octubre		I Turno	3	3
Noviembre	III Turno	1	1	
Diciembre	II Turno	1	1	
Total, en el 2021			20	39

Incapacidades 2022 (hasta octubre)					
Enero	Enfermedad osteomuscular	I Turno	1	3	
Febrero		I Turno	1	2	
		II Turno	1	2	
Marzo		I Turno	2	4	
		II Turno	2	3	
		III Turno	1	1	
Junio		I Turno	1	1	
		II Turno	1	3	
Julio		I Turno	1	2	
		II Turno	1	2	
Agosto		I Turno	1	2	
Setiembre		I Turno	1	1	
Total, hasta octubre del 2022			14	26	

El cuadro 11 muestra que, de los 12 meses que componen un año, en el 2021 hubo 11 meses donde se tramitaron incapacidades debido a enfermedad osteomuscular y en el 2022 ocurrió en 7 de 10 meses. Esto evidencia una prevalencia de sintomatologías relacionadas al sistema musculoesquelético en los trabajadores del área de producción, pues todos los resultados corresponden a los turnos I, II y III, los cuales están únicamente asignados a trabajadores de la planta de producción.

Un dato adicional, es la cantidad de días “perdidos” o de incapacidad, donde en el 2021 hubo 39 días de incapacidad y 26 días hasta octubre del 2022 por motivo de enfermedad osteomuscular. Estos datos son de suma importancia debido a que los trabajadores pueden rotar sus puestos ya que están capacitados para realizar diferentes tareas en una misma línea, por lo cual la mano de obra de los operarios es de suma importancia debido a que la empresa posee estrictos tiempos de entrega y métricas de producción.

A partir de la revisión de la estadística se obtuvo los motivos por los cuales los trabajadores han sido atendidos en el consultorio médico de la empresa. Un dato por destacar es que el consultorio médico realiza el registro de las atenciones respecto a la clasificación de enfermedades de la OMS, donde para el caso particular de estudio, se seleccionó aquellas consultas bajo la clasificación de “Enfermedades del sistema musculo esquelético o del tejido

conectivo". A continuación, se desglosa la cantidad de atenciones por turno debido ese motivo en los años 2021 y hasta octubre del 2022

*Cuadro 12. Cantidad de atenciones por "Enfermedades del sistema musculoesquelético o del tejido conectivo" por turno en 2021 y 2022*

<b>Año 2021</b>	
<b>Turno</b>	<b>Cantidad de atenciones</b>
I	36
II	13
III	28
A	7
B	3
C	4
D	3
Oficina	27
Otros	3
<b>Total de atenciones en 2021</b>	<b>124</b>
<b>Año 2022 (hasta octubre)</b>	
I	57
II	22
III	20
A	14
B	3
C	3
D	3
Oficina	24
Otros	12
<b>Total de atenciones hasta octubre del 2022</b>	<b>158</b>

El cuadro 12 muestra que en el 2021 hubo un total de 124 atenciones por motivo de enfermedades del sistema músculo esquelético o del tejido conectivo, de las cuales 77 fueron de los turnos I, II y III del área de producción. Además, muestra que en los meses de enero a octubre del 2022 hubo 158 atenciones, de las cuales 99 fueron del personal de los turnos I, II y III. Además, esta estadística reafirma la veracidad de datos brindados por parte de la doctora del consultorio médico.

El comportamiento de los resultados anteriores, como se puede observar es variado sin embargo se puede percibir que en el área de producción donde se labora en 3 turnos pueda existir un mayor nivel de riesgo a nivel musculoesquelético pues los resultados anteriores reflejan un patrón donde la mayor cantidad de atenciones por este motivo se da en las áreas de producción en comparación con las otras áreas.

#### 4. Identificación de dueños de procesos en el área de producción

Se realizó un cuestionario dirigido a las personas con mayor influencia en las decisiones llevadas a cabo en el área de producción de la empresa para conocer su nivel de compromiso e influencia respecto a posibles cambios, mejoras e implementaciones en aspectos ergonómicos que se realice. En el apéndice 10 se muestra la lista de preguntas formuladas y en el apéndice 11 se muestra con mayor detalle las respuestas obtenidas. A continuación, se muestra un resumen de los puntajes de compromiso obtenidos, donde se considera el 5 el mayor puntaje (o mayor nivel de compromiso) y el 1 el menor puntaje:

Cuadro 13. Nivel de compromiso con respecto a mejoras en aspectos ergonómicos

Nombre	Puesto	Compromiso con respecto a mejoras en la ergonomía
Victor Sanchez Castro	Gerente de Calidad	5
Hilda Chaves Arce	Administradora del Sistema de Calidad	5
Paola Cambronero Arguedas	Gerente de Producción	5
Alexander Fernandez	Superintendente de producción	5
Pablo Chinchilla	Gerente de Recursos Humanos	5
Mariela Núñez Row	Líder de seguridad, salud y ambiente.	5

A partir de los resultados del cuadro 13, es posible afirmar que existe un gran interés y, por ende, compromiso a nivel corporativo por mejoras ergonómicas, ya que se obtuvo la máxima puntuación (5) en la totalidad de cuestionarios aplicados. Un aspecto por destacar es que existe un gran compromiso en los puestos más altos de los departamentos con mayor poder decisivo en los aspectos que involucren al área de producción, es decir en las gerencias de Producción, Calidad y Recursos Humanos. Esto sugiere un gran apoyo por parte de las altas jefaturas a posibles cambios, mejoras e implementaciones en aspectos ergonómicos.

Se evidenció un gran compromiso por parte de la líder de *EHS* así como de la jefatura directa del departamento (Administradora del Sistema de Calidad) en mejorar las condiciones ergonómicas de los puestos de trabajo del área de producción, cuya consecuencia más directa será el aumento de la eficacia en el trabajo, el incremento de la productividad y la reducción de bajas y ausentismos laborales con los consiguientes ahorros.

#### 5. Matriz de interés/ influencia

Se realizó una matriz de interés/influencia a partir de los resultados obtenidos en la sección anterior. Para esto se asoció el nivel de poder o influencia que tiene cada puesto a en la

empresa y el nivel del compromiso que manifestó en el cuestionario. A continuación, se muestra dicha asociación:

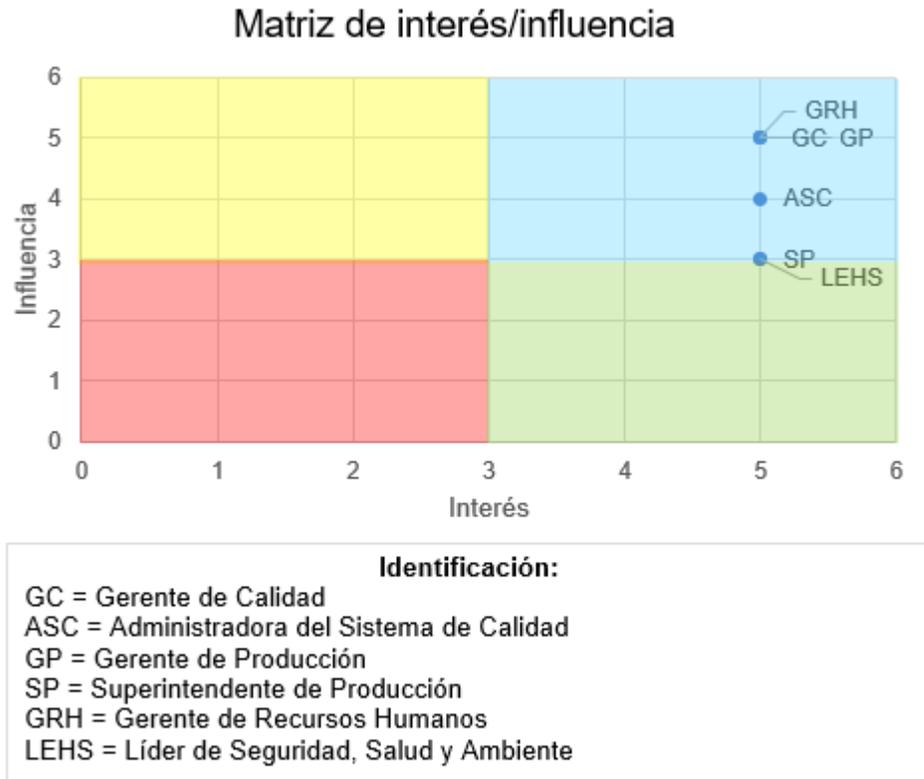


Figura 6. Matriz de interés/influencia

En la figura 6 se aprecia cuatro secciones separadas por colores, donde el azul representa aquellas personas que se pueden considerar como promotores de mejoras ergonómicas, el amarillo los latentes, el rojo los indiferentes y el verde los defensores. Según los puntajes obtenidos a nivel de compromiso, se puede inferir que hay un gran interés por parte de la empresa por mejorar las condiciones ergonómicas de los puestos de trabajo.

Además, debido a que las personas encuestadas son quienes tienen mayor influencia o relación con los cambios o implementaciones que se hagan a nivel de salud y seguridad y mostraron un alto interés, es posible argumentar que ellos pueden facilitar o agilizar aquellos proyectos o procesos de mejora ergonómica que se lleven a cabo en el área productiva.

**6. Matriz de entrenamiento de la empresa: F24805517 Matriz de Entrenamientos Mandatorios**

Se realizó la revisión de documentos oficiales pertenecientes al departamento de recursos humanos de la empresa, se verificó cuáles son los temas que se abordan en las capacitaciones. Cabe destacar que hay tres tipos de entrenamientos: los mandatorios (los cuales se imparte a todos los colaboradores), los requeridos (se imparten de acuerdo con la necesidad del puesto) y los informativos (que son aquellos que sirven de apoyo para la gestión de las funciones). A continuación, se muestran los entrenamientos impartidos por la empresa.

*Cuadro 14. Lista de entrenamientos impartidos*

Área encargada	Tema de Entrenamiento
Recursos Humanos	Ingreso y Salida del Personal
	ZER
	Procedimiento de Capacitación
	Manual de Políticas
	Introducción Zollner
	Cálculo de Nómina
	Política Anticorrupción
	Código de Conducta
EHS	Protocolo COVID-19
	Guideline for the Integrated Management System.
	Separación de residuos
	CR Manejo y almacenamiento de sustancias peligrosas
	Manejo de residuos
	CR Emergency plan according to Costa Rica legal requirement guideline
IT	Seguridad de la Información
Calidad	Flujo de Procesos
	Identificación de Productos
	Recorrido en Planta
	IPC 610/VA-Eng-221
	Scrap for Raw Material
	Estadística
Ingeniería	ECM Training
	Componentes Electrónicos
Comité 5S	5S
Calidad	Política de Calidad
	Control de Documentos
	Creation, Modification and Handling Forms
	Clasificación de Documentos

Calidad	ESD
	Gestión de Calidad
Ingeniería	Trazabilidad
	TPM Introduction
Production Center	SAP Introduction
<b>Clasificación de los entrenamientos:</b>	
	Mandatorio
	Requerido
	Informativo

En el cuadro 14 se puede apreciar que no existen entrenamientos de ningún tipo respecto a la temática de ergonomía. En el caso del área de estudio del proyecto, no se hace referencia a capacitaciones en aspectos ergonómicos en el área de producción, lo cual se evidencia como una carencia y posible aspecto a mejorar o implementar por parte de la organización.

### **7. Metodología de los 5 porqués**

A partir de los resultados obtenidos de las herramientas aplicadas, se realizó el análisis de las causas y los efectos de los problemas identificados con la metodología de los 5 porqués. Dicho análisis se visualiza en los apéndices 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23. Los resultados del análisis indican problemática a nivel de diseño de máquinas, de puestos de trabajo y de implementos clave para las tareas (como los carritos o patinetas). Además, no se han realizado mediciones y análisis previos de los pesos de las cargas, fuerzas y alturas de objetos posicionados a un nivel superior del trabajador por lo que no se ha establecido un estándar documentado que contemple estos aspectos.

Por otro lado, el 62, 4% corresponde al promedio de consultas por enfermedades del sistema osteomuscular de trabajadores del área de producción entre los años 2021 y 2022. Esto podría indicar una problemática relacionada a las condiciones ergonómicas en los puestos trabajo de dicha área.

## C. Conclusiones

- Se identificaron que la “flexión de espalda” y “extensión de codo y hombro” son las situaciones de peligros en las líneas de trabajo más frecuentes, mismas que se asocian a posturas anormales, fuerza, y repetición, situación que se repite en puestos con alturas por debajo de 0,90 m, lo que remite a la necesidad de mejorar dichas estaciones.
- Por medio del uso del método REBA, la postura anormal, se destacó sobre los demás riesgos ergonómicos. Esto se debe principalmente a el tipo de trabajo que se realiza y los insumos que utilizan en planta, ya que encuentran por debajo del codo, situación que aporta diariamente a dolencias relacionadas a dolores musculoesqueléticos reportados dentro de la empresa.
- El 100% de los puestos evaluados que presentan el factor de riesgo de fuerza por levantamiento de cargas, también poseen postura anormal. Debido a que el levantamiento de cargas es de alta frecuencia, pero de poca duración este factor es de poco impacto, por lo tanto, la priorización de solución se debe enfocar al aspecto de postura anormal.
- Parte de la problemática identificada, es el desconocimiento en temas de ergonomía en la población de producción, lo cual podría repercutir en la cantidad de incapacidades y visitas al consultorio médico por enfermedad osteomuscular.
- La gestión actual carece de políticas y procedimientos que guíen a la organización en ergonomía, lo cual es un factor que aumenta la vulnerabilidad de la organización, ya que los operarios de estos puestos de trabajo son una parte fundamental para que la empresa cumpla los indicadores en salud ocupacional.
- Los diseños de las propuestas de solución deben ir enfocados en mejorar los aspectos que generan posturas anormales, y fuerza en los puestos de trabajo, contemplando requerimientos mínimos de la planta, tal como la protección antiestática.
- Se determinó que hay un gran interés por parte de la empresa por mejorar las condiciones ergonómicas de los puestos de trabajo ya que las personas quienes tienen mayor influencia con las implementaciones que se hagan a nivel de salud y seguridad mostraron un alto interés, por lo que es posible argumentar que ellos pueden facilitar o agilizar aquellos proyectos o procesos de mejora ergonómica que se lleven a cabo en el área productiva.

#### **D. Recomendaciones**

- Diseñar un programa de control de riesgos ergonómicos dirigido específicamente al área de producción, donde se contemple el rediseño de los puestos donde exista problemática a nivel de postura anormal enfocándose en el aumento de altura de los puestos trabajo e insumos.
- Desarrollar intervenciones enfocadas en levantamientos de cargas una vez se realicen las modificaciones en las estaciones de puestos, de manera que se le dé seguimiento a este aspecto que se obtuvo con una prioridad secundaria.
- Diseñar capacitaciones para los trabajadores del área de producción en donde se contemplen pausas activas y buenas posturas en los puestos de trabajo, de manera que se puedan realizar dentro de la jornada laboral con el fin de reducir la probabilidad de desarrollar desórdenes musculo esqueléticos relacionados a las tareas efectuadas en los puestos de trabajo.
- Implementar un programa de ergonomía donde se tenga como objetivos el mejoramiento de los indicadores del departamento de salud ocupacional.
- Rediseñar y/o mejorar las estaciones de trabajo de área de producción, contemplando las especificaciones técnicas mínimas del área de producción de manera que sea eficiente y eficaz.
- Involucrar dentro del programa de ergonomía a las personas que mostraron compromiso en el desarrollo en esta temática, de manera que la toma de decisión será multidisciplinaria y tengan un mayor impacto social dentro de la organización.
- Brindar seguimiento y control a los casos más críticos encontrados en la planta relacionados a dolencias musculoesqueléticas.

## V. Alternativas de Solución

2023

**Programa de control de riesgos  
asociados a condiciones de ergonomía  
en tareas de ensamblaje de  
componentes electrónicos y  
producción de tarjetas de circuito  
impreso en el área de producción de la  
empresa Zollner Electronics Costa Rica  
Ltda**

Fiorella Garro Ramírez

The logo for Zollner, featuring the word "zollner" in a bold, red, stylized font with a thick red underline. The letters are outlined in black, and the overall design is modern and industrial.

## **I. Introducción**

### **a. Datos generales de la empresa**

- **Ubicación geográfica**

La planta de Zollner Electronics Costa Rica Ltda. se ubica en el Parque Industrial La Lima, el cual se sitúa en la provincia de Cartago, cantón Central, distrito de San Nicolás.

- **Proceso productivo y productos**

Zollner Electronics Costa Rica Ltda. se destaca por el ensamblaje electromecánico de tarjetas de circuitos impresos para las industrias aeronáutica, médica, automotriz y aeroespacial. El proceso productivo de la empresa se conforma de cinco áreas las cuales son el ingreso de materiales, la bodega, producción, taller de mantenimiento y producto terminado. El proceso comienza desde el área de ingreso de materias primas, donde estas son revisadas, y luego introducidas al sistema electrónico de control de inventarios. Posteriormente, en el área de bodegas se preparan los componentes electrónicos requeridos por orden y estos son transportados al área de producción.

Cabe destacar que en el área de producción hay dos tipos de líneas de ensamble: manual y automatizado. En dichas líneas o áreas, se ensamblan las tarjetas electrónicas con sus respectivos componentes electrónicos. Luego, estas entran a los hornos, donde se solidifica la soldadura con la que se pegan los componentes a las tarjetas y después pasan a la etapa de control de calidad. Finalmente, el producto ingresa al área de *outgoing*, donde se acopian hasta el momento de envío al cliente.

- **Mercado**

Los servicios están dirigidos a los sectores de industria automotriz y electrónicos. Entre los clientes que corresponden al área de automotrices, se destacan las compañías Varroc, Marelli y BorgWarner. Por otro lado, en el sector de electrónicos se incluyen los clientes LEA, Rheem, OTT, Teradyne, Tandem y Hologic.

- **Estructura organizacional**

Mediante la figura 1 se muestra la estructura organizativa de Zollner Electronics Ltda.

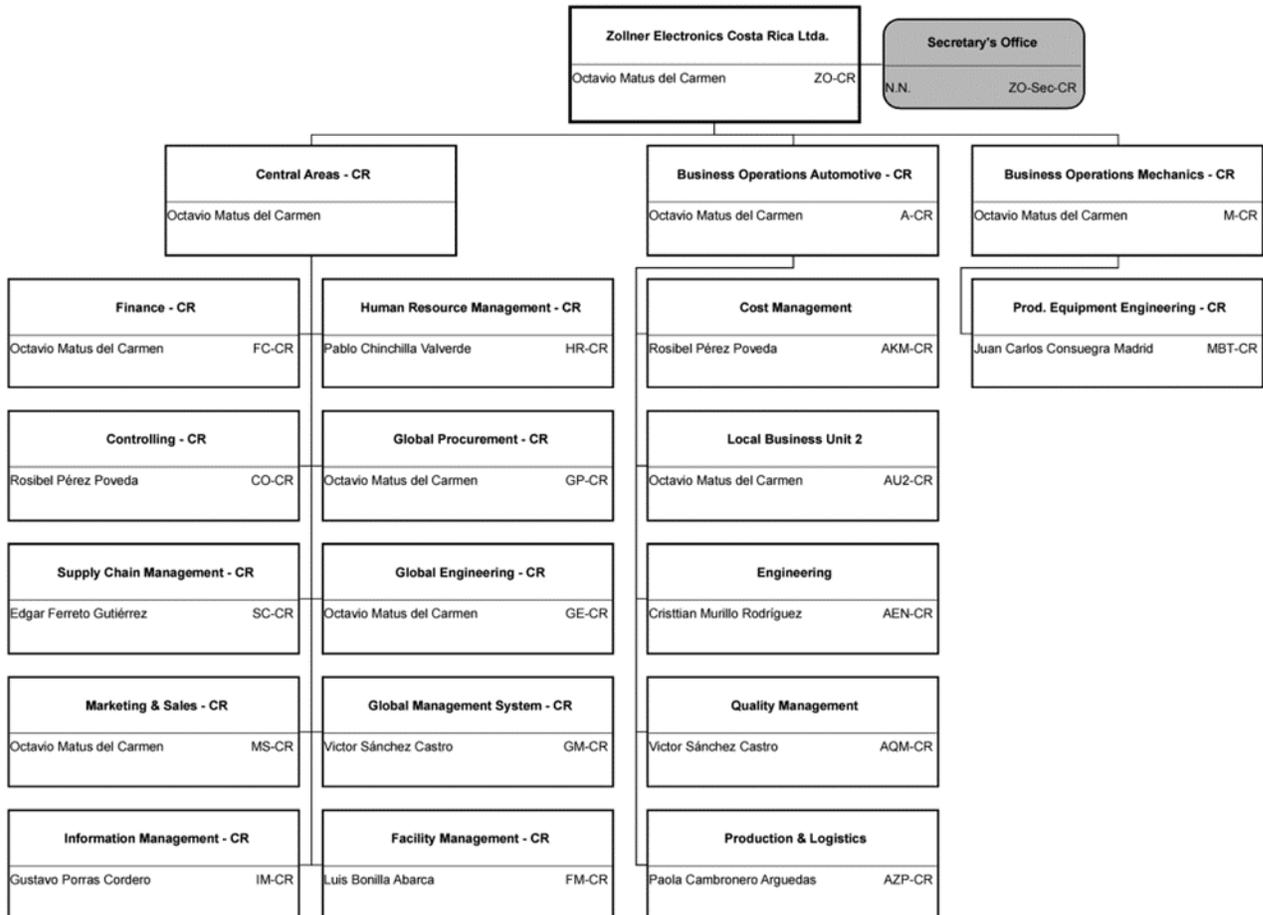


Figura 7. Organigrama de la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda

La organización de la planta de Zollner Electronics Costa Rica Ltda. tiene como máxima autoridad al gerente general. Luego, se derivan otras gerencias las cuales, a su vez tienen a cargo los diferentes departamentos de la empresa. Estas gerencias son: Recursos Humanos, Calidad, Materiales, Ingeniería, la de Producción, y Mantenimiento y Facilidades.

El departamento de Ambiente, Salud y Seguridad (o también conocido por sus siglas en inglés como *EHS*) forma parte del departamento de Calidad. Este se conforma dos personas, la coordinadora o líder del departamento y una ingeniera junior.

- **Política Sistema Integrado de Gestión**

La empresa labora bajo un sistema integrado de gestión de seguridad, salud y ambiente aplicado en la organización, acorde a los requisitos establecidos en las normas ISO 14001:2015 e ISO 45001:2018. La empresa está comprometida con la mejora continua en relación con la eficacia y desempeño del Sistema Integrado de Gestión.

Entre las políticas o pautas de seguridad laboral y salud de Zollner Electronics Costa Rica Ltda. se destaca:

- Identificar rutinaria de riesgos de seguridad y salud ocupacional y tomar medidas para eliminarlos, minimizarlos y prevenirlos.
- Promover la seguridad y la protección de la salud de nuestros trabajadores con programas de acción.
- Integrar activamente a nuestros empleados y departamentos externos en nuestras operaciones y promover el desarrollo de la seguridad laboral.
- Calificar nuestro sistema de gestión con cursos de capacitación en varios formatos para promover empleados orientados a la salud y liderazgo propio.
- Mantener y promover el bienestar y la salud de nuestros empleados con medidas proporcionales a sus situaciones.
- Apoyar a nuestros empleados con problemas ocupacionales y privados con opciones comprensivas de consulta.

Debido al compromiso de la empresa en prevenir enfermedades y lesiones y velar por la protección de la salud y seguridad de los trabajadores, este programa contribuiría a la mejora continua del sistema mediante la intervención a nivel ingenieril y administrativo de los puestos del área de producción.

- **Representación legal**

La empresa cuenta con una subcontratación de una empresa la cual se encarga de realizar distintas funciones relacionadas con parte legal en temática de seguridad, salud y ambiente.

- **Contacto**

*Cuadro 15. Contacto Zollner Electronics Ltda*

Medio	Dato
Teléfono	2550 5700
Sitio Web	<a href="https://www.zollner-electronics.com/en/">https://www.zollner-electronics.com/en/</a>

Instagram	@zollnercr <a href="https://www.instagram.com/zollnercr/?hl=en">https://www.instagram.com/zollnercr/?hl=en</a>
Facebook	Zollner Electronics Costa Rica LTDA <a href="https://es-la.facebook.com/zollnercr/">https://es-la.facebook.com/zollnercr/</a>
LinkedIn	Zollner Electronics Costa Rica LTDA <a href="https://www.linkedin.com/company/zollner-electronics-costa-rica/">https://www.linkedin.com/company/zollner-electronics-costa-rica/</a>
Correo electrónico de coordinadora de EHS	mariela_nunez@zollner-electronics.com

## b. Definiciones

- Ergonomía

Según International Ergonomics Association (2000) la ergonomía es la disciplina científica a la cual se relaciona con la comprensión de las interacciones de las personas y los elementos de un sistema, también la profesión que aplica teoría, datos, principios y métodos de diseño para optimizar el bienestar humano y todo el desempeño del sistema.

- Peligro

El International Life Science Institute Argentina (2020) afirma que “el peligro es una condición o característica propia de los agentes o situaciones que pueden causar un efecto adverso, una lesión, una enfermedad o daño en ciertas condiciones” (p.1).

- Factores de riesgo ergonómico

Los factores de riesgo ergonómico son aquellos atributos, acciones o elementos de una tarea, equipo o inclusive ambiente de trabajo que aumentan la probabilidad de generar o agravar una enfermedad (Gutiérrez Díez et al., s.f.).

- Trastornos musculoesqueléticos

Según García-Salirrosas & Sánchez-Poma (2020) los trastornos musculoesqueléticos son un grupo de lesiones asociadas al sistema locomotor, los cuales generan una alteración física o funcional a nivel de los nervios, articulaciones, músculos, discos intervertebrales o tendones. Estos pueden dañar la espalda, el cuello, miembros superiores y con menos frecuencia a los miembros inferiores.

- Control ingenieril

Según National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, 2007) los controles ingenieriles incluyen reorganizar, modificar, rediseñar, proporcionar o reemplazar herramientas, equipos, estaciones de trabajo, empaques, partes, procesos, productos o materiales.

- Control administrativo

Los controles administrativos son aquellas instrucciones, manuales de procedimientos y todas aquellas orientaciones para reducir la probabilidad de ocurrencia de un riesgo (HSE Tools, s.f.).

### **c. Objetivos**

#### *Objetivo general*

Proporcionar a los colaboradores expuestos ocupacionalmente un ambiente de trabajo óptimo a través de un programa para el control de riesgos asociados a condiciones de ergonomía en el área de producción de Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

#### *Objetivos específicos*

1. Establecer controles administrativos e ingenieriles para los puestos prioritarios con exposición ocupacional a riesgos ergonómicos en el área de producción.
2. Asignar las personas involucradas y sus responsabilidades con la finalidad que los colaboradores involucrados sepan su rol a desempeñar en el programa.
3. Determinar los costos asociados a la implementación del presente programa de control.
4. Desarrollar estrategias de seguimiento y mejora continua del programa de control de exposición ocupacional a riesgos ergonómicos.

### **d. Alcance**

El programa de control de riesgos asociados a condiciones de ergonomía en el área de producción de la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda. La finalidad del programa es disminuir y prevenir trastornos musculoesqueléticos en los trabajadores del área de producción mediante controles administrativos e ingenieriles. Además, se busca proporcionar las herramientas necesarias para el departamento de EHS para realizar las evaluaciones y seguimiento de estos riesgos.

### e. Metas e Indicadores

A continuación, se presenta el cuadro 16 el cual muestra las metas e indicadores por cada objetivo específico del programa.

*Cuadro 16. Metas e indicadores del programa*

Objetivo	Meta	Indicador
Establecer controles administrativos e ingenieriles para los puestos prioritarios con exposición ocupacional a riesgos ergonómicos en el área de producción.	-Para el mes de noviembre del 2024, los controles ingenieriles deben estar implementados en los puestos prioritarios. - Para el mes de setiembre del 2024, los controles administrativos deben estar implementados en todos los puestos del área de producción.	Cuantificación de trabajadores atendidos en el consultorio médico por dolencias musculoesqueléticas relacionadas al trabajo.
Asignar las personas involucradas y sus responsabilidades con la finalidad que los colaboradores involucrados sepan su rol a desempeñar en el programa.	Para el mes de mayo del 2024, todas las partes involucradas tengan claras sus responsabilidades y funciones en el programa.	Cantidad de personas asignadas con funciones y responsabilidades definidas.
Planificar los costos asociados a la implementación del presente programa de control.	Para el mes de abril del 2024, ya se haya presentado los costos de la implementación del programa al departamento de EHS.	Porcentaje de rubros de la matriz de costos aprobados por los departamentos encargados.
Desarrollar estrategias de seguimiento y mejora continua del programa de control de exposición ocupacional a riesgos ergonómicos.	Para el mes de diciembre del 2024, se encuentren implementadas las estrategias de seguimiento.	Porcentaje de cumplimiento de los rubros relacionados a las estrategias de seguimiento en el proceso de implementación del programa.

### f. Limitaciones

- La implementación de los controles ingenieriles podría tener retrasos ya que el presupuesto para EHS se planifica de forma anual, por lo que el monto establecido puede tener una variación.
- Cambios en el cronograma, retrasos con los procesos de fabricación de los controles ingenieriles e insuficiente presupuesto podrían ocasionar el incumplimiento de las metas e indicadores en el tiempo establecido.
- Debido a los tiempos de entrega y metas de producción que deben cumplir los operarios, la disponibilidad de tiempo puede constituir una limitación para poder asistir a los entrenamientos programados.

## **II. Planificación**

### **1. Recursos**

A continuación, se detallan los recursos y aspectos considerados para la implementación del programa para poder controlar los factores de riesgo ergonómicos asociados a los puestos de trabajo del área de producción.

- Económico

Se consideran todos aquellos costos ligados a las propuestas de control administrativo e ingenieril. Además, se toma en cuenta los costos involucrados en materiales y en el recurso humano necesario para la implementación del presente programa.

- Humano

Este aspecto contempla a las personas requeridas para llevar a cabo las estrategias administrativas e ingenieriles y toma en cuenta su aporte en el diseño, implementación y seguimiento. Asimismo, los colaboradores involucrados en la implementación forman parte del recurso humano ya que pueden contribuir en el reconocimiento de oportunidades de mejora.

- Materiales

Se contemplan todos aquellos materiales para la implementación de los controles administrativos e ingenieriles de este programa.

### a. Matriz de involucrados y responsabilidades

En el cuadro 17 se muestra la matriz de involucrados y sus respectivas responsabilidades. En la misma se definen las partes interesadas y su codificación para su identificación, el contexto (ya sea interno o externo), su nivel de influencia e interés y una sección sobre sus responsabilidades para el desarrollo del programa de control de riesgos ergonómicos.

Cuadro 17. Matriz de involucrados y responsabilidades

Parte Interesada	Codificación	Contexto	Nivel		Responsabilidades
			Influencia	Interés	
Fiorella Garro Ramírez	FGR	Externo	Bajo	Alto	Elaborar el programa de control de riesgos asociados a condiciones de ergonomía en el área de producción.
Líder de Seguridad, salud y Ambiente	LEHS	Interno	Medio	Alto	Implementar los controles ingenieriles y administrativos indicados en el programa. Así como velar por el cumplimiento y seguimiento del mismo.
Administradora del Sistema de Calidad	ASC	Interno	Medio	Alto	Asegurar que el programa se encuentre alineado con el sistema de gestión de calidad y cumpla con los lineamientos del sistema integrado de gestión de la empresa.
Gerente de Calidad	GC	Interno	Alto	Alto	Aprobación de presupuesto y programa de control de riesgos ergonómicos.
Encargadas del consultorio médico	CM	Interno	Medio	Alto	Mantener un registro de control y seguimiento detallado por puesto de trabajo, para la determinación de las causas, según las consultas osteomusculares. Informar a EHS sobre casos de dolencias musculoesqueléticas relacionadas al trabajo.
Gerente de Recursos Humanos	GRH	Interno	Alto	Alto	Apoyar al departamento de EHS con la coordinación de capacitaciones y divulgación de información de interés para los trabajadores.
Gerente de Producción	GP	Interno	Alto	Alto	Aprobar, apoyar y dar seguimiento a la implementación del programa.
Superintendente de Producción	SP	Interno	Medio	Alto	Coordinar la planificación de la producción de acuerdo con las actividades de capacitación y de rediseño de puestos.
Supervisores del área de producción	SAP	Interno	Medio	Alto	Ayudar en la identificación de las tareas y áreas de trabajo, donde los colaboradores estén expuestos a un posible riesgo ergonómico por medio del "Formulario de solicitud de revisión ergonómica".

Departamento de Ingeniería	DI	Interno	Medio	Medio	Solicitud de diseños de puestos de trabajo cumpliendo con los controles ingenieriles indicados por EHS.
Encargado del departamento de Toolshop	ET	Interno	Medio	Bajo	Generar los diseños y desarrollar los controles ingenieriles en los puestos con riesgo ergonómico.
Encargada del departamento de Supply Chain	ESC	Interno	Medio	Bajo	Generar cotizaciones y compras con proveedores para la obtención de materiales, herramientas, equipos y suministros a utilizar para los controles ingenieriles.
Operarios	OP	Interno	Bajo	Alto	Adquirir una cultura de autoprotección y mejora continua. Hacer un reporte temprano sobre cualquier molestia o situación relacionada con riesgo ergonómico. Acatar todos los lineamientos que se establecen en el programa. Cumplir con el programa de entrenamiento de la empresa que incluye el programa de ergonomía.

### b. Matriz RACI

En el cuadro 18 se presenta la matriz RACI, la cual relaciona las actividades que deben realizar y los roles que tendrá cada persona involucrada. Se consideran las siguientes asignaciones: persona encargada (R), autoridad responsable (A), consultor (C) e informado (I).

Cuadro 18. Matriz RACI

Actividades	FGR	LEHS	ASC	GC	CM	GRH	GP	SP	SAP	DI	ET	ESC	OP
Definir la estructura del programa según la norma INTE T29:2016	R	A	I	N/A	C	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Determinar los datos generales de la empresa	R	A, C	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Propósito del programa</b>													
Establecer los objetivos	R	A	C	C	C	I	I	I	I	I	I	I	I
Determinar el alcance	R	A	I	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Establecer las metas e indicadores	R	A, C	C	C	A, C	I	I	I	I	I	I	N/A	I
Identificar las limitaciones	R	A	I	I	I	I	I	I	I	C	C	C	N/A
<b>Planificación</b>													
Establecer los recursos	R	A	C	SP	I	C	I	C, I	I	C, I	R, C	R, C	I
Asignar las responsabilidades y partes involucradas	R	A	C	I	I	C	I	I	I	I	I	I	I
Elaborar la matriz RACI	R	C	C	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I
<b>Peligros y riesgos</b>													

Definir la metodología para la identificación de peligros y evaluación de riesgos	R	R, C	C	I	I	N/A	I	I	I	I	N/A	N/A	I
Determinar los resultados obtenidos	R	A	I	I	I	I	I	I	I	I	I	N/A	I
Establecer conclusiones	R	A, I	I	I	I	N/A	N/A	I	I	I	I	N/A	I
<b>Propuestas de control</b>													
Diseño de controles ingenieriles	R	A, C	I	N/A	I	N/A	C	A	A	C	C, I	C	C, I
Definir los controles administrativos	R	A, C	I	C	A	I	I	C	C	N/A	N/A	N/A	C, I
<b>Costos involucrados</b>													
Matriz de costos	R	A	I	I	I	I	I	N/A	N/A	C	C, I	C, I	N/A
<b>Validación del programa</b>													
Seguimiento y mejora continua	R	R, A	R, I	I									
<b>Identificación:</b>													
FGR= Fiorella Garro Ramírez LEHS= Líder de seguridad, salud y ambiente ASC= Administradora del Sistema de Calidad GC= Gerente de Calidad CM= Encargadas del consultorio médico GRH= Gerente de recursos humanos GP= Gerente de producción SP= Superintendente de producción SAP= Supervisores del área de producción DI= Departamento de ingeniería ET= Encargado del departamento de Toolshop ESC= Encargada del departamento de Supply Chain OP= Operarios													

### III. Identificación de peligros y evaluación de riesgos

Con el objetivo de identificar peligros relacionados a las condiciones ergonómicas en los puestos de trabajo del área de producción, se realizó un inventario de peligros el cual se evaluó por medio de la herramienta Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE). Esto con la finalidad de obtener aquellas tareas que requieren priorización, y por ende la aplicación de las metodologías de evaluación ergonómicas.

Se obtuvo un total de 16 tareas con alto nivel de riesgo según AMFE. Luego, se llevó a cabo una evaluación ergonómica en las 16 tareas por medio de las herramientas ecuación de NIOSH, REBA y Job Strain Index. A partir de dichas evaluaciones, se obtuvo el nivel de riesgo y el cuadro 19 recopila los resultados obtenidos con los tres métodos mencionados.

Cuadro 19. Resultados de los tres métodos ergonómicos aplicados.

	Área	Tarea	Puntuación REBA	Puntuación Ecuación de NIOSH (LI)	Puntuación JSI
1	Test System de BMW X3	Tomar la tarjeta de zona de entrada del proceso	11	N/A	N/A
2	THT Assembly de Rheem	Colocación de los PCBA en cajas ESD	10	N/A	N/A
3		Tomar la tarjeta del rack de almacenamiento	10	N/A	N/A
4	THT Assembly de Thermostat de Rheem	Colocación de la tarjeta en la caja ESD	8	N/A	N/A
5	EOL de Rheem	Tomar la tarjeta de la caja ESD	5	N/A	N/A
6		Pegar la etiqueta a la pantalla y colocarla en caja ESD	5	N/A	N/A
7	Rework General	Tomar una caja de la torre de cajas apiladas y colocarla al lado de la mesa de trabajo	12	1,89	N/A
8	Cleaning Room de Teradyne	Se realiza un transporte de cajas en torre sobre un carrito del cuarto de Teradyne al cuarto de lavado	10	N/A	N/A
9	THT Assembly de Varroc-Tesla	Tomar los thermal y colocar en placa metálica	3	N/A	N/A
10		Tomar los heatsink y alinear con los thermal	9	N/A	N/A
11	Final Inspection	Tomar las cajas con las tarjetas y posicionarlas en la mesa para su debida inspección	11	1,4	N/A
12	THT Assembly de Tandem	Traslado manual de los trays a estación de Muppet.	10	N/A	N/A
13		Posicionar dos tarjetas a la máquina moldeadora	4	N/A	N/A
14	THT Assembly de Rheem	Cepillado del PCBA.	N/A	N/A	0,14

15	Rework General	Remover y colocar el clip de las tarjetas de LEA.	N/A	N/A	4,88
16	THT Assembly de Tandem	Retirar el sobrante de plástico en la máquina moldeadora.	N/A	N/A	1,13

Se evidencia que la mayoría de las tareas poseen un nivel de riesgo alto-medio según las tres metodologías ergonómicas aplicadas, por lo cual se establecieron controles ingenieriles para las tareas con niveles de riesgo muy alto, alto y medio. Debido a que la naturaleza o causa de algunas estas problemáticas se repite, se procedió a agrupar algunas tareas bajo una clasificación. A continuación, se muestra el cuadro 20 el cual muestra las tareas que requieren una intervención de diseño ingenieril y su nueva codificación.

Cuadro 20. Tareas problemáticas y su identificación.

Tareas con riesgo	Codificación
1	A
2,4, 5, 6	B
8, 12	C
7, 11	D
10	E
3	F
15	G

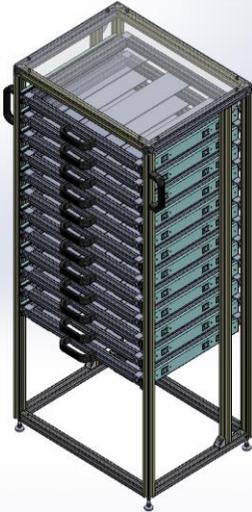
#### IV. Propuesta de controles ingenieriles

Para cada codificación de las tareas problemáticas se plantearon tres propuestas de solución, las cuales se comparan bajo diferentes criterios.

- Problema A

La estación de prueba o *test system* de la línea BMW X3 posee la zona de entrada del proceso a un nivel muy inferior de la zona de alcance de los operadores. Mediante las evaluaciones se pudo identificar el factor de riesgo de postura anormal y doble peligro: flexión de espalda y extensión de codo y hombro. Por lo tanto, para este problema se proponen los siguientes controles ingenieriles (cuadro 21):

Cuadro 21. Propuestas ingenieriles para el problema A

Propuestas	Descripción	Fabricante	Dimensiones	Materiales	Precio unitario (€)	Ilustración
Propuesta 1 Diseño de rack	<p>* La propuesta consiste en la creación de un rack para las tarjetas de la zona de entrada del puesto, de forma que la persona no deba realizar una postura anormal y tenga un alcance fácil.</p> <p>* Debido a que la tarea consiste agarrar las piezas, se pretende que la zona de entrada esté a la altura estiloidea de la población femenina del percentil 50.</p> <p>* Se tomó como referencia las tablas antropométricas de la población laboral colombiana, en edades de 20 a 59 años.</p> <p>* La nueva zona de entrada se ubicará a 81 cm del suelo.</p>	Departamento de Toolshop Diseño original	<p>Altura de las patas: 75 cm</p> <p>Altura del rack: 45 cm</p> <p>Altura total: 120 cm</p> <p>Ancho: 37,5 cm</p> <p>Largo: 57,5 cm</p>	<p>Aluminio en lámina</p> <p>Aluminio Bosch Profile</p> <p>Ruedas de goma</p>	295 554	
Propuesta 2 Rack de transporte con bandejas deslizables	<p>*Se propone un rack de transporte con bandejas extensibles, las cuales pueden cargar el producto de la zona de entrada a una altura superior.</p> <p>*Cada bandeja contendrá las tarjetas que serán testeadas.</p> <p>*Esto soluciona la problemática de posturas anormales y facilita la toma de las tarjetas.</p>	Departamento de Toolshop Diseño original	<p>Altura de la base : 81 cm del nivel del suelo</p> <p>Altura del rack: 59 cm</p> <p>Altura total: 140 cm</p> <p>Ancho: 40 cm</p> <p>Largo: 60 cm</p>	<p>Aluminio en lámina</p> <p>Aluminio Bosch Profile</p> <p>Ruedas de goma</p>	1 773 325	

<p>Propuesta 3 Carrito utilitario con estante ESD</p>	<p>* Se propone el diseño de un carrito utilitario con un estante ESD a una altura de 73 cm. Las dimensiones del estante son 61 x 53 cm. * El diseño se hizo en función de la altura dactilea del dedo medio de la población femenina ubicada en el percentil 95 de las tablas antropométricas colombianas, pero se le agregó 9 cm más debido al corto grosor de los trays. * Se pretende que el carrito tenga una superficie metálica de Aluminio, el cual es un material antiestático.</p>	<p>Departamento de Toolshop Diseño original</p>	<p>Altura: 73 cm Largo: 61 cm Ancho: 53 cm</p>	<p>Aluminio en lámina Aluminio Bosch Profile Ruedas de goma</p>	<p>350 000</p>	
---	--	---	--	---	----------------	---

Una vez realizada la descripción de cada una de las propuestas de solución, se comparan las mismas por medio de criterios como salud, seguridad, ambiente, aspecto económico y normativa aplicable. Lo anterior a través de una puntuación del “1” al “3”, donde el “1” se refiere al peor caso y el “3” a la propuesta más favorable. Una vez que cada criterio tenga su puntaje según el criterio, estos valores deben sumarse y el más alto será la propuesta elegida.

Para el caso de las propuestas de solución para el problema A, se obtiene lo siguiente:

Cuadro 22. Comparación de las propuestas del problema A

Propuesta de solución	Criterio						Puntaje total
	Salud	Seguridad	Ambiental	Económico	Sociocultural	Estándares	
Propuesta 1 Diseño de rack	La alternativa soluciona los peligros ergonómicos identificados y evaluados en su totalidad.	El diseño propuesto considera todos los aspectos de seguridad del producto y del operario.	La creación de la alternativa genera sobrantes de material sin embargo la empresa cuenta con un plan ambiental de disposición final.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio más bajo. (C\$295 554)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador no necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Cumple con la totalidad de requisitos de la norma INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo, el artículo 66 de la Constitución Política y el artículo 284 c y ch del Código de Trabajo.	
Puntaje	3	3	2	3	3	3	17
Propuesta 2 Rack de transporte con bandejas deslizables	La alternativa soluciona los peligros ergonómicos identificados y evaluados en su totalidad.	El diseño propuesto considera todos los aspectos de seguridad del producto y del operario.	La creación de la alternativa genera sobrantes de material sin embargo la empresa cuenta con un plan ambiental de disposición final.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio más elevado. (C\$1 773 325)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador no necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Cumple con la totalidad de requisitos de la norma INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo, el artículo 66 de la Constitución Política y el artículo 284 c y ch del Código de Trabajo.	
Puntaje	3	3	2	1	3	3	15

Propuesta 3 Carrito utilitario con estante ESD	La alternativa soluciona los peligros ergonómicos identificados y evaluados en su totalidad.	El diseño propuesto considera todos los aspectos de seguridad del producto y del operario.	La creación de la alternativa genera sobrantes de material sin embargo la empresa cuenta con un plan ambiental de disposición final.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio intermedio. (\$350 000)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador no necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Cumple con la totalidad de requisitos de la norma INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo, el artículo 66 de la Constitución Política y el artículo 284 c y ch del Código de Trabajo.	
Puntaje	3	3	2	2	3	3	16

Como se pudo observar en el cuadro 22, se selecciona la propuesta 1 del problema A, ya que es la propuesta más favorable en cuanto a la mayoría de los criterios de comparación.

- Problema B

En los puestos de ensamble de pie y *test system*, tanto la entrada del producto como la salida se ubican en una caja ESD la cual está cercana a la altura del suelo ya que se sitúa sobre un carrito o patineta. Mediante las evaluaciones, se identificó los peligros de flexión de espalda y extensión de codo y hombro, es decir un factor de riesgo de postura anormal para tomar o colocar las tarjetas en las cajas. Por lo tanto, para estos puestos se proponen tres alternativas de solución las cuales se detallan en el cuadro 23.

Cuadro 23. Propuestas ingenieriles para el problema B

Propuestas	Descripción	Fabricante	Dimensiones	Materiales	Precio unitario (€)	Ilustración
Propuesta 1 Allum-A-Lift ESD Platform Lifter	<p>* La propuesta consiste en una plataforma elevadora simple de la marca Allum- A-Lift, la cual pretende soportar una carga de hasta 100 kg.</p> <p>* Debido a su función elevadora, el operario puede ajustar la altura de las cajas según mejor se acople su alcance.</p> <p>* Su diseño contempla materiales electroestáticos (ESD) y ruedas de forma que se puede transportar con facilidad la carga.</p> <p>* Este equipo ergonómico de manejo de materiales permite que un solo operario maneje y manipule con seguridad las cajas ESD.</p>	Allum- A- Lift	Altura: 160 cm	Aluminio	5 931 304 a 7 100 765	
Propuesta 2 Carrito utilitario con estante ESD	<p>* Se propone el diseño de un carrito utilitario con un estante</p> <p>* El diseño se hizo en función de la altura dactilea del dedo medio de la población femenina ubicada en el percentil 95 de las tablas antropométricas colombianas, pero se le agregó 9 cm más debido al corto grosor de los trays.</p> <p>* Se pretende que el carrito tenga una superficie metálica de Aluminio, el cual es un material antiestático.</p>	Departamento de Toolshop Diseño original	Altura: 73 cm Largo: 61 cm Ancho: 53 cm	Aluminio en lámina Aluminio Bosch Profile Ruedas de goma	350 000	

<p>Propuesta 3 Carrito utilitario de la marca Wolfgang Warmbier</p>	<p>*Consiste en un carrito utilitario de la marca Wolfgang Warmbier con dos estantes, equipados con un mantel ESD. * Solo se podría utilizar el estante superior para evitar posturas anormales. * El estante más alto tiene una altura de 73 cm.</p>	<p>Wolfgang Warmbier</p>	<p>Altura: 73 cm Largo: 74 cm Ancho: 43 cm</p>	<p>Acero galvanizado Ruedas de goma</p>	<p>264 938</p>	
---	---	------------------------------	--	---	----------------	---

Una vez detalladas las características de cada una de las propuestas de solución para el problema B, se determina la solución más viable a través de una matriz comparativa puntuada bajo criterios explicados previamente. Dicha comparación se muestra en el siguiente cuadro 24:

Cuadro 24. Comparación de las propuestas del problema B

Propuesta de solución	Criterio						Puntaje total
	Salud	Seguridad	Ambiental	Económico	Sociocultural	Estándares	
Propuesta 1 Allum-A-Lift ESD Platform Lifter	La alternativa soluciona los peligros ergonómicos identificados y evaluados en su totalidad.	El diseño propuesto considera todos los aspectos de seguridad del producto y del operario.	Se generan gastos por el transporte y traslado terrestre a la empresa. Su batería de gel se considera como batería del tipo plomo-ácido, por lo que su desecho es contaminante.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio más elevado. (C\$5 9317 304)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Cumple con la totalidad de requisitos de la norma INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo, el artículo 66 de la Constitución Política y el artículo 284 c y ch del Código de Trabajo.	
Puntaje	3	3	1	1	2	3	13
Propuesta 2 Carrito utilitario con estante ESD	La alternativa soluciona los peligros ergonómicos identificados y evaluados en su totalidad.	El diseño propuesto considera todos los aspectos de seguridad del producto y del operario.	La creación de la alternativa genera sobrantes de material sin embargo la empresa cuenta con un plan ambiental de disposición final.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio intermedio. (C\$350 000)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador no necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Cumple con la totalidad de requisitos de la norma INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo, el artículo 66 de la Constitución Política y el artículo 284 c y ch del Código de Trabajo.	
Puntaje	3	3	2	2	3	3	16

Propuesta 3 Carrito utilitario de la marca Wolfgang Warmbier	La alternativa soluciona los peligros ergonómicos identificados y evaluados en su totalidad.	El diseño propuesto considera todos los aspectos de seguridad del producto y del operario.	Se generan gastos por el transporte y traslado terrestre a la empresa.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio más bajo. (C\$264 938)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador no necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Cumple con la totalidad de requisitos de la norma INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo, el artículo 66 de la Constitución Política y el artículo 284 c y ch del Código de Trabajo.	
Puntaje	3	3	2	3	3	3	17

Tal como se observa en el cuadro 24, de las tres propuestas de solución, la tercera es la mejor opción al considerar los criterios señalados previamente.

- Problema C

En la planta es común el traslado manual de cajas las cuales contienen las tarjetas electrónicas. Dicho transporte se realiza mediante la movilización de las cajas sobre carritos o patinetas que están a una altura cercana al piso. Las evaluaciones realizadas dieron como resultado que los factores de riesgo involucrados en los puestos donde realizan esta tarea eran posturas anormales. Además, se encontró presente la flexión de espalda y extensión de codo y hombro como peligros ergonómicos en dichos puestos. Por esto, se presentan en el cuadro 25 tres propuestas de solución a nivel ingenieril para poder intervenir esta situación.

Cuadro 25. Propuestas ingenieriles para el problema C

Propuestas	Descripción	Fabricante	Dimensiones	Materiales	Precio unitario (€)	Ilustración
Propuesta 1 Gancho de arrastre de cajas	<p>* El diseño consiste en un gancho de arrastre, el cual se coloca en la base de las patinetas y permite el transporte de las cajas.</p> <p>* El gancho tiene una agarradera simple y soporta el peso de las cajas.</p> <p>* El gancho cumple con la protección ESD pues está hecho de metal.</p>	Departamento de Toolshop	Ranura: 3 cm	Acero	17 145	

<p>Propuesta 2 Allum-A-Lift ESD Platform Lifter</p>	<p>* La propuesta consiste en una plataforma elevadora simple de la marca Allum- A-Lift, la cual pretende soportar una carga de hasta 100 kg.          * Debido a su función elevadora, el operario puede ajustar la altura de las cajas según mejor se acople su alcance.          * La altura de la plataforma elevadora no sobrepasa 160 cm debido a lineamiento corporativo que indica que el producto no puede superar esa altura.          *Su diseño contempla materiales electrostáticos (ESD) y ruedas de forma que se puede transportar con facilidad la carga.          * Este equipo ergonómico de manejo de materiales permite que un solo operario maneje y manipule con seguridad las cajas ESD.</p>	<p>Allum- A- Lift</p>	<p>Altura: 160 cm</p>	<p>Aluminio</p>	<p>5 9317 304 a 7 100 765</p>	
---	---	-----------------------	---------------------------	-----------------	---------------------------------------	---

<p>Propuesta 3 Omron robot móvil con protección ESD, modelo LD- 250</p>	<p>* Consiste en un robot móvil autónomo de la marca Omron, el cual tiene una capacidad de carga útil de 250 kg. * Permite el manejo de cargas al desplazarse por los pasillos de la planta de producción de manera autónoma. * Tiene una velocidad máxima de 1,2 m/s. * Es perfecto para transportar cargas pequeñas pero pesadas o cargas más ligeras pero voluminosas. * Cuenta con un sonar y láseres de seguridad para detectar obstáculos tanto estáticos como móviles en su recorrido y evitar colisiones.</p>	<p>Omron</p>	<p>Altura: 38 cm Largo: 96,9 cm Ancho: 72 cm</p>	<p>Robot LD-250, Base de carga, Joystick, Batería, Controlador primario con licencia temporal de 120 días, Licencia de aplicación para administración de flota de robots, 5 años, Controlador compacto NX1, Fuente de poder con Power Boost, Conector hembra Ethernet, Cable RJ45 patch 5m, Cable RJ45 patch 0,5 m, gabinete metal Hoffman, Ducto plástico ranurado, Riel DIN de aluminio Bornera 2,5 mm azul, Puente rojo, Puente azul, Bornera 2,5 mm gris, Bornera 2,5 mm verde, Tapa final bornera, Módulo multifunción, Enchufe 3 pines, Fusible cilíndrico, Placa de separación para borneras, Servicio</p>	<p>91 336 514</p>	 <p>The image shows the Omron LD-250 mobile robot, a compact, rectangular unit with a grey top and black base. It features a prominent 'OMRON' logo on the front panel. The robot is equipped with two vertical antennas on top and a circular sensor array on the side. The base has small yellow and red lights, likely for navigation or status indication.</p>
---	---	--------------	--	---	-----------------------	---

A continuación, se muestra una matriz comparativa con las tres propuestas de soluciones que fueron detalladas anteriormente, mediante los criterios en materia de salud, seguridad, ambiente, económico, sociocultural y estándares.

Cuadro 26. Comparación de las propuestas del problema C

Propuesta de solución	Criterio						Puntaje total
	Salud	Seguridad	Ambiental	Económico	Sociocultural	Estándares	
Propuesta 1 Gancho de arrastre de cajas	La alternativa soluciona los peligros ergonómicos identificados y evaluados en su totalidad.	El diseño propuesto considera todos los aspectos de seguridad del producto y del operario.	La creación de la alternativa genera sobrantes de material sin embargo la empresa cuenta con un plan ambiental de disposición final.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio más bajo. (C\$17 145)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador no necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Cumple con la totalidad de requisitos de la norma INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo, el artículo 66 de la Constitución Política y el artículo 284 c y ch del Código de Trabajo.	17
Puntaje	3	3	2	3	3	3	
Propuesta 2 Allum-A-Lift ESD Platform Lifter	La alternativa soluciona los peligros ergonómicos identificados y evaluados en su totalidad.	El diseño propuesto considera todos los aspectos de seguridad del operario pero no del producto ya que el transporte de las cajas se puede ver afectado debido al variable espacio libre en los pasillos por el exceso de	Se generan gastos por el transporte y traslado terrestre a la empresa. Su batería de gel se considera como batería del tipo plomo-ácido, por lo que su desecho es contaminante.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio intermedio. (C\$5 9317 304)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Cumple con la totalidad de requisitos de la norma INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo, el artículo 66 de la Constitución Política y el artículo 284 c y ch	

		elementos alrededor.				del Código de Trabajo.	
Puntaje	3	2	1	2	2	3	13
Propuesta 3 Omron robot móvil con protección ESD, modelo LD- 250	La alternativa soluciona los peligros ergonómicos identificados y evaluados en su totalidad.	Su sonar y láseres de seguridad evitan obstáculos, tanto estáticos como móviles. Se pueden añadir paradas de emergencia adicionales fácilmente.	Se generan gastos por el transporte y traslado terrestre a la empresa. Se requiere de consumo energético para el funcionamiento.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio más elevado. (€91 336 514)	Son fáciles de poner en marcha pues no requieren construcción (como la instalación de imanes) y la programación que necesitan es mínima. Al navegar de manera autónoma, permite a los operarios centrarse en las tareas que requieren habilidades humanas complejas.	Cumple con las normas de seguridad ISO EN1525 (Industrial automation systems and integration), JIS D6802 (Automatic guided vehicle systems - General rules on the safety) y ANSI B56.5 (Safety Standard For Guided Industrial Vehicles)	
Puntaje	3	3	1	1	3	3	14

Como se muestra mediante el puntaje, la primera propuesta del gancho de arrastre es la mejor opción para solucionar los peligros ergonómicos encontrados y a su vez, cumplir con el resto de los criterios analizados.

- Problema D

La manipulación de cajas para desarrollar tareas tales como el retrabajo y la inspección final de las tarjetas es una situación cotidiana en la empresa. En el caso del puesto de *Final Inspection* se identificó y evaluó los peligros de levantamiento de cargas y desplazamiento, y flexión de espalda, lo cual simboliza un doble peligro ergonómico (por levantamiento de cargas y postura anormal).

La situación anterior se repite en el puesto de Rework General, donde se identificó y evaluó los peligros de levantamiento de cargas y desplazamiento, y extensión de codo y hombro para tomar una caja de la torre de cajas apiladas. Debido a esto, se presentan en el cuadro 27 tres propuestas de solución a nivel ingenieril para poder intervenir la problemática encontrada.

Cuadro 27. Propuestas ingenieriles para el problema D

Propuestas	Descripción	Fabricante	Dimensiones	Materiales	Precio unitario (€)	Ilustración
Propuesta 1 Allum-A-Lift ESD Platform Lifter	<p>* La propuesta consiste en una plataforma elevadora simple de la marca Allum- A-Lift, la cual pretende soportar una carga de hasta 100 kg.</p> <p>* Debido a su función elevadora, el operario puede ajustar la altura de las cajas según mejor se acople su alcance.</p> <p>* La altura de la plataforma elevadora no sobrepasa 160 cm debido a lineamiento corporativo que indica que el producto no puede superar esa altura.</p> <p>*Su diseño contempla materiales electroestáticos (ESD) y ruedas de forma que se puede transportar con facilidad la carga.</p> <p>* Este equipo ergonómico de manejo de materiales permite que un solo operario maneje y manipule con seguridad las cajas ESD.</p>	Allum-A- Lift	Altura: 64 cm del nivel del suelo	Aluminio	5 9317 304 a 7 100 765	

<p>Propuesta 2  Rack  conveyor  con  inclinación  de Fetra,  modelo  9384</p>	<p>* La propuesta consiste en un rack conveyor ESD, modelo 9384 de la marca Fetra el cual posee 5 estantes de material antiestático, con un borde de 0,7 cm de altura.  * Los estantes pueden inclinarse (de 15° a 30°) y cada estante puede almacenar 3 cajas de dimensiones 60 x 40 cm.  * Cada estante puede almacenar hasta 80 kg.  * La altura de los estantes va de los 31,7 cm a 151,7 cm.  * Se recomienda utilizar únicamente los tres estantes superiores para evitar el levantamiento de las cajas en una postura anormal y por ende riesgosa, al agacharse.</p>	<p>Fetra</p>	<p>Altura: 168,6 cm  Largo: 137,2 cm  Ancho: 68,5 cm</p>	<p>Acero  Recubrimiento de polvo conductivo  Estantes de HPL  Ruedas antiestáticas con neumáticos de elastómero termoplástico</p>	<p>875 398</p>	
---	---	--------------	--	---	----------------	---

<p>Propuesta 3  Rack  conveyor  con  inclinación  (diseño  original)</p>	<p>* El diseño del rack conveyor busca almacenar las cajas con las tarjetas, a cierto grado de inclinación de forma que la gravedad facilite la toma de estas.  * Se pretende que el rack no supere la altura de 160 cm (por lineamiento corporativo que indica que el producto no puede estar a más de 160 cm del nivel del suelo) y tenga dos niveles de estantes a una altura donde la persona no tenga que realizar posturas anormales (agacharse o una extensión por encima de los hombros.  *Podría almacenar un total de 24 cajas en caso de que fueran las de mayor tamaño.</p>	<p>Departamento  de Toolshop  Diseño  original</p>	<p>Altura: 160 cm  Largo/profundidad:  180 cm  Ancho: 160 cm</p>	<p>Aluminio  Bosch Profile  Inoxidable  Ruedas ESD</p>	<p>2  364 433</p>	
--	---	--	--	--	-----------------------	---

Una vez mostradas las características de las propuestas de solución, se determina la más viable a través de una matriz comparativa puntuada. Dicha comparación se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 28. Comparación de las propuestas del problema D

Propuesta de solución	Criterio						Puntaje total
	Salud	Seguridad	Ambiental	Económico	Sociocultural	Estándares	
Propuesta 1 Allum-A-Lift ESD Platform Lifter	La alternativa soluciona los peligros ergonómicos identificados y evaluados en su totalidad.	El diseño propuesto considera todos los aspectos de seguridad operario, pero no del producto ya que el transporte de las cajas se puede ver afectado debido al variable espacio libre en los pasillos por el exceso de elementos alrededor.	Se generan gastos por el transporte y traslado terrestre a la empresa. Su batería de gel se considera como batería del tipo plomo-ácido, por lo que su desecho es contaminante.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio más elevado. (C\$5 9317 304)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Cumple con la totalidad de requisitos de la norma INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo, el artículo 66 de la Constitución Política y el artículo 284 c y ch del Código de Trabajo.	
Puntaje	3	2	1	1	2	3	12

Propuesta 2 Rack conveyor con inclinación de Fetra, modelo 9384	La alternativa no soluciona los peligros ergonómicos identificados y evaluados en su totalidad porque la persona debe realizar el levantamiento de la carga a la zona de trabajo.	El diseño propuesto considera todos los aspectos de seguridad del producto y del operario.	Se generan gastos por el transporte y traslado terrestre a la empresa.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio más bajo. (€875 398)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador no necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Ruedas con bloqueo de rueda cumplen la norma europea EN 1757-3 (seguridad de carros plataforma).	
Puntaje	2	3	2	3	3	3	16
Propuesta 3 Rack conveyor con inclinación (diseño original)	La alternativa no soluciona los peligros ergonómicos identificados y evaluados en su totalidad porque la persona debe realizar el levantamiento de la carga a la zona de trabajo.	El diseño propuesto considera todos los aspectos de seguridad del producto y del operario.	La creación de la alternativa genera sobrantes de material sin embargo la empresa cuenta con un plan ambiental de disposición final.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio intermedio. (€2 364 433)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador no necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Cumple con la totalidad de requisitos de la norma INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo, el artículo 66 de la Constitución Política y el artículo 284 c y ch del Código de Trabajo.	
Puntaje	2	3	2	2	3	3	15

Se puede observar que, de las tres propuestas de solución, la segunda es la mejor opción al considerar los criterios mencionados. Para esta alternativa se recomienda utilizar los tres estantes superiores para solucionar el factor de riesgo de postura anormal.

- Problema E

La estación de ensamble manual de la línea Varroc-Tesla posee los componentes heatsink a una distancia lejana de la zona de alcance de los operadores. Mediante las evaluaciones se pudo identificar el factor de riesgo de postura anormal y el peligro ergonómico de extensión de codo y hombro. Por lo tanto, para este problema se proponen los siguientes controles ingenieriles (cuadro 29):

Cuadro 29. Propuestas ingenieriles para el problema E

Propuestas	Descripción	Fabricante	Dimensiones	Materiales	Precio unitario (₡)	Ilustración
Propuesta 1 Bandejas de alimentación con grado de inclinación	<p>* El diseño se basa en dos rampas o planos inclinados con rieles.</p> <p>*Cada rampa tiene roles para que cuando el operario coloque los trays, estos sean deslizados hacia abajo por gravedad y estén a una zona de alcance óptima.</p> <p>*Las bandejas de alimentación serán colocadas sobre la mesa de ensamble sentado.</p>	Departamento de Toolshop Diseño original	Ancho de cada rampa: 29 cm Largo: 40 cm Altura del borde: 2,5 cm	Rieles ESD + Bosch Profile	118 222	
Propuesta 2 Carrito utilitario con estante ESD para puesto sentado	<p>* Se propone el diseño de un carrito utilitario, el cual se ubicará al lado izquierdo del operario sentado en la mesa de ensamble.</p> <p>* El diseño se hizo en función de la sumatoria de la altura radial y la altura de la fosa poplíteica en posición sentado de la población femenina ubicada en el percentil 50 de las tablas antropométricas colombianas.</p> <p>*Se le agregó 2 cm más debido al corto grosor de los trays.</p> <p>* Se pretende que el carrito tenga una superficie metálica de Aluminio, el cual es un material antiestático.</p>	Departamento de Toolshop Diseño original	Altura: 63,4 cm Largo: 40 cm Ancho: 30 cm	Aluminio en lámina Aluminio Bosch Profile Ruedas de goma	206 888	

<p>Propuesta 3 Carrito utilitario con bandejas deslizables</p>	<p>*Se propone el diseño de un carrito utilitario con bandejas deslizables, el cual se ubicará al lado izquierdo del operario sentado en la mesa de ensamble. * Las bandejas cuentan con un tipo de extensión deslizable y ajustable. * El diseño se hizo en función de la sumatoria de la altura acromial y la altura radial en posición sentado de la población femenina ubicada en el percentil 50 de las tablas antropométricas colombianas.</p>	<p>Departamento de Toolshop Diseño original</p>	<p>Altura total: 94 cm Altura de patas: 62 cm Altura de área con bandejas: 32 cm Espacio entre cada bandeja: 11 cm Largo: 40 cm Ancho: 30cm</p>	<p>Aluminio en lámina Aluminio Bosch Profile Ruedas de goma</p>	<p>709 330</p>	
--	--	---	---	---	----------------	---

A continuación, se muestra una matriz comparativa con las tres propuestas de soluciones que fueron detalladas anteriormente, mediante los criterios en materia de salud, seguridad, ambiente, económico, sociocultural y estándares.

Cuadro 30. Comparación de las propuestas del problema E

Propuesta de solución	Criterio						Puntaje total
	Salud	Seguridad	Ambiental	Económico	Sociocultural	Estándares	
Propuesta 1 Bandejas de alimentación con grado de inclinación	La alternativa soluciona los peligros ergonómicos identificados y evaluados en su totalidad.	El diseño propuesto considera todos los aspectos de seguridad del producto y del operario.	La creación de la alternativa genera sobrantes de material sin embargo la empresa cuenta con un plan ambiental de disposición final.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio más bajo. (C\$118 222)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador no necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Cumple con la totalidad de requisitos de la norma INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo, el artículo 66 de la Constitución Política y el artículo 284 c y ch del Código de Trabajo.	
Puntaje	3	3	2	3	3	3	17
Propuesta 2 Carrito utilitario con estante ESD para puesto sentado	La alternativa soluciona los peligros ergonómicos identificados y evaluados en su totalidad.	El diseño propuesto considera todos los aspectos de seguridad del producto y del operario.	La creación de la alternativa genera sobrantes de material sin embargo la empresa cuenta con un plan ambiental de disposición final.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio intermedio. (C\$206 888)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador no necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Cumple con la totalidad de requisitos de la norma INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo, el artículo 66 de la Constitución Política y el artículo 284 c y ch del Código de Trabajo.	
Puntaje	3	3	2	2	3	3	16

Propuesta 3 Carrito utilitario con bandejas deslizables	La alternativa soluciona los peligros ergonómicos identificados y evaluados en su totalidad.	El diseño propuesto considera todos los aspectos de seguridad del producto y del operario.	La creación de la alternativa genera sobrantes de material sin embargo la empresa cuenta con un plan ambiental de disposición final.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio más elevado. (C\$709 330)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador no necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Cumple con la totalidad de requisitos de la norma INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo, el artículo 66 de la Constitución Política y el artículo 284 c y ch del Código de Trabajo.	
Puntaje	3	3	2	1	3	3	15

Como se muestra mediante el puntaje, la primera propuesta de bandejas de alimentación con inclinación es la mejor opción para solucionar los peligros ergonómicos encontrados y a su vez, cumplir con el resto de los criterios analizados.

- Problema F

La estación de ensamble de pie de la línea Rheem posee la zona de entrada del proceso a un nivel muy inferior de la zona de alcance de los operadores. Mediante las evaluaciones se pudo identificar el factor de riesgo de postura anormal y el peligro ergonómico flexión de espalda para tomar las tarjetas del rack de almacenamiento Debido a esto, se proponen los siguientes controles ingenieriles (cuadro 31):

Cuadro 31. Propuestas ingenieriles para el problema F

Propuestas	Descripción	Fabricante	Dimensiones	Materiales	Precio unitario (€)	Ilustración
Propuesta 1 Diseño de rack horizontal	<p>* Se pretende crear un estante que almacene los dos racks (uno al lado del otro) a una altura de alcance que no implique realizar posturas inadecuadas.</p> <p>* La ubicación de la base o estante estará a la altura de 75,5 cm de forma que los racks queden a una altura entre los rangos de movilidad del codo de las personas del percentil 50.</p>	Departamento de Toolshop Diseño original	<p>Altura total: 132 cm                      Altura de racks de tarjetas: 56,5 cm                      Altura de patas: 75,5 cm                      Ancho:</p>	<p>Aluminio en lámina                      Aluminio Bosch Profile                      Ruedas de goma</p>	236 443	 <p>The illustration shows a mobile cart made of aluminum. It has a main frame with four legs, the front two of which are equipped with casters. The cart features two horizontal shelves. On the upper shelf, two vertical racks are mounted side-by-side. Each rack consists of a series of horizontal slots, designed to hold cards or documents. The overall design is functional and compact.</p>

<p>Propuesta 2 Carrusel lateral con base tipo podio</p>	<p>* El diseño del carrusel lateral consiste en una estructura donde en su interior, rotan los estantes donde se encuentran los racks de almacenamiento de manera que los operarios puedan tomar las placas de circuito impreso fácilmente, es decir a una altura de alcance donde no deban realizar posturas anormales. *Hecho de aluminio. *Nota: la ilustración no incluye la base tipo podio.</p>	<p>Departamento de Toolshop Diseño original</p>	<p>Ancho de racks:39,7 cm Largo de racks:46 cm Altura de racks:56,5 cm Altura de la base: 75,5 cm Altura total:137 cm</p>	<p>Roles axiales, aluminio, sistema de anclaje de magazines</p>	<p>1 773 325</p>	
<p>Propuesta 3 Carrusel lateral de aluminio sin base</p>	<p>* El diseño del carrusel lateral consiste en una estructura donde en su interior, rotan los estantes donde se encuentran los racks de almacenamiento de manera que los operarios puedan tomar las placas de circuito impreso fácilmente, pues este se colocará sobre una mesa. *Hecho de aluminio.</p>	<p>Departamento de Toolshop Diseño original</p>	<p>Ancho de racks:39,7 cm Largo de racks:46 cm Altura de racks:56,5 cm</p>	<p>Roles axiales, aluminio, sistema de anclaje de magazines</p>	<p>1 673 325</p>	

A continuación, se muestra una matriz comparativa con las tres propuestas de soluciones que fueron detalladas anteriormente, mediante los criterios en materia de salud, seguridad, ambiente, económico, sociocultural y estándares.

Cuadro 32. Comparación de las propuestas del problema F

Propuesta de solución	Criterio						Puntaje total
	Salud	Seguridad	Ambiental	Económico	Sociocultural	Estándares	
Propuesta 1 Diseño de rack horizontal	La alternativa soluciona los peligros ergonómicos identificados y evaluados en su totalidad.	El diseño propuesto considera todos los aspectos de seguridad del producto y del operario.	La creación de la alternativa genera sobrantes de material sin embargo la empresa cuenta con un plan ambiental de disposición final.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio más bajo. (C\$236 443)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador no necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Cumple con la totalidad de requisitos de la norma INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo, el artículo 66 de la Constitución Política y el artículo 284 c y ch del Código de Trabajo.	
Puntaje	3	3	2	3	3	3	17
Propuesta 2 Carrusel lateral con base tipo podio	La alternativa soluciona los peligros ergonómicos identificados y evaluados en su totalidad.	El diseño propuesto no considera la seguridad del producto pues al estar colocado a altura sobre una base, el centro de gravedad y el centro de masa sube por lo que se pierde la estabilidad.	La creación de la alternativa genera sobrantes de material sin embargo la empresa cuenta con un plan ambiental de disposición final.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio más elevado. (C\$1 773 325)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador no necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Cumple con la totalidad de requisitos de la norma INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo, el artículo 66 de la Constitución Política y el artículo 284 c y ch del Código de Trabajo.	
Puntaje	3	1	2	1	3	3	13

Propuesta 3 Carrusel lateral de aluminio sin base	La alternativa soluciona los peligros ergonómicos identificados y evaluados en su totalidad.	El diseño propuesto considera todos los aspectos de seguridad del producto y del operario.	La creación de la alternativa genera sobrantes de material sin embargo la empresa cuenta con un plan ambiental de disposición final.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio intermedio. (C\$1 673 325)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador no necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Cumple con la totalidad de requisitos de la norma INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo, el artículo 66 de la Constitución Política y el artículo 284 c y ch del Código de Trabajo.	
Puntaje	3	3	2	2	3	3	16

Como se pudo observar en el cuadro 32, la propuesta 1 del problema F es la propuesta más favorable en cuanto a la mayoría de los criterios de comparación y soluciona el factor de riesgo encontrado en la evaluación aplicada.

- Problema G

En ocasiones, se requiere re TRABAJAR el componente heatsink, el cual está soldado a una tarjeta electrónica. El heatsink está protegido por una serie de clips, los cuales los trabajadores deben retirar para poder arreglarlo. Debido a que no hay un instrumento especial para retirar los clips, actualmente utilizan una vara delgada de metal y realizan palanca para retirar cada clip. Una vez re TRABAJADO el heatsink, vuelven a colocar cada clip haciendo mucha fuerza de presión de un alicate con ambas manos.

Mediante las evaluaciones se pudo identificar el factor de riesgo de fuerza a nivel de mano-muñeca. Por lo tanto, para este puesto se propone un cambio en la forma de realizar la tarea, es decir, de remover y colocar los clips con el heatsink soldado a desoldarlo y re TRABAJARLO suelto. Para esto se realizó una propuesta base y a partir de esta modificación inicial, se proponen controles ingenieriles para retirar y colocar los clips en el heatsink. A continuación, se muestra la figura 8 el cual es un mapa de trabajo que incluye las posibles alternativas de solución:

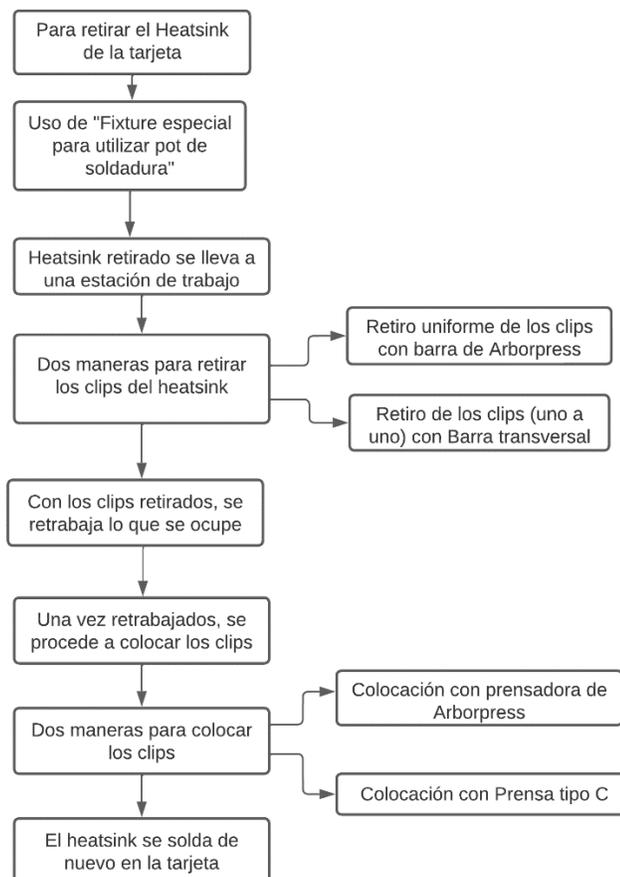


Figura 8. Propuesta de mapa de trabajo para cambio en re trabajo de Heatsink

Seguidamente, se muestra el cuadro 33, en el cual se detallan las propuestas ingenieriles para este problema.

Cuadro 33. Propuestas ingenieriles para el problema G

Propuestas	Descripción	Fabricante	Dimensiones	Materiales	Precio unitario (€)	Ilustración
<p>Propuesta Base Fixture especial para utilizar pot de soldadura</p>	<p>* La propuesta consiste en la creación de un fixture especial con agarraderas, de manera que los operadores puedan desoldar el heatsink de la tarjeta y proceder a retrabajarlo.                      * El fixture está diseñado para las tarjetas de la línea de LEA, y funciona como un molde o plantilla pues a la hora de colocarlo sobre la máquina pot, la soldadura a altas temperaturas solo va a desoldar el espacio del heatsink.                      *El diseño de las agarraderas permite al operador acercar el fixture con las dos manos, al espacio de soldadura de la máquina pot sin riesgo de quemaduras al exponerse a calor.                      * El fixture está hecho de manera que cualquiera de los heatsink que se necesiten retirar, se pueda hacer sin ningún problema.</p>	<p>Departamento de Toolshop Diseño original</p>	<p>Largo 50 cm Ancho 40 cm Espesor 1 cm</p>	<p>CAS 761</p>	<p>472 887</p>	

Propuesta 1  
Arborpress  
(para retirar  
y colocar  
los clips)

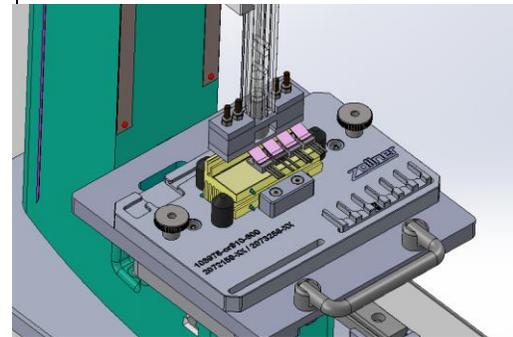
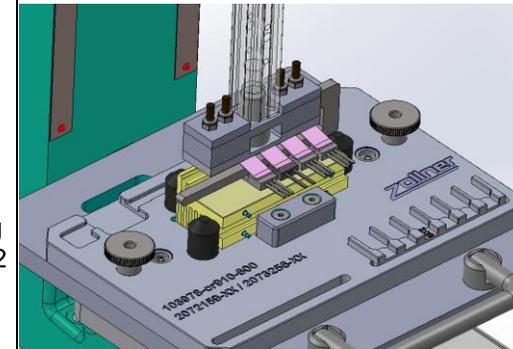
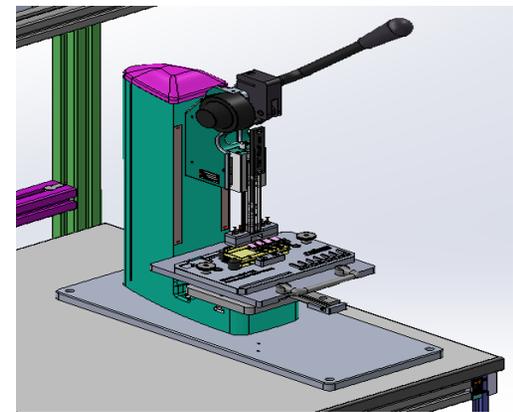
\* La propuesta consiste en la utilización de una máquina Arborpress, con dos modificaciones: una para retirar los clips del heatsink y otra para prensar o colocar los clips.  
\* Para retirar los clips, se propone colocar una barra en forma de C la cual tiene un diseño especial para retirar todos los clips del heatsink al levantar la palanca de la máquina prensadora.  
\* Al subir la prensa, la barra procede a retirar todos los clips al mismo tiempo y se puede proceder a retrabajar el heatsink.  
\* Para colocar los clips en el heatsink ya retrabajado, se propone un diseño en la máquina prensadora de forma que al bajar la palanca de la máquina Arborpress, la prensa logre fijar los clips en el heatsink.  
\* El operario debe aplicar una fuerza al bajar la palanca de forma que la prensa empuje hacia abajo los clips y los logre unir uniformemente al heatsink.

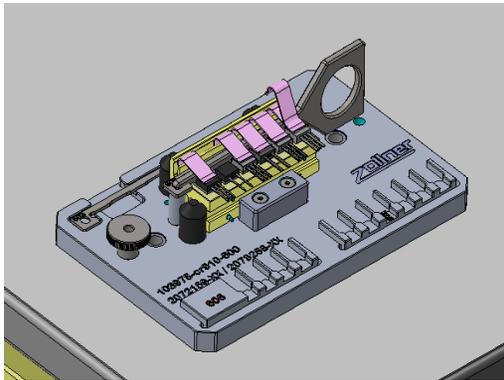
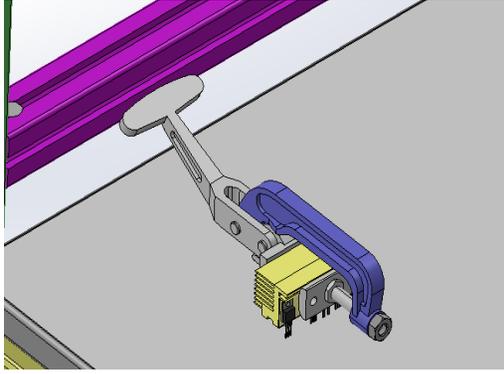
Departamento  
de Toolshop  
Diseño  
original

Llave tipo C:  
Ancho: 30  
mm  
Largo:100mm  
Espesor:5  
mm

Acero 304

Arbor  
Press  
1 477  
771  
Tooling  
886 662  
Total  
2 364  
433



<p>Propuesta 2 Barra transversal</p>	<p>* La propuesta consiste en un diseño de barra transversal, de forma que el operario realice un movimiento de palanca hacia arriba y retire cada clip del heatsink. *El diseño tiene forma de llave, lo que permite un mayor espacio de agarre. *Se recomienda adicionar una base o soporte en el que se coloque el heatsink y el operario proceda a retirar los clips. * Es necesaria una fuerza manual por parte del operario para retirar los clips uno a uno.</p>	<p>Departamento de Toolshop Diseño original</p>	<p>Largo:138,28 mm Ancho:45 mm Espesor: 5 mm</p>	<p>Acero 304</p>	<p>591 108</p>	
<p>Propuesta 3 Prensa tipo C</p>	<p>* La propuesta consiste en el diseño especial de una prensa tipo C, adecuada a la tarea de colocar los clips en el heatsink. * Se recomienda adicionar una base o soporte en el que se coloque el heatsink y el operario proceda a realizar una fuerza en el brazo y las placas o mordazas fijas presionen los clips en el heatsink. *Es necesaria una fuerza manual por parte del operario para colocar los clips de manera uniforme.</p>	<p>Departamento de Toolshop Diseño original</p>	<p>Largo:271,5 mm Ancho:62,5 mm</p>	<p>Acero</p>	<p>49 488</p>	

Una vez mostradas las características de las propuestas de solución, se determina la más viable a través de una matriz comparativa puntuada. Dicha comparación se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 34. Comparación de las propuestas del problema G

Propuesta de solución	Criterio						Puntaje total
	Salud	Seguridad	Ambiental	Económico	Sociocultural	Estándares	
Propuesta Base Fixture especial para utilizar pot de soldadura	La alternativa soluciona una problemática de la forma de trabajo pero la persona debe realizar una fuerza para trasladar el fixture a la máquina pot.	El diseño propuesto considera todos los aspectos de seguridad del producto y del operario.	La creación de la alternativa genera sobrantes de material sin embargo la empresa cuenta con un plan ambiental de disposición final.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio intermedio. (C\$472 887)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Cumple con la totalidad de requisitos de la norma INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo, el artículo 66 de la Constitución Política y el artículo 284 c y ch del Código de Trabajo.	
Puntaje	2	3	2	2	2	3	14
Propuesta 1 Arborpress (para retirar y colocar los clips)	La alternativa soluciona los peligros ergonómicos identificados y evaluados en su totalidad.	El diseño propuesto considera todos los aspectos de seguridad del producto y del operario.	La creación de la alternativa genera sobrantes de material sin embargo la empresa cuenta con un plan ambiental de disposición final.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio más elevado. (C\$2 364 433)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Cumple con la totalidad de requisitos de la norma INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo, el artículo 66 de la Constitución Política y el artículo 284 c y ch del Código de Trabajo.	
Puntaje	3	3	2	1	2	3	14

Propuesta 2 Barra transversal	La alternativa no soluciona los peligros ergonómicos identificados en su totalidad pues es necesaria una fuerza manual para retirar los clips uno a uno.	El diseño propuesto no considera todos los aspectos de seguridad del producto y del operario pues para su uso se recomienda adicionar una base especial que sujete el heatsink mientras se retiran los clips.	La creación de la alternativa genera sobrantes de material sin embargo la empresa cuenta con un plan ambiental de disposición final.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio intermedio. (C\$591 108)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador no necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Cumple con la totalidad de requisitos de la norma INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo, el artículo 66 de la Constitución Política y el artículo 284 c y ch del Código de Trabajo.	
Puntaje	2	2	2	2	3	3	14
Propuesta 3 Prensa tipo C	La alternativa no soluciona los peligros ergonómicos identificados en su totalidad pues es necesaria una fuerza manual para colocar los clips de manera uniforme y emplear la prensa (pues pesa 1,04 kg).	El diseño propuesto no considera todos los aspectos de seguridad del producto y del operario pues para su uso se recomienda adicionar una base especial que sujete el heatsink mientras se colocan los clips.	La creación de la alternativa genera sobrantes de material sin embargo la empresa cuenta con un plan ambiental de disposición final.	De las propuestas de solución es aquella que tiene el precio más bajo. (C\$49 488)	La alternativa incluye en su mayoría a la población trabajadora que realiza la tarea en este puesto, con el fin de mejorar las condiciones a las que están expuestos y su calidad de vida. El trabajador necesita conocimientos sobre el uso o funcionamiento de la propuesta.	Cumple con la totalidad de requisitos de la norma INTE/ISO 6385:2016 Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo, el artículo 66 de la Constitución Política y el artículo 284 c y ch del Código de Trabajo.	
Puntaje	1	2	2	3	2	3	13

Además de incluir la propuesta base, se pudo observar que, de las tres propuestas de solución, la primera es la mejor opción al considerar los criterios mencionados. A pesar de que el costo asociado a esta alternativa es el más elevado, esta soluciona el factor de riesgo asociado y permite ejecutar dos subtareas con un mismo dispositivo, es decir, retirar y colocar los clips en el heatsink.

- Propuestas ingenieriles elegidas

A continuación, se resume en el cuadro 35, las propuestas ingenieriles escogidas para cada tarea analizada, así como el costo de cada una y el total.

Cuadro 35. Propuestas ingenieriles escogidas

Tareas problemáticas	Codificación	Propuesta elegida	Costos unitario	Cantidad requerida	Costo Asociado
1	A	Propuesta 1: Diseño de rack	₡295 554	1	₡295 554
2,4, 5, 6	B	Propuesta 3: Carrito utilitario de la marca Wolfgang Warmbier	₡264 938	4	₡1 059 752
8, 12	C	Propuesta 1: Gancho de arrastre de cajas	₡17 145	2	₡34 290
7, 11	D	Propuesta 2: Rack conveyor con inclinación de Fetra, modelo 9384	₡875 398	2	₡1 750 796
10	E	Propuesta 1: Bandejas de alimentación con grado de inclinación	₡118 222	1	₡118 222
3	F	Propuesta 1: Diseño de rack horizontal	₡236 443	1	₡236 443
15	G	Propuesta Base: Fixture especial para utilizar pot de soldadura	₡472 887	1	₡472 887
		Propuesta 1: Arborpress (para retirar y colocar los clips)	₡2 364 433	1	₡2 364 433
<b>Costo total de los controles ingenieriles</b>			<b>₡6 332 377</b>		

### Validación de propuesta final

A continuación, se muestra un cuadro comparativo de las puntuaciones de las tareas en cuestión previas a la implementación y una puntuación hipotética con las herramientas REBA, ecuación de NIOSH y JSI con las soluciones puestas en marcha.

Cuadro 36. Validación final hipotética

Codificación	Tareas problemáticas	Puntuación (Antes)			Propuesta elegida	Puntuación (Después)		
		REBA	Ecuación de NIOSH	JSI		REBA	Ecuación de NIOSH	JSI
A	1	11			Propuesta 1: Diseño de rack	1		
B	2	10				2		
	4	8						

	5	5			Propuesta 3: Carrito utilitario de la marca Wolfgang Warmbier			
	6	5						
C	8	10			Propuesta 1: Gancho de arrastre de cajas	3		
	12	10						
D	7	12	1,89		Propuesta 2: Rack conveyor con inclinación de Fetra, modelo 9384	3	0,73	
	11	11	1,4					
E	10	9			Propuesta 1: Bandejas de alimentación con grado de inclinación	1		
F	3	10			Propuesta 1: Diseño de rack horizontal	1		
G	15			4,88	Propuesta Base: Fixture especial para utilizar pot de soldadura			0,19
					Propuesta 1: Arborpress (para retirar y colocar los clips)			0,28

En cada una de las secciones de propuestas de solución se encuentra la validación con respecto a estándares de salud, seguridad, ambiental, económico, sociocultural y estándares.

## V. Propuesta de controles administrativos

El programa para el control de riesgos asociados a condiciones de ergonomía propone controles administrativos con el fin de mejorar las condiciones de trabajo. A continuación, se enumeran las estrategias propuestas:

1. Capacitación “Buenas prácticas de ergonomía en el trabajo”
2. Guía de pausas activas
3. Proyecto “Validación ergonómica en puestos de trabajo”

### 1. Capacitación “Buenas prácticas de ergonomía en el trabajo”

#### Objetivo

Exponer conceptos relacionados a la ergonomía, ejemplos de factores de riesgo ergonómico y buenas prácticas en las áreas de trabajo del área de producción de Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

*Propósito*

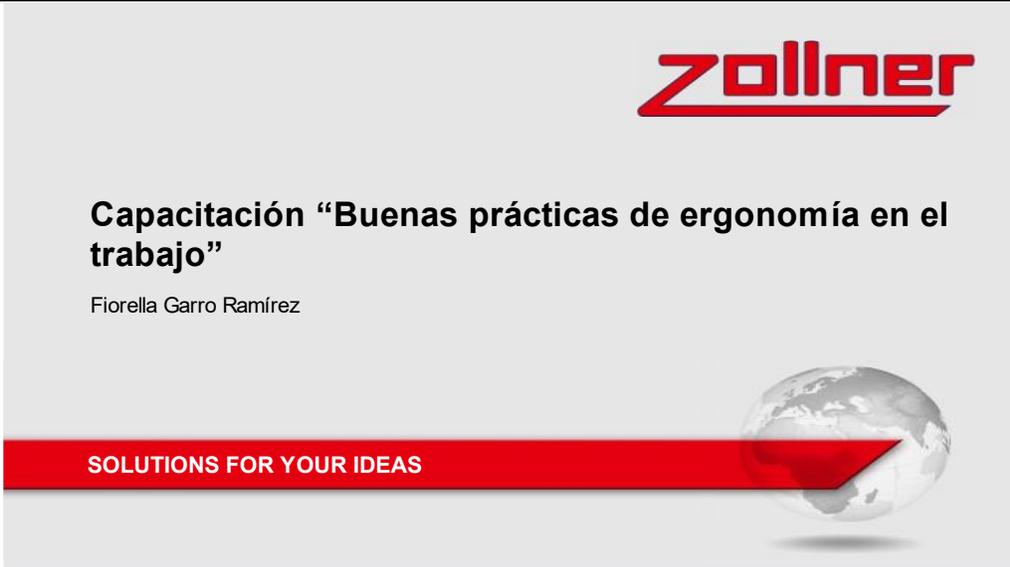
Este entrenamiento busca que los empleados que completen esta capacitación estén en capacidad de reconocer factores de riesgo, aplicar el conocimiento adquirido para prevenir la aparición de desórdenes musculoesqueléticos asociados a las tareas del área de producción y generar un lugar de trabajo más saludable.

*Desarrollo*

La capacitación será dirigida e impartida por EHS a todo el personal de la planta de producción de los tres turnos y tendrá una duración máxima de 1 hora. Dicho entrenamiento es de asistencia obligatoria por parte de los supervisores y operarios de cada turno.

Al final de la capacitación, se levanta una lista de asistencia, por lo que los colaboradores deben escribir su nombre, firma y fecha con el fin de documentar la participación y llevar un control del personal capacitado. La coordinadora de EHS debe velar porque se sigan los temas planteados en el cuadro 37.

*Cuadro 37. Contenido de la capacitación*

Diapositiva	Contenido
1	

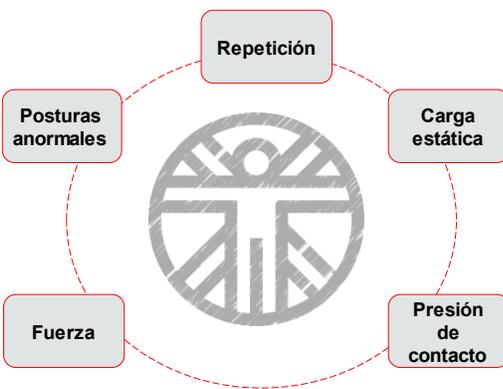
**Ergonomía**

- La ergonomía es una ciencia aplicada que estudia cómo hacer coincidir el trabajo con el trabajador.
- La ergonomía se ocupa de **prevenir** el dolor y las lesiones relacionadas con factores como el ritmo de trabajo, la tensión en las articulaciones y los músculos y los efectos de la postura.



2 • 1/11/2023 • Zollner Electronic Costa Rica LTDA **Zollner**

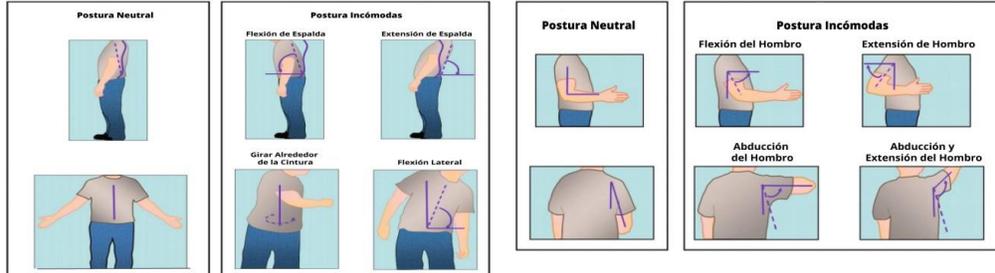
**Factores de riesgo**



3 • 1/11/2023 • Zollner Electronic Costa Rica LTDA **Zollner**

## Postura anormal

- Corresponde a cualquier postura que aleje al cuerpo de la postura neutral/normal.



4

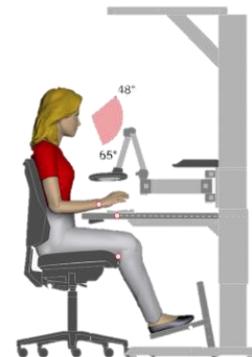
1/11/2023

Zollner Electronic Costa Rica LTDA

**zollner**

## Postura sentada

- Mantenga siempre la espalda recta mientras trabaja.
- Su cabeza no debe inclinarse hacia abajo en un ángulo de más de  $65^\circ$  cuando esté trabajando.
- Sus codos y palmas deben estar paralelos al banco de trabajo.
- Utilizar todo el asiento de la silla.
- El ángulo entre el muslo y la pantorrilla debe ser de al menos  $90^\circ$ .
- Deje suficiente espacio entre los muslos y la parte inferior de la mesa de trabajo.
- Pies apoyados en el suelo o con descansa pies.



5

1/11/2023

Zollner Electronic Costa Rica LTDA

**zollner**

6

### Repetitividad

- Grupo de movimientos continuos durante la jornada de trabajo, cuando las actividades se repiten frecuentemente por periodos prolongados pueden producir fatiga muscular.
- Ejemplo:



Digitar de manera continua por 4 horas

6 • 1/11/2023 • Zollner Electronic Costa Rica LTDA **Zollner**

7

### ¿Cómo minimizar la repetitividad?



Diversificación de la tarea

Tome pequeños descansos

Aplique pausas activas

7 • 1/11/2023 • Zollner Electronic Costa Rica LTDA **Zollner**

**Presión de contacto**

- Presión ocasional o continua que afecta la circulación y aumenta fatiga en tejidos blandos.
- Pies o muñecas.
- Ejemplos:

Factores de riesgo	Factores contribuyentes
Agarrar repetidamente 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herramientas manuales con crestas o bordes duros</li> <li>Herramientas manuales con mangos delgados</li> </ul>
Aplicación de presión continua 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Superficies de trabajo con bordes duros</li> <li>Los materiales son difíciles de alcanzar</li> </ul>

8 • 1/11/2023 • Zollner Electronic Costa Rica LTDA • **Zollner**

**¿Cómo minimizar la presión de contacto?**

Silla

Escritorio

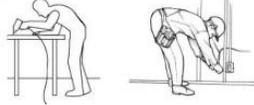
Ajustar silla para descansar pies en suelo

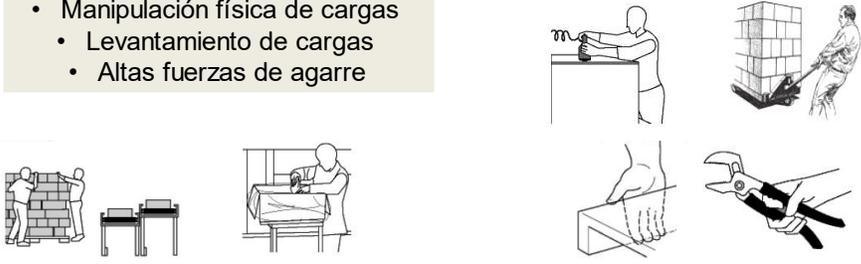
Ajustar la profundidad del asiento para brindar espacio entre la silla y la parte dorsal de los muslos y piernas

Evitar colocar muñecas en bordes muy rectos

No colocar el peso del brazo completamente

9 • 1/11/2023 • Zollner Electronic Costa Rica LTDA • **Zollner**

<p>10</p>	<div data-bbox="393 210 1214 268" style="background-color: red; color: white; padding: 5px;"><b>Carga estática</b></div> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Esfuerzo físico por mantener una posición estática por un tiempo prolongado.</li> <li>▪ Ejemplos:</li> </ul> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <div data-bbox="428 401 565 459" style="background-color: #f8d7da; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Levantar los brazos</div>  </div> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <div data-bbox="1162 401 1425 459" style="background-color: #f8d7da; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Estar de pie de manera prolongada</div>  </div> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <div data-bbox="428 554 565 592" style="background-color: #f8d7da; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Agacharse</div>  </div> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <div data-bbox="1175 592 1425 651" style="background-color: #f8d7da; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Estar sentado de manera prolongada</div>  </div> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <div data-bbox="428 659 565 718" style="background-color: #f8d7da; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Ponerse de cuclillas</div>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="393 751 474 789" style="text-align: center;">  </div> <div data-bbox="500 760 870 781"> <p>10 • 1/11/2023 • Zollner Electronic Costa Rica LTDA</p> </div> <div data-bbox="1295 751 1432 789" style="text-align: right;">  </div> </div>
<p>11</p>	<div data-bbox="393 821 1195 879" style="background-color: red; color: white; padding: 5px;"><b>¿Cómo minimizar la carga estática?</b></div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="393 1352 474 1390" style="text-align: center;">  </div> <div data-bbox="500 1360 860 1381"> <p>11 • 1/11/2023 • Zollner Electronic Costa Rica LTDA</p> </div> <div data-bbox="1273 1352 1409 1390" style="text-align: right;">  </div> </div>

<p>12</p>	<div style="background-color: red; color: white; padding: 5px; text-align: center;"><b>Fuerza</b></div> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El esfuerzo energético, tal como levantar, jalar, sujetar o empujar objetos pesados o incómodos, puede sobrecargar los músculos y provocar los MSD.</li> <li>▪ Ejemplos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manipulación física de cargas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantamiento de cargas</li> <li>• Altas fuerzas de agarre</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;">  </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 10px;">  <p>12 • 1/11/2023 • Zollner Electronic Costa Rica LTDA</p>  </div>
<p>13</p>	<div style="background-color: red; color: white; padding: 5px; text-align: center;"><b>Levantamiento de carga</b></div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 10px;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Postura de pies, al ancho de hombros y en posición estable.</li> <li>▪ Acercarse al objeto.</li> <li>▪ Doblar piernas hasta estar en cuclillas y manteniendo espalda erguida .</li> <li>▪ Sujetando carga firmemente, si no tiene agarraderas colando dedos debajo y palma al costado de carga</li> <li>▪ Levantando despacio la carga, extendiendo piernas y no espalda</li> <li>▪ Mantener carga pegada al cuerpo</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 10px;">  <p>13 • 1/11/2023 • Zollner Electronic Costa Rica LTDA</p>  </div>

14	<p><b>Adicional - Levantamiento de carga</b></p> <div data-bbox="516 317 1295 701"><p>Solicite la ayuda otro compañero si el peso de la carga es excesiva, incómodo, inestable de levantar y no se pueda resolver utilizando ayuda mecanizada.</p><p>Utilice una escalera para recoger o depositar cargas que se encuentren a una altura por encima de los hombros</p><p>Mantener siempre la carga lo más cercano al cuerpo posible</p><p>Cuando se deba recoger la carga desde el piso se concentrará el esfuerzo en las piernas y no en la espalda</p></div> <p>14 • 1/11/2023 • Zollner Electronic Costa Rica LTDA </p>
15	<p><b>Referencias bibliográficas</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Departamento de Seguros de Texas. (s.f.). La Ergonomía para la Industria en General. <a href="https://www.tdi.texas.gov/pubs/videoresources/spwpgenergo.pdf">https://www.tdi.texas.gov/pubs/videoresources/spwpgenergo.pdf</a></li><li>▪ Work Safe BC. (2007). Safety in Manufacturing Ergonomics: Contact Stress. <a href="https://www.worksafebc.com/en/resources/health-safety/information-sheets/safety-in-manufacturing-ergonomics/contact-stress?lang=en">https://www.worksafebc.com/en/resources/health-safety/information-sheets/safety-in-manufacturing-ergonomics/contact-stress?lang=en</a></li><li>▪ Work Safe BC. (2006). Safety in Manufacturing Ergonomics: Contact Repetition. <a href="https://www.worksafebc.com/en/resources/health-safety/information-sheets/safety-in-manufacturing-ergonomics/repetition?lang=en">https://www.worksafebc.com/en/resources/health-safety/information-sheets/safety-in-manufacturing-ergonomics/repetition?lang=en</a></li><li>▪ Work Safe BC. (2006). Safety in Manufacturing Ergonomics: Forceful Exertion. <a href="https://www.worksafebc.com/en/resources/health-safety/information-sheets/safety-in-manufacturing-ergonomics/forceful-exertion?lang=en">https://www.worksafebc.com/en/resources/health-safety/information-sheets/safety-in-manufacturing-ergonomics/forceful-exertion?lang=en</a></li></ul> <p>15 • 1/11/2023 • Zollner Electronic Costa Rica LTDA </p>

## **a. Guía de pausas activas**

### *Objetivo*

Establecer una guía para la ejecución de pausas activas a lo largo de las jornadas laborales con el fin de prevenir la aparición de trastornos musculoesqueléticos en los trabajadores del área de producción de Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

### *Propósito*

Esta guía busca promover la actividad física en el entorno laboral al proponer ejercicios donde se mejore la movilidad articular general de los colaboradores. Además, los ejercicios propuestos pretenden disminuir el riesgo de aparición de patologías relacionadas con posiciones prolongadas o movimientos repetitivos en los trabajadores.

### *Responsables*

Las partes interesadas de la implementación de esta guía son:

- Gerente de producción
- Gerente de calidad
- Gerente de recursos humanos
- Líder de seguridad, salud y ambiente
- Administradora del Sistema de Calidad
- Superintendente de producción
- Supervisores del área de producción
- Operarios

### *Capacitación*

Se efectuará una demostración de los ejercicios que se deben hacer durante la pausa activa, de forma que los trabajadores repitan dichos ejercicios.

### *Definiciones*

- Pausas Activas: Son sesiones de estiramientos desarrolladas en el entorno laboral que sirven para reducir la fatiga muscular, trastornos osteomusculares y mejorar la eficiencia en el trabajo.

### *Metodología*

En el cuadro 38 se muestran las ilustraciones de los ejercicios a realizar. Se recomienda que una persona especializada en terapia física revise los ejercicios propuestos previo a su aplicación. Luego, EHS debe convocar una reunión con los supervisores de cada turno del área de producción, con el fin de presentar la guía de pausas activas y solicitar su demostración de los ejercicios planteados a los operarios de las diferentes líneas de producción. Asimismo, se instruye sobre la importancia de que los operarios repitan dichos ejercicios al menos dos veces durante su jornada laboral.

Por otro lado, estará disponible una copia impresa de las pausas activas recomendadas en el tablero de EHS, de forma que los colaboradores puedan visualizar y recordar dichos ejercicios cada vez que ingresan al piso de producción.

#### Indicaciones:

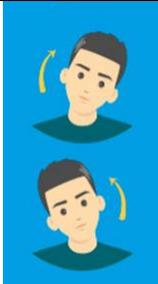
1. Mantener una respiración profunda y rítmica durante los ejercicios.
2. Concentrarse en sentir el trabajo de los músculos y la articulación que realiza el estiramiento.
3. Realice los ejercicios suavemente.
4. No debe sentir dolor, sin embargo, si ocurre, debe detenerse.
5. Los ejercicios son bilaterales (los movimientos que realiza con la extremidad derecha, debe hacerlos igualmente con la izquierda).

Duración: 3 minutos.

Frecuencia: 2 veces en un turno, durante todos los días de la semana laboral.

A continuación, se muestra en el cuadro 38 los ejercicios que se deben realizar. Para cada uno de ellos, se define la duración y la cantidad de repeticiones para su ejecución.

*Cuadro 38. Ejercicios de pausas activas*

<b>Descripción</b>	<b>Detalle</b>	<b>Ilustración</b>
De pie, incline la cabeza lateralmente suavemente. Realice este movimiento de forma continua	10 segundos	

<p>Extienda los brazos lateralmente y gire sus brazos a 360°, con las palmas extendidas</p>	<p>10 repeticiones</p>	
<p>Estirar un brazo hacia su lado contrario y crúcelo con su otro brazo formando una "T"</p>	<p>10 segundos para cada extremidad</p>	
<p>Flexione una pierna hacia atrás y proceda a sujetar el tobillo con una mano</p>	<p>10 segundos por cada extremidad</p>	
<p>Levante y extienda sus brazos hacia arriba y mantenga sostenida la postura</p>	<p>10 segundos</p>	
<p>Flexione su pierna hacia adelante en un ángulo de 90°, mientras que su otra rodilla hace contacto con el suelo.</p>	<p>10 segundos por cada extremidad</p>	

<p>Lleve su brazo hacia atrás de manera que su palma toque su espalda superior, y con su mano contraria toque el codo del brazo estirado</p>	<p>10 segundos para cada extremidad</p>	
<p>Separe ligeramente sus piernas y con sus manos apoyadas en la cadera, gire su tronco hacia un lado</p>	<p>10 segundos</p>	
<p>A partir de una posición erguida, lleve su cuerpo hacia adelante lentamente y trate de tocar con los dedos de la mano su punta de los pies</p>	<p>10 segundos</p>	
<p>Con las piernas ligeramente separadas, estire sus brazos hacia atrás, entrelazando sus manos</p>	<p>10 segundos</p>	

## **b. Proyecto “Validación ergonómica en puestos de trabajo”**

Por medio de este proyecto, se busca que los supervisores del área de producción identifiquen aquellos puestos de trabajo con oportunidad de mejora a nivel ergonómico y remitan una solicitud de revisión del puesto a EHS y se tomen las medidas pertinentes.

### *Objetivo*

Generar una herramienta para la solicitud de revisión ergonómica de los puestos de trabajo que los supervisores consideren necesarios.

### *Responsables*

- Supervisores del área de producción: Identificación de las tareas y áreas de trabajo, donde los colaboradores estén expuestos a un posible riesgo ergonómico por medio del “Formulario de solicitud de revisión ergonómica”. Envío el formulario a EHS.
- Líder de Seguridad, Salud y Ambiente: Revisión de los formularios de solicitud enviados. Evaluación ergonómica de los puestos solicitados. Aplicación de medidas correctivas en puestos con problemática ergonómica.

### *Metodología*

Los supervisores del área de producción deben completar el “Formulario de solicitud de revisión ergonómica” (figura 9) cuando identifiquen una problemática u oportunidad de mejora en las tareas y áreas de trabajo donde los colaboradores estén expuestos a un posible riesgo ergonómico.

Dicho formulario será remitido a EHS con la finalidad de que se brinde un seguimiento del puesto. Por lo tanto, se investigue, evalúe y se apliquen las medidas correctivas, en caso de que la situación encontrada amerite. En la figura 9 se presenta la propuesta del formulario de solicitud de revisión:

<b>ZOLLNER</b>	<b>Solicitud de revisión de puesto de trabajo</b>	
----------------	---	--

Nombre del solicitante:

Departamento para el que trabaja:

Área de trabajo:

Línea:

Puesto de trabajo a revisar:

*(Por ejemplo: maquina, mesa de ensamble, etc).*

**Describe la razón por la que solicita una revisión de puesto de trabajo:**

**Solicitante**

Firma	<input type="text"/>	Fecha entrega:	<input type="text"/>
		Hora entrega:	<input type="text"/>

**EHS**

Firma	<input type="text"/>	Fecha recibido:	<input type="text"/>
		Hora recibido:	<input type="text"/>

**Revisión de puesto completada**  
*(Llenar este apartado una vez finalizada la revisión).*

	Firmas	Fecha	Hora
EHS:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Solicitante:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

*Figura 9. Formulario de solicitud de revisión de puesto*

## VI. Evaluación y seguimiento del programa

Es necesario el seguimiento del programa para verificar que se están efectuando los cambios requeridos. Esto con el fin de brindar condiciones seguras a los trabajadores en cuanto ergonomía y, por ende, garantizar la mejora continua en la empresa.

Debido a lo anterior, se estableció una lista de verificación que detalla las acciones de seguimiento de estrategias y las evalúa por medio de los criterios “Sí, No y Parcialmente”. Si hay una acción que no se llevó a cabo en su totalidad, es posible añadir los detalles sobre la causa de la situación en el apartado de comentarios. En el cuadro 39 se muestra la lista de verificación:

*Cuadro 39. Lista de verificación para el seguimiento del programa*

<b>Acción</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Parcialmente</b>	<b>Comentarios</b>
Se implementaron los controles ingenieriles en su totalidad.				
Se implementaron los controles administrativos en su totalidad.				
Se usan los indicadores de rendimiento para seguir el progreso hacia las metas planteadas.				
Los colaboradores participan en todas las actividades asignadas.				
Se modifica el programa según sea necesario para solucionar las oportunidades de mejora que presente.				

## **VII. Cronograma del programa**

Para la elaboración del cronograma, se utilizó la herramienta estandarizada de la empresa, Open Points List, para definir la fecha límite para completar las tareas del programa de control. La figura 10 muestra la propuesta del cronograma.

no	date	category01	category02	open point	action	target	responsibl	time target	status	done or
1	13/01/23	Programa de ergonomía	Open topics	General	Definir la estructura del programa según la norma INTE T29:2016		FGR, LEHS	25/01/24	in process	
2	13/01/23	Programa de ergonomía	Open topics	General	Determinar los datos generales de la empresa		FGR, LEHS	16/01/23	completed	26/12/22
3	13/01/23	Programa de ergonomía	Open topics	Propósito del programa	Establecer los objetivos		FGR, LEHS	16/01/23	completed	27/12/22
4	13/01/23	Programa de ergonomía	Open topics	Propósito del programa	Determinar el alcance		FGR, LEHS	17/01/23	completed	28/12/22
5	13/01/23	Programa de ergonomía	Open topics	Propósito del programa	Establecer las metas e indicadores		FGR, LEHS, CM	18/01/23	completed	29/12/22
6	13/01/23	Programa de ergonomía	Open topics	Propósito del programa	Identificar las limitaciones		FGR, LEHS	01/05/24	in process	
7	13/01/23	Programa de ergonomía	Open topics	Planificación	Establecer los recursos		FGR, LEHS, GC, ET, ESC	01/04/24	in process	
8	13/01/23	Programa de ergonomía	Open topics	Planificación	Asignar las responsabilidades y partes involucradas		FGR, LEHS	01/05/24	completed	26/12/2022
9	13/01/23	Programa de ergonomía	Open topics	Planificación	Elaborar la matriz RACI		FGR	02/05/24	completed	26/12/2022
10	13/01/23	Programa de ergonomía	Open topics	Peligros y riesgos	Definir la metodología para la identificación de peligros y evaluación de riesgos		FGR, LEHS	1/2/2024	in process	
11	13/01/23	Programa de ergonomía	Open topics	Peligros y riesgos	Determinar los resultados obtenidos		FGR, LEHS	1/11/2024	in process	
12	13/01/23	Programa de ergonomía	Open topics	Peligros y riesgos	Establecer conclusiones		FGR, LEHS	1/11/2024	in process	
13	13/01/23	Programa de ergonomía	Open topics	Propuestas de control	Diseño de controles ingenieriles		FGR, LEHS, SP, SAP,	01/04/24	in process	
14	13/01/23	Programa de ergonomía	Open topics	Propuestas de control	Definir los controles administrativos		FGR, LEHS, CM	01/04/24	in process	
15	13/01/23	Programa de ergonomía	Open topics	Costos involucrados	Matriz de costos		FGR, LEHS	01/05/24	in process	
16	13/01/23	Programa de ergonomía	Open topics	Validación de costos	Seguimiento y mejora continua		FGR, LEHS, ASC, GC, CM, GRH, GP, SP, SAP, DI, ET, ESC	1/12/2024	in process	

Figura 10. Cronograma del programa

## **VIII. Conclusiones**

- Los controles ingenieriles y administrativos se desarrollaron basándose en el análisis de la situación actual de las áreas con riesgo ergonómico identificado, lo que facilita que estos controles se acoplen a la situación actual de la empresa.
- Con la implementación total del programa no solo se reducen los riesgos ergonómicos ocupacionales, sino que también permite solventar las debilidades de gestión identificadas, principalmente en cuanto a la carencia de entrenamientos sobre ergonomía, el involucramiento de los supervisores en las revisiones de cada puesto y procedimientos actuales de retrabajo.
- Las medidas planteadas dentro del programa cumplen con lo establecido en la normativa nacional vigente.
- Los aspectos relacionados con la evaluación y seguimiento del programa permiten entender sobre la efectividad de las medidas propuestas y determinar oportunidades de mejora.

## **IX. Recomendaciones**

- Se recomienda realizar un estudio de antropometría a la población total, de forma que le permita a la organización adaptar los puestos de trabajo a las características antropométricas de sus trabajadores.
- Es importante que los altos mandos y demás participantes se comprometan con la propuesta del programa, para que las metas sean cumplidas y haya una mejora continua en la cultura de seguridad de la empresa.
- Mantener un sistema de vigilancia médica que permita detectar de manera precoz las alteraciones músculo esqueléticas y relacionarlas con el puesto de trabajo para priorizar las evaluaciones ergonómicas y de higiene ocupacional en los puestos de trabajo.
- Se recomienda la implementación de una norma corporativa que indique que el peso de las cajas (incluyendo su contenido) no supere 15 kilogramos, esto con el fin de cumplir los límites máximos estipulados en el artículo 2 del decreto 11074 sobre levantamiento de pesos y proteger al 95% de la población trabajadora sana y a un 90% de mujeres, trabajadores jóvenes y mayores (Ruiz- Ruiz, 2011).
- Realizar un prototipo de aquellas propuestas que sean fabricadas en la empresa, y aplicar encuestas a los trabajadores usuarios para ampliar sobre su funcionamiento real e identificar oportunidades de mejora de los diseños.

- El seguimiento del programa debe realizarse periódicamente con la colaboración del personal del consultorio médico, de forma que brinde aportes adicionales para mejorar la efectividad del programa al detectar oportunidades de mejora.
- El consultorio médico podría involucrar a fisioterapeutas en la atención de los trabajadores con lesiones osteomusculares. Los fisioterapeutas podrían desarrollar planes de tratamiento preventivo individualizados según la prevalencia de mayor cantidad de lesiones osteomusculares identificadas en las líneas de producción, esto a su vez incide positivamente en la disminución de dichas lesiones y proceso de incapacidad relacionadas.
- Se sugiere que el consultorio médico optimice la recolección de datos relacionados con consultas por motivo de lesiones osteomusculoesqueléticas relacionadas con el puesto de trabajo. Lo anterior con el fin de dirigir las atenciones derivadas de estas personas.

## X. Referencias bibliográficas

- García-Salirrosas, E., & Sánchez-Poma, R. (2020). Prevalencia de trastornos musculoesqueléticos en docentes universitarios que realizan teletrabajo en tiempos de COVID-19. *Anales de la Facultad de Medicina*, 81(3), <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/anales/article/view/18841>
- Gutiérrez Díez, M.C., Benito González, M.A., Redondo Figuero, C., Sancibrián Herrera, R., & Palazuelos, C. (s.f.). *Evaluación de los factores de riesgo ergonómico*. GAES Médica. <https://www.gaesmedica.com/es-es/ergonomia-quirurgica/evaluacion-factores-riesgo-ergonomico>
- HSE Tools. (s. f.). *Qué es la jerarquía de controles de seguridad laboral y cómo ayuda a gestionar mejor los riesgos*. <https://hse.software/2022/07/25/que-es-la-jerarquia-de-controles-de-seguridad-laboral-y-como-ayuda-a-gestionar-mejor-los-riesgos/>
- International Ergonomics Association. (2000). *What is Ergonomics (HFE)?*. <https://iea.cc/what-is-ergonomics/>
- International Life Science Institute Argentina. (2020). *Evaluación de riesgo Conceptos Riesgo vs. Peligro*. <https://www.casafe.org/pdf/2021/Riesgo-vs-peligro.pdf>
- National Institute for Occupational Safety and Health. (2007). *Ergonomic Guidelines for Manual Material Handling*. California Department of Industrial Relations. <https://www.mcieast.marines.mil/Portals/33/Documents/Safety/OSH/Ergonomic%20Guide%20for%20Manual%20Material%20Handling.pdf>
- Ruiz-Ruiz, L. (2011). *Guía técnica de manipulación manual de cargas*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. <https://www.insst.es/documents/94886/509319/GuiatecnicaMMC.pdf/27a8b126-a827-4edd-aa4c-7c0ca0a86cda>

-Fin del documento del programa-

## XI. Bibliografía

- Arweb. (2021). ZOLLNER ELECTRONICS COSTA RICA LIMITADA. <https://www.procomer.com/zonasfrancas/3395/zollner-electronics-costa-rica-limitada/>
- Burkacky, O., Dragon, J., & Lehmann, N. (2022). La década de los semiconductores: Una industria de un billón de dólares. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/destacados/la-decada-de-los-semiconductores-una-industria-de-un-billon-de-dolares/es>
- Burrola-Sánchez, R. I. (2008). *Factores que influyen en el problema de ausentismo. Caso: maquilas Tetakawi, SA de CV*. México D.F.
- Chacón-López, A.S. (2017). *Plan de capacitación para la disminución de riesgos ergonómicos y lesiones físicas de enfermería en emergencia del Hospital General Latagunga*. <https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/6040/1/PIUAENF012-2017.pdf>
- Chee, H. L., Rampal, K. G., & Chandrasakaran, A. (2004). *Ergonomic risk factors of work processes in the semiconductor industry in Peninsular Malaysia*. *Industrial health*, 42(3), 373–381. <https://doi.org/10.2486/indhealth.42.373>
- CINDE. (2015). *Zollner líder alemana de manufactura electrónica inaugura planta en Costa Rica e inicia plan de crecimiento*. #CINDE .#CostaRica. <https://www.cinde.org/es/noticias/zollner-lider-alemana-de-manufactura-electronica-inaugura-planta-en-costa-rica-e-inicia-plan-de-crecimiento>
- Consejo de Salud Ocupacional. (2021). *Costa Rica: Estadísticas de Salud Ocupacional*. [https://www.cso.go.cr/ver/documentos\\_relevantes/consultas/Estadisticas%20Salud%20Ocupacional%202021.pdf#.Y9oDJ3bMlok](https://www.cso.go.cr/ver/documentos_relevantes/consultas/Estadisticas%20Salud%20Ocupacional%202021.pdf#.Y9oDJ3bMlok)
- Cortés-Flores, N. (2021). *Metodología de los 5 porqués: mejora los procesos de tu empresa con estas preguntas*. Crehana. <https://www.crehana.com/blog/negocios/cinco-porques/>
- Diego-Mas, J.A. (2015). *Evaluación de la repetitividad de movimientos mediante el método JSI*. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia. <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/jsi/jsi-ayuda.php>

- Diego-Mas, J.A. (2015). *Evaluación ergonómica del levantamiento de carga mediante la ecuación de Niosh*. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia. <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/niosh/niosh-ayuda.php>
- Diego-Mas, J.A. (2015). *Evaluación postural mediante el método REBA*. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia. <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>
- García-Salirrosas, E., & Sánchez-Poma, R. (2020). *Prevalencia de trastornos musculoesqueléticos en docentes universitarios que realizan teletrabajo en tiempos de COVID-19*. Anales de la Facultad de Medicina, 81(3). <https://doi.org/10.15381/anales.v81i3.18841>
- Laverde, A. (2020). *¿PCB qué es y para qué sirve?* Adelta Technologies. <https://www.aldeattec.com/blog-diseno-con-normas-y-certificaciones/pcb-que-es-y-para-que-sirve/>
- León-Duarte, J. A., & Quijada-Durazo, M. G. (2016). *Diseño de una línea de ensamble bajo un enfoque ergonómico para optimizar su operación*. [http://www.irsitio.com/refbase/documentos/266\\_LeonDuarte+QuijadaDurazo2016.pdf](http://www.irsitio.com/refbase/documentos/266_LeonDuarte+QuijadaDurazo2016.pdf)
- Longarini, C. (2011). *La Matriz RACI, una herramienta para organizar tareas en la empresa*. Excellentia consultores. <https://www.excellentia.com.uy/la-matriz-raci-una-herramienta-para-organizar-tareas-en-la-empresa/>
- Maestre-Daza, L. (2017). *Ergonomía ocupacional*. Fundación Universitaria del Área Andina. <https://core.ac.uk/download/pdf/326426097.pdf>
- Martínez-Plaza, C. A. (2009). *Estrés laboral y trastornos musculoesqueléticos (I)*. <http://pdfs.wke.es/1/3/4/9/pd0000031349.pdf>
- Ordaz-Zubia, V. Y., & Saldaña-García, G. E. (2005). *Análisis y crítica de la metodología para la realización de planes regionales en el estado de Guanajuato* [Tesis de maestría, Universidad de Guanajuato]. Repositorio UDGVirtual. <https://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/bitstream/123456789/3221/1/An%c3%a1lisis%20y%20cr%c3%adica%20de%20la%20metodolog%c3%ada%20para%20la%20realizaci%c3%b3n%20de%20planes%20regionales%20en%20el%20estado%20de%20Guanajuato.pdf>

- OSHA. (2021). *Trastornos musculoesqueléticos*.  
<https://osha.europa.eu/es/themes/musculoskeletal-disorders>
- Peña-Peña, L. (2016). *Factores Y Efectos Del Ausentismo Laboral En La Empresa Acerías Paz Del Rio S.A: Propuesta De Mejoramiento*.  
<https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1705/1/TGT-388.pdf>
- Podniece, Z. (2007). *La ergonomía y la prevención de los trastornos músculo-esqueléticos*. *Revista La Mutua*. [https://www.fraternidad.com/sites/default/files/descargas-fm/FM-REVLM-17-7\\_360\\_La\\_ergonomia\\_y\\_la\\_prevenccion\\_de\\_los\\_trastornos\\_musculo-esqueleticos.pdf](https://www.fraternidad.com/sites/default/files/descargas-fm/FM-REVLM-17-7_360_La_ergonomia_y_la_prevenccion_de_los_trastornos_musculo-esqueleticos.pdf)
- Redacción La República. (2019). *Zollner Electronics Costa Rica, obtiene el Premio Compromiso con la Excelencia*. La República.  
<https://www.larepublica.net/noticia/zollner-electronics-costa-rica-obtiene-el-premio-compromiso-con-la-excelencia>
- Rodríguez, D., & Dimate, A. (2013). *Evaluación de riesgo biomecánico y percepción de desórdenes músculo esqueléticos en administrativos de una universidad Bogotá (Colombia)*. *Investigaciones Andina*, 17(31), 1284-1298.  
<https://revia.areandina.edu.co/index.php/IA/article/view/541/544>
- Rojas, V., & Pintor, E. (2018). *Ergonomic risk factors present at the workplaces of the manufacture of cardboard packaging, a control proposal*. *Revista Red de Investigación en Salud en el Trabajo*, 1(2), 47-52. <https://1library.co/document/yr295vpz-ergonomic-workplaces-manufacture-factores-ergonomicos-presentes-fabricacion-propuesta.html>
- Rojas-Cairampoma, M. (2015). *Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación*. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 16. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63638739004.pdf>
- Rojas-Lema, S. (2019). *Implementación De Análisis Modal De Fallos Y Efectos (Amfe)*. *3C Tecnología*, 8(1), 64–75. <https://doi-org.ezproxy.itcr.ac.cr/10.17993/3ctecno/2019.v8n1e29/64-75>
- Ruiz-Arguedas, S.A. (2017). *Propuesta de programa para la prevención de riesgos por desórdenes musculoesqueléticos para los colaboradores de cosecha de yuca de B&C Exportadores en San Carlos*. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/9725>

Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente de CCCO de Asturias. (s. f.). *Lesiones músculo-esqueléticas de origen laboral* (2.a ed.). <http://tusaludnoestaennomina.com/wp-content/uploads/2014/06/Lesiones-musculo-esquel%C3%A9ticas-de-origen-laboral.pdf>

Silvestre, S., Salazar, J., & Marzo, J. (2020). *Proceso de diseño y fabricación de una placa de circuito impreso (PCB)* (1.a ed.). [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/190969/LM06\\_R\\_ES-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/190969/LM06_R_ES-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Tosi, F. (2019). *Design for Ergonomics*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-33562-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-33562-5_2)

Villalobos-Rodríguez, A., & Brenes-Cerdas, M. (2020). *Determinación de los principales factores que influyen en las lesiones músculo esqueléticas de los trabajos del Mercado Central de Cartago, Costa Rica*. *Revista Tecnología En Marcha*, 33(3), Pág. 105–116. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i3.4469>

Yeow, P. H., & Nath Sen, R. (2003). *Quality, productivity, occupational health and safety and cost effectiveness of ergonomic improvements in the test workstations of an electronic factory*. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 32(3), 147–163. [https://doi.org/10.1016/s0169-8141\(03\)00051-9](https://doi.org/10.1016/s0169-8141(03)00051-9)

Zollner Electronics Costa Rica Ltda., 2022. (s. f.). *About us Solutions for your Ideas*. Zollner Electronics. <https://www.zollner-electronics.com/en/about-us>

## XII. Apéndices

*Apéndice 1. Nivel de riesgo de variable*

<b>NPR</b>	<b>Nivel de Riesgo</b>	<b>Caracterización</b>
<b>Proceso (SxOxD)</b>	<b>Categoría</b>	
0 - 12	Menor	Riesgos de proceso que han sido reducidos a un nivel por debajo del criterio de aceptabilidad y se considera que representa un bajo nivel de riesgo.
13 - 71	Moderado	Riesgos de proceso que representan un nivel medio y deben ser reducidos posterior una vez que las acciones de la categoría mayor se hayan cumplido.
72 - 512	Mayor	Riesgos de proceso que están por encima del criterio de aceptabilidad y deben ser reducidos a través de acciones de compensación de falla a la mayor brevedad posible.

Apéndice 2. Valores multiplicadores de cada tarea Método REBA

	Tarea	Puntuación													Final REBA	Nivel de riesgo
		Tronco	Cuello	Piernas	Incremento por cargas o fuerzas	Grupo A	Brazo	Antebrazo	Muñecas	Incrementos por agarre	Grupo B	Grupo C	Incremento por actividad			
1	Tomar la tarjeta de zona de entrada del proceso.	5	2	3	0	8	4	2	2	0	6	10	1	11	Muy alto	
2	Colocación de los PCBA en cajas ESD.	4	1	3	0	6	5	2	1	0	7	9	1	10	Alto	
3	Tomar la tarjeta del rack de almacenamiento.	4	1	4	0	7	4	2	1	0	5	9	1	10	Alto	
4	Colocación de la tarjeta en la caja ESD.	5	1	2	2	6	3	2	1	0	4	7	1	8	Alto	
5	Tomar la tarjeta de la caja ESD.	5	1	1	0	4	3	2	1	0	4	4	1	5	Medio	
6	Pegar la etiqueta a la pantalla y	5	1	1	0	4	2	2	1	0	4	4	1	5	Medio	

	colocarla en caja ESD.														
7	Tomar una caja de la torre de cajas apiladas y colocarla al lado de la mesa de trabajo.	2	3	2	0	7	6	2	3	2	11	11	1	12	Muy alto
8	Se realiza un transporte de cajas en torre sobre un carrito del cuarto de Teradyne al cuarto de lavado.	5	1	3	0	7	5	1	1	1	7	9	1	10	Alto
9	Tomar los thermal y colocar en placa metálica.	3	1	1	0	2	4	1	1	0	4	3	0	3	Bajo
10	Tomar los heatsink y	4	2	2	0	6	5	1	1	0	6	8	1	9	Alto

	alinear con los thermal.														
11	Tomar las cajas con las tarjetas y posicionarlas en la mesa para su debida inspección.	4	1	3	2	8	3	2	1	1	5	10	1	11	Muy alto
12	Traslado manual de los trays a estación de Muppets.	5	1	3	0	7	4	1	1	1	5	9	1	10	Alto
13	Posicionar dos tarjetas a la máquina moldeadora.	3	2	1	0	4	3	1	2	0	3	4	0	4	Medio

Apéndice 3. Valores introducidos en el programa ERGONIZA para la Ecuación de NIOSH

Área	Tarea	Levantamiento	V (cm)	H (cm)	A (°)	Duración global del levantamiento	Peso de carga (Kg)	Tipo de agarre	Levantamientos por min	Tiempo de recuperación (min)	Condiciones de levantamiento
Rework General.	Tomar una caja de la torre de cajas apiladas y colocarla al lado de la mesa de trabajo.	Origen	158	33	0	0 hrs 1 min	16,5	Regular	<=0,2	>= 1,2	El trabajador desplaza la carga a más de 3 pasos, El trabajador sostiene la carga algunos segundos, El trabajador asciende o desciende sosteniendo la carga
		Destino	39	48	0						
Final Inspection.	Tomar las cajas con las tarjetas y posicionarlas en la mesa para su debida inspección.	Origen	40	36	0	0 hrs 17 min	13	Regular	<=0,2	>5,1 y < 20,4 minutos	Se flexiona la espalda en lugar de las rodillas, El trabajador sostiene la carga algunos segundos, El trabajador asciende o desciende sosteniendo la carga
		Destino	108	47	0						
V: Distancia vertical, H: Distancia horizontal, A: Ángulo de asimetría											

Apéndice 4. Factores multiplicadores de la ecuación de NIOSH, peso límite recomendado e índice de levantamiento obtenidos

Tarea	Levantamiento	LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM	RWL	Peso de carga (kg)	LI
Tomar una caja de la torre de cajas apiladas y colocarla al lado de la mesa de trabajo.	Origen	23	0,78	0,75	0,86	1	1	1	11,57	16,5	1,43
	Destino	23	0,52	0,9	0,86	1	1	0,95	8,79		1,88
Tomar las cajas con las tarjetas y posicionarlas en la mesa para su debida inspección.	Origen	23	0,69	0,9	0,88	1	1	0,95	11,94	13	1,09
	Destino	23	0,52	0,9	0,88	1	1	1	9,47		1,37
<p><b>Los factores multiplicadores son:</b></p> <p>LC: constante de carga (23 kg)</p> <p>HM: Factor de Distancia Horizontal.</p> <p>VM: Factor de Distancia Vertical.</p> <p>DM: Factor de Desplazamiento Vertical.</p> <p>AM: Factor de Asimetría.</p> <p>FM: Factor de Frecuencia.</p> <p>CM: Factor de Agarre</p>											

Apéndice 5. resultados obtenidos con los tres métodos (NIOSH, JOB STRAIN INDEX, REBA)

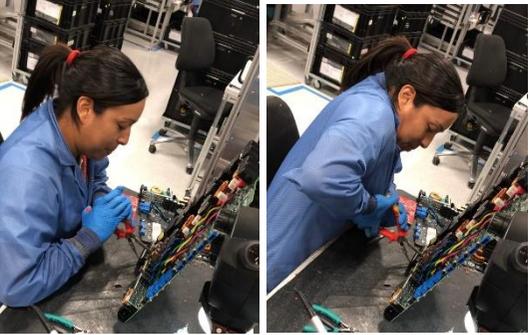
	Área	Tarea	Puntuación REBA	Puntuación Ecuación de NIOSH	Puntuación JSI	Fotografías
1	Test System de BMW X3	Tomar la tarjeta de zona de entrada del proceso	11			
2	THT Assembly de Rheem	Colocación de los PCBA en cajas ESD	10			

3	THT Assembly de Rheem	Tomar la tarjeta del rack de almacenamiento	10			
4	THT Assembly de Thermostat de Rheem	Colocación de la tarjeta en la caja ESD	8			
5	EOL de Rheem	Tomar la tarjeta de la caja ESD	5			

6	EOL de Rheem	Pegar la etiqueta a la pantalla y colocarla en caja ESD	5			
7	Rework General	Tomar una caja de la torre de cajas apiladas y colocarla al lado de la mesa de trabajo	12	1,89		
8	Cleaning Room de Teradyne	Se realiza un transporte de cajas en torre sobre un carrito del cuarto de Teradyne al cuarto de lavado	10			  

9	THT Assembly de Varroc-Tesla	Tomar los thermal y colocar en placa metálica	3			
10	THT Assembly de Varroc-Tesla	Tomar los heatsink y alinear con los thermal	9			
11	Final Inspection	Tomar las cajas con las tarjetas y posicionarlas en la mesa para su debida inspección	11	1,4		

12	THT Assembly de Tandem	Traslado manual de los trays a estación de Muppet.	10			
13	THT Assembly de Tandem	Posicionar dos tarjetas a la máquina moldeadora	4			
14	THT Assembly de Rheem	Cepillado del PCBA.			0,14	

15	Rework General	Remover y colocar el clip de las tarjetas de LEA.			4,88	
16	THT Assembly de Tandem	Retirar el sobrante de plástico en la máquina moldeadora.			1,13	

*Apéndice 6. Lista de preguntas formuladas en la entrevista semiestructurada a la coordinadora de EHS*

Nombre de la persona entrevistada: \_\_\_\_\_

Entrevistador: Fiorella Garro Ramírez

Fecha de la aplicación de la entrevista: \_\_\_\_\_

Esta es una entrevista semiestructurada para la recolección de información sobre la gestión de la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda en temática de ergonomía en el área de producción.

La información proporcionada será utilizada para fines académicos, por lo que forma parte de un proyecto de investigación para el curso de Trabajo Final de Graduación de la Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental del Instituto Tecnológico de Costa Rica

1. ¿Se han identificado problemas ergonómicos en las diferentes áreas/ ubicaciones del área productiva de la empresa?
2. Si su respuesta anterior es sí, ¿cuáles problemas ergonómicos han identificado?
3. ¿Cuáles cree que son las posibles causas o problemas raíces de dichos problemas?
4. ¿Cómo han hecho la identificación? Explique la metodología empleada.
5. ¿Cuáles puestos de trabajo considera que poseen mayor problemática?
6. ¿Los trabajadores alguna vez le han comentado sobre la presencia de algún malestar a nivel musculoesquelético?
7. ¿Los trabajadores alguna vez le han comentado que los malestares se deben a las condiciones o características del puesto de trabajo?
8. El programa de capacitaciones de la empresa incluye al departamento de EHS. ¿Cuáles temas se incluyen en dichas capacitaciones?  
¿El programa incluye el tema de ergonomía?
9. ¿Actualmente la empresa cuenta con un programa de control para las condiciones de riesgo ergonómico en los puestos de ensamblaje y producción de tarjetas de circuito impreso?
10. ¿En la actualidad la empresa realiza evaluaciones de las condiciones ergonómicas para la toma de acciones preventivas?
11. ¿Qué controles se tienen para evitar o disminuir la exposición ocupacional a peligros ergonómicos?

12. Por favor enumere y escriba las medidas o acciones administrativas que han realizado en relación con las condiciones ergonómicas del área de producción.
13. ¿Cuáles departamentos cree que puedan tener inherencia y/o participación en los controles a nivel ergonómico?
14. ¿Cuáles personas de la organización cree que puedan tener cierto compromiso con la temática de ergonomía en el área productiva de la empresa y por qué?

*Apéndice 7. Preguntas del cuestionario digital dirigido al personal del consultorio de médico*

Escriba su nombre completo: \_\_\_\_\_

¿Cuál es su puesto?: \_\_\_\_\_

Fecha actual: \_\_\_\_\_

Este es un cuestionario dirigido al personal del consultorio médico de la empresa. Dicho cuestionario busca la recolección de información del historial de los trabajadores del área de producción de Zollner Electronics Costa Rica Ltda en cuestiones ergonómicas.

La información proporcionada será utilizada para fines académicos, por lo que forma parte de un proyecto de investigación para el curso de Trabajo Final de Graduación de la Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

1. ¿Cuántas incapacidades de trabajadores del área de producción ha tenido que tramitar debido a enfermedades osteomusculares, desde el año 2021 a la actualidad?
2. ¿Cuántas atenciones o reportes ha recibido debido a "enfermedades del sistema musculo esquelético" de trabajadores del área de producción desde el año 2021 a la actualidad?
3. ¿En el consultorio médico han identificado cuáles son los puestos de trabajo (del área de producción) más riesgosos o causantes de lesiones musculoesqueléticas?
4. En su opinión, ¿cuáles cree que son los factores más frecuentes o importantes en la generación de problemas musculoesqueléticos?
5. ¿Cuáles son los síntomas más frecuentes que poseen los trabajadores que consultan por lesiones o dolencias musculoesqueléticas?

Apéndice 8. Incapacidades 2021

Incapacidades 2021				
Mes	Clasificación	Turno	Cantidad de trabajadores incapacitados	Días de Incapacidad
Enero	Enfermedad osteomuscular	I Turno	1	1
		III Turno	1	1
Febrero	Enfermedad osteomuscular	II Turno	2	4
Marzo	Enfermedad osteomuscular	I Turno	2	2
		II Turno	1	2
Abril	Enfermedad osteomuscular	III Turno	1	11
Mayo	Enfermedad osteomuscular	I Turno	2	3
		II Turno	1	1
Junio	Enfermedad osteomuscular	II Turno	1	3
Julio	Enfermedad osteomuscular	II Turno	2	4
Setiembre	Enfermedad osteomuscular	II Turno	1	2
Octubre	Enfermedad osteomuscular	I Turno	3	3
Noviembre	Enfermedad osteomuscular	III Turno	1	1
Diciembre	Enfermedad osteomuscular	II Turno	1	1
Total en el 2021			20	39

Apéndice 9. Incapacidades 2022

Incapacidades 2022 (hasta octubre)				
Enero	Enfermedad osteomuscular	I Turno	1	3
Febrero	Enfermedad osteomuscular	I Turno	1	2
		II Turno	1	2
Marzo	Enfermedad osteomuscular	I Turno	2	4
		II Turno	2	3
		III Turno	1	1
Junio	Enfermedad osteomuscular	I Turno	1	1
		II Turno	1	3
Julio	Enfermedad osteomuscular	I Turno	1	2
		II Turno	1	2
Agosto	Enfermedad osteomuscular	I Turno	1	2
Septiembre	Enfermedad osteomuscular	I Turno	1	1
Total hasta octubre del 2022				

*Apéndice 10. Preguntas del cuestionario digital dirigido al personal con mayor incidencia en el área de producción*

Escriba su nombre completo: \_\_\_\_\_

Fecha actual: \_\_\_\_\_

Este es un cuestionario dirigido al personal con inherencia en las decisiones llevadas a cabo en el área de producción de la empresa. Dicho cuestionario busca la recolección de información sobre su nivel de compromiso e influencia respecto a posibles cambios, mejoras e implementaciones en aspectos ergonómicos que se realice en Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

La información proporcionada será utilizada para fines académicos, por lo que forma parte de un proyecto de investigación para el curso de Trabajo Final de Graduación de la Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

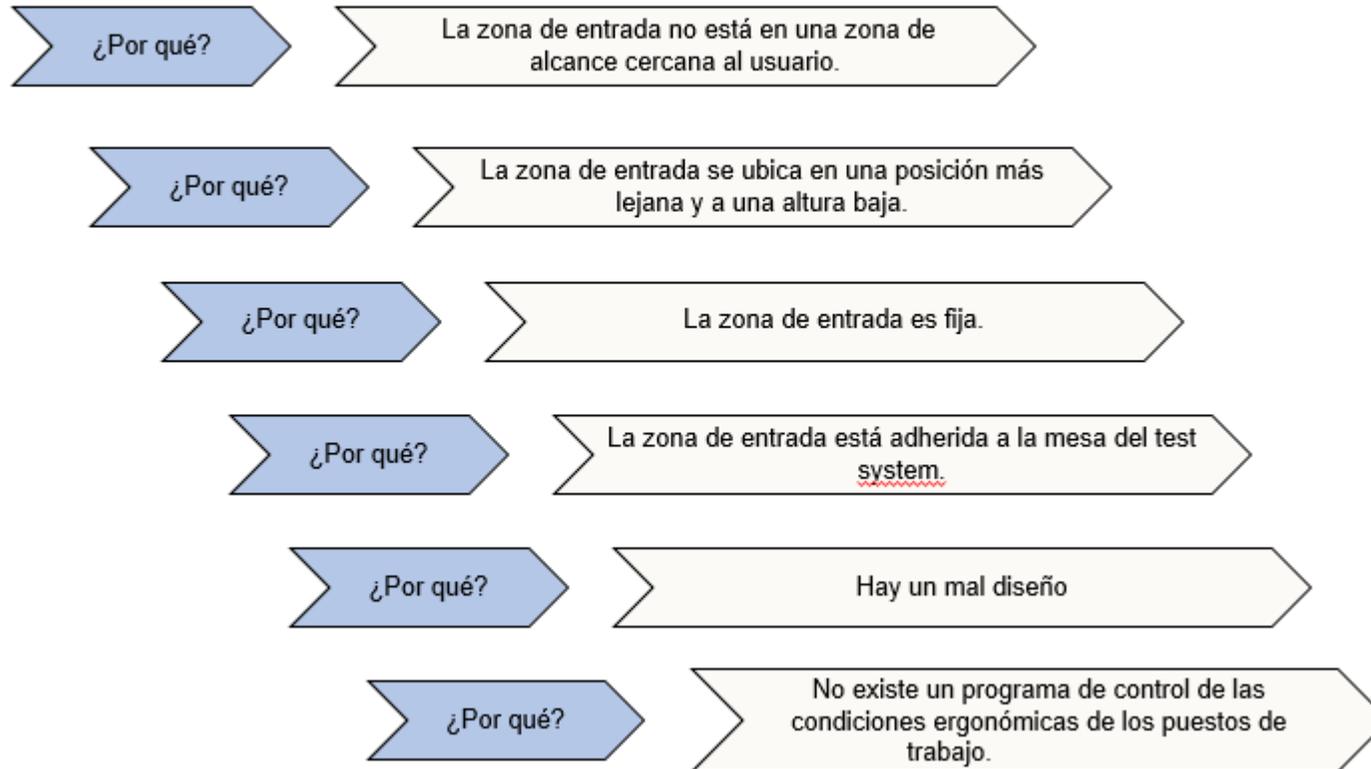
1. ¿Cuál es su puesto?
2. ¿Qué tareas debe desempeñar?
3. ¿Cuál personal tiene a cargo? Es decir, ¿cuáles departamentos o trabajadores tiene a su cargo?
4. Indique del 1 al 5, ¿Qué tanto compromiso tiene usted con respecto a mejoras en la ergonomía? Siendo el 5 el mayor puntaje y el 1 el menor puntaje.

Apéndice 11. Respuestas obtenidas en preguntas

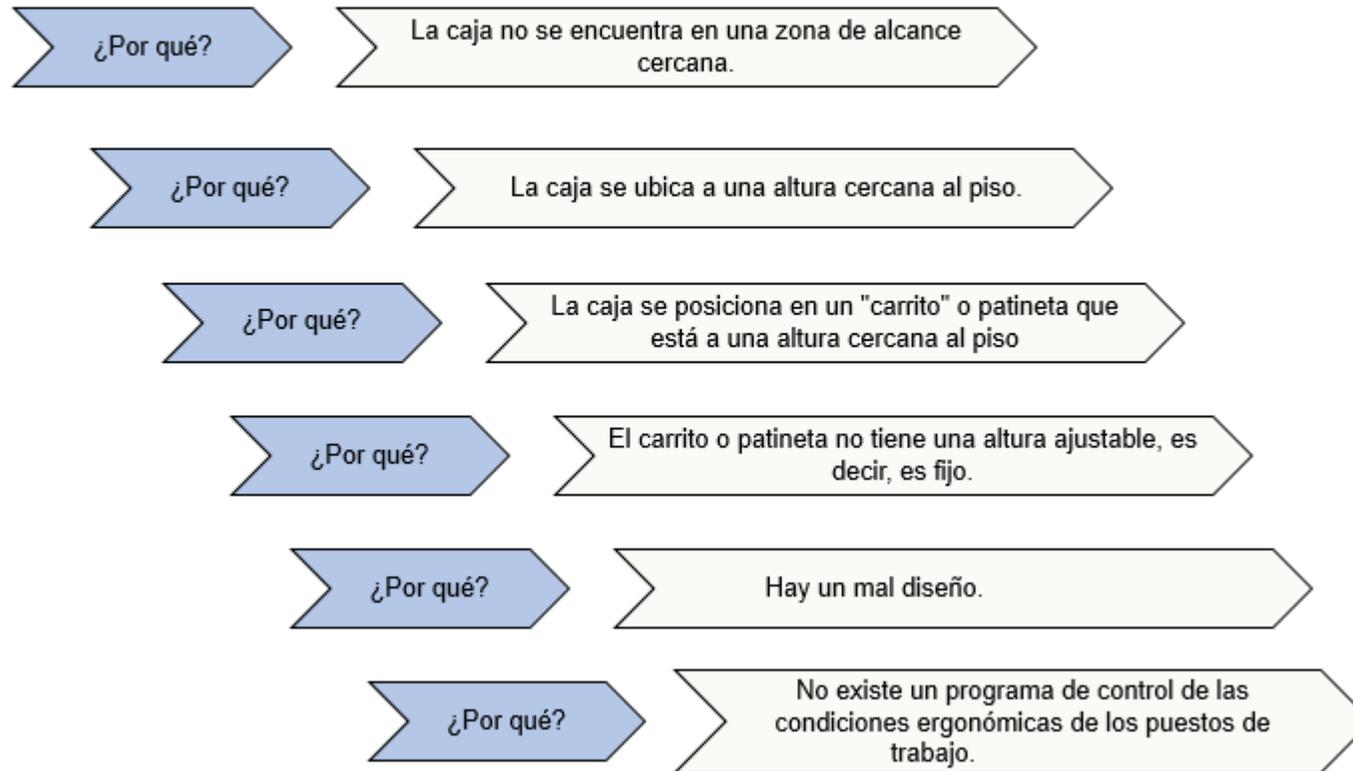
Nombre	Puesto	Tareas que desempeña	Personal a cargo (departamentos o trabajadores a su cargo)	Compromiso con respecto a mejoras en la ergonomía
Victor Sanchez Castro	Gerente de Calidad	a) Gestionar y liderar las áreas de Control de Calidad, Aseguramiento de Calidad, Calidad de Suplidores y Sistemas de gestión. Adicionalmente implementar y definir las acciones estratégicas que agreguen valor a nuestros clientes.	Personas a cargo: 15 personas	5
		b) Garantizar el cumplimiento de los indicadores del departamento según plan estratégico de Zollner		
		c) Planear los recursos necesarios para garantizar el cumplimiento de los requerimientos y acciones estratégicas de Zollner		
		d) Dar seguimiento a la satisfacción del cliente (Quejas)		
		e) Implementar proyectos de mejora y de excelencia operacional		
Hilda Chaves Arce	Administradora del Sistema de Calidad	a) Encargada de la planeación, ejecución y seguimiento de auditorías internas según las normas ISO9001, ISO14001, AS9100, IATF16949, ISO13485	Administradora de Control de Documentos, Coordinadora de Seguridad, Salud y Ambiente	5
		b) Preparación para las auditorias externas de cliente, de certificación y de recertificación		
		c) Control y seguimiento de los CAPAS (Acciones correctivas y Preventivas) que se generan en la empresa		
		d) Encargada de supervisar lo relacionado con el Control de documentación		
		e) Dar soporte y seguimiento a todas las actividades relacionadas con el proceso de EHS en la compañía		
Paola Cambronera Arguedas	Gerente de Producción	Responsable de administrar, controlar y dirigir las actividades y el personal involucrado en múltiples	Departamento de Producción: Formando por el área de ensamble manual y ensamble automatizado,.	5

		funciones para cumplir con los compromisos de calidad y entrega establecidos por la Compañía.	Personal a cargo: Superintendente de producción, supervisores, líderes y operarios ensambladores, personal de mantenimiento de Producción, un total de 254 personas	
Alexander Fernández	Superintendente de producción	Encargado de garantizar el cumplimiento de las ventas, indicadores claves para la organización, inventarios y la supervisión de las operaciones de la planta de producción.	Supervisores de producción, Expertos de las diferentes áreas	5
Pablo Chinchilla	Gerente de Recursos Humanos	Dirigir el proceso de Recursos Humanos	Especialista de Reclutamiento, Especialista de Capacitación, Especialista de Desarrollo Organizacional, Especialista de Nómina	5
Mariela Núñez Row	Líder de seguridad, salud y ambiente.	Liderar la implementación y mantención del sistema de gestión integrado de seguridad, salud y ambiente	Ingeniera de EHS, consultorio médico (médico y enfermería)	5

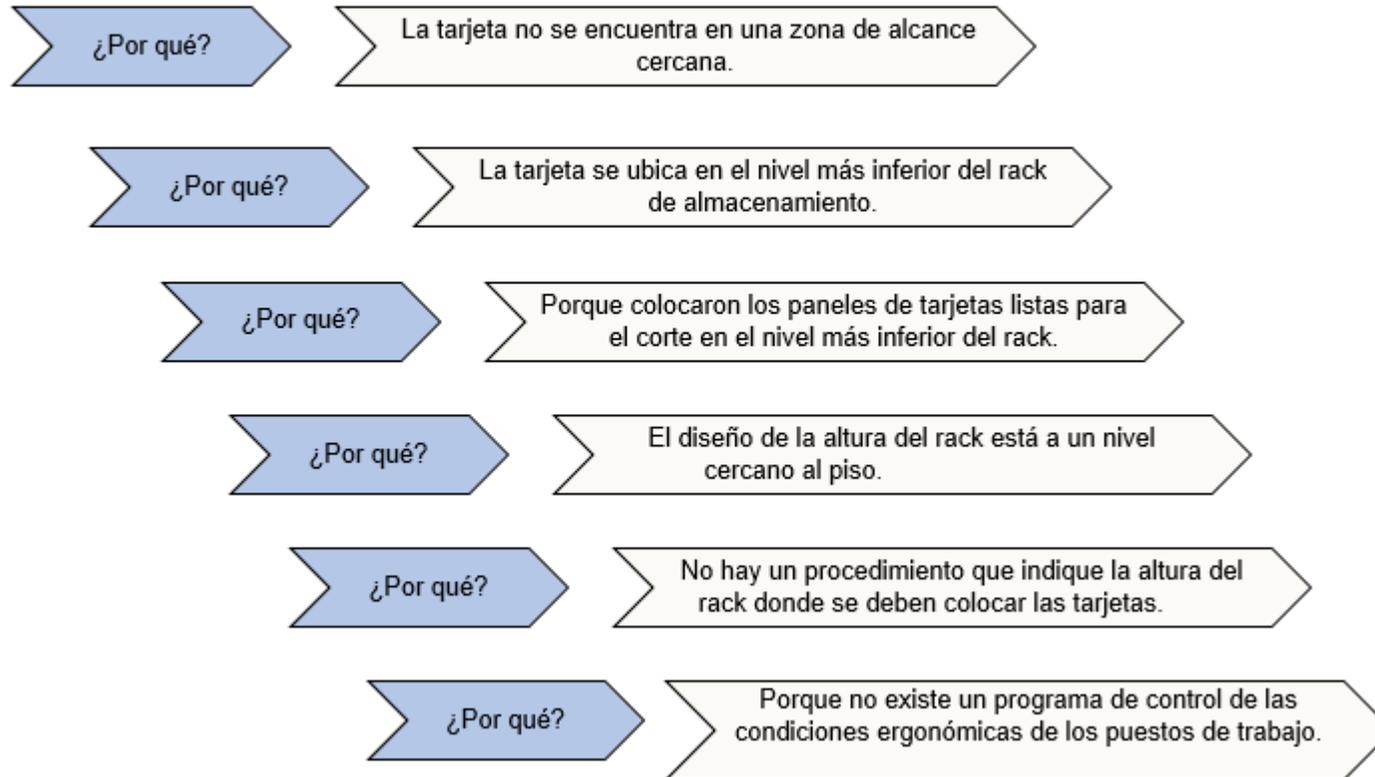
Problema: La trabajadora debe realizar una postura anormal cuando toma una tarjeta en el puesto de Test system de BMW X3.



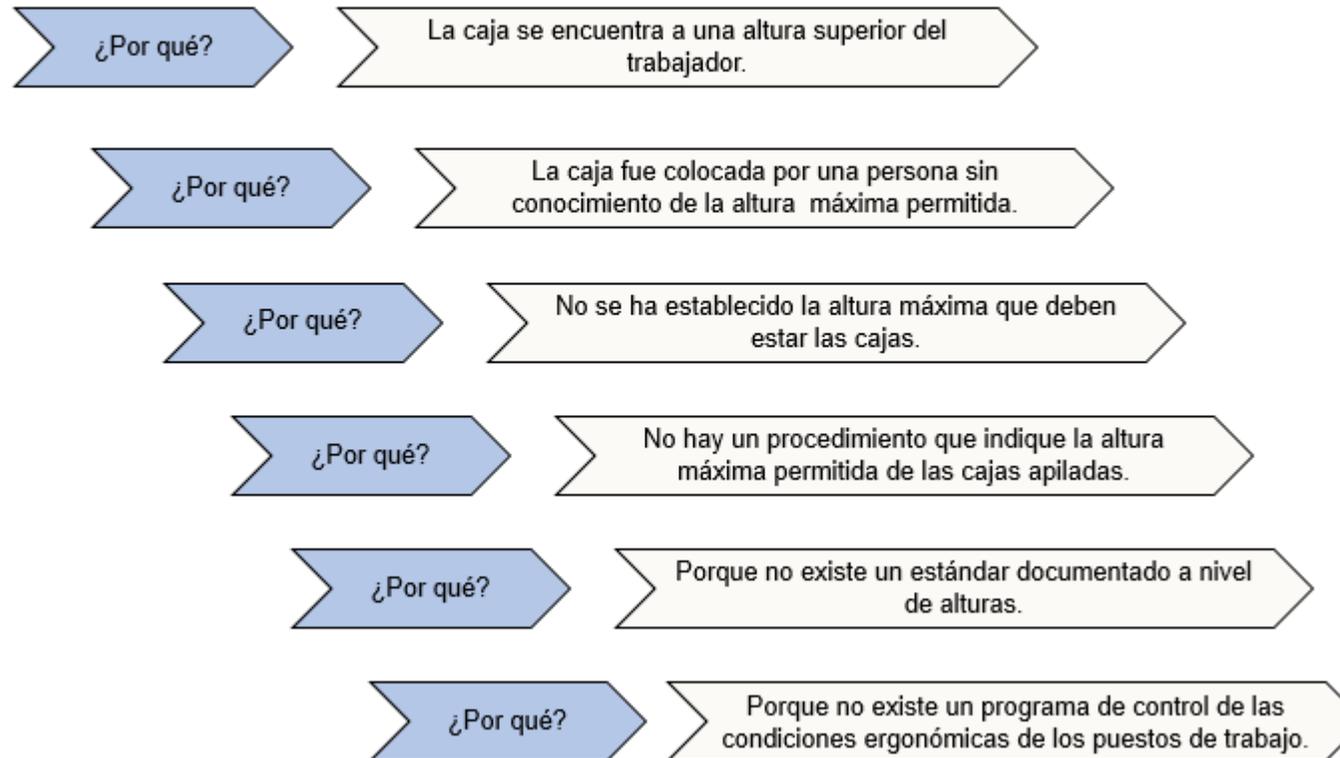
Problema: Los trabajadores realizan posturas anormales cuando toman o colocan una tarjeta ubicada en una caja ESD.



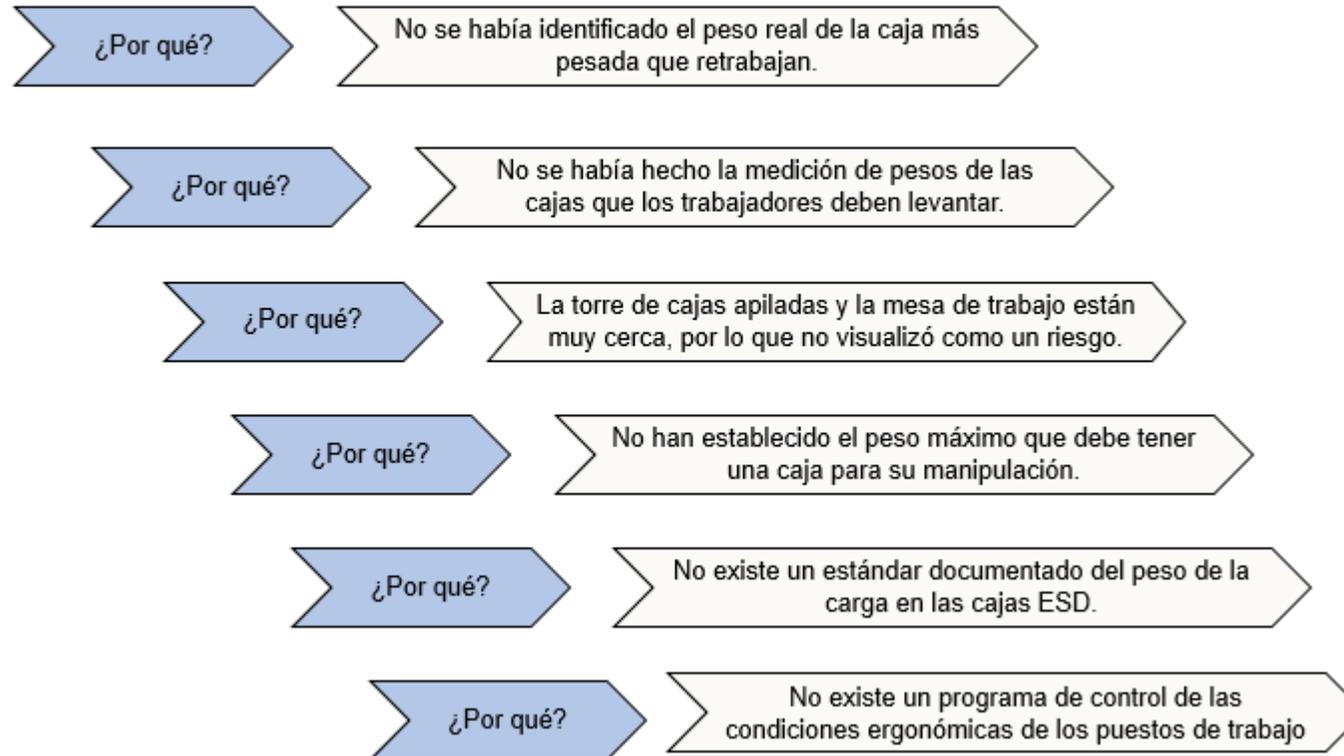
**Problema: Los trabajadores realizan una postura anormal al tomar la tarjeta del rack de almacenamiento en el puesto de THT Assembly de Rheem.**



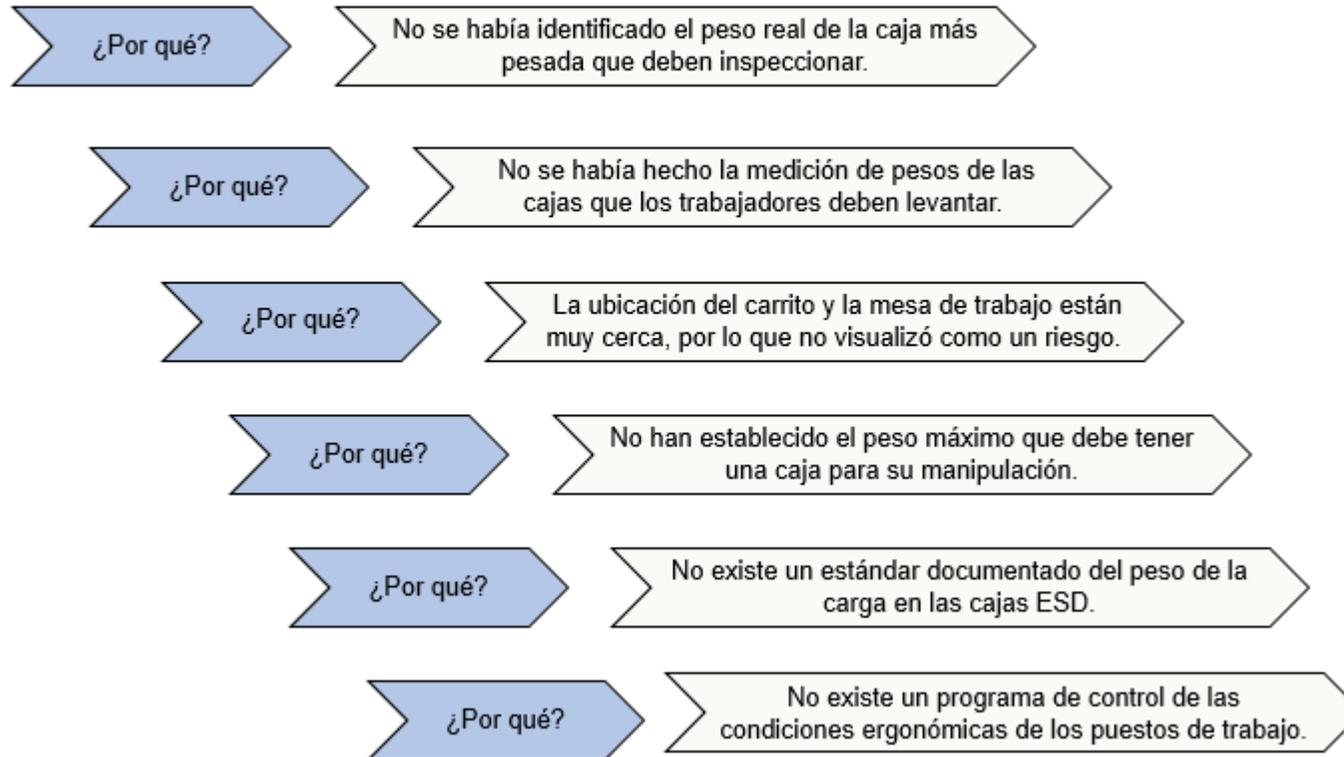
Problema: Los trabajadores realizan una postura anormal al tomar una caja de la torre de cajas apiladas y colocarla al lado de la mesa de trabajo en Rework General.



Problema: Los trabajadores realizan levantamiento de cajas con pesos superiores a 15 kg en Rework General.



**Problema: Los trabajadores realizan posturas anormales al realizar levantamientos de pesos similares o superiores a 15 kgs en Final Inspection.**



Problema: Los trabajadores realizan posturas anormales al hacer el traslado de las cajas ESD sobre los carritos.

¿Por qué?

Los trabajadores deben agacharse para poder alcanzar los carritos.

¿Por qué?

La caja se posiciona en un "carrito" o patineta que está a una altura cercana al piso.

¿Por qué?

El carrito o patineta no tiene una altura ajustable, es decir, es fijo.

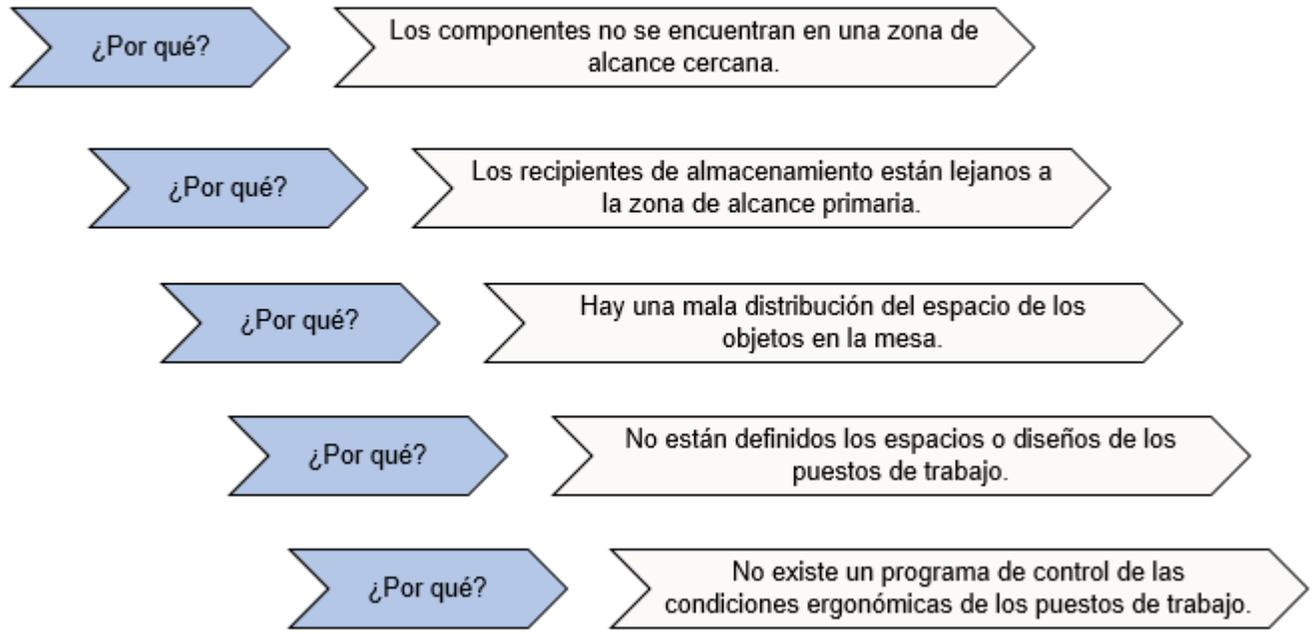
¿Por qué?

Hay un mal diseño

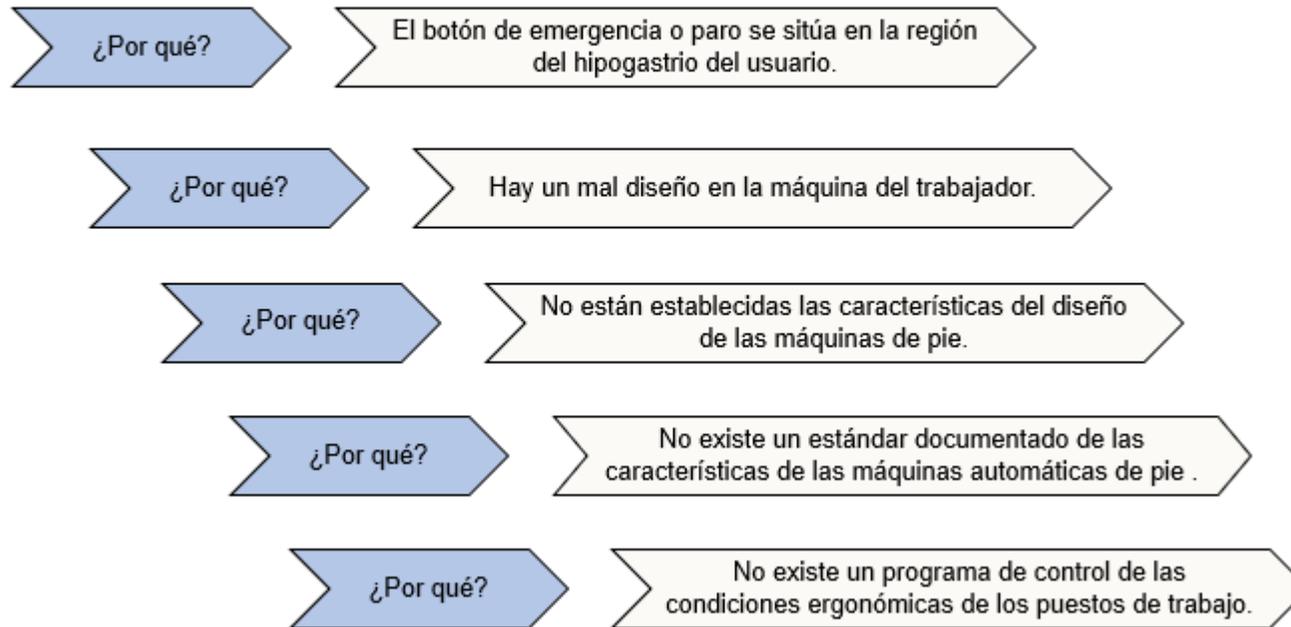
¿Por qué?

No se ha establecido el diseño ideal para el traslado de cajas ESD en un programa de control para las condiciones ergonómicas de los puestos de trabajo.

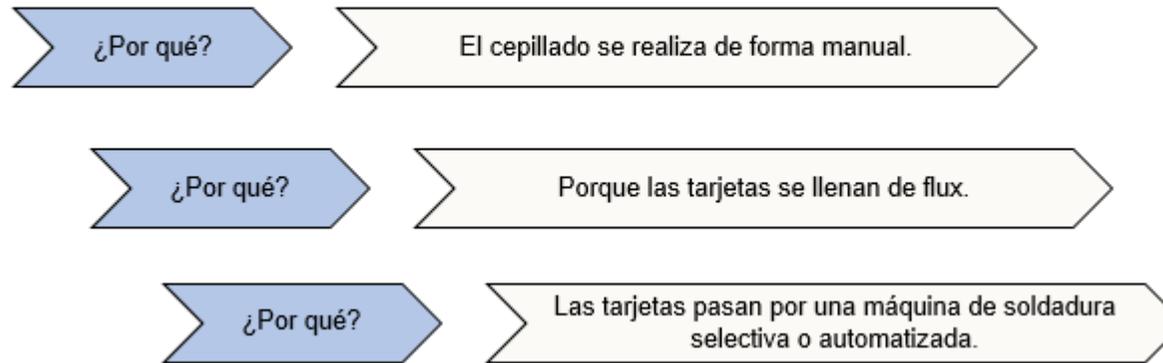
**Problema: Los trabajadores realizan extensiones y posturas anormales para tomar los componentes en el puesto de THT Assembly de Varroc-Tesla.**



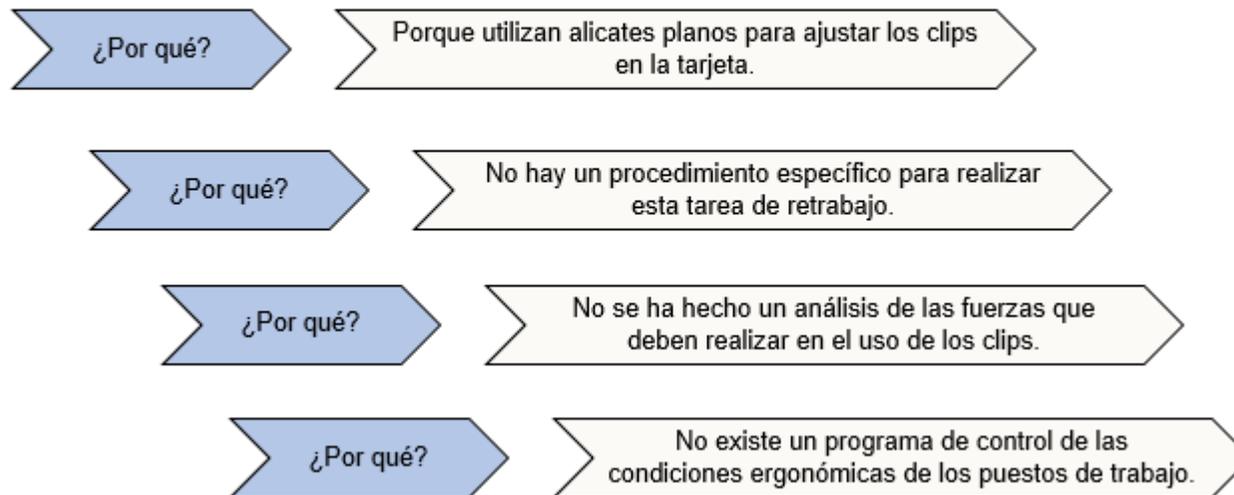
Problema: Los trabajadores realizan posturas anormales en el tronco al utilizar la máquina moldeadora de Tandem.



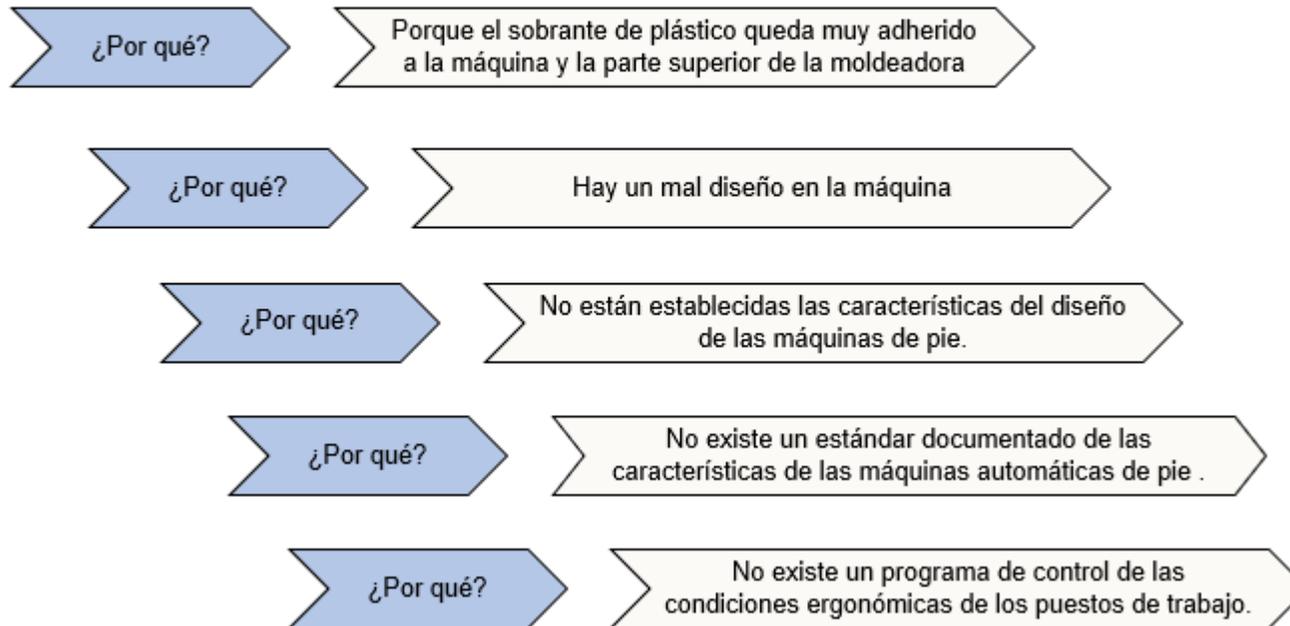
Problema: Los trabajadores realizan movimientos repetitivos en la articulación del codo al cepillar el flux de las tarjetas de Rheem.



Problema: Las trabajadoras realizan fuerza a nivel de mano-muñeca para retirar y colocar los clips en las tarjetas de LEA.



Problema: Los trabajadores realizan fuerza a nivel de mano-muñeca y en ocasiones golpean su parte posterior de la mano al retirar el sobrante de plástico de la máquina overmolding de Tandem.



### XIII. Anexos

#### Anexo 1

#### Metodología REBA en el software ERGONIZA

The screenshot displays the ERGONIZA software interface. On the left is a vertical navigation menu with the following items: 'Ergoniza One' logo, user profile 'Fiorella Garro Ramírez' with a dropdown arrow, 'REBA' label, 'Información', 'Datos' (highlighted), 'Resultado', 'Conclusiones', 'Informe', 'Guardar como...', 'Ayuda del método', and 'Salir'. The main content area is titled 'Datos de la Evaluación'. It features a 'Tipo de evaluación' section with two radio button options: 'Un único lado del cuerpo' (selected) and 'Dos lados del cuerpo'. Below this is the 'Introducción de datos' section, which contains three input boxes: 'Grupo A' (instructions: 'Introduce la información correspondiente a las **piernas**, el **tronco** y el **cuello**.'), 'Grupo B' (instructions: 'Introduce la información correspondiente a los miembros superiores del cuerpo: **brazos**, **antebrazos** y **muñecas**.'), and 'Fuerzas' (instructions: 'Introduce la información correspondiente al tipo de **actividad muscular** desarrollada, la **fuerza aplicada** y el **tipo de agarre** de la carga.'). Each input box has a corresponding blue button labeled 'Grupo A', 'Grupo B', and 'Fuerzas y Actividad' respectively. The top navigation bar includes a hamburger menu, a 'Quiero ser Pro' button, and the text 'Ergoniza es una web de Ergonautas'. On the far right of the top bar are icons for chat, a window, and a 'Cerr' button.

## Anexo 2

### Metodología de Ecuación de NIOSH en el software ERGONIZA

The screenshot displays the ERGONIZA software interface. At the top left, the logo 'Ergoniza One' is visible. The user profile 'Fiorella Garro Ramírez' is shown in the top left sidebar. The main content area is titled 'Datos de la Evaluación' and contains a question: '¿Son todos los levantamientos iguales o varían?'. Below this question is a form with a label 'Tipo de evaluación' and two radio button options: 'Tarea simple' and 'Multi-tarea'. To the right of the form is a 'Recuerda...' (Remember...) box with two bullet points explaining the selection criteria for 'Tarea simple' and 'Multi-tarea'. The left sidebar contains a menu with options: 'Información', 'Datos', 'Resultado', 'Conclusiones', 'Informe', 'Guardar como...', 'Ayuda del método', and 'Salir'.

**Ergoniza One**

Quiero ser Pro

Ergoniza es una web de Ergonautas

Fiorella Garro Ramírez  
fiogarro

Ec. NIOSH

Información

**Datos**

Resultado

Conclusiones

Informe

Guardar como...

Ayuda del método

Salir

**Datos de la Evaluación**

¿Son todos los levantamientos iguales o varían?

Tipo de evaluación  Tarea simple  Multi-tarea

**Recuerda...**

- Elige **Tarea simple** en los casos en los que el trabajador realiza un único tipo de levantamiento de carga en la que las condiciones (altura, agarres, cargas, frecuencias...) permanecen constantes.
- Elige **"Multi-tarea"** cuando el trabajador alterna varias tareas de levantamiento diferentes. Se considera que son tareas diferentes el levantamiento de la misma carga a alturas diferentes, el cambio de tipo de carga, cambios en el tipo de agarre, etc.

### Anexo 3

## Metodología Job Strain Index el software ERGONIZA

  
**Fiorella Garro Ramírez**  
fiogarro ▾

JSI

- Información <
- Datos**
- Resultado
- Conclusiones
- Informe
- Guardar como...
- Ayuda del método
- Salir

#### Datos de la Evaluación

**Descripción de la tarea**

La intensidad del esfuerzo necesario para realizar la tarea una vez es... ?

Ligero  Un poco duro  Duro  Muy duro  Cercano al máximo

El ritmo al que desempeña su tarea el trabajador es... ?

Muy lento  Lento  Regular  Rápido  Muy rápido

La posición de la mano respecto a la posición neutra es... ?

Muy buena  Buena  Regular  Mala  Muy mala

El tiempo diario que dedica el trabajador a la tarea analizada es... ?

< 1 hora  >= 1 h. y <2 h.  >= 2 h. y <4 h.  >= 4 h. y <8 h.  >= 8 horas

Esfuerzos	Tiempo de observación
Duración acumulada de todos los esfuerzos percibidos durante la	Tiempo durante el que ha sido observada la tarea

## Anexo 4

### Cuantificación y cualificación de cada variable.

Categories	Rank Number	Severity	Occurrence	Detection
	1	Short Term Discomfort	Has Never Happened	redundant System Prevents Incident-(Interlocks, software, procedure)
Repetición	2	First Aid	Has Never Occurred, but at risk	adequate warnings given with sufficient time to prevent most incidents-(a)
Fuerza	3	Reportable	Has Occurred Once	Hazard & Root Cause detected immediately-Near miss or possible inju
Postura anormal	4	OSHA Recordable	Has occurred in the last year	Hazard & Root Cause detected within one week
Presión de contacto	5	Lost Day	one occurrence per quarter	Hazard & Root Cause detected within one month
Carga estática	6	Short Term Disability	one occurrence per month	Hazard & Root Cause detected within six months
	7	Long Term Disability	one occurrence per week	Hazard & Root Cause possibly never detected
	8	Death	Regularly occurs	Hazard & Root Cause undetectable

## Anexo 5 Hoja de Campo REBA

### Grupo A: Análisis de cuello, piernas y tronco

#### CUELLO

Movimiento	Puntuación	Corrección
0°-20° flexión	1	
>20° flexión o extensión	2	Añadir + 1 si hay torsión o inclinación lateral

#### PIERNAS

Movimiento	Puntuación	Corrección
Soporte bilateral, andando o sentado	1	Añadir + 1 si hay flexión de rodillas entre 30° y 60°
Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable	2	Añadir + 2 si las rodillas están flexionadas + de 60° (salvo postura sedente)

#### TRONCO

Movimiento	Puntuación	Corrección
Erguido	1	
0°-20° flexión 0°-20° extensión	2	Añadir + 1 si hay torsión o inclinación lateral
20°-60° flexión >20° extensión	3	
> 60° flexión	4	

#### CARGA / FUERZA

0	1	2	+ 1
< 5 Kg.	5 a 10 Kg.	> 10 Kg.	Instauración rápida o brusca

### TABLA A

	TRONCO					
	1	2	3	4	5	
PIERNAS	1	1	2	2	3	4
	2	2	3	4	5	6
	3	3	4	5	6	7
	4	4	5	6	7	8
CUELLO	1	1	3	4	5	6
	2	2	4	5	6	7
	3	3	5	6	7	8
	4	4	6	7	8	9
MUÑECA	1	3	4	5	6	7
	2	3	5	6	7	8
	3	5	6	7	8	9
	4	6	7	8	9	9

### Grupo B: Análisis de brazos, antebrazos y muñecas

#### ANTEBRAZOS

Movimiento	Puntuación
60°-100° flexión	1
<60° flexión >100° flexión	2

#### MUÑECAS

Movimiento	Puntuación	Corrección
0°-15° flexión/ extensión	1	Añadir + 1 si hay torsión o desviación lateral
>15° flexión/ extensión	2	

#### BRAZOS

Posición	Puntuación	Corrección
0°-20° flexión/ extensión	1	Añadir: + 1 si hay abducción o rotación.
>20° extensión	2	+ 1 si hay elevación del hombro.
20°-45° flexión	3	- 1 si hay apoyo o postura a favor de la gravedad.
>90° flexión	4	

#### AGARRE

0 - Bueno	1-Regular	2-Malo	3-Inaceptable
Buen agarre y fuerza	Agarre aceptable	Agarre posible pero no aceptable	Incómodo, sin agarre manual. Aceptable usando otras partes del cuerpo

← Resultado TABLA B      → Resultado TABLA A

← Puntuación B      → Puntuación A

← Puntuación B      → Puntuación A

← Puntuación B      → Puntuación A      **Puntuación Final**

**NIVEL DE ACCIÓN: 1 = No necesario; 2-3 = Puede ser necesario; 4 a 7 = Necesario; 8 a 10 = Necesario pronto; 11 a 15 = Actuación inmediata**

Anexo 6  
Hoja de campo NIOSH

FICHA DE ANÁLISIS DEL TRABAJO																		
DEPARTAMENTO _____ TAREA _____					DESCRIPCIÓN DE LA TAREA _____													
<b>PASO 1. Medir y anotar las variables de la tarea</b>																		
PESO OBJETO (Kg)		LOCALIZ. MANOS (cm)				DISTANCIA VERTICAL (cm)	ÁNGULO ASIMETRÍA (grados)		FRECUENCIA (rev/min)	DURACIÓN (hrs)	AGARRE							
		ORIGEN		DESTINO			ORIGEN	DESTINO										
L (media)	L (max)	H	V	H	V	D	A	A	F		C							
<b>PASO 2. Calcular los factores multiplicadores y el RWL</b>																		
$RWL = LC \cdot HM \cdot VM \cdot DH \cdot AM \cdot FM \cdot CM$																		
ORIGEN :		RWL =	23	•	□	•	□	•	□	•	□	•	□	•	□	=	□	Kg
DESTINO :		RWL =	23	•	□	•	□	•	□	•	□	•	□	•	□	=	□	Kg
<b>PASO 3. Calcular el ÍNDICE DE LEVANTAMIENTO</b>																		
ORIGEN :		ÍNDICE DE LEVANTAMIENTO (LI)	=	$\frac{PESO OBJETO (L)}{RWL}$	=	_____	=	□										
DESTINO :		ÍNDICE DE LEVANTAMIENTO (LI)	=	$\frac{PESO OBJETO (L)}{RWL}$	=	_____	=	□										

**Anexo 7**  
**Hoja de campo Job Strain Index**

<b>Guía de Observación*</b>
<b>RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL MÉTODO STRAIN INDEX (SI)</b>

<b>DESCRIPCIÓN DEL PUESTO</b>	<b>N° PUESTO</b>	
	<b>LÍNEA</b>	
	<b>FAMILIA</b>	
	<b>N° OPERACIÓN</b>	
	<b>PIEZAS / HR.</b>	
	<b>Mano (s) evaluada (s)</b>	Der. Izq. Ambas

<b>INTENSIDAD DE ESFUERZO</b>					<b>DURACIÓN DEL ESFUERZO</b>		
FM	Calificación	% EM	Esfuerzo Percibido		FM	% D. E.	
1	Liviano	<10%	Relajado - Esfuerzo poco notorio		0,50	≤ 10	
3	Algo pesado	10% a 29%	Esfuerzo claro - perceptible		1,00	10 – 29	
6	Pesado	30% a 49%	Esfuerzo evidente - expresión facial sin cambios		1,50	30 – 49	
9	Muy pesado	50% a 79%	Esfuerzo sustancial - cambios en la expresión facial		2,00	50 – 79	
13	Casi Máximo	≥ 80%	Uso de hombros y tronco para hacer esfuerzo		3,00	≥ 80	
<b>POSTURA DE MANO Y MUÑECA</b>					<b>FRECUENCIA POR MINUTO</b>		
FM	Calificación	Ext. Muñeca	Flex. Muñeca	Desv. Cubital	Postura percibida	FM	R.P.M.
1,0	Muy Buena	0°-10°	0°-5°	0°-10°	perfectamente neutral	0,50	≤ 1
1,0	Buena	11°-25°	6°-15°	11°-15°	casi neutral	1,00	1 – 2
1,5	Regular	26°-40°	16°-30°	16°-20°	no neutral	1,50	2 – 4

2,0	Mala	41°-55°	31°-50°	21°-25°	desviación marcada	2,00	4 – 8
3,0	Muy Mala	>60°	>50°	>25°	desviación extrema	3,00	≥ 8
<b>VELOCIDAD DE TRABAJO</b>						<b>DURACIÓN DE LA TAREA</b>	
<b>FM</b>	<b>Calificación</b>	<b>% Velocidad</b>	<b>Velocidad percibida</b>			<b>FM</b>	<b>Horas /día</b>
1,0	Muy lento	<=80%	ritmo muy relajado			0,25	≤ 1
1,0	Lento	81-90%	'tomándose su propio tiempo'			0,50	1 – 2
1,0	Regular	91-100%	velocidad 'normal' de movimiento			0,75	2 – 4
1,5	Rápido	101-115%	rápido - posible de soportar			1,00	4 – 8
2,0	Muy rápido	>115%	rápido – difícil /imposible de soportar			1,50	≥ 8