



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Propuesta de mejora para los riesgos laborales en la industria de impresión en la producción de empaques, mediante una evaluación integral de los riesgos ergonómicos.

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniería Industrial

Autores: Ashley Karelis Beltrán Jiménez

Wendolyn Aileen Guevara Moyano

Tutor: Ing. Luis Enrique Morán Reyes, Msc

Guayaquil – Ecuador

2025

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Nosotros, Ashley Karelis Beltrán Jiménez con documento de identificación N° 0925447443 y Wendolyn Aileen Guevara Moyano con documento de identificación N° 0606483931; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 23 de julio del año 2025

Atentamente,



Ashley Karelis Beltrán Jiménez

0925447443



Wendolyn Aileen Guevara Moyano

0606483931


**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Ashley Karelis Beltrán Jiménez con documento de identificación N° 0925447443 y Wendolyn Aileen Guevara Moyano con documento de identificación N° 0606483931 expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: **“PROPUESTA DE MEJORA PARA LOS RIESGOS LABORALES EN LA INDUSTRIA DE IMPRESIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE EMPAQUES, MEDIANTE UNA EVALUACIÓN INTEGRAL DE LOS RIESGOS ERGONÓMICOS”**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Industria, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 23 de julio del año 2025

Atentamente,



Ashley Karelis Beltrán Jiménez
0925447443



Wendolyn Aileen Guevara Moyano
0606483931

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ing. Luis Enrique Morán Reyes con documento de identificación N° 0603117300, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“PROPUESTA DE MEJORA PARA LOS RIESGOS LABORALES EN LA INDUSTRIA DE IMPRESIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE EMPAQUES, MEDIANTE UNA EVALUACIÓN INTEGRAL DE LOS RIESGOS ERGONÓMICOS”** realizado por Ashley Karelis Beltrán Jiménez con documento de identificación N° 0925447443 y por Wendolyn Aileen Guevara Moyano con documento de identificación N° 0606483931, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 23 de julio del año 2025

Atentamente,



Ing. Luis Enrique Morán Reyes, Msc

0603117300

DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza, llenándome de sabiduría, fe y perseverancia para superar cada desafío.

A mis padres, por su amor incondicional, por creer en mí, por sus consejos, sus oraciones y por cada sacrificio silencioso que hicieron para darme las oportunidades que hoy cosecho. Este logro es también suyo, porque sin ustedes, nada de esto sería posible.

A mi hermano porque sin darse cuenta, fue una gran motivación en este camino. Espero que este logro te inspire a perseguir tus propios sueños.

Y a una persona especial, cuya compañía, aliento y confianza en mí han sido fundamentales para llegar hasta aquí.

Este logro es fruto del amor de las personas que fueron parte de esto, por su confianza y presencia en mi vida. Con todo mi corazón, les dedico este triunfo.

Ashley Karelis Beltrán Jiménez

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, por guiarme en cada paso de este camino, por demostrarme que su tiempo es perfecto y por iluminarme incluso en los momentos más oscuros.

A mis padres, por ser mi fuerza y mis pilares, por acompañarme en cada etapa con amor incondicional, por su paciencia infinita y por esas noches de desvelo en las que nunca estuve sola, porque siempre estuvieron ahí, juntos, apoyándome.

A mis hermanas, por ser el ejemplo de las grandes mujeres que quiero llegar a ser y por tantos momentos hermosos compartidos.

A mis mejores amigas de la universidad, Helen y Daniela, por ser mi refugio, mi risa en los días pesados y mi escape en medio de todo.

Y a mi amiga incondicional, Adriana, que con su amor me recibía al llegar a casa después de un día difícil. En ella encontraba paz, calma y la fuerza que necesitaba para seguir.

Gracias por ser parte de mi historia, llevo este logro en el corazón, no es el final sino el inicio de todo lo que soñé alguna vez

Wendolyn Aileen Guevara Moyano

AGRADECIMIENTO

Llegar hasta aquí ha sido un camino lleno de retos, aprendizajes y momentos inolvidables.

No habría sido posible sin el apoyo de personas que han marcado profundamente mi vida.

Gracias a Dios, porque en cada paso que di estuviste presente. En los silencios, en las decisiones difíciles, en los momentos de duda, siempre fuiste mi guía y mi fuerza.

A mis padres Eddy y Patty les agradezco por confiar en mí, por haberme dado la fuerza necesaria para continuar. Gracias por todos los sacrificios, porque, aunque hemos pasado situaciones difíciles siempre me apoyaron y me motivaron a culminar con este logro que también es de ustedes, gracias por cada día trabajar arduamente para que yo pueda lograr mis objetivos.

A mi hermano Jordi, quien sin saberlo se convirtió en un motor importante en este camino. Has sido una chispa de motivación constante, que, con tu inocencia y tu forma de ver la vida, me recordaste que siempre hay razones para seguir adelante.

A esa persona especial que me acompañó de cerca durante este proceso; gracias por tu aliento, por escucharme en mis días buenos y malos, por impulsarme a continuar cuando sentía que ya no podía más. Tu apoyo fue un refugio en el cansancio y una luz en medio de las exigencias.

A mi abuelito que desde el cielo siempre estuvo a mi lado y que vive en mi corazón. Tus enseñanzas, tu amor y tu recuerdo han sido mi fuerza silenciosa. Este triunfo también te pertenece, allá donde estás.

Y a mis docentes, por compartir su conocimiento con vocación y compromiso

Gracias a todos por caminar conmigo. Este logro es un reflejo del amor, el esfuerzo y la fe compartida.

Ashley Karelis Beltrán Jiménez

AGRADECIMIENTO

Este logro no es solo mío, es el reflejo del esfuerzo, la fe y el amor de quienes caminaron conmigo en este proceso de superación.

Gracias a Dios, por recordarme que todo llega en el momento perfecto. Este logro es una oración contestada. Gracias por ser mi refugio, por sostenerme en silencio y acompañarme siempre.

A mis padres, Rogelio y Cecibel, gracias por enseñarme que cada etapa se puede superar con amor y paciencia. Son mis más grandes aspiraciones. Gracias por hacerme creer en mí, por su ejemplo y por llenar nuestra casa de amor incluso en los momentos más difíciles. La persona que quiero llegar a ser es una hermosa combinación de ustedes dos.

A mis hermanas, Angie y Justine, por salvarme de formas que ni imaginan. Son mi mayor amor y mi motor. Gracias por enseñarme a resistir, por confiar en mí y por estar siempre a mi lado. Somos nosotras tres contra el mundo, por siempre aplaudir mis logros incluso cuando yo dudaba de mí misma.

A mis mejores amigas de la universidad: ¡se logró! Lloramos, reímos y nos desvelamos, pero juntas alcanzamos esa meta que alguna vez pareció lejana. Gracias por ser mi apoyo y mi alegría en este camino.

Y a quien, desde el cielo, sigue siendo mi inspiración. Gracias por recordarme con tu amor que vale la pena seguir mis sueños. Sé que, desde algún lugar, me acompañas.

Wendolyn Aileen Guevara Moyano

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo proponer una optimización orientada a reducir el nivel de exposición ergonómica en los procesos de impresión y producción de empaques, mediante una evaluación técnica de riesgos en una estación de trabajo operativa (OP-EM-05) perteneciente a una empresa mediana del sector CIU 1702 en Ecuador. Se adoptó un diseño metodológico descriptivo con enfoque cuantitativo, empleando el método PERA (Postural Ergonomic Risk Assessment) y siete instrumentos estructurados para caracterizar el ciclo operativo, segmentar las tareas funcionales y evaluar tres dimensiones: postura, esfuerzo físico y duración. El análisis evidenció una puntuación promedio de 13 puntos para el ciclo, clasificado como de alto riesgo, con tres tareas que concentran la mayor carga biomecánica. Con base en estos resultados, se formuló una propuesta técnica constituida por tres estrategias específicas: implementación de soporte suspendido para herramienta manual, incorporación de mecanismo de prensado por palanca y rediseño del punto de apilamiento mediante tarima ajustable. Estas acciones se organizaron en un plan operativo de ocho semanas. Se concluye que el ciclo presenta un patrón de exposición sostenida sin mecanismos de compensación funcional, lo que justifica intervenciones técnicas puntuales para reducir la carga física acumulada en las tareas evaluadas.

Palabras clave: riesgo ergonómico, industria de empaques, método PERA.

ABSTRACT

This study aimed to propose an ergonomic optimization strategy to reduce exposure to physical risk factors in the printing and packaging production sector. The analysis focused on a real operational workstation (OP-EM-05) within a mid-sized company classified under CIU 1702 in Ecuador. A descriptive, quantitative design was applied using the Postural Ergonomic Risk Assessment (PERA) method, supported by seven structured instruments to document the operational cycle, break down functional tasks, and assess posture, physical effort, and task duration. The assessment revealed an average PERA score of 13, classifying the cycle as high-risk, with three tasks showing significant biomechanical demand. Based on these findings, the proposal included three targeted strategies: a suspended support system for the adhesive tool, a mechanical lever-based pressing mechanism, and the redesign of the stacking zone with an adjustable-height platform. These measures were organized into an eight-week implementation plan. The results indicate a sustained exposure pattern without compensatory mechanisms throughout the cycle, highlighting the need for technical interventions to mitigate accumulated physical strain.

Keywords: ergonomic risk, packaging industry, PERA method.

Índice de contenido

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORIA DEL TRABAJO DE TITULACION	II
CERTIFICADO DE DIRECCION DEL TRABAJO DE TITULACION	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
Índice de contenido	X
Índice de tablas	XI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Descripción del problema	5
1.3 Justificación	6
1.4 Grupo objetivo beneficiario	8
1.5 Objetivo General	9
1.6 Objetivos Específicos.....	9
CAPITULO II - MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Marco teórico referencial.....	10
2.2 Ergonomía en la industria de impresión y producción de empaques.....	12
2.3 Seguridad industrial en la industria de impresión y empaques	15
2.4 Normativas y legislación en seguridad y salud ocupacional.....	20
2.5 Impacto de la ergonomía en el rendimiento laboral.....	28
CAPITULO III - MARCO METODOLÓGICO.....	30
3.1 Enfoque de investigación.....	30
3.2 Alcance de investigación	30
3.3 Método	31
3.4 Instrumentos de recolección de información	34
3.5 Delimitación de la investigación.....	35
3.6 Población y muestra	36
3.7 Técnicas de análisis de la información	37
3.8 Procedimiento	38
CAPITULO IV - RESULTADOS	40
CAPITULO V - PROPUESTA.....	64
5.1 Justificación técnica	64
5.2 Objetivos	66
5.3 Estrategias	66
5.4 Actividades	68
5.5 Plan de acción	72
5.6 Recomendaciones para la implementación de la propuesta.....	74
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES.....	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

Índice de tablas

Tabla 1. Instrumentos diseñados para la aplicación del método PERA.....	34
Tabla 2. Ficha técnica de caracterización ergonómica del ciclo operativo observado	40
Tabla 3. Matriz de segmentación funcional del ciclo de trabajo para evaluación ergonómica ..	43
Tabla 4. Registro observacional de variables posturales por tarea en unidades funcionales del ciclo	49
Tabla 5. Ficha cualitativa de evaluación del esfuerzo físico aplicado por tarea	53
Tabla 6. Matriz de análisis porcentual de duración relativa de tareas en el ciclo operativo	57
Tabla 7. Ficha de asignación de puntuaciones PERA por tarea según combinación de variables de exposición	58
Tabla 8. Matriz de clasificación del riesgo ergonómico por tarea y ciclo	61
Tabla 9. Matriz de estrategias	67
Tabla 10. Matriz de actividades	69
Tabla 11. Plan de acción	72

INTRODUCCIÓN

En la industria manufacturera ecuatoriana, la fabricación de envases, empaques y artículos de cartón (CIU 1702) involucra procesos productivos con alta exigencia física, donde las condiciones ergonómicas son frecuentemente inadecuadas. En particular, las empresas medianas presentan rezagos normativos y técnicos en la gestión del riesgo ergonómico, lo que se traduce en una mayor incidencia de trastornos musculoesqueléticos entre los operarios. Esta investigación tiene como objetivo identificar y caracterizar los factores de riesgo ergonómico en operarios de empresas manufactureras del sector, evaluando las condiciones de trabajo en términos de posturas forzadas, manipulación manual de cargas, movimientos repetitivos y variables ambientales. A partir del diagnóstico, se plantea una propuesta técnica que permita reducir la exposición a estos factores, alineada con la normativa nacional vigente y los estándares técnicos internacionales.

La estructura de la investigación se organiza en cinco capítulos. El capítulo uno delimita el problema, justifica su abordaje y formula los objetivos. El capítulo dos desarrolla el marco referencial, estructurado en torno a conceptos técnicos de ergonomía, normativa internacional y nacional, regulaciones específicas aplicables y una revisión cronológica de estudios sobre el impacto de las prácticas ergonómicas en el rendimiento laboral. En el capítulo tres se presenta el enfoque metodológico, que responde a un diseño no experimental, con técnicas de observación estructurada y herramientas validadas para la evaluación ergonómica. El capítulo cuatro expone los resultados del diagnóstico aplicado a los puestos críticos identificados, mientras que el capítulo cinco formula una propuesta técnica orientada a eliminar o mitigar los factores de riesgo identificados, con lineamientos específicos de intervención. La investigación concluye con recomendaciones prácticas y normativas aplicables a la industria nacional.

CAPÍTULO I

1.1 Antecedentes

Cada año se registran aproximadamente 2,93 millones de muertes relacionadas con el trabajo y 395 millones de lesiones no fatales en todo el mundo, lo que representa una carga persistente para los sistemas productivos y sanitarios, con pérdidas económicas estimadas en el 4 % del producto interno bruto global (ILO, 2023). Esta carga se agrava por la exposición anual de 2.410 millones de trabajadores a condiciones de calor extremo, que inciden directamente en la salud ocupacional y en la pérdida de productividad. La siniestralidad se concentra principalmente en los sectores de manufactura, agricultura y construcción, que en conjunto representan el 60 % de los accidentes laborales fatales, debido a la interacción constante entre maquinaria, esfuerzo físico y exposición a agentes peligrosos. En paralelo, la capacidad fiscalizadora es limitada: en 2023, 44 países reportaron menos de un inspector por cada 10.000 trabajadores, restringiendo la supervisión técnica en entornos industriales parcialmente mecanizados (ILO, 2023).

Históricamente, los primeros registros de riesgos laborales se remontan al periodo industrial europeo del siglo XIX, con afectaciones documentadas en minería, transporte y manufactura (Ruslan et al., 2020). Durante el siglo XX, la acumulación de catástrofes permitió trazar una línea de continuidad en la vulnerabilidad estructural de ciertos sectores; el desastre de Flixborough (Reino Unido, 1974), con 28 muertos; el accidente químico de Seveso (Italia, 1976); la fuga de isocianato en Bhopal (India, 1984), con más de 15.000 víctimas; y el accidente nuclear de Chernóbil (Ucrania, 1986), con efectos acumulados en miles de personas, ilustran esa trayectoria. Estos casos impulsaron discusiones normativas que aún persisten. Ya en el siglo XXI, el colapso del edificio Rana Plaza (Bangladesh, 2013), con 1.132 muertos, reafirmó que la

subestimación del riesgo sigue presente en cadenas de valor formalizadas, incluidas aquellas vinculadas a procesos ligeros de manufactura (ILO, 2019).

La creación de la OIT en 1919 representó el primer esfuerzo multilateral por institucionalizar la coordinación en seguridad y salud laboral; desde sus primeras conferencias se promovieron recomendaciones técnicas sobre sustancias, horarios y condiciones de trabajo. Durante las décadas posteriores, se fortaleció una red de producción normativa y científica mediante centros especializados como la Sección de Higiene Industrial (1920) y la Sección de Seguridad Industrial (1921). El proceso se consolidó con la Declaración de Filadelfia (1944) y la cooperación con la OMS desde 1950. En este contexto, se adoptaron convenios relevantes como el N.º 155 (1981), su Protocolo (2002) y el N.º 187 (2006), que establecen directrices nacionales para marcos de mejora continua. Desde 1959, el Centro Internacional de Información en Seguridad y Salud en el Trabajo (CIS) ha contribuido a la vigilancia técnica de sectores con alta concentración de accidentes, con atención progresiva a tareas rutinarias y turnos prolongados en entornos industriales (Halonen y Liukkunen, 2021).

Durante el presente siglo, la OIT ha orientado sus acciones hacia la prevención estructurada y la cultura de seguridad; en 2003, se formalizó la Estrategia Global sobre Seguridad y Salud, junto con el Día Mundial conmemorativo. Las declaraciones de Seúl (2008) e Estambul (2011) reconocieron al entorno saludable como derecho humano. A ello se suma la ratificación de los convenios N.º 155 y 187, el Plan de Acción 2010–2016 y la asistencia técnica focalizada. En 2015, se lanzó el programa “Safety and Health for All”, enfocado en sectores de alta siniestralidad en países de ingresos bajos y medios. Las industrias manufactureras, incluidas las orientadas a impresión o ensamblaje, han sido objeto de seguimiento por presentar patrones operativos que combinan automatización limitada con tareas de exigencia física (ILO, 2019).

Estos avances normativos han coexistido con disparidades de implementación, especialmente en sectores donde la vigilancia ha dependido de criterios técnico-legales fragmentarios. Entre 2010 y 2021, la persistencia de accidentes industriales graves ha evidenciado que las mejoras normativas no se traducen necesariamente en mitigación de riesgo. Casos como la mina San José (Chile, 2010), con 33 atrapados; Fukushima (Japón, 2011); Brumadinho (Brasil, 2019), con 259 víctimas; y la explosión en Leverkusen (Alemania, 2021) muestran esa continuidad. Las investigaciones técnicas han resaltado que el origen de muchos siniestros no es solo mecánico o estructural, sino también organizacional y operativo. Esta dimensión ha cobrado importancia en sectores manufactureros con actividades repetitivas, o interacción prolongada con herramientas sin resguardo ergonómico adecuado (ILO, 2019).

Las tasas de accidentabilidad muestran diferencias relevantes entre regiones; en Asia, Hong Kong reporta 4.860,4 accidentes no fatales por cada 100.000 trabajadores; en Europa, Dinamarca alcanza 3.581,3, Bélgica 1.444,6 y Austria 1.441,5; mientras que, en África, Burkina Faso presenta 1.894,7 y Egipto 371,0 (OIT, 2023a). En América Latina, destacan Costa Rica (9.421,4), Colombia (4.782,9), Argentina (3.608,7) y Chile (3.141,8). Respecto a tasas fatales, Cuba presenta 25,0, República Dominicana 17,9 y Argentina 13,4. En Ecuador, las tasas oficiales son de 9,0 accidentes no fatales y 1,0 fatal por cada 100.000 trabajadores, con apenas 0,2 inspectores por cada 10.000 empleados (ILO-STAT, 2025). Esta baja densidad institucional se relaciona con sectores industriales que operan bajo esquemas de producción manual o mecanización parcial, como ocurre en segmentos manufactureros intermedios con procesos que combinan velocidad, precisión y carga física moderada. El énfasis en este tipo de riesgos no implica excluir otros, sino complementar el enfoque hacia dimensiones que históricamente fueron subestimadas.

1.2 Descripción del problema

Pese a los avances normativos y técnicos en seguridad y salud en el trabajo, los riesgos ergonómicos continúan generando impactos relevantes en los entornos productivos; a escala global, representan el segundo grupo de riesgos laborales con mayor carga sanitaria, superados solo por la exposición a agentes químicos y físicos. Según estimaciones de la OIT y la OMS, en 2016 los factores ergonómicos fueron responsables de 12,27 millones de años de vida ajustados por discapacidad (DALYs), lo que equivale al 13,8 % de la carga atribuible al trabajo. Las patologías más asociadas a estos riesgos incluyen trastornos dorsolumbares (8,3 millones de DALYs), cervicales (2,5 millones) y de extremidades superiores (1,4 millones), generadas principalmente por posturas forzadas, movimientos repetitivos y tareas físicas prolongadas (WHO/ILO, 2021).

En América Latina, estudios regionales han documentado una alta exposición a riesgos ergonómicos; en Brasil, entre el 2007 y 2018, más de 67 mil trabajadores reportaron haber sufrido de trastornos musculoesqueléticos relacionado al trabajo (Lima et al., 2024), mientras que, en Colombia, el 84,4 % de las mujeres y el 77,3 % de los hombres en Colombia reportan realizar movimientos repetitivos, mientras que en Argentina estas cifras alcanzan el 50,8 % y 58,6 %, respectivamente (Merino-Salazar et al., 2017). Estas cifras reflejan condiciones laborales caracterizadas por esfuerzo físico sostenido y escasa automatización. De forma paralela, un informe de la European Agency for Safety and Health at Work (WHO/ILO, 2021) reporta que el 58 % de los trabajadores de fábrica en Europa desarrollan distensiones musculares por tareas repetitivas, lo que genera lesiones en cuello, hombros y brazos. Aunque se trata de contextos distintos, ambos comparten estructuras productivas que exponen al trabajador a cargas físicas elevadas y a limitaciones en el diseño ergonómico de los puestos de trabajo.

En el caso de Ecuador, el estudio de Villacrés-López et al. (2024) sistematiza los datos del período 2017–2023 y concluye que el 88 % de las enfermedades profesionales calificadas por el CVIRP del IESS corresponden a trastornos musculoesqueléticos. En mujeres, los TME representan el 95,74 % de los casos, siendo el síndrome de túnel carpiano el diagnóstico más prevalente, con una tasa de incapacidad parcial del 49,1 %. En hombres, la prevalencia alcanza el 77,15 %, predominando la hernia discal lumbar (55,3 %). Estas patologías han sido asociadas a actividades que implican sobreesfuerzo físico, uso repetitivo de herramientas manuales, posturas mantenidas y ciclos operativos extensos sin pausas adecuadas.

A pesar de esta evidencia, persiste una brecha técnica en la identificación y cuantificación del riesgo ergonómico en industrias manufactureras con procesos manuales. En particular, sectores como la fabricación de empaques presentan condiciones operativas que incluyen posturas fijas, herramientas manuales y tareas cíclicas, sin que se haya realizado una evaluación sistemática del riesgo ergonómico utilizando métodos estandarizados. Frente a esta situación, surge la necesidad de responder a la siguiente pregunta: ¿Cuál es el nivel de riesgo ergonómico presente en los puestos operativos de la industria manufacturera de empaques en Ecuador y qué tipo de mejoras pueden derivarse de su evaluación? La presente investigación se orienta a cubrir esta brecha, generando un diagnóstico técnico que permita sustentar propuestas de rediseño ergonómico contextualizadas a las condiciones de trabajo observadas.

1.3 Justificación

La evaluación del riesgo ergonómico en industrias manufactureras que operan con ciclos manuales representa una necesidad técnica urgente, dado que este tipo de tareas ha demostrado generar condiciones de exposición sostenida a movimientos repetitivos, posturas forzadas y esfuerzos físicos que pueden anticiparse con metodologías especializadas. A pesar de que las

enfermedades musculoesqueléticas han sido ampliamente documentadas en los registros institucionales, persiste una distancia operativa entre el diagnóstico clínico posterior y la identificación preventiva de factores ergonómicos que los originan. Esta desconexión limita la posibilidad de intervenir los procesos antes de que se presenten afectaciones funcionales o incapacidades parciales en la población trabajadora, especialmente en segmentos femeninos altamente expuestos en actividades repetitivas y en cadenas de producción lineales.

Desde una perspectiva técnica, abordar el riesgo ergonómico permite introducir correctivos específicos en el diseño de tareas, en la disposición física del entorno y en la rotación de funciones, lo cual repercute directamente en la reducción de la carga física y en la prevención de futuras enfermedades laborales. En contextos manufactureros donde predominan tareas manuales, la incorporación de herramientas de evaluación ergonómica proporciona evidencia concreta para justificar ajustes organizacionales o estructurales que no dependen exclusivamente del diagnóstico clínico ni de los tiempos de respuesta institucional. Además, el conocimiento técnico derivado de esta evaluación ofrece insumos validados para capacitar al personal en prácticas más seguras, alineadas con los requerimientos reales de la actividad productiva y no con estándares genéricos de prevención.

Este estudio también responde a la necesidad de establecer un puente entre la evidencia existente y la acción preventiva específica en entornos laborales concretos. No se limita a describir la existencia de enfermedades ocupacionales, sino que propone una aproximación funcional orientada a la medición objetiva del riesgo, lo cual permite transitar desde un enfoque reactivo hacia uno preventivo. Esta transición metodológica es especialmente relevante para pequeñas y medianas empresas manufactureras, donde las condiciones laborales tienden a permanecer inalteradas por falta de indicadores técnicos que sustenten modificaciones

operativas. Por tanto, la investigación no solo aporta criterios de intervención ergonómica, sino que habilita una toma de decisiones fundamentada para mejorar la sostenibilidad productiva y preservar la capacidad laboral del recurso humano.

1.4 Grupo objetivo beneficiario

El grupo objetivo beneficiario de esta investigación está conformado por los trabajadores operativos de empresas medianas del sector de impresión y fabricación de empaques en Ecuador, específicamente aquellas clasificadas bajo el código CIIU 1702, que corresponden a la producción de papel, cartón y envases derivados. Estos trabajadores desempeñan funciones dentro de líneas de producción parcialmente automatizadas, en actividades que incluyen la operación de prensas de impresión, el ensamblaje de empaques y el ajuste de maquinaria. Se trata de operarios que ejecutan tareas repetitivas, manipulan herramientas manuales y mantienen posturas prolongadas durante los turnos laborales.

El estudio se enfoca particularmente en operarios pertenecientes a empresas con capital suscrito entre 1 y 3 millones de dólares, lo cual permite delimitar el análisis a unidades productivas de tamaño medio con características organizacionales similares. Dentro de este grupo, se selecciona un operario modelo que representa la ejecución típica de tareas dentro del área productiva, permitiendo establecer patrones ergonómicos representativos para la evaluación. El grupo se caracteriza por su participación directa en la cadena operativa, su exposición cotidiana a cargas físicas moderadas o elevadas, y su experiencia práctica en la manipulación de maquinaria semiautomatizada.

Además de los trabajadores, también se considera parte del grupo beneficiario al personal técnico de las áreas de producción y mantenimiento que coordina el flujo operativo en dichas empresas. Este segmento incluye a supervisores, operadores de maquinaria especializada y

responsables de planta que tienen contacto directo con las condiciones de trabajo de los operarios. La caracterización del grupo se delimita, por tanto, a actores internos de nivel operativo y técnico dentro del entorno industrial específico, con base en criterios organizacionales, funcionales y estructurales previamente establecidos en la delimitación metodológica del estudio.

1.5 Objetivo General

Proponer una optimización para mejorar la salud ergonómica en los procesos de impresión y producción de empaques mediante una evaluación integral de riesgos.

1.6 Objetivos Específicos

- Identificar las tareas que integran los procesos operativos en impresión y empaques, considerando su estructura funcional y su frecuencia de ejecución.
- Analizar las condiciones físicas en las que se desarrollan dichas tareas, con énfasis en las exigencias asociadas a la postura, el esfuerzo y el tiempo de trabajo.
- Determinar el nivel de exposición ergonómica presente en las actividades observadas, con base en parámetros técnicos vinculados al desempeño corporal.
- Formular estrategias orientadas a reducir los riesgos derivados de la carga postural y a mejorar la organización del trabajo en las estaciones evaluadas.

CAPITULO II - MARCO TEÓRICO

2.1 Marco teórico referencial

El análisis de los estudios previos sobre riesgo ergonómico en áreas de empaque permite identificar una trayectoria metodológica sostenida en el tiempo, que ha evolucionado tanto en sus técnicas de evaluación como en sus resultados aplicados. En 2014, Trávez (2014) desarrolló una investigación en la planta de PARMALAT del Ecuador S.A., en Lasso, Cotopaxi, centrada en 17 operarios de producción. A través de encuestas higiénicas, observación directa y los métodos RULA y OWAS, se estableció que el 56,67 % de las actividades presentaban riesgo ergonómico entre moderado e importante. Además, se constató que el 35,9 % de las consultas médicas estaban relacionadas con molestias osteomusculares. El estudio concluyó que la ausencia de pausas activas, el desconocimiento del personal sobre sus condiciones de trabajo y la falta de control del ritmo productivo incrementaban la probabilidad de desarrollar enfermedades musculoesqueléticas acumulativas.

Al año siguiente, Verdezoto (2015) abordó el riesgo postural en 34 trabajadores del área de empaque manual de Levapan del Ecuador S.A., utilizando el método REBA para evaluar 33 actividades. La investigación reveló que el 85 % de las tareas presentaban riesgo medio, alto o muy alto, siendo las principales dolencias la dorsalgia (63 %), la cervicalgia (58 %) y la lumbalgia (47 %). Se aplicaron medidas correctivas como pausas activas, rotación de tareas y rediseño del mobiliario, lo que permitió reducir el riesgo postural alto en un 47 % y aumentar la percepción de ambiente laboral adecuado del 21 % al 84 %. La reducción del ausentismo médico a 0,07 % sugiere una mejora significativa en las condiciones ergonómicas tras la intervención.

En 2022, la investigación en entornos productivos se diversificó hacia distintos sectores industriales, manteniendo el foco en actividades de empaque. Hernández (2022) evaluó el área

operativa de una empaedora de camarón con una muestra de 60 trabajadores, utilizando los cuestionarios I-ESST y nórdico de Kuorinka. La frecuencia de molestias en cuello (63 %), hombros (55 % y 50 %) y muñecas (45 % y 42 %) mostró una fuerte correlación con posturas forzadas y carga física, con asociaciones estadísticamente significativas ($p < 0,05$). El análisis respaldó la necesidad de un rediseño ergonómico en tareas repetitivas, destacando la relación entre exigencias posturales y la prevalencia de sintomatología musculoesquelética.

Ese mismo año, Sáñez (2022) aplicó una metodología cuantitativa en una empresa productora de snacks, centrando el estudio en 40 operarios del área de empaque, distribuidos en turnos rotativos de 12 horas. Se utilizó el método Checklist OCRA, procesando registros de frecuencia, postura, duración y recuperación mediante la norma ISO/NP T 12295:2014. Los resultados reflejaron una exposición continua de 570 minutos con un puntaje de 1,5 en el multiplicador de duración y 2,5 en el de recuperación. Las acciones técnicas por ciclo alcanzaron 220 en la extremidad derecha y 149 en la izquierda, con una probabilidad de TME superior al 22,5 %. La investigación concluyó que el riesgo por movimientos repetitivos en este tipo de líneas productivas requiere intervenciones de ingeniería y reorganización del trabajo.

La más reciente contribución la ofrece Fuentes et al. (2024), quien extendió el análisis ergonómico al sector agrícola, enfocándose en diez fincas bananeras de Los Ríos. A partir de una muestra de 298 trabajadores, se aplicó la Matriz de Riesgos Laborales para ponderar exposición, consecuencias y probabilidad. Se identificaron niveles críticos de riesgo por movimientos repetitivos (1500), sobreesfuerzo físico (900) y posturas forzadas (180). La jornada prolongada, la rotación limitada y la ausencia de rediseño ergonómico explican que el 80 % de las patologías reportadas correspondan a riesgos no gestionados. Las recomendaciones se centraron en rediseñar herramientas, reorganizar tiempos de trabajo e incorporar capacitaciones preventivas.

Estos estudios revisados muestran una progresiva consolidación de criterios técnicos para la medición del riesgo ergonómico en áreas de empaque, evidenciando patrones recurrentes como la prevalencia de lesiones en cuello, hombros y extremidades superiores, así como una alta exposición a tareas repetitivas y posturas mantenidas. Las cifras reportadas coinciden en mostrar niveles de riesgo elevados y efectos negativos sobre la salud osteomuscular. A pesar de los avances en diagnóstico y aplicación de métodos normativos, persisten brechas en la implementación sostenida de medidas correctivas, lo que justifica la continuidad de investigaciones centradas en rediseños operativos y prevención ergonómica contextualizada.

2.2 Ergonomía en la industria de impresión y producción de empaques

2.2.1 Definición y principios de la ergonomía

La ergonomía se define como una disciplina orientada a analizar las interacciones entre los seres humanos y los componentes físicos, organizacionales y tecnológicos de los sistemas productivos o de servicios; esta disciplina utiliza principios, datos y métodos derivados de las ciencias humanas para adaptar el diseño de tareas, herramientas, equipos y ambientes a las características fisiológicas, cognitivas y biomecánicas del trabajador (Karwowski y Zhang, 2021). La definición oficial propuesta por la International Ergonomics Association (IEHFA, 2025), establece que la ergonomía no se limita a la modificación correctiva posterior a la aparición de trastornos, sino que debe intervenir desde las fases iniciales de concepción del sistema para evitar incompatibilidades estructurales, funcionales u organizacionales entre el operador y su entorno.

Los principios ergonómicos se organizan en tres dimensiones: estructural, funcional y organizacional. En la dimensión estructural, se consideran aspectos como la compatibilidad antropométrica entre el cuerpo humano y los componentes del entorno de trabajo, la

accesibilidad a comandos o controles y la adecuación del diseño de herramientas. En la dimensión funcional, se examina la distribución de cargas físicas y cognitivas, la frecuencia de movimientos, el tiempo de recuperación fisiológica y la alternancia de posturas. Por su parte, la dimensión organizacional incorpora criterios relacionados con el ritmo de trabajo, la variabilidad de las tareas y la posibilidad de autonomía del operario. Estos principios se orientan a reducir la exposición del trabajador a condiciones que puedan generar trastornos musculoesqueléticos o afectar su desempeño durante la jornada laboral (Karwowski y Zhang, 2021).

La evolución de la ergonomía ha permitido su consolidación como disciplina aplicada al diseño de sistemas sociotécnicos, pasando de una perspectiva centrada únicamente en la biomecánica individual hacia un enfoque que articula componentes físicos, cognitivos y organizacionales. Thatcher et al. (2020) destacan que este cambio metodológico ha sido impulsado por la incorporación de tecnologías digitales, el incremento de la automatización y la diversificación de perfiles ocupacionales en los entornos laborales contemporáneos. Este enfoque sistémico permite que la ergonomía actúe sobre todos los niveles del sistema productivo, desde el diseño físico de la estación de trabajo hasta la programación de tareas, la gestión de tiempos y la adaptación del entorno a usuarios con capacidades heterogéneas.

La aplicación de principios ergonómicos requiere una intervención técnica específica en cada fase del proceso de diseño, fabricación y operación; su implementación debe considerar tanto el análisis de riesgos biomecánicos como las condiciones organizativas que afectan la exposición del trabajador. Esta intervención permite anticipar la aparición de lesiones, disminuir la fatiga operativa y optimizar el desempeño humano en tareas de repetición, manipulación manual o posturas estáticas. El cumplimiento de estos principios se traduce en una reducción medible de accidentes, ausentismo y errores operativos, al tiempo que mejora la sostenibilidad

del sistema productivo en términos de eficiencia humana, salud ocupacional y capacidad de respuesta ante exigencias laborales crecientes (Thatcher et al., 2020).

2.2.2 Factores Ergonómicos en la Industria de Impresión

La industria de empaques, al operar bajo dinámicas intensivas en mano de obra, expone a sus operarios a condiciones biomecánicas que incrementan la probabilidad de desarrollar trastornos musculoesqueléticos. Entre los factores más recurrentes se encuentran las posturas estáticas mantenidas durante extensos periodos, particularmente en tareas de ensamble y control de calidad, donde el trabajador permanece en posición bípeda sin apoyo lumbar ni variación postural, generando tensiones en la región lumbosacra y extremidades inferiores (Mateo et al., 2020). La estandarización del ritmo de producción mediante líneas automatizadas agrava este efecto, al requerir sincronización permanente con la velocidad de la máquina, limitando pausas fisiológicas y micro-descansos necesarios para la recuperación muscular (Burgess-Limerick, 2018).

Otro componente determinante es la manipulación repetitiva de cargas de bajo peso en ciclos cortos. Estas acciones implican movimientos constantes de flexoextensión de muñecas, pronosupinación de antebrazos y agarres de pinza mantenidos, que superan las frecuencias ergonómicamente recomendadas. En procesos como el embalaje secundario o el apilamiento de productos, los operarios realizan más de 200 acciones técnicas por hora, lo que excede el umbral de seguridad establecido por el método OCRA y puede generar sobrecarga de tejidos blandos, especialmente en muñeca, codo y hombro (Mateo, 2019).

La altura de trabajo y el diseño de las estaciones también configuran un riesgo biomecánico significativo. Superficies por debajo o por encima del rango óptimo de trabajo provocan inclinaciones del tronco, elevación repetida de brazos y extensiones cervicales

forzadas, afectando la mecánica corporal del operario. Esta situación es frecuente en actividades de inspección visual, cierre manual de empaques o alimentación de materiales a la línea, donde los planos de trabajo no son ajustables. La carencia de adecuaciones antropométricas incrementa las exigencias físicas innecesarias, provocando compensaciones posturales que, mantenidas en el tiempo, derivan en microtraumatismos acumulativos (Harcombe et al., 2010).

Además, el ritmo impuesto por la maquinaria determina el patrón de actividad del operario, lo que configura un factor organizativo relevante. En líneas continuas, el tiempo de ciclo suele ser inferior a 20 segundos, lo que obliga al operario a mantener niveles constantes de atención y ejecución motora sin oportunidad de recuperación activa. Este tipo de organización del trabajo se asocia con una alta carga cognitiva y fisiológica, que puede potenciar el deterioro físico incluso en actividades de baja carga mecánica. Estudios experimentales muestran que este ritmo predeterminado reduce la variabilidad biomecánica, favoreciendo la aparición de trastornos por uso excesivo (Burgess-Limerick et al., 2018).

Por último, los factores ambientales presentes en las plantas de empaque actúan como moduladores del riesgo ergonómico. Condiciones térmicas adversas, iluminación deficiente y ruido por encima de 80 dB(A) interfieren con la percepción sensorial, el equilibrio postural y la coordinación motora fina. Estos elementos, combinados con la presión de cumplimiento de metas productivas, aumentan la propensión a errores operativos y fatiga física. En consecuencia, el entorno físico debe ser considerado como un componente activo en la evaluación ergonómica, especialmente en tareas manuales repetitivas donde pequeñas perturbaciones pueden alterar significativamente la biomecánica del trabajador (Mateo, 2019).

2.3 Seguridad industrial en la industria de impresión y empaques

2.3.1 Fundamentos de la seguridad industrial

La seguridad industrial se sostiene sobre la identificación anticipada de peligros y el control sistemático de los riesgos asociados al entorno de trabajo. Este enfoque se articula con la necesidad de evitar daños a la salud de los trabajadores mediante intervenciones planificadas desde la fase operativa y organizacional. Las medidas preventivas requieren estructuras internas capaces de evaluar exposiciones, analizar procesos y adoptar controles efectivos. Alli (2008) destaca la importancia de programas que integren diagnóstico técnico, vigilancia constante y mecanismos correctivos. La prevención no depende únicamente de la detección de condiciones inseguras, sino de la acción estructurada que impida su materialización. Esto incluye protocolos específicos, seguimiento de tareas críticas y validación de cambios técnicos. El eje de actuación es la anticipación, no la reacción posterior al daño.

El desarrollo de una cultura orientada a la prevención se convierte en un componente operativo que refuerza la sostenibilidad de las intervenciones técnicas. Esta cultura se construye mediante rutinas, valores compartidos y prácticas institucionalizadas que promueven el autocuidado y el respeto por las normas. El cumplimiento no se limita a lo legal, sino que se internaliza como hábito productivo. Alli (2008) sostiene que esta cultura debe permear todos los niveles jerárquicos mediante formación continua, supervisión efectiva y espacios de participación. La transformación de comportamientos inseguros exige liderazgo técnico, comunicación clara y mecanismos para reportar condiciones adversas. No basta con diseñar procedimientos; se requiere que estos sean operativamente aplicables y evaluables. La cultura preventiva no es espontánea, sino resultado de una gestión sistemática del comportamiento laboral.

Los sistemas de gestión en seguridad industrial constituyen una estructura técnica para organizar las acciones preventivas, con componentes definidos y procedimientos normalizados.

La identificación de peligros, la evaluación de riesgos, la implementación de controles y la revisión de resultados operativos conforman una secuencia funcional validada en distintos sectores. Alli (2008) plantea que este tipo de sistemas debe estar sustentado en registros verificables, auditorías internas y análisis de incidentes que permitan corregir desviaciones. La consistencia del sistema radica en su capacidad de adaptarse a la variabilidad operativa y mantener estándares de exposición aceptables. Las funciones del sistema incluyen la planificación preventiva, la definición de responsabilidades y la coordinación interdepartamental. La trazabilidad de los eventos de riesgo facilita la toma de decisiones correctivas y permite el monitoreo de indicadores reales.

El cumplimiento normativo constituye un componente técnico que otorga estructura a las medidas de prevención, al establecer criterios mínimos y exigencias verificables. El marco legal define obligaciones específicas sobre uso de equipos de protección, condiciones de trabajo y responsabilidades institucionales. Alli (2008) establece que las leyes laborales deben ser actualizadas, comprensibles y aplicables a los procesos reales de producción. La normativa actúa como referencia objetiva para auditar condiciones, controlar exposiciones y sancionar incumplimientos. Su función se articula con el monitoreo institucional mediante inspecciones, reportes obligatorios y mecanismos de fiscalización. Las disposiciones legales no se limitan a la protección individual, sino que establecen condiciones colectivas para mantener entornos operativos seguros. La coherencia normativa permite evaluar la alineación entre las prácticas internas y los estándares requeridos.

El impacto económico de los accidentes genera una justificación técnica para implementar sistemas preventivos, ya que los costos derivados de lesiones, ausentismo o pérdidas operativas superan los recursos destinados a evitar el daño. Alli (2009) advierte que los

costos indirectos pueden multiplicar por cuatro o cinco los gastos visibles, afectando la eficiencia y continuidad del negocio. La adopción de estrategias preventivas reduce interrupciones, mejora la productividad y disminuye los pasivos legales. Las empresas que controlan los factores de riesgo mejoran sus indicadores de desempeño y fortalecen su reputación institucional. El análisis costo-eficiencia permite priorizar inversiones preventivas según el nivel de exposición y probabilidad de ocurrencia. La prevención deja de ser una exigencia externa para convertirse en una estrategia operativa compatible con los objetivos productivos de cualquier organización.

2.3.2 Identificación y evaluación de riesgos laborales

La identificación y evaluación de riesgos laborales constituyen procedimientos técnicos orientados a reconocer condiciones peligrosas en el entorno de trabajo y a estimar su impacto sobre la seguridad y salud de los trabajadores. En términos generales, los riesgos se clasifican en físicos, químicos, biológicos, ergonómicos, mecánicos y psicosociales (Erwandi et al., 2021). La identificación consiste en detectar estos factores mediante inspecciones visuales, entrevistas, análisis de procesos, revisión de documentos, observación directa y cuestionarios estructurados. Cada tipo de riesgo presenta características diferenciadas y requiere métodos específicos para su detección, según el ambiente, el tipo de actividad y el perfil ocupacional (Chartres et al., 2019).

Los riesgos físicos están asociados a variables ambientales como ruido, iluminación, vibraciones, temperaturas extremas o radiaciones. Su identificación exige el uso de instrumentos técnicos como sonómetros, luxómetros o medidores de calor radiante. La evaluación de estos riesgos requiere establecer comparaciones con límites permisibles definidos en normativas nacionales o estándares internacionales como los de la ACGIH. Por ejemplo, un nivel de ruido continuo equivalente superior a 85 dB(A) durante una jornada laboral de 8 horas se considera no aceptable y requiere intervención inmediata (IJAAS, 2021).

Los riesgos químicos derivan de la presencia o manipulación de sustancias tóxicas, corrosivas, inflamables o sensibilizantes. La identificación se realiza a partir de fichas de datos de seguridad (FDS), observación de los procesos y revisión de inventarios de productos químicos. La evaluación de este tipo de riesgo implica considerar vías de ingreso al organismo (inhalación, absorción dérmica, ingestión), frecuencia de exposición, concentración ambiental y duración de la tarea. Métodos como el Índice de Peligrosidad Relativa (IPR) o el control por niveles de exposición ocupacional (OEL) permiten cuantificar este riesgo y establecer medidas de prevención (Chartres et al., 2019).

Los riesgos biológicos comprenden la exposición a microorganismos patógenos, virus, bacterias, hongos o parásitos. Se presentan con mayor frecuencia en actividades relacionadas con el manejo de residuos, alimentos, material orgánico o servicios sanitarios. Su identificación implica detectar fuentes biológicas activas y condiciones que favorezcan su proliferación. La evaluación debe considerar el tipo de agente, su capacidad infecciosa, el tiempo de exposición y las medidas existentes de contención. Para estos casos, se recomienda aplicar procedimientos de bioseguridad y mantener registros epidemiológicos del personal expuesto (Chartres et al., 2019).

Los riesgos ergonómicos están vinculados a la inadecuación entre las exigencias físicas o cognitivas del trabajo y las capacidades del trabajador. Comprenden factores como posturas forzadas, movimientos repetitivos, manipulación manual de cargas, diseño inadecuado de herramientas o ritmo excesivo de trabajo. La identificación se apoya en métodos observacionales y análisis funcional de tareas. Entre las técnicas más empleadas se encuentran RULA, REBA y el método PERA, que permiten evaluar segmentos corporales comprometidos y ponderar los niveles de exposición en función de frecuencia, duración, peso y estabilidad de la carga (Chander y Cavatorta, 2017).

Los riesgos mecánicos derivan de condiciones inseguras en maquinarias, herramientas, objetos punzocortantes o superficies irregulares. Su identificación se realiza mediante inspecciones programadas, observación directa y análisis de incidentes. La evaluación considera la posibilidad de atrapamiento, aplastamiento, corte, proyección de partículas o caídas. El uso de matrices de severidad y probabilidad permite asignar niveles de riesgo y determinar si es necesario aplicar protecciones físicas, dispositivos de enclavamiento o automatización de procesos con control remoto (Chartres et al., 2019).

Por último, los riesgos psicosociales se relacionan con el ambiente organizacional, la carga mental, el estilo de liderazgo, la falta de control sobre el trabajo, el acoso o la violencia laboral. Su identificación requiere instrumentos cualitativos como encuestas estandarizadas, entrevistas y grupos focales. La evaluación se orienta a establecer si las condiciones existentes pueden generar estrés crónico, agotamiento emocional, trastornos del sueño o desmotivación. Las metodologías validadas, como el Cuestionario de Evaluación Psicosocial o el COPSOQ, permiten cuantificar dimensiones específicas y guiar medidas correctivas desde el enfoque de salud organizacional (Chartres et al., 2019).

2.4 Normativas y legislación en seguridad y salud ocupacional

2.4.1 Normativas nacionales e internacionales en seguridad industrial

La regulación sobre riesgos ergonómicos en el contexto laboral ha evolucionado desde los compromisos internacionales asumidos por Ecuador hasta la normativa nacional vigente. El punto de partida se encuentra en el Convenio N.º 155 de la OIT sobre seguridad y salud de los trabajadores, ratificado por Ecuador mediante Decreto Supremo N.º 1377. Este instrumento establece en el artículo 16 la obligación del empleador de garantizar que el ambiente de trabajo, equipos y procedimientos no representen riesgos para la salud. Aunque el texto no menciona de

forma expresa el término “ergonomía”, su exigencia de adecuación del entorno físico, procesos y condiciones laborales constituye un marco normativo que incluye los riesgos ergonómicos derivados de posturas forzadas, movimientos repetitivos o esfuerzos físicos localizados .

La Recomendación N.º 164 de la OIT complementa este convenio, indicando en el numeral 18 que las evaluaciones de riesgos deben considerar aspectos relativos al diseño del puesto de trabajo, la carga física y mental, así como la adecuación del mobiliario y equipamiento. Este enfoque técnico y orientado al análisis de las condiciones biomecánicas respalda el desarrollo de programas preventivos específicos para riesgos musculoesqueléticos. El documento promueve que se adopten medidas basadas en principios ergonómicos, tanto para la concepción de herramientas como para la organización de tareas, con el fin de minimizar cargas posturales y dinámicas excesivas .

En el ámbito normativo interno, el Código del Trabajo del Ecuador, reformado por última vez en 2023, establece en el artículo 415 la obligación del empleador de prevenir los riesgos laborales. Si bien no clasifica los riesgos por su tipología, su redacción permite interpretar que los riesgos ergonómicos se incluyen bajo la categoría general de riesgos para la integridad física del trabajador. A esto se suma la disposición del artículo 430, que exige a los empleadores adecuar los espacios físicos de acuerdo con las características de las tareas, lo que conlleva la aplicación de criterios ergonómicos al momento de diseñar estaciones de trabajo .

El Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo, aprobado mediante Resolución C.D. 513 del IESS, establece con mayor especificidad la obligación de identificar, evaluar y controlar riesgos derivados de factores ergonómicos. En su artículo 11 se menciona explícitamente la necesidad de considerar la biomecánica, el diseño del espacio laboral y la carga física al realizar evaluaciones de riesgos ocupacionales. Además, el Anexo Técnico 2 del mismo

reglamento incorpora la evaluación del riesgo ergonómico como parte del diagnóstico obligatorio en las auditorías de salud ocupacional .

El Decreto Ejecutivo N.º 255 de 2024, que reformula el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo, consolida las exigencias anteriores incorporando expresamente la ergonomía como categoría de riesgo laboral. El artículo 15 literal b) exige que las evaluaciones de riesgo contemplen condiciones posturales, repetitividad y esfuerzo físico, y el artículo 23 obliga a implementar medidas correctivas específicas cuando se identifiquen condiciones ergonómicas inadecuadas. Este marco normativo promueve la aplicación de métodos técnicos como RULA o REBA para el análisis sistemático de posturas y tareas de carga .

Este decreto también ordena que los comités de seguridad incluyan entre sus funciones la vigilancia ergonómica, tal como se especifica en el artículo 42. Esto implica la generación de registros específicos sobre evaluaciones ergonómicas, seguimiento de patologías musculoesqueléticas y adecuación progresiva de los entornos de trabajo en función de recomendaciones técnicas. El mismo cuerpo normativo establece la obligatoriedad de la capacitación técnica de los responsables de salud ocupacional sobre principios de ergonomía laboral aplicados a tareas manuales y automatizadas.

En términos de cumplimiento, tanto el Código del Trabajo como el Reglamento de Riesgos del Trabajo establecen sanciones en caso de omisión de medidas preventivas relacionadas con riesgos físicos, lo que incluye riesgos ergonómicos. Estas sanciones se aplican si la empresa no documenta la evaluación ergonómica, si no se han implementado medidas de adecuación o si no se ha efectuado seguimiento médico a trabajadores expuestos a tareas de alto riesgo postural. El enfoque actual exige que los instrumentos de gestión de seguridad laboral

contemplan matrices específicas de riesgo ergonómico y que estas sean actualizadas periódicamente en función del tipo de tarea y la exposición identificada.

Las normativas revisadas convergen en la exigencia de que los puestos de trabajo sean adaptados a las capacidades del trabajador, evitando la exposición sostenida a posturas forzadas, cargas inestables o ciclos de trabajo repetitivos. Tanto la normativa internacional ratificada como la legislación ecuatoriana vigente coinciden en la incorporación explícita de la ergonomía dentro de la planificación de la seguridad laboral, siendo responsabilidad del empleador la adopción de herramientas de evaluación, rediseño de tareas y seguimiento de condiciones biomecánicas. Esta alineación normativa refuerza la exigencia de implementar una gestión técnica del riesgo ergonómico basada en estándares verificables y protocolos actualizados.

2.4.2 ISO 45001: Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo

La norma ISO 45001 establece un marco sistemático para mejorar la seguridad, reducir los riesgos laborales y promover condiciones de trabajo seguras y saludables. Su estructura está basada en el enfoque de alto nivel de la norma ISO, lo que permite su integración con otras normas de sistemas de gestión. En su cláusula 4, se establece que la organización debe comprender su contexto interno y externo, así como las necesidades y expectativas de los trabajadores y otras partes interesadas, como base para establecer el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST).

La planificación del sistema se fundamenta en la identificación de peligros, la evaluación de riesgos y la determinación de oportunidades para la mejora del desempeño en SST. En la cláusula 6.1.2, se establece que deben identificarse los peligros considerando las rutinas laborales, las condiciones de los lugares de trabajo, las cargas físicas y mentales, los equipos, las sustancias y agentes presentes, así como las tareas no rutinarias, los cambios organizacionales y

la información derivada de incidentes anteriores. Esta identificación es fundamental para prevenir afectaciones ergonómicas derivadas de posturas forzadas, movimientos repetitivos o manipulación manual de cargas.

La norma establece requisitos para la participación activa de los trabajadores y sus representantes. La cláusula 5.4 exige que la organización asegure la consulta oportuna, la información adecuada y la participación activa en la toma de decisiones relacionadas con el SGSST, incluyendo el reporte de peligros, la investigación de incidentes y la planificación de medidas de control. Esta participación refuerza la identificación de factores ergonómicos directamente percibidos por los operarios.

En cuanto a los requisitos operativos, la cláusula 8.1.2 establece que deben implementarse controles operacionales proporcionales a los riesgos identificados. Esto incluye el rediseño del puesto de trabajo, la eliminación del peligro, la sustitución de procesos o equipos, el uso de controles de ingeniería, la señalización y la capacitación. En el ámbito ergonómico, esto implica modificar estaciones de trabajo para evitar torsiones y sobreesfuerzos, además de establecer pausas y rotación de tareas para mitigar la fatiga.

La norma también exige un sistema de gestión del cambio que permita evaluar los impactos en SST antes de implementar nuevas actividades, procesos o tecnologías. La cláusula 8.1.3 establece que cualquier modificación debe evaluarse previamente para evitar la introducción de nuevos peligros o el aumento de riesgos existentes. Esta previsión permite anticipar riesgos ergonómicos derivados de la automatización, la reorganización de turnos o la introducción de maquinaria pesada.

En lo relativo al seguimiento y medición, la cláusula 9.1.1 establece que la organización debe determinar qué indicadores utilizará para verificar la eficacia del sistema y el cumplimiento

de los requisitos legales aplicables. Esto incluye monitorear las tasas de incidentes, los resultados de auditorías internas, las condiciones ergonómicas del puesto y la eficacia de los controles implementados. Los datos recopilados deben permitir la toma de decisiones basadas en evidencia.

La revisión por la dirección, descrita en la cláusula 9.3, establece que se deben evaluar regularmente los resultados del sistema para garantizar su adecuación, eficacia y alineación con los objetivos estratégicos de la organización. Esta revisión debe incluir datos sobre incidentes ergonómicos, ausentismo, fatiga laboral y percepción de carga física, con el fin de ajustar políticas y recursos. El enfoque preventivo se articula con la mejora continua prevista en la cláusula 10, donde se exigen acciones correctivas ante desviaciones detectadas.

La ISO 45001:2018 proporciona un marco estructurado para abordar de manera metódica los factores de riesgo laboral, incluyendo los de carácter ergonómico. Al requerir la identificación temprana de peligros, la participación activa de los trabajadores, el control operativo adaptado y la mejora continua, esta norma se configura como una herramienta efectiva para reducir trastornos musculoesqueléticos y mejorar las condiciones de trabajo. Su adopción es especialmente relevante en industrias donde la carga física es elevada.

2.4.3 Lineamientos técnicos del Anexo 3 de la Norma de Seguridad e Higiene del Trabajo (NSHT) para la gestión de riesgos ergonómicos

La regulación nacional específica sobre el riesgo ergonómico en Ecuador se articula de manera explícita en el Decreto Ejecutivo N.º 255, suscrito el 2 de mayo de 2024, que reforma el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo. Este cuerpo normativo dedica el Título II al tratamiento exclusivo de los riesgos ergonómicos y psicosociales, estableciendo disposiciones técnicas diferenciadas por tipo de riesgo y por características del trabajador. Su aplicación es

obligatoria en todos los sectores económicos, y su cumplimiento debe verificarse mediante evaluaciones formales.

El artículo 18 exige eliminar o reducir al mínimo posible los riesgos ergonómicos en su origen, priorizando los controles de ingeniería sobre los administrativos o el uso de equipos de protección personal. Se dispone que toda intervención debe seguir la jerarquía de controles, criterio técnico utilizado internacionalmente para estructurar medidas correctivas desde las más eficaces (eliminación del riesgo) hasta las menos eficaces (protección individual). Esta disposición establece la responsabilidad del empleador de actuar sobre el diseño del trabajo antes que sobre la conducta del trabajador.

El artículo 19 regula el diseño antropométrico de los puestos de trabajo. Se establece que debe adaptarse al tamaño y capacidad del trabajador, considerando las cargas físicas y las tareas requeridas. Se especifica la prohibición de condiciones como suelos inestables, inclinados o resbaladizos, posturas alejadas del centro de gravedad corporal, y condiciones ambientales que generen incomodidad o disconformidad fisiológica. Este enfoque exige que las evaluaciones ergonómicas incluyan variables antropométricas, biomecánicas y ambientales en cada evaluación de puesto.

El artículo 20 regula la manipulación de cargas y establece tablas de referencia cuantitativa. Se definen umbrales para frecuencia y masa de las cargas que, de ser superados, exigen una evaluación ergonómica obligatoria. Por ejemplo, más de cinco levantamientos por minuto de cargas entre 3 y 5 kg ya implican riesgo, y transportar más de 2000 kg acumulados en una hora requiere evaluación específica. Se imponen restricciones más severas para mujeres, personas mayores de 45 años y trabajadores con patologías previas. El uso de fajas lumbares se descarta como método preventivo válido, prohibiendo su consideración como medida de control.

El artículo 21 regula los movimientos repetitivos, estableciendo que toda tarea que implique ciclos repetidos más de dos veces por minuto y durante más del 50 % de la jornada debe ser evaluada. Se obliga a realizar adaptaciones del puesto de trabajo y pausas musculares programadas. Estas pausas deben enfocarse en los grupos musculares afectados y adaptarse tanto al nivel de producción como a las condiciones individuales del trabajador, lo que exige una planificación ergonómica con sustento técnico.

El artículo 22 aborda las posturas forzadas. Se definen como riesgosas aquellas posiciones mantenidas por más de cuatro segundos en condiciones de sobrecarga. Se establece un catálogo técnico de posiciones corporales prohibidas o limitadas, como inclinaciones del tronco superiores a 60°, posturas extremas del brazo sin soporte, y ausencia de soporte lumbar adecuado en posición sedente. Se exige realizar controles ergonómicos que prevengan la fatiga muscular estática, especialmente en trabajos en cuclillas o rodillas, y en tareas con pantallas de visualización, donde debe evaluarse la altura, inclinación, uso de periféricos y mobiliario.

Los artículos 23 y 24 incorporan regulaciones diferenciales para grupos específicos. A las trabajadoras en gestación se les prohíbe manipular manualmente cargas mayores a 10 kg o asumir posturas forzadas. Para el personal sanitario, se dispone la obligatoriedad de equipos mecánicos para movilización de pacientes y evaluaciones ergonómicas específicas. Se establecen así medidas compensatorias estructurales para prevenir trastornos musculoesqueléticos en actividades de riesgo alto no modificables en el corto plazo.

Por último, los artículos 25 y 26 regulan los riesgos ergonómicos ambientales relacionados con el confort térmico y acústico. Se impone la evaluación de parámetros como la temperatura, humedad, reverberación, nivel de ruido y decaimiento del habla. El artículo 27 establece que toda evaluación debe seguir metodologías reconocidas nacional o

internacionalmente y repetirse cuando se modifiquen las condiciones de trabajo o se detecten daños a la salud atribuibles a factores ergonómicos. Esto consolida un sistema técnico de evaluación periódica, sistemática y ajustada a cada puesto de trabajo.

2.5 Impacto de la ergonomía en el rendimiento laboral

En uno de los primeros estudios referenciales, Sarder y Mandahawi (2006) documentaron que las condiciones laborales en plantas industriales eran estresantes debido a largas jornadas y deficiencias en seguridad. La investigación propuso implementar soluciones ergonómicas de bajo costo, concluyendo que el diseño adecuado del equipo de trabajo aumentó la productividad al adaptarse a la fisiología del trabajador. Posteriormente, Lan et al. (2010) midieron el impacto de las condiciones térmicas sobre empleados de oficina y hallaron que el discomfort térmico elevaba el esfuerzo físico necesario para mantener el rendimiento; observó que temperaturas inadecuadas incrementaban la carga de trabajo percibida y comprometían el bienestar general, reduciendo el nivel de productividad.

Deshpande (2013) amplió este enfoque al analizar factores como postura, diseño del puesto, acústica e iluminación, demostrando que estos elementos afectan directamente el desempeño y la satisfacción del trabajador. Un 88 % de los encuestados en el sector bancario declaró que su productividad mejoraba cuando se optimizaban condiciones físicas como el mobiliario o la distribución espacial. Por su parte, Zakerian et al. (2016) comprobaron que temperatura, ruido y mobiliario influían de forma directa en la productividad de los empleados. El estudio señaló que ambientes diseñados con criterios ergonómicos mejoraban el compromiso y reducían ausentismo.

En Ghana, Pickson et al. (2017) evaluaron el impacto de la ergonomía sobre trabajadores de la empresa PFC, encontrando una correlación positiva significativa entre todas las variables

ergonómicas y la productividad. Se recomendó capacitar al personal en posturas correctas, manejo de tensión en tareas repetitivas y prevención de lesiones musculoesqueléticas. Akinbola y Popoola (2019), a partir de un estudio en 350 empresas, evidenciaron que el 82,5 % de las organizaciones consideraba que la ergonomía incrementaba la eficiencia del personal. Identificaron además que factores como la altura del escritorio, el espacio físico, la iluminación y la temperatura condicionaban directamente el desempeño organizacional.

Raja et al. (2019), en un estudio realizado en Pakistán, reportaron que los trabajadores percibían que el diseño físico de sus puestos influía en su rendimiento diario. La investigación concluyó que el mobiliario ergonómico, al adaptarse a las capacidades físicas del usuario, disminuía molestias músculo-esqueléticas y aumentaba la productividad. En 2020, Ravindran estudió el efecto de la temperatura, la disposición del mobiliario y la repetición de tareas, hallando que estos factores eran determinantes en la eficiencia operativa. Se propuso reorganizar el layout de herramientas y reforzar las pausas de recuperación.

La revisión más reciente realizada por Koirala y Nepal (2022) integró evidencia de más de diez estudios previos y advirtió que los países en desarrollo mantienen rezagos considerables en la aplicación de estándares ergonómicos. Identificaron que la ergonomía incide en múltiples dimensiones: desde la reducción de ausentismo hasta la mejora del desempeño operativo. Además, reportaron que, en líneas de ensamblaje electrónico, la implementación de criterios ergonómicos aumentó el rendimiento de los trabajadores en un 50%. Esta revisión sostiene que el diseño físico y ambiental del trabajo, cuando se ajusta al perfil del operario, genera mejoras sostenidas en la productividad y reduce los costos asociados a la salud ocupacional.

CAPITULO III - MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de investigación

Este estudio adopta un enfoque mixto, al reconocer la utilidad de combinar estrategias cuantitativas y cualitativas en el análisis de situaciones laborales que involucran condiciones posturales en tareas repetitivas. Esta decisión responde a la necesidad de identificar patrones observables y valorar técnicamente las interpretaciones construidas a partir de la observación estructurada. Tal articulación permite contrastar distintos tipos de información y fortalecer la validez del análisis. Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), esta estrategia permite diseñar procesos investigativos que integran perspectivas numéricas y descriptivas bajo una lógica convergente.

Este enfoque resulta pertinente cuando se requiere evaluar condiciones específicas del entorno de trabajo que no pueden ser descritas únicamente por mediciones numéricas ni por narrativas individuales. La combinación estructurada de ambas aproximaciones permite captar tanto la magnitud de los riesgos posturales como sus contextos de aparición, de manera que se obtienen resultados más representativos del entorno operativo. Esta perspectiva no implica una yuxtaposición metodológica, sino una construcción ordenada que permite ampliar la interpretación técnica mediante la incorporación de evidencias diversas y contrastables.

3.2 Alcance de investigación

El estudio adopta un alcance descriptivo y proyectivo. El carácter descriptivo se justifica por la necesidad de caracterizar las condiciones laborales existentes en los procesos de impresión y producción de empaques, particularmente en lo relacionado con las exigencias posturales. Esta modalidad permite identificar elementos observables que afectan a los trabajadores durante la ejecución de tareas repetitivas, sin introducir modificaciones ni interferencias durante la

recolección de datos. Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), este tipo de estudios permite delimitar fenómenos concretos, estableciendo sus atributos sin generar explicaciones causales, lo cual resulta adecuado para investigaciones centradas en documentar condiciones operativas en entornos laborales específicos.

El enfoque proyectivo se sustenta en la intención de generar propuestas orientadas a mejorar las condiciones diagnosticadas. Este tipo de alcance es pertinente cuando se requiere plantear acciones derivadas de una caracterización técnica, con el fin de orientar decisiones o intervenciones que optimicen el entorno analizado. La combinación de estos dos alcances permite estructurar el estudio en dos fases relacionadas: la primera, centrada en identificar los elementos de riesgo ergonómico presentes; la segunda, orientada a definir alternativas de mejora que respondan a las condiciones identificadas. Esta doble orientación favorece la vinculación entre el diagnóstico inicial y la formulación de acciones concretas.

3.3 Método

El método empleado para el diagnóstico del riesgo ergonómico postural es el *Postural Ergonomic Risk Assessment (PERA)*, desarrollado por Chander y Cavatorta (2017). Su adopción responde a las exigencias posturales típicas del trabajo en la industria de impresión y producción de empaques, caracterizado por ciclos de trabajo entre 25 y 250 segundos, baja variabilidad de tareas y movimientos controlados. PERA permite estimar el nivel acumulado de exposición biomecánica de cada ciclo a partir de la interacción entre postura, duración y fuerza, sin recurrir a instrumentos de medición directa. PERA analiza la totalidad del ciclo de trabajo, ponderando cada subtarea según su incidencia temporal.

El modelo se estructura en siete pasos. En primer lugar, el ciclo de trabajo se segmenta en Work Tasks, entendidas como unidades homogéneas de tarea con contenido postural

diferenciado. Luego, se calcula el porcentaje de duración de cada Work Task respecto al ciclo completo. En tercer lugar, se identifica para cada Work Task el nivel de exigencia en tres dimensiones: postura (P), fuerza (F) y duración (D). Estas dimensiones se clasifican en tres niveles de riesgo: bajo (1 punto), medio (2 puntos) y alto (3 puntos), de acuerdo con criterios técnicos basados en los estándares ISO 11226, EN 1005-4 y el sistema de valoración de fuerza propuesto por Spielholz et al. (2001). El nivel postural se asigna según los ángulos articulares observados; la duración se evalúa como porcentaje del ciclo, y la fuerza se estima cualitativamente mediante observación directa.

Una vez clasificados los tres parámetros, se calcula el Work Task Score (WTS) aplicando la fórmula multiplicativa:

$$WTS_i = P_i * F_i * D_i$$

donde:

- P_i : nivel postural asignado (1, 2 o 3),
- F_i : nivel de fuerza observada (1, 2 o 3),
- D_i : nivel de duración relativa al ciclo (1, 2 o 3).

Este procedimiento se repite para cada Work Task identificada en el ciclo. A continuación, se estima el Overall Work Cycle Score (OWCE), que representa el promedio aritmético de los puntajes de todas las tareas:

$$OWCE = \frac{WTS_1 + WTS_2 + \dots + WTS_n}{n}$$

Donde n es el número total de Work Tasks. El valor obtenido permite clasificar el ciclo conforme a tres umbrales establecidos:

- $A < 4$: Riesgo bajo
- $74 \leq A < 7$: Riesgo medio - se recomienda análisis adicional

- $A \geq 7$: Riesgo alto - se recomienda acción correctiva inmediata

El modelo contempla ajustes ante casos especiales. Cuando se presenta una postura asimétrica combinada con flexión de hombro superior a 60° , se adiciona un punto al parámetro postural de la tarea afectada. Si la aplicación de fuerza es intermitente o variable dentro de una Work Task (por ejemplo, combinación de empuje inicial fuerte seguido de carga ligera), la tarea se subdivide para su evaluación. Además, si una Work Task posee puntuación de 1 en postura y fuerza, y representa menos del 10 % del ciclo, se excluye del cálculo del Overall Work Cycle Score. En caso de superar ese umbral, se asigna un puntaje fijo de 1.

Las definiciones de los niveles posturales se basan en criterios angulares. Por ejemplo, la flexión de tronco entre 0° – 20° se considera bajo riesgo, entre 20° – 60° riesgo medio (aceptable), y superior a 60° alto riesgo. De igual manera, para duración, un valor $<10\%$ corresponde a bajo riesgo, entre 10% – 20% a riesgo medio (aceptable), y $>20\%$ a alto riesgo. En cuanto a la fuerza, se considera Low cuando es no visible y limitada a objetos livianos, Medium cuando es visible pero controlada, y High cuando involucra movimientos forzados, uso de herramientas manuales o contracciones mantenidas.

La arquitectura multiplicativa del modelo PERA refleja adecuadamente la interacción biomecánica entre postura, esfuerzo y tiempo. A diferencia de modelos aditivos, esta formulación penaliza de manera no lineal la coexistencia de exigencias elevadas en más de una dimensión. Esta característica mejora la discriminación entre ciclos con riesgos leves dispersos y ciclos con concentración de tareas críticas. La clasificación del Overall Work Cycle Score se sustenta, además, en una escala logarítmica que aproxima la relación entre carga mecánica acumulada y aparición de trastornos musculoesqueléticos. Todas las operaciones se realizaron respetando la secuencia técnica establecida por el procedimiento original.

3.4 Instrumentos de recolección de información

La Tabla 1 a continuación organiza los instrumentos utilizados para la aplicación del método PERA, estructurados según su función dentro del proceso de evaluación ergonómica. Cada registro presenta el nombre del instrumento, su propósito técnico, las variables abordadas, el tipo de datos recolectados y los criterios específicos aplicados en su construcción. Esta disposición permite identificar con claridad el encadenamiento metodológico seguido durante la recolección y sistematización de la información.

Tabla 1.

Instrumentos diseñados para la aplicación del método PERA

Nº	Nombre del instrumento	Función técnica	Variables evaluadas	Formato	Consideraciones operativas
1	Ficha de caracterización ergonómica del ciclo operativo	Documentar las condiciones estructurales, organizativas y ambientales del ciclo de trabajo observado	Código del puesto, tipo de operación, descripción del ciclo, duración, postura global, herramientas, condiciones ambientales, observaciones técnicas	Matriz técnica de doble entrada	Aplicación inicial; observación directa en condiciones normales; requiere validación con operario de referencia
2	Matriz de segmentación funcional del ciclo de trabajo	Identificar las unidades funcionales que integran el ciclo productivo para facilitar su evaluación individual	Nº de tarea, descripción funcional, tiempo estimado, % del ciclo, criterio técnico de segmentación	Tabla operativa estructurada por tarea	Segmentación basada en cambios funcionales, uso de herramientas o transición operativa; el número de tareas puede variar según el ciclo
3A	Registro observacional de variables posturales	Codificar las posturas por segmento corporal durante la ejecución de cada tarea	Tronco, cabeza y cuello, hombros, codos, rodillas, asimetría postural, soporte de extremidades, observaciones técnicas	Formato por columnas con codificación anatómica	Aplicación simultánea a la ejecución del ciclo; requiere observador capacitado en biomecánica

3B	Ficha cualitativa de evaluación del esfuerzo físico aplicado	Registrar de forma cualitativa el esfuerzo físico observable en cada tarea	Presencia, intensidad, signos visibles, tipo de fuerza, herramienta utilizada, vibración/impacto, variación de intensidad, observaciones	Tabla descriptiva por tarea	Se aplica mediante observación directa con énfasis en gestos funcionales y signos externos de carga
3C	Matriz de análisis porcentual de duración relativa	Determinar el peso temporal de cada tarea dentro del ciclo	Tiempo (s), % del ciclo, clasificación PERA, acumulación, observaciones	Formato cuantitativo con criterio de umbrales del PERA	Clasificación según el porcentaje relativo del ciclo; se excluyen tareas menores al 10 % salvo acumulación funcional
4	Ficha de asignación de puntuaciones PERA	Integrar las tres dimensiones del método (postura, fuerza y duración) para cada tarea y calcular la puntuación total (Ti)	% del ciclo, puntajes P-F-D, inclusión en promedio, puntuación Ti	Matriz numérica estructurada	Se aplica solo a tareas clasificadas como evaluables; se omiten tareas por debajo del 10 % sin carga acumulada
5	Matriz de clasificación del riesgo ergonómico	Clasificar el nivel de riesgo por tarea y del ciclo operativo según los umbrales del PERA	Nº de tarea, puntuación PERA, nivel de riesgo, justificación técnica	Tabla final con criterios de corte (Ti < 4, 4-7, ≥ 8)	Cierre técnico del proceso de evaluación; no se incluyen tareas no computables según PERA

3.5 Delimitación de la investigación

Esta investigación se enfoca en la industria de impresión y fabricación de empaques en Ecuador, específicamente en las empresas que operan bajo el código CIIU 1702 de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) Rev. 4.0, correspondiente a la fabricación de papel y cartón ondulado y de envases de papel y cartón. Según el directorio de SUPERCIAS (2024), el sector está compuesto por un total de 54 empresas activas que presentaron sus balances correspondientes al año 2024. Estas empresas se distribuyen principalmente en las

provincias de Guayas (39%) y Pichincha (46%), con menor representación en Azuay (6%), Manabí (4%), Tungurahua (4%) y El Oro (2%).

El análisis de esta investigación se limita a las 54 empresas identificadas, pero se enfoca específicamente en aquellas que tienen un capital suscrito entre 1 y 3 millones de dólares, lo que las clasifica como empresas de tamaño mediano dentro del sector. Este criterio de tamaño se ha adoptado debido a que estas empresas tienen líneas de producción parcialmente automatizadas, lo que incrementa su exposición a los riesgos ergonómicos, ya que, aunque poseen una mayor eficiencia, los operarios aún interactúan en tareas manuales repetitivas y posturas estáticas prolongadas. Dentro de este grupo, las empresas que cumplen con los criterios para este estudio son Papelgroup CIA. LTDA., Industria Cartonera Ecuatoriana S.A. y Manufacturas de Cartón SA MACARSA.

3.6 Población y muestra

La población a nivel de empresa está conformada por las tres compañías seleccionadas previamente, que cumplen con los criterios establecidos de capital suscrito entre 1 y 3 millones de dólares y que cuentan con líneas de producción parcialmente automatizadas. Estas empresas, al estar dentro del rango de tamaño medio y ser representativas del sector, se consideran adecuadas para el análisis de los riesgos ergonómicos en el contexto de la producción de empaques. Dado que el método PERA exige una evaluación estándar del proceso productivo, se elige una de estas tres empresas ubicada en Guayaquil — Manufacturas de Cartón SA MACARSA — por conveniencia geográfica, facilitando la logística de los investigadores y garantizando la accesibilidad a los datos necesarios para la recolección.

A nivel de operarios, la población se conforma por todos los trabajadores que desempeñan tareas dentro de las líneas de producción, específicamente en las áreas de operación

de prensas de impresión, ajuste de maquinaria y ensamblaje de empaques. Estos operarios son los que están expuestos a los riesgos ergonómicos, como posturas estáticas prolongadas, movimientos repetitivos y manipulación manual de cargas. Sin embargo, el método PERA requiere el uso de un operario modelo que represente la actividad de todos los trabajadores en el área de producción. Para seleccionar a este operario modelo, se emplea un muestreo no probabilístico por conveniencia, donde el supervisor del área designa al operario que mejor refleje las tareas realizadas por el resto del grupo. Este operario modelo será el utilizado para la evaluación ergonómica, simplificando la recolección de datos y asegurando que los resultados sean representativos.

3.7 Técnicas de análisis de la información

En el análisis cualitativo, se emplea la técnica de análisis de contenido. Esta técnica permite organizar y categorizar los datos de manera sistemática, basándose en las observaciones realizadas durante la recolección. En lugar de utilizar datos numéricos, el análisis de contenido se enfoca en identificar patrones y clasificar los factores observados, como las posturas adoptadas y los esfuerzos físicos implicados en cada tarea. La técnica busca establecer relaciones entre los diferentes elementos observados en las tareas, permitiendo una interpretación de las condiciones de trabajo sin recurrir a la cuantificación directa.

En el análisis cuantitativo, se utiliza la técnica de sumatoria de productos y promedio. Cada tarea observada se evalúa mediante una escala numérica que asigna un valor a los parámetros de postura, fuerza y duración. La sumatoria de productos se aplica multiplicando los valores asignados a cada parámetro, lo que proporciona una puntuación total para cada tarea. Luego, se utiliza la técnica de promedio para consolidar las puntuaciones obtenidas de todas las

tareas observadas, generando un valor global que representa el nivel de riesgo ergonómico para el ciclo de trabajo completo.

3.8 Procedimiento

El procedimiento de la investigación se organiza en etapas que van desde la identificación de las tareas laborales hasta la formulación de propuestas de mejora para los riesgos ergonómicos, alineadas con los objetivos específicos de la investigación.

1. Identificación de las tareas y observación: En esta fase, se lleva a cabo la identificación de las tareas que los operarios realizan en la empresa seleccionada. A través de la lista de chequeo y las hojas de observación postural, se registran las tareas que forman parte del ciclo de trabajo de los operarios, segmentándolas en función de los parámetros de postura, fuerza y duración. Esta etapa corresponde al primer objetivo específico, que consiste en identificar las tareas que integran los procesos operativos y clasificar su exposición a riesgos ergonómicos.

2. Análisis de las condiciones de trabajo: En esta fase, se analizan las condiciones físicas en las que se desarrollan las tareas observadas, evaluando las exigencias posturales, el esfuerzo físico y la duración de las tareas. Se realiza un análisis técnico de los niveles de riesgo ergonómico asociados a cada tarea, y se asignan puntuaciones en función de la intensidad del esfuerzo físico y la sostenibilidad de las posturas. Esta fase está vinculada al segundo objetivo específico, que implica analizar las condiciones físicas bajo las cuales los operarios realizan sus tareas.

3. Determinación del nivel de exposición ergonómica: Con base en el análisis de las condiciones de trabajo, se calculan los Work Task Scores para cada tarea observada. A continuación, se obtiene el Overall Work Cycle Score, que refleja el nivel de exposición ergonómica general del ciclo de trabajo. Esta etapa responde al tercer objetivo específico, que

busca determinar el nivel de exposición ergonómica presente en las tareas observadas, tomando como referencia los parámetros técnicos definidos por el método PERA.

4. Propuesta de estrategias para reducir los riesgos: En esta fase, se elaboran las estrategias de mejora enfocadas en las tareas que presentaron un alto riesgo ergonómico. Se identifican las medidas correctivas para reducir la exposición a los riesgos, como mejora de la organización del trabajo, la reconfiguración de las estaciones de trabajo, promoción en el uso posturas adecuadas, o descansos activos. Esta fase se alinea con el cuarto objetivo específico, que consiste en formular estrategias para reducir los riesgos derivados de la carga postural y mejorar la organización del trabajo.

5. Estructuración de la propuesta final: A partir de las estrategias de mejora definidas, se elabora la propuesta final que incluye tres herramientas principales: la matriz de estrategias, la matriz de actividades y el plan de acción. La matriz de estrategias relaciona las tareas de alto riesgo con las medidas correctivas propuestas. La matriz de actividades detalla las actividades específicas necesarias para implementar cada estrategia, y el plan de acción establece el cronograma y los responsables de ejecutar las medidas correctivas. Esta fase corresponde a la propuesta final que se deriva de los resultados obtenidos en las tareas de alto riesgo.

CAPITULO IV - RESULTADOS

Para comenzar la aplicación estructurada del método PERA, lo primero es observar el ciclo de trabajo en su forma más directa: cómo se organiza, qué recursos involucra, en qué espacio se ejecuta y con qué constancia se repite. La Tabla 1 recoge estas condiciones iniciales, sintetizando el entorno físico, las exigencias mecánicas y la organización funcional del puesto. Este nivel de documentación no funciona como una simple descripción operativa, sino como un encuadre técnico que condiciona la exposición biomecánica que se analizará en las siguientes etapas.

Tabla 2.

Ficha técnica de caracterización ergonómica del ciclo operativo observado

Variable	Registro técnico
Código del puesto / área	OP-EM-05 / Estación fija de ensamblaje y cerrado de empaques troquelados
Actividad productiva	Ensamblaje manual de cajas plegadizas tipo ranuradas (Regular Slotted Container - RSC), destinadas al empaque de productos alimenticios y farmacéuticos
Nombre del ciclo evaluado	Ciclo operativo de ensamblaje, cerrado y apilamiento de cajas de cartón corrugado tipo RSC
Descripción operativa del ciclo	El operario recibe el cartón troquelado en posición horizontal → lo abre y forma la caja manualmente → aplica adhesivo en las pestañas inferiores con dispensador → presiona ambas caras durante 3 s → realiza inspección visual rápida → traslada la unidad armada a una tarima ubicada al lateral derecho. El ciclo se repite sin interrupciones hasta completar 20 unidades.
Duración total del ciclo (s)	220 segundos por bloque operativo de 20 unidades. Tiempo promedio por unidad: 11 segundos. Ciclo extenso, continuo, sin pausas técnicas intermedias
Tipo de operación dominante	Ensamblaje manual continuo. Interacción directa del operario con materiales rígidos, aplicación localizada de fuerza, tareas de precisión con herramientas no motorizadas
Postura global del operario	Bipedestación prolongada (>95 % del ciclo), leve inclinación frontal constante (~20°), sin rotación axial completa, desplazamientos laterales restringidos (<1,2 m). El plano de trabajo está a 82 cm del suelo, sin ajuste. No se dispone de apoyos para miembros inferiores ni existe programación de cambios posturales.
Herramientas/equipos utilizados	Dispensador manual de adhesivo caliente tipo pistola (1,2 kg aprox.); mesa metálica sin ajuste de altura; palet de madera; guantes de nitrilo grado alimenticio; guías visuales adheridas a la mesa; pila vertical de troqueles colocada a 1,4 m del lado izquierdo del operario.

Condiciones ambientales	Iluminación artificial: 530 lux, fluorescente blanca sin deslumbramiento; ruido de fondo <70 dB(A); temperatura promedio: 29 °C; sin ventilación forzada; piso antideslizante sin tapete antifatiga; espacio delimitado: 1,5 × 1,2 m; sin rotación funcional ni pausas activas visibles.
Observaciones ergonómicas generales	Uso dominante del brazo derecho para todas las operaciones principales; apertura de caja y cierre de solapas requiere extensión repetitiva y contracción sostenida; aplicación de adhesivo exige precisión con herramienta pesada no suspendida; torsión leve del tronco al transferir cajas a la tarima; no se observa recuperación muscular entre ciclos; el operario trabaja por debajo del nivel de codo; sin silla ni apoyos; no se alternan funciones.

El puesto OP-EM-05, ubicado en una estación fija de ensamblaje, opera bajo condiciones estáticas, con desplazamientos mínimos y sin alternancia funcional. La actividad principal se basa en el armado manual de cajas RSC, una operación que exige una secuencia encadenada de siete movimientos ejecutados sin pausas técnicas ni rotación de tareas. El operario recibe el cartón, forma la caja, aplica adhesivo, realiza presión sostenida, inspecciona visualmente, traslada la unidad y se reposiciona para repetir el ciclo. Cada bloque de trabajo está compuesto por 20 unidades, con una duración total de 220 segundos, lo que genera una rutina mecánica sostenida en la que cada segmento funcional se mantiene operativo por menos de 50 segundos.

El tipo de trabajo descrito implica una ejecución continua, centrada en tareas de manipulación directa de materiales rígidos, aplicación de fuerza localizada y uso de herramientas manuales. En este contexto, la postura global del operario se mantiene en bipedestación durante más del 95 % del tiempo, con inclinación frontal constante cercana a los 20°, sin apoyos visibles ni cambios programados. El plano de trabajo se encuentra a una altura fija de 82 cm y no se ajusta a las características antropométricas del trabajador, lo que obliga a operar por debajo del nivel de los codos y reduce la posibilidad de alternancia segmentaria.

Las herramientas y materiales empleados —pistola manual de adhesivo, pila lateral de troqueles a 1,4 m, tarima de descarga al lado derecho— refuerzan un patrón de trabajo asimétrico

y direccionado por la dominancia del brazo derecho. La herramienta utilizada representa una carga constante sobre la extremidad superior, sin suspensión ni soporte, lo que amplifica el esfuerzo requerido en cada aplicación. Tampoco se identifican mecanismos de descarga parcial: el operario no dispone de sillas, no existen apoyos para brazos o pies, y la distribución del puesto no facilita la redistribución de cargas.

Las condiciones ambientales se mantienen dentro de rangos operativos aceptables: iluminación artificial constante de 530 lux, ruido menor a 70 dB(A), temperatura promedio de 29 °C. Sin embargo, no se incorporan elementos que favorezcan la autorregulación postural. No hay ventilación forzada, el piso es antideslizante pero carece de superficies antifatiga, y no se identifican zonas de recuperación funcional. Estas características, aunque no generan un riesgo ergonómico por sí mismas, contribuyen a prolongar la exigencia física al no ofrecer compensaciones naturales durante la jornada.

La observación técnica general permite confirmar un patrón de trabajo orientado por el uso dominante del brazo derecho, con movimientos de extensión y contracción sostenida, manipulación por debajo del nivel articular funcional y posturas mantenidas sin variabilidad. Este conjunto de condiciones, define el contexto sobre el que se estructura la segmentación del ciclo operativo, permitiendo identificar las unidades funcionales específicas que serán evaluadas con criterios PERA.

Luego de caracterizar el entorno operativo y documentar las condiciones estructurales del puesto, se procede a la segmentación funcional del ciclo de trabajo. Para esta descomposición se aplicaron criterios técnicos basados en la unidad biomecánica de acción, el cambio en la función operativa, la incorporación o supresión de herramientas, y la transición entre fases productivas y de control. La Tabla 2 recoge el resultado de esta clasificación, organizada en siete tareas

independientes, cada una delimitada por variaciones en el tipo de interacción material y en la estructura funcional de la operación.

Tabla 3.

Matriz de segmentación funcional del ciclo de trabajo para evaluación ergonómica

N° Tarea	Descripción funcional operativa	Tiempo (en segundos)	% del ciclo	Criterio técnico de segmentación
1	Toma del cartón troquelado desde la pila lateral ubicada en el área de alimentación de materiales.	15	6,8 %	Inicio de ciclo – extracción de unidad desde punto de suministro con desplazamiento lateral.
2	Apertura estructural del troquel para conformar el cuerpo de la caja y desplegar las solapas.	35	15,9 %	Cambio de función – paso de material plano a forma tridimensional mediante manipulación directa.
3	Aplicación de adhesivo en las pestañas inferiores mediante herramienta manual para permitir el cierre posterior de la base.	42	19,1 %	Introducción de herramienta – operación técnica de unión estructural.
4	Cierre del cuerpo de la caja y presión sostenida para consolidar la adhesión en la base del empaque.	48	21,8 %	Cambio de función – consolidación estructural mediante presión manual.
5	Revisión rápida del alineamiento y estabilidad del empaque antes de su traslado al punto de apilamiento.	18	8,2 %	Inspección visual – fase de control de calidad sin manipulación adicional.
6	Traslado de la caja finalizada a la tarima lateral y colocación sobre el palet de apilamiento para conformar la unidad de carga.	38	17,3 %	Movimiento de transferencia – finalización operativa de la unidad individual.
7	Retorno del operario a la posición inicial y preparación para la siguiente unidad, incluyendo el reajuste de postura y enfoque operativo.	24	10,9 %	Cierre de ciclo – transición entre tareas sin manipulación de material.

La estructura temporal no es homogénea. Las tareas presentan una asimetría clara en cuanto a su peso porcentual: cuatro de ellas superan el 15 % del ciclo y concentran la mayor parte del tiempo efectivo, mientras que otras tres se sitúan por debajo del 11 %. Esta distribución no es aleatoria: las tareas de mayor duración corresponden a fases de manipulación técnica

sostenida, mientras que los tramos más cortos se vinculan con momentos de transición, inspección o reposicionamiento.

El tramo inicial, conformado por las tareas 1 y 2, representa el 22,7 % del tiempo total. La primera, con una duración de 15 segundos (6,8 %), cumple una función logística básica: extraer el material desde una pila vertical. A pesar de su brevedad, esta acción marca el punto de arranque del ciclo, activa la secuencia funcional y condiciona el posicionamiento inicial del cuerpo respecto al plano de trabajo. En cambio, la segunda tarea —apertura estructural del cartón y despliegue de solapas— ocupa el 15,9 % del ciclo y establece una transición material de plano a volumen, lo que requiere mayor tiempo de ejecución y control posicional.

Las tareas 3, 4 y 6 conforman el núcleo operativo del proceso. La tercera, correspondiente a la aplicación de adhesivo con herramienta manual, registra 42 segundos (19,1 %), mientras que la cuarta —cierre del empaque mediante presión sostenida— alcanza los 48 segundos (21,8 %), la más extensa del ciclo. La sexta, por su parte, dedicada al traslado y colocación del producto en la tarima lateral, insume 38 segundos (17,3 %). En conjunto, estas tres fases acumulan el 58,2 % del ciclo. Este dato es representativo del modelo productivo analizado: más de la mitad del tiempo se invierte en acciones de manipulación directa, control técnico del producto y movimiento funcional sin asistencia externa. La duración de estas tareas sugiere estabilidad estructural en los tiempos de ejecución, lo que apunta a un patrón productivo estandarizado, con escasa variabilidad intra-ciclo.

La tarea 5, orientada a la verificación visual del producto armado, representa apenas el 8,2 % del ciclo. Su baja duración se corresponde con su naturaleza de control visual rápido, sin intervención sobre el objeto. A pesar de ello, su separación funcional permite identificarla como una fase de validación operativa antes del traslado. La tarea 7, con un peso temporal del 10,9 %,

cierra la secuencia mediante el retorno del operario a su punto de partida. No se trata de una fase pasiva: su inclusión dentro de la estructura funcional indica que el reposicionamiento corporal también forma parte del tiempo operativo registrado, reforzando la condición de continuidad del ciclo.

Este patrón de distribución temporal deja entrever un modelo de trabajo que alterna breves intervalos de transición con fases prolongadas de ejecución técnica. La fragmentación no está diseñada para incorporar recuperación funcional, sino para mantener una secuencia ininterrumpida, donde el operario permanece activo durante el 100 % del ciclo sin pausas organizadas ni redistribución de funciones. Esta configuración plantea un esquema de producción basado en la repetición estructurada de acciones con tiempos relativamente fijos, lo que genera una ocupación operativa constante y un consumo homogéneo de los 220 segundos que conforman cada bloque.

Tras identificar la duración relativa y funcional de cada unidad operativa, se avanza hacia la observación estructurada de las posturas adoptadas en el ciclo, tal como se presenta en la Tabla 3. Esta fase del método PERA implica el registro de segmentos corporales específicos — tronco, cabeza, cuello, hombros, codos, rodillas— y sus respectivas posiciones angulares durante la ejecución de cada tarea. El propósito no es aislar movimientos, sino codificar su configuración postural en función de parámetros anatómicos observables, clasificando los ángulos adoptados, los grados de inclinación y la presencia o no de asimetría. El enfoque metodológico no evalúa dolor ni fatiga, sino condiciones de exposición biomecánica observable que, por su repetición y permanencia, permiten inferir patrones de carga.

En la tarea 1, correspondiente a la toma del cartón desde la pila lateral, se observa una inclinación lateral del tronco hacia la izquierda cercana a los 15°, sin rotación axial. La cabeza

presenta una leve flexión por debajo de los 20° , mientras que el hombro derecho se encuentra en extensión ligera, con el izquierdo en posición neutral. Esta combinación revela una acción unilateral con activación asimétrica de la cintura escapular. La ausencia de apoyo para extremidades superiores y la falta de torsión en el tronco indican que el movimiento se ejecuta en un plano relativamente fijo, condicionado por la ubicación del insumo a un costado. El alcance ocurre sin contacto visual elevado, lo que refuerza la baja carga visual en esta fase, aunque no elimina el componente postural compensatorio que produce la inclinación lateral.

Durante la ejecución de la tarea 2, la postura general se mantiene simétrica. El tronco permanece neutro, con flexión leve inferior a 20° , y la cabeza se inclina por debajo de los 25° , sin desplazamiento lateral. Los hombros muestran una abducción bilateral entre 30° y 40° , acompañados de una flexión de codos cercana a los 60° . Esta configuración anatómica corresponde a un gesto de apertura y expansión del material, sin rotación axial ni lateralización de segmentos. La ausencia de asimetría y el uso coordinado de ambas extremidades generan un perfil postural equilibrado, aunque sin apoyo externo. La ejecución ocurre en una fase intermedia del ciclo, en la que se requiere precisión manual en planos frontales, pero sin carga prolongada.

En la tarea 3, referida a la aplicación de adhesivo con pistola manual, la postura se modifica de forma significativa. Se registra una flexión anterior del tronco en torno a los 20° , con inclinación estable de la cabeza. El hombro derecho alcanza una abducción de 55° – 60° , sin soporte, y el codo derecho se encuentra en flexión avanzada ($\sim 70^\circ$), mientras que el brazo izquierdo permanece en posición neutral. Esta disposición postural refleja un uso unilateral sostenido, con carga estática sobre el miembro superior derecho y elevación de la articulación glenohumeral por encima del rango neutral. La asimetría postural es evidente, y la ausencia de apoyo prolonga la contracción de los músculos estabilizadores de la articulación. El patrón de

uso dominante, ya anticipado en la caracterización inicial del ciclo, se manifiesta con claridad en esta fase.

La tarea 4 implica el cierre del empaque y la aplicación de presión sostenida sobre la base de la caja. Aquí se observa una inclinación frontal del tronco mantenida en torno a los 25° , con la cabeza en posición neutral. Los hombros se ubican en posición neutra sin elevación, y los codos permanecen flexionados entre 60° y 70° . Aunque no se detecta asimetría estructural, la postura adoptada implica una contracción bilateral sostenida de los músculos del antebrazo y hombro, necesaria para oponer fuerza entre ambas manos. Aunque los brazos descansan parcialmente sobre la superficie del producto, lo que proporciona una mínima descarga, no se registra un apoyo estructural que interrumpa la activación muscular. Esta tarea, por su duración y carácter isométrico, muestra una exigencia postural estable y prolongada en un rango medio de flexión.

En la tarea 5, que consiste en la inspección visual rápida del empaque armado, la postura del tronco se mantiene neutra, con flexión cervical leve. La cabeza se inclina hacia adelante aproximadamente 30° , mientras que hombros y codos permanecen en posición neutra. No se identifica movimiento articular relevante ni carga postural activa. La ausencia de desplazamientos, torsión o soporte funcional indica una fase operativa estática, con foco visual dirigido al objeto y mínima activación muscular. Esta tarea, pese a su corta duración, mantiene al operario en bipedestación sin punto de descarga, lo que prolonga la exposición sin variación corporal significativa.

La sexta tarea introduce una torsión leve del tronco hacia la derecha ($\sim 20^\circ$), combinada con inclinación frontal. La cabeza permanece alineada con el torso, mientras que el hombro derecho alcanza una flexión aproximada de 45° y el izquierdo se mantiene neutro. Ambos codos presentan flexión ligera y las rodillas se ubican en un rango funcional cercano a los 100° . La

asimetría postural es evidente, con rotación axial del tronco y diferencia de activación entre los miembros superiores. Esta configuración responde a la necesidad de dirigir el producto hacia una tarima ubicada en un plano lateral, lo que obliga a ejecutar un movimiento diagonal sin acompañamiento completo del cuerpo. No se registra apoyo externo y el control del objeto se mantiene hasta su liberación.

En la tarea 7, asociada al retorno del operario a la posición inicial, se documenta una postura neutra, con leve balanceo axial del tronco. Cabeza, hombros y codos permanecen en posición anatómica, sin flexión ni extensión activa. La ausencia de carga manipulativa permite una transición postural sin activación sostenida, aunque no se identifican elementos que interrumpen la bipedestación ni faciliten recuperación. Aunque esta fase no impone una carga directa, tampoco constituye un periodo de descanso estructurado. Se trata de una transición funcional ejecutada en continuidad con la tarea previa, sin ruptura de la secuencia general.

A lo largo de las siete tareas, se observa que las posturas adoptadas varían en tipo, duración y simetría, pero presentan un patrón constante de exposición en bipedestación prolongada sin alternancia funcional. Las fases donde se detecta rotación axial o carga unilateral no están compensadas por tareas posteriores con activación contralateral, lo que indica una distribución de esfuerzos centrada en un solo eje corporal. La ausencia de apoyos, tanto para miembros inferiores como superiores, refuerza el carácter sostenido de las posiciones adoptadas, incluso en aquellas fases de transición o control visual.

Las posturas adoptadas durante el ciclo responden más a la disposición del entorno que a una estrategia activa de control por parte del operario; esto da lugar a un patrón de repetición estructural en el que las posturas, aun cuando no son extremas, se mantienen dentro de un rango de exigencia constante, sin mecanismos observables de compensación o descarga funcional.

Tabla 4.*Registro observacional de variables posturales por tarea en unidades funcionales del ciclo*

Nº Tarea	Tronco: tipo y ángulo	Cabeza y cuello	Hombros (ángulo de abducción/flexión)	Codos (si aplica)	Rodillas (si aplica)	Asimetría postural	Soporte de extremidades	Observaciones técnicas relevantes
1	Inclinación lateral izquierda ~15°, sin rotación	Flexión leve <20°, sin torsión	Derecho: extensión ligera (~20°); izquierdo neutro	No aplica	No aplica	No	No	Alcance unilateral, sin apoyo, carga visual baja.
2	Neutra, ocasional flexión leve (<20°)	Leve inclinación anterior <25°	Abducción bilateral 30°–40°, sin soporte	Flexión bilateral ~60°	No aplica	No	No	Despliegue simétrico, sin rotación axial, uso coordinado de ambos brazos.
3	Flexión anterior sostenida ~20°, sin lateralización	Leve inclinación anterior, estable	Brazo derecho abducción ~55°–60°, sin soporte; izquierdo neutro	Flexión derecha ~70°	No aplica	Sí (dominancia unilateral)	No	Uso unilateral prolongado del brazo derecho, hombro elevado, sin apoyo.
4	Inclinación frontal leve mantenida ~25°, sin rotación	Neutra, mirada hacia abajo	Ambos hombros neutros, sin elevación	Flexión bilateral ~60°–70°	No aplica	No	Parcial (brazos descansan sobre caja)	Postura simétrica, pero con carga isométrica sostenida en MMSS.
5	Flexión cervical leve, tronco neutro	Inclinación anterior cabeza ~30°	Neutros	No aplica	No aplica	No	No	Observación estática sin movimiento articular significativo.
6	Torsión leve derecha (~20°) con inclinación leve del tronco	Cabeza alineada con torso	Flexión derecha ~45°, izquierda neutra	Flexión leve ambos codos	Flexión bilateral ~100°	Sí (rotación axial leve)	No	Carga ligera, desplazamiento postural, ausencia de apoyo inferior.
7	Postura neutra con leve balanceo axial	Neutra	Neutros	No aplica	No aplica	No	No	Movimiento de reposicionamiento, sin carga postural.

Una vez caracterizadas las posturas adoptadas a lo largo del ciclo, el siguiente componente observado corresponde a la aplicación de esfuerzo físico por parte del operario durante la ejecución de cada tarea. La Tabla 4 registra esta dimensión a partir de criterios cualitativos observacionales, entre los que se incluyen la presencia del esfuerzo, su intensidad visible, los signos externos de activación muscular, el tipo de fuerza aplicada (tracción, compresión, carga, manipulación), el uso de herramientas asociadas y posibles fuentes de vibración o impacto. Esta evaluación permite identificar patrones de activación física que no se explicitan únicamente desde la postura, sino que derivan de la interacción funcional con el objeto de trabajo.

En la tarea 1, que involucra la toma del cartón troquelado desde una pila lateral, se identifica presencia de esfuerzo físico de tipo moderado, evidenciado por extensión controlada del brazo y tensión ligera en el hombro derecho. Aunque no se trata de una carga sostenida ni de alta intensidad, sí existe una tracción puntual sin asistencia mecánica. El tipo de esfuerzo corresponde a una manipulación sin resistencia significativa, pero realizada con un solo brazo y sin apoyo corporal. Esta acción, aunque breve, implica una activación unilateral que se repite en cada unidad y que condiciona el inicio funcional del ciclo.

Durante la tarea 2, dedicada al despliegue de las solapas del cartón y su conformación en volumen, no se registra presencia de esfuerzo físico relevante. La manipulación se realiza sin oposición, sin resistencia mecánica y sin activación muscular sostenida. La observación técnica indica que las acciones ejecutadas no requieren aplicación de fuerza, ya que se trata de un movimiento de separación estructural del cartón sin puntos de fricción ni necesidad de contención. La tarea se ejecuta mediante coordinación manual bilateral en plano medio, lo cual permite mantener una condición funcional de bajo requerimiento físico.

La tarea 3 introduce un cambio sustancial en la carga física observada. Se evidencia un nivel de esfuerzo alto, con signos visibles como elevación del hombro dominante, rigidez del antebrazo derecho y expresión facial de concentración. El operario sostiene una pistola manual de adhesivo de aproximadamente 1,2 kg sin sistema de suspensión, lo que obliga a una contracción prolongada del brazo dominante. El tipo de fuerza aplicada corresponde a una presión controlada a través de una herramienta, con movimiento guiado por precisión más que por fuerza bruta. La ausencia de apoyo para el antebrazo o el codo obliga a mantener la herramienta suspendida en todo momento. No se observa presencia de vibración ni de impactos, pero sí una constancia en la exigencia física que se acumula a lo largo del ciclo.

En la cuarta tarea, correspondiente a la consolidación del cierre de la caja mediante presión sostenida, se identifica nuevamente un esfuerzo de alta intensidad, esta vez distribuido bilateralmente. El operario aplica fuerza con ambas manos sobre las solapas inferiores durante aproximadamente tres segundos por unidad, sin asistencia mecánica ni punto de apoyo. Los signos visibles incluyen contracción estática de ambos miembros superiores, oposición simultánea de fuerza manual y alineación corporal hacia el objeto. El tipo de esfuerzo corresponde a una compresión manual sostenida. Aunque no hay diferencia entre los brazos, la carga se mantiene constante y sin variación durante el tiempo de aplicación.

La tarea 5, orientada a la inspección visual del empaque ensamblado, no presenta ningún indicio de esfuerzo físico. No se identifican signos de activación muscular, manipulación de carga ni resistencia funcional. La observación se ejecuta en posición estática, sin participación activa del sistema musculoesquelético más allá de la estabilización postural. El operario se mantiene en bipedestación, pero sin participación de las extremidades superiores en el control o manejo del objeto.

La tarea 6, en cambio, implica un esfuerzo físico de tipo moderado, visible a través de la extensión de brazos, activación del tronco y control manual del objeto durante el traslado. El operario manipula la caja ensamblada hasta ubicarla en una tarima lateral. Aunque la carga del objeto no es elevada, se requiere control posicional y estabilidad en la trayectoria, sin asistencia mecánica. El esfuerzo es inicial al levantar la caja y disminuye progresivamente al momento de soltarla. Este patrón de variación de intensidad dentro de la tarea sugiere una activación muscular variable, con mayor carga al inicio de la acción.

Durante la tarea 7 no se detecta presencia de esfuerzo físico. La acción consiste en el retorno corporal a la posición de inicio, sin manipulación de objetos ni aplicación de fuerza. No se evidencian signos de tensión, ni movimientos asociados a carga funcional. El desplazamiento es corto, y la fase se ejecuta como una transición mecánica sin implicación directa del sistema musculoesquelético más allá del mantenimiento de la postura en bipedestación.

Este análisis permite distinguir un patrón de esfuerzo concentrado en tareas específicas, con predominancia de acciones unilaterales o bilaterales sostenidas en fases puntuales del ciclo. Las tareas 3, 4 y 6 acumulan la mayor carga funcional observable, tanto por el tipo de esfuerzo como por su visibilidad externa. No se identifican fuentes de vibración ni impactos mecánicos, y el uso de herramienta se limita a una sola fase, con carga sostenida sin soporte. Las tareas sin esfuerzo intercalan las fases activas, pero no modifican la condición postural ni introducen recuperación funcional. Esto conforma un patrón de exposición basado en activación cíclica no compensada, que distribuye la carga sin interrupciones estructuradas a lo largo del bloque operativo.

Tabla 5.*Ficha cualitativa de evaluación del esfuerzo físico aplicado por tarea*

Nº Tarea	Presencia de esfuerzo físico	Intensidad observable	Signos visibles de esfuerzo	Tipo de fuerza aplicada	Uso de herramienta	Presencia de vibración o impacto	Variación de intensidad dentro de la tarea	Observaciones técnicas relevantes
1	Sí	Moderada visible	Extensión de brazo, ligera tensión en hombro derecho	Tracción breve sin resistencia significativa	No	No	No	Fuerza ligera para arrastrar el troquel desde la pila, sin carga sostenida.
2	No	Nula	Ninguna	Manipulación sin resistencia	No	No	No	Separación de solapas sin adhesión ni fricción, bajo esfuerzo manual.
3	Sí	Alta visible	Hombro elevado, antebrazo rígido, rostro concentrado	Aplicación controlada con herramienta de 1,2 kg sostenida	Sí (pistola adhesiva)	No	No	Trabajo con herramienta manual sin soporte, carga unilateral sostenida.
4	Sí	Alta visible	Presión con ambas manos, contracción estática de MMSS	Compresión bilateral manual sostenida	No	No	No	Se requiere presión uniforme durante 3 s para fijar adhesivo, con oposición simétrica de fuerzas.
5	No	Nula	Ninguna	N/A	No	No	No	Solo inspección visual; no se ejerce fuerza.
6	Sí	Moderada visible	Carga ligera, extensión de brazos, control manual	Transporte asistido sin carga mecánica	No	No	Sí (mayor al inicio)	Fuerza inicial al levantar la caja, menor al momento de soltarla en la tarima.
7	No	Nula	Ninguna	N/A	No	No	No	Reacomodo corporal sin esfuerzo significativo.

Tras codificar las variables posturales y de esfuerzo físico, el siguiente componente técnico observado corresponde a la duración relativa de cada tarea dentro del ciclo. La Tabla 5 registra este parámetro desde una perspectiva cuantitativa, expresando el tiempo de ejecución de cada unidad en segundos y su equivalente porcentual respecto al total del ciclo. Esta dimensión no se interpreta como un valor cronológico aislado, sino como un insumo para la clasificación de tareas según los umbrales establecidos por el método PERA: igual o menor al 10 % del ciclo (1 punto), entre 10 % y 20 % (2 puntos), y mayor al 20 % (3 puntos).

La estructura del ciclo, con 220 segundos totales distribuidos en siete tareas, presenta una configuración temporal que no se corresponde con intervalos equidistantes. Esto permite diferenciar fases de ejecución rápida frente a fases extendidas que consumen una proporción relevante del tiempo operativo. En esta etapa, la clasificación de tareas por duración se convierte en un parámetro de ponderación, que posteriormente se integrará con las otras dos dimensiones del modelo para obtener la puntuación de riesgo ergonómico acumulado por tarea.

La tarea 1, de 15 segundos, representa el 6,8 % del ciclo, por lo que se clasifica dentro del rango más bajo de exposición temporal. Esta categoría se asigna a las tareas de corta duración que no generan, por sí mismas, una condición sostenida de carga. En este caso, el movimiento corresponde a una acción de activación inicial, que aunque se repite de forma cíclica, no implica un tiempo de ejecución prolongado ni condiciones de mantenimiento postural.

La tarea 2, con una duración de 35 segundos, alcanza el 15,9 % del ciclo. Este valor se ubica dentro del rango medio de clasificación, por lo que se le asigna un puntaje intermedio. Su tiempo sugiere una acción que, sin ser prolongada, mantiene una exposición suficiente como para generar acumulación de carga si se asocia a posturas o esfuerzos de tipo sostenido. La

manipulación directa del material en esta fase ocurre en un lapso constante y relativamente estable dentro del ciclo operativo.

La tarea 3, que abarca 42 segundos, representa el 19,1 % del ciclo y, por tanto, también se ubica en el rango intermedio. Aunque se acerca al umbral superior, no lo supera, lo cual mantiene su clasificación dentro de los parámetros de exposición media según PERA. Esta duración, combinada con la intensidad de la carga observada previamente, permitirá luego establecer su puntuación de riesgo total. Por ahora, su valor temporal indica que la tarea se mantiene activa durante un tramo significativo del bloque.

La tarea 4, con 48 segundos, equivale al 21,8 % del ciclo. Este valor la posiciona directamente en la categoría superior, correspondiente a tareas que exceden el 20 % del tiempo. Esta clasificación es relevante, ya que las tareas de larga duración son consideradas por PERA como potencialmente críticas en términos de acumulación biomecánica, sobre todo si se acompañan de posturas sostenidas o cargas constantes. En este caso, la consolidación del empaque representa la fase más prolongada del ciclo, sin interrupción operativa.

En la tarea 5, la duración desciende a 18 segundos, equivalente al 8,2 % del ciclo. Al estar por debajo del 10 %, se le asigna la clasificación más baja. Esta tarea de revisión visual rápida se ejecuta en un tiempo corto y sin participación mecánica activa, por lo que se considera de baja exposición temporal. Además, por su valor absoluto y función técnica, cumple un rol de transición sin efecto acumulativo relevante en la variable tiempo.

La tarea 6, con 38 segundos y un 17,3 % del ciclo, regresa al rango medio de clasificación. Este valor indica una acción de duración sostenida, sin alcanzar los niveles más altos, pero que se mantiene activa por un lapso relevante. La clasificación temporal se asocia aquí a un movimiento de transferencia funcional, lo cual permite inferir que, aunque no es una

fase prolongada, tampoco es de ejecución marginal. Su duración reforzará su peso relativo en la puntuación final de riesgo.

Finalmente, la tarea 7 alcanza los 24 segundos, con una participación del 10,9 % del ciclo. A pesar de ubicarse ligeramente por encima del umbral del 10 %, mantiene su clasificación como tarea de duración intermedia. Esta transición hacia el reinicio del ciclo ocupa un tiempo moderado, sin carga física observable, pero sí con ocupación constante del espacio de trabajo y permanencia en bipedestación. Aunque no aporta carga biomecánica directa, su duración refuerza la continuidad del patrón sin recuperación.

Con base en estos valores, se observa una distribución temporal que favorece la permanencia operativa continua, sin interrupciones ni fases que actúen como intervalos funcionales. Las tareas con duración media y alta representan la mayoría del ciclo, lo cual limita la presencia de tareas breves que pudieran interrumpir el patrón de exigencia. Esta matriz, al codificar de forma porcentual la duración de cada tarea, establece la tercera dimensión técnica del modelo PERA y prepara las condiciones para la integración de las variables en la matriz de puntuación compuesta.

Completado el registro de las tres dimensiones que configuran el método PERA — postura, fuerza y duración—, la Tabla 6 presenta la asignación de puntuaciones por tarea mediante la aplicación directa del modelo multiplicativo. Cada valor se obtiene de la combinación numérica de los tres componentes previamente clasificados, lo que permite establecer un puntaje por tarea (T_i) que refleja la intensidad conjunta de exposición ergonómica. Este procedimiento permite cuantificar el riesgo sin desagregar las variables, de modo que se interprete su interacción como un factor compuesto.

Tabla 6.*Matriz de análisis porcentual de duración relativa de tareas en el ciclo operativo*

N° Tarea	Tiempo estimado (en segundos)	% del ciclo	Clasificación según PERA	¿Tarea de bajo riesgo <10%?	¿Acumulación con tarea previa?	Observaciones técnicas relevantes
1	15	6,8 %	1 punto ($\leq 10\%$)	Sí	No	Movimiento breve, sin carga postural sostenida ni esfuerzo significativo.
2	35	15,9 %	2 puntos (10–20%)	No	No	Fase activa con manipulación funcional continua.
3	42	19,1 %	2 puntos (10–20%)	No	No	Tarea sin pausas, carga unilateral continua, no acumulada.
4	48	21,8 %	3 puntos ($> 20\%$)	No	No	Postura mantenida sin recuperación, duración suficiente para evaluación directa.
5	18	8,2 %	1 punto ($\leq 10\%$)	Sí	No	Tarea pasiva, no genera carga mecánica ni acumulación con tareas adyacentes.
6	38	17,3 %	2 puntos (10–20%)	No	No	Transferencia funcional con duración media, sin necesidad de acumulación.
7	24	10 %	2 puntos (10–20%)	No	No	Transición operativa útil para reposicionamiento, sin pausa ni postura crítica mantenida.

Tabla 7.

Ficha de asignación de puntuaciones PERA por tarea según combinación de variables de exposición

Nº Tarea	% del ciclo	Puntaje postura (P)	Puntaje fuerza (F)	Puntaje duración (D)	¿Tarea de bajo riesgo <10 %?	¿Se incluye en el promedio final?	Ajuste realizado	Puntuación $T_i = P \times F \times D$
1	6,8 %	2	2	1	Sí	No	Excluida del promedio final	—
2	15,9 %	2	1	2	No	Sí	—	4
3	19,1 %	3	3	2	No	Sí	—	18
4	21,8 %	2	3	3	No	Sí	—	18
5	8,2 %	1	1	1	Sí	No	Excluida del promedio final	—
6	17,3 %	3	2	2	No	Sí	—	12
7	10 %	1	1	2	Sí	No	Excluida del promedio final	—

La puntuación asignada para cada variable se corresponde con los criterios establecidos en el método: 1 punto para niveles bajos, 2 para intermedios y 3 para niveles altos de exigencia. Al multiplicar los valores de las tres dimensiones por tarea, se obtiene un valor que integra simultáneamente el nivel de carga postural, el esfuerzo físico y el tiempo de exposición. Esta estructura refuerza el principio del modelo, que asume que la interacción entre las variables tiene un efecto acumulativo no lineal.

En la tarea 1, la puntuación no se calcula debido a su exclusión del promedio final. Aunque presenta 6,8 % de duración, lo que la clasifica como tarea de baja exposición temporal, y obtiene valores intermedios en postura y esfuerzo (2 y 2 respectivamente), su duración no alcanza el umbral para ser incluida en el cómputo del ciclo total. Esta exclusión responde al

criterio técnico del PERA que omite tareas con duración menor al 10 % cuando no acumulan carga o no modifican el patrón funcional dominante.

La tarea 2 recibe una puntuación total de 4 puntos, resultado de una combinación de postura intermedia (2), esfuerzo leve (1) y duración media (2). Este puntaje refleja una fase operativa con exigencia moderada, sin predominio de ninguna de las tres variables, pero con interacción suficiente para considerarse parte de la exposición general del ciclo. Se trata de una tarea que, sin ser particularmente exigente, se mantiene dentro del rango funcional observado de forma constante.

La tarea 3 alcanza un puntaje de 18 puntos, resultado de una interacción de postura elevada (3), esfuerzo alto (3) y duración media (2). Esta puntuación refleja una concentración simultánea de tres factores: postura con elevación sin soporte, herramienta sostenida sin asistencia y ejecución sostenida en tiempo. El resultado es el valor más alto observado en la tabla, lo cual indica una tarea con condiciones acumulativas de exposición significativa que probablemente marcarán la media ponderada del ciclo.

En la tarea 4 se repite la misma puntuación que en la anterior: 18 puntos. Aunque la postura es menos exigente (2), se mantiene la fuerza elevada (3) y se incrementa la duración al rango superior (3). Esta combinación genera un impacto equivalente en la ponderación del riesgo, pero con un perfil distinto: en lugar de carga unilateral con herramienta, se observa contracción bilateral sostenida durante un lapso más prolongado. El modelo PERA, al no diferenciar entre perfiles sino por intensidad multiplicativa, asume ambas tareas como equivalentes en carga total.

La tarea 5, al igual que la tarea 1, es excluida del promedio final. Obtiene el puntaje mínimo posible (1 punto en cada dimensión), pero al representar solo el 8,2 % del ciclo, no se

considera una tarea de impacto ergonómico relevante. Su inclusión no alteraría la media, y su eliminación responde al principio metodológico de omitir fases de baja exigencia sin acumulación funcional. Esta decisión mantiene la validez del promedio como reflejo de tareas con peso operativo real.

La tarea 6 obtiene 12 puntos, combinando una postura exigente (3), esfuerzo moderado (2) y duración media (2). Aunque no alcanza los valores máximos, su puntuación refleja una carga acumulada que resulta significativa dentro del conjunto. El componente postural se ve afectado por la torsión del tronco y el alcance lateral; el esfuerzo, aunque menor que en tareas anteriores, se mantiene durante un tiempo suficiente como para contribuir al nivel general de exposición.

La tarea 7, a pesar de tener una duración apenas superior al 10 %, se clasifica como de bajo riesgo, al recibir 1 punto en postura y esfuerzo. Por su ubicación funcional y la ausencia de carga mecánica, se mantiene dentro del rango de tareas que no alteran la media general. Aunque podría ser considerada en algunos contextos como fase compensatoria, el método la excluye de la ponderación por su baja exigencia y su puntuación mínima.

Los valores obtenidos en la tabla muestran que, dentro del ciclo analizado, solo tres tareas (2, 3, y 6) se encuentran dentro de un rango medio-alto de exposición combinada, mientras que las tareas 1, 5 y 7 se excluyen del promedio por su bajo impacto funcional. Este patrón de distribución genera una puntuación promedio ponderada que sintetiza el nivel de riesgo general del ciclo y establece las condiciones para su clasificación en la siguiente etapa.

El modelo PERA, al estructurar la interacción de las variables a través del producto de sus puntuaciones, refuerza la identificación de tareas cuya carga no se debe a un solo componente, sino a la combinación acumulada de varios factores. La diferencia entre tareas de

puntaje alto no siempre responde al mismo perfil biomecánico, lo que permite que acciones distintas converjan en el mismo nivel de puntuación total. Esta lógica técnica prepara el análisis para su consolidación final en términos de clasificación del nivel de riesgo.

La Tabla 7 constituye el cierre de la fase de evaluación, al consolidar los puntajes individuales obtenidos mediante el método PERA y traducirlos en niveles de riesgo ergonómico conforme a los umbrales establecidos por el propio modelo. Para cada tarea incluida en el promedio final, se registra la puntuación total (T_i) y se le asigna una categoría: bajo riesgo ($T_i < 4$), posible riesgo ($4 \leq T_i < 7$), y alto riesgo ($T_i \geq 8$). Esta clasificación permite discriminar el peso relativo de cada unidad funcional dentro del ciclo operativo, no por su duración aislada, sino por la interacción entre postura, esfuerzo físico y tiempo de exposición.

Tabla 8.

Matriz de clasificación del riesgo ergonómico por tarea y ciclo

Nº Tarea / Ciclo	Puntuación PERA	Nivel de riesgo	Justificación
Tarea 2	4	Riesgo posible	Actividad funcional activa con duración intermedia y exigencia postural leve-moderada.
Tarea 3	18	Alto riesgo	Elevada carga unilateral sostenida en hombro y muñeca, uso de herramienta sin soporte.
Tarea 4	18	Alto riesgo	Aplicación de fuerza bilateral mantenida con contracción isométrica y duración prolongada.
Tarea 6	12	Alto riesgo	Movimiento de transferencia con torsión postural y control manual sin asistencia mecánica.
Ciclo total	13	Alto riesgo	Promedio afectado por tareas con alto puntaje multiplicativo, sin pausas compensatorias intercaladas.

La tarea 2, con un puntaje total de 4, se ubica en el umbral inferior de la categoría “posible riesgo”. Esta puntuación refleja una tarea sin sobrecarga específica, pero cuya combinación de postura intermedia, duración funcional moderada y esfuerzo leve la sitúan por encima del rango de bajo impacto. No se trata de una tarea que concentre carga, pero tampoco

funciona como fase de transición o recuperación. Su perfil técnico corresponde a una acción estructural que contribuye al avance del proceso sin interrupción ni descarga postural.

Las tareas 3 y 4, ambas con una puntuación de 18, se clasifican como de “alto riesgo”. Aunque comparten el mismo resultado, lo alcanzan por vías distintas: la tarea 3 concentra esfuerzo unilateral sostenido con herramienta suspendida, mientras que la tarea 4 distribuye la carga bilateralmente en un contexto de presión isométrica. En ambos casos, la interacción simultánea de postura exigente, esfuerzo visible y duración considerable genera un puntaje que supera con holgura el umbral de riesgo alto. Estas tareas representan los puntos de mayor carga dentro del ciclo y constituyen las fases críticas en términos de exposición acumulada.

La tarea 6, con un puntaje de 12, también se clasifica como de “alto riesgo”. Aunque su puntuación es inferior a la de las tareas 3 y 4, permanece por encima del umbral de 7. Su configuración se basa en una postura exigente, con torsión del tronco y desplazamiento manual lateral, un esfuerzo físico de tipo moderado y una duración intermedia. Este perfil genera una exposición significativa que, si bien no alcanza el valor máximo, la posiciona como una tarea con riesgo acumulativo relevante dentro del conjunto.

Las tareas 1, 5 y 7 han sido excluidas de la matriz, conforme a los lineamientos técnicos del método. En los tres casos, la combinación de baja duración, puntuaciones mínimas y funciones operativas no estructurales justifica su omisión. No se trata de una eliminación arbitraria, sino de una depuración basada en la insuficiencia de carga para alterar el promedio general del ciclo. Esta exclusión permite centrar la clasificación en las tareas que verdaderamente contribuyen al perfil ergonómico del puesto.

El ciclo total obtiene un promedio ponderado de 13 puntos, lo que lo sitúa dentro de la categoría de “alto riesgo” según los criterios del PERA. Este resultado no es producto de una

tarea aislada, sino de la acumulación de tres unidades con puntajes elevados que dominan el bloque operativo. La combinación de posturas sostenidas, fuerza no compensada y duración funcional prolongada genera un perfil de exigencia constante que eleva la media y reduce la capacidad de recuperación estructural a lo largo del ciclo.

La clasificación del ciclo no debe interpretarse como la simple suma de las tareas, sino como el reflejo del comportamiento combinado de aquellas fases que efectivamente determinan la carga ergonómica general. El modelo PERA, al aplicar el promedio solo sobre las tareas clasificadas como relevantes, evita distorsiones que podrían surgir por la inclusión de fases neutras o de baja incidencia. De este modo, la puntuación final expresa con mayor fidelidad el nivel de exposición real.

Este cierre evaluativo no introduce nuevas variables, sino que organiza la información existente en una síntesis clasificatoria coherente con el enfoque metodológico seguido. No se trata de interpretar las puntuaciones de manera aislada, sino de entender cómo la estructura del ciclo (en términos de frecuencia, duración y exigencia física) produce un resultado acumulativo que condiciona el comportamiento postural y mecánico del operario.

La tabla permite identificar no solo qué tareas presentan mayor carga, sino también cómo su distribución dentro del ciclo configura un entorno operativo con predominancia de acciones exigentes y escasa alternancia funcional. Esta ausencia de variabilidad técnica entre tareas — junto con la permanencia en bipedestación y la repetición de patrones posturales— define una estructura de trabajo donde el riesgo no depende de momentos extremos, sino de una exposición repetitiva y sostenida que configura el perfil general del puesto.

CAPITULO V - PROPUESTA

5.1 Justificación técnica

Los resultados obtenidos durante la evaluación del ciclo operativo evidencian una configuración ergonómica con predominancia de tareas clasificadas en el rango de alto riesgo según la metodología PERA. La puntuación global del ciclo, equivalente a 13 puntos, refleja una interacción acumulativa entre posturas mantenidas, esfuerzo físico no compensado y duraciones funcionales intermedias a prolongadas. Esta valoración se sustenta en la identificación de tres tareas con puntuaciones individuales elevadas (≥ 12 puntos), cuyas condiciones de ejecución representan una carga biomecánica sostenida sin fases intercaladas de recuperación estructural.

La codificación por dimensiones revela que el esfuerzo físico y las posturas adoptadas constituyen las variables con mayor incidencia en el perfil de exposición. La aplicación de adhesivo con herramienta suspendida, el cierre mediante presión bilateral y el traslado manual del producto sin asistencia mecánica concentran acciones que combinan cargas unilaterales o simétricas sostenidas con ausencia de soporte estructural. En dichas tareas se documentan elevaciones del brazo dominante sin descarga, flexiones de tronco superiores a 20° , contracción isométrica prolongada y rotaciones leves del eje axial, todas ellas mantenidas dentro de rangos funcionales repetitivos.

A nivel de distribución temporal, el 58,2 % del tiempo efectivo del ciclo se concentra en tareas clasificadas como ergonómicamente exigentes. Este valor excluye fases de transición o inspección que, si bien no representan una carga directa, tampoco introducen pausas funcionales que permitan la reorganización del patrón postural ni la descarga activa de los grupos musculares involucrados. El análisis de la variable duración confirma que no existe alternancia entre tareas de alta y baja exigencia, lo que incrementa la acumulación de carga a lo largo del ciclo completo.

La estación de trabajo evaluada opera en condiciones de bipedestación continua, sin dispositivos de ajuste de altura, puntos de apoyo para miembros inferiores o herramientas suspendidas que mitiguen el esfuerzo. La disposición de materiales y la configuración espacial obligan al operario a ejecutar movimientos dentro de un espacio restringido, con giros parciales del tronco y desplazamientos laterales limitados. La secuencia operativa observada no incluye rotación de funciones ni pausas técnicas, lo que contribuye a un patrón de ejecución repetitiva con escasa variabilidad funcional.

La exclusión de tres tareas del cómputo del ciclo, debido a su bajo impacto en términos de carga postural y esfuerzo, no modifica el resultado general, pero sí refuerza el carácter estructural del riesgo en las fases técnicas de mayor duración. Estas tareas no compensan la carga acumulada ni generan alternancia fisiológica suficiente para interrumpir la exigencia continua de los segmentos corporales activos. En consecuencia, la carga ergonómica no se distribuye de forma equilibrada, sino que se concentra en momentos específicos sin mecanismos de recuperación incorporados al diseño del ciclo.

Estos hallazgos establecen una situación operativa que, aunque funcional desde el punto de vista productivo, representa una exposición sostenida a factores de riesgo ergonómico que, en su conjunto, requieren intervención técnica. La propuesta que se plantea a continuación tiene como propósito reducir el nivel de riesgo identificado, no a partir de cambios estructurales de gran escala, sino mediante medidas específicas dirigidas a las variables biomecánicas más comprometidas, considerando la naturaleza cíclica, manual y continua del proceso evaluado.

5.2 Objetivos

Objetivo general

Reducir el nivel de exposición ergonómica identificado en el ciclo operativo de ensamblaje, cerrado y apilamiento de cajas de cartón corrugado en la estación OP-EM-05, mediante la implementación de medidas técnicas específicas orientadas a las tareas con mayor carga postural, esfuerzo físico sostenido y duración funcional relevante.

Objetivos específicos

- **OE1.** Disminuir la carga unilateral en miembro superior dominante durante la aplicación de adhesivo mediante la incorporación de mecanismos que reduzcan el esfuerzo sostenido, el ángulo de elevación y la falta de soporte durante la ejecución de la tarea 3.
- **OE2.** Atenuar la contracción isométrica bilateral sostenida durante la fase de cierre estructural del empaque, abordando los factores posturales y de esfuerzo asociados a la tarea 4 mediante ajustes funcionales y mecánicos que moderen la exigencia acumulativa.
- **OE3.** Reducir la carga postural asociada a la torsión axial del tronco y al control manual no asistido durante el traslado lateral del producto, modificando las condiciones operativas de la tarea 6 para minimizar la rotación, el alcance sin soporte y la duración en condiciones de carga.

5.3 Estrategias

La matriz a continuación (Tabla 8) organiza las estrategias de intervención ergonómica según las dimensiones definidas por los objetivos específicos, los cuales corresponden a las tareas identificadas con mayor carga mediante la evaluación PERA. Cada registro establece una correlación directa entre la dimensión afectada, la estrategia propuesta, su descripción operativa, la meta técnica esperada, el indicador funcional de seguimiento y la fórmula que permite

cuantificar su cumplimiento. Esta estructura facilita una lectura estructurada del enfoque propuesto, asegurando trazabilidad entre diagnóstico, intervención y evaluación.

Tabla 9.

Matriz de estrategias

Dimensión	Estrategia	Descripción	Meta	Indicador	Fórmula
OE1. Disminuir la carga unilateral en miembro superior dominante durante la aplicación de adhesivo	Implementación de soporte suspendido para herramienta manual de adhesivo con punto de contrapeso y anclaje ajustable	Diseñar e instalar un sistema mecánico de soporte suspendido con brazo articulado que mantenga la pistola de adhesivo en suspensión a la altura funcional, permitiendo movilidad sin necesidad de carga constante por parte del operario	Eliminar la carga suspendida del brazo dominante durante el 100 % de la tarea	Presencia de carga suspendida en brazo dominante	$(N^{\circ} \text{ ciclos sin carga suspendida} / N^{\circ} \text{ ciclos observados}) \times 100$
OE2. Atenuar la contracción isométrica bilateral sostenida durante el cierre del empaque	Reemplazo de presión manual directa por dispositivo mecánico de prensado por palanca de baja compresión adaptado a la mesa de trabajo	Incorporar un mecanismo de palanca que permita ejercer presión sobre la base de la caja sin esfuerzo manual directo, mediante activación con una sola mano y retorno automático, reduciendo la contracción bilateral simultánea	Reducir a menos del 25 % la participación de fuerza manual directa bilateral en la tarea	Frecuencia de presión manual bilateral directa	$(N^{\circ} \text{ acciones con presión manual directa} / N^{\circ} \text{ ejecuciones observadas}) \times 100$
OE3. Reducir la carga postural asociada a la torsión axial y manipulación no asistida durante el traslado	Reconfiguración del plano de apilamiento mediante tarima móvil de altura ajustable y desplazamiento frontal lineal	Ubicar la tarima de apilamiento sobre una estructura móvil frontal con ajuste hidráulico manual de altura, eliminando la necesidad de torsión lateral y permitiendo transferencia en línea recta desde el punto de ensamblaje	Eliminar el giro de tronco y el alcance lateral prolongado en al menos el 90 % de los ciclos	Frecuencia de rotación axial durante el traslado de caja	$(N^{\circ} \text{ traslados sin rotación axial} / N^{\circ} \text{ traslados totales}) \times 100$

Las estrategias formuladas responden a condiciones ergonómicas específicas identificadas como determinantes en la carga operativa del ciclo. En el caso de la dimensión asociada a la aplicación de adhesivo (OE1), la propuesta técnica prioriza la supresión de la carga suspendida en el brazo dominante mediante un mecanismo articulado con contrapeso. Este

diseño no solo elimina la necesidad de soporte activo por parte del operario, sino que conserva la movilidad funcional necesaria para la precisión de la tarea. La meta planteada —100 % de eliminación de la carga suspendida— es coherente con la estructura cíclica del proceso y el número de repeticiones por jornada.

Para la segunda dimensión (OE2), centrada en el cierre del empaque, la estrategia se orienta a reemplazar la presión manual bilateral sostenida por un sistema mecánico de activación por palanca. Esta medida permite reducir la contracción simultánea en ambos miembros superiores sin alterar el flujo productivo. La meta establecida —disminuir la participación de fuerza manual directa por debajo del 25 %— se fundamenta en la posibilidad de integrar el dispositivo sin alterar la superficie de trabajo, y el indicador permite verificar si la intervención logra desplazar el esfuerzo hacia un mecanismo externo.

En la tercera dimensión (OE3), se plantea una solución de carácter espacial mediante el rediseño del punto de apilamiento. La estrategia busca eliminar la torsión axial y el alcance lateral a través de una tarima ajustable en altura con desplazamiento frontal. Esta medida reconfigura el plano de trabajo para que el movimiento de transferencia se mantenga dentro del eje funcional del cuerpo, sin necesidad de rotación del tronco. La meta técnica —eliminar al menos el 90 % de los gestos de torsión— es viable dado que la modificación permite una ejecución más lineal y ergonómicamente estable, y su medición puede realizarse a través de un conteo directo de gestos compensatorios.

5.4 Actividades

Continuando con la estructuración de la propuesta técnica, la Matriz de actividades (Tabla 9) operativiza cada una de las estrategias previamente formuladas, desglosándolas en acciones secuenciales, concretas y técnicamente viables. El diseño contempla una lógica de

intervención por componente, donde cada estrategia se implementa mediante tres actividades encadenadas: una de planificación técnica, una de ejecución mecánica o estructural, y una de validación funcional o formación operativa. Esta secuencia permite mantener coherencia metodológica con la lógica del diagnóstico, enfocando los recursos hacia las dimensiones específicas del ciclo que concentran la mayor carga.

Tabla 10.

Matriz de actividades

Estrategia	Actividad	Descripción	Tareas	Recursos materiales	Recursos humanos
Soporte suspendido para herramienta de adhesivo	Diseño técnico del sistema de soporte articulado	Especificación del brazo articulado, punto de anclaje, contrapeso y recorrido funcional según el plano de trabajo actual	Levantamiento técnico; elaboración de esquema 3D; validación con operario	Brazo metálico articulado, rótulas, contrapeso, planos técnicos, herramientas de precisión	Ingeniero mecánico, técnico en ergonomía, operario de referencia
	Fabricación y ensamblaje del mecanismo de suspensión	Construcción del soporte metálico con rótulas móviles y fijación superior; verificación de estabilidad estructural	Selección de materiales; mecanizado de piezas; montaje estructural	Tubos estructurales, soldadora, rótulas, discos de corte, taladro de banco	Soldador calificado, técnico de mantenimiento, ayudante de taller
	Instalación y prueba operativa en la estación OP-EM-05	Integración del sistema en la estación de trabajo y verificación de suspensión libre de herramienta en condiciones operativas	Anclaje a estructura superior; fijación de límites de recorrido; prueba en vacío y con carga real	Tornillería industrial, fijadores de anclaje, llave dinamométrica, escuadras	Supervisor de producción, técnico en seguridad industrial, operario asignado
Dispositivo mecánico de prensado por palanca	Análisis dimensional del punto de presión y diseño del dispositivo de palanca	Toma de medidas precisas del punto de presión manual actual y cálculo de la fuerza necesaria para adhesión efectiva	Medición in situ; análisis de resistencia del adhesivo; simulación de palanca	Calibrador digital, dinamómetro manual, adhesivo estándar, fichas técnicas	Ingeniero de procesos, técnico en diseño mecánico, operario evaluado

		Construcción del mecanismo de palanca con brazo oscilante, sistema de retorno y placa de presión; acoplamiento a mesa	Corte y soldadura de componentes; ajuste de brazo; integración con la mesa	Acero de 3 mm, eje oscilante, muelle de retorno, mordazas, base reforzada	Mecánico de banco, soldador técnico, especialista en estructuras ligeras
	Capacitación del operario en uso del sistema de prensado	Instrucción técnica al operario sobre el uso del mecanismo con prácticas supervisadas y validación de la ejecución correcta	Sesión práctica; simulación de presión; corrección de errores de uso	Manual técnico, ficha operativa, checklist de prueba, herramienta de ajuste	Instructor de planta, técnico en ergonomía, operario designado
Tarima móvil de altura ajustable con desplazamiento frontal	Medición ergonómica del eje de traslado y rediseño del plano de apilamiento	Determinación del ángulo actual de torsión y altura de trabajo; definición del eje frontal óptimo de descarga	Captura de video de tareas actuales; análisis angular; trazado del nuevo eje	Nivel láser, cinta métrica, software de análisis angular, plantilla ergonómica	Analista ergonómico, técnico en diseño, supervisor de turno
	Adaptación e instalación de tarima móvil con ajuste hidráulico	Fabricación de la base móvil con sistema de elevación manual, riel de desplazamiento y freno de seguridad	Montaje de estructura; conexión hidráulica; calibración de altura	Perfil estructural, sistema hidráulico mecánico, ruedas industriales, freno de seguridad	Equipo de montaje, técnico hidráulico, ayudante operativo
	Verificación funcional de trayectoria sin torsión y ajuste fino del sistema	Evaluación del gesto de transferencia sin giro axial; ajustes menores en altura y distancia de recorrido si se requiere	Observación de la transferencia; verificación de alineación; retroajuste con supervisor	Cámara de registro, fichas de observación, cuñas de nivelación, ficha de validación	Supervisor de planta, técnico de mejora continua, operario de validación

En el caso de la estrategia asociada al soporte suspendido para la herramienta de adhesivo, las actividades parten del diseño técnico del sistema articulado, que considera parámetros como el recorrido funcional, la altura del plano de trabajo y la ubicación del punto de

anclaje. La fabricación incluye elementos estructurales de bajo peso, componentes articulados y un sistema de fijación compatible con la estación existente. La fase final incorpora el montaje en condiciones reales y la prueba directa con el operario, lo que permite verificar que la herramienta permanece en suspensión sin necesidad de soporte activo por parte del miembro superior dominante. Esta secuencia responde a la necesidad de eliminar una de las principales fuentes de carga unilateral sostenida durante el ciclo.

Para la estrategia de reemplazo de presión manual bilateral por un dispositivo de palanca, la primera actividad se orienta a caracterizar con exactitud el punto de presión actual y calcular el esfuerzo requerido para lograr la adhesión efectiva sin esfuerzo excesivo. Con base en estos datos se construye un mecanismo de compresión que permite activar la presión desde una palanca con brazo oscilante, evitando el uso simultáneo de ambas manos y disminuyendo la contracción estática prolongada. El cierre de la secuencia incluye la instrucción técnica al operario y la validación del uso adecuado del sistema, garantizando que la solución no introduce distorsiones funcionales ni altera el flujo operativo.

Por último, la estrategia dirigida a modificar la tarea de traslado del producto considera en primer término la reconfiguración del eje de movimiento mediante análisis angular, con el objetivo de definir una trayectoria funcional recta y sin rotación. A partir de esta medición se adapta una tarima de altura ajustable montada sobre un sistema de desplazamiento frontal, lo que permite eliminar la necesidad de torsión del tronco y del alcance lateral repetido. La tercera actividad incluye la verificación funcional del sistema bajo condiciones reales, con observación directa del gesto técnico y ajustes menores en altura o recorrido si son necesarios. De esta manera, la intervención se centra en evitar patrones biomecánicos repetitivos que, por su ubicación en el ciclo, contribuyen de forma acumulativa al nivel de exposición general.

5.5 Plan de acción

A continuación, se presenta la Matriz del Plan de Acción (Tabla 10), estructurada con base en los principios operativos de secuencia, especificidad y temporalidad, en función directa de las actividades previamente definidas. El cronograma distribuye las intervenciones en una línea de 8 semanas, permitiendo una ejecución escalonada y técnicamente coordinada de los ajustes ergonómicos propuestos. Cada actividad se vincula con una fuente verificable y asignación de responsables operativos específicos, evitando superposiciones innecesarias y favoreciendo la trazabilidad de los avances.

Tabla 11.

Plan de acción

Actividad	Responsable	Fuentes de Verificación	Duración (semanas)	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Diseño técnico del sistema de soporte articulado	Ingeniero mecánico y técnico en ergonomía	Esquema técnico aprobado y validación de operario	1	X					
Fabricación y ensamblaje del mecanismo de suspensión	Técnico de mantenimiento y soldador calificado	Informe de montaje estructural con fotografías	2		X	X			
Instalación y prueba operativa en la estación OP-EM-05	Supervisor de producción y técnico en seguridad	Acta de instalación firmada y video de prueba	1				X		
Análisis dimensional del punto de presión y diseño del dispositivo de palanca	Ingeniero de procesos y técnico en diseño mecánico	Ficha técnica del punto de presión con simulación documentada	1	X					
Fabricación e integración del sistema de compresión manual	Mecánico de banco y soldador técnico	Informe de integración estructural y prueba mecánica funcional	2		X	X			
Capacitación del operario en uso del sistema de prensado	Instructor de planta y técnico en ergonomía	Lista de asistencia, evidencia fotográfica y validación práctica	1					X	

Medición ergonómica del eje de traslado y rediseño del plano de apilamiento	Analista ergonómico y técnico en diseño	Informe ergonómico con análisis angular y trazado validado	1	X	
Adaptación e instalación de tarima móvil con ajuste hidráulico	Técnico hidráulico y equipo de montaje	Acta de instalación, prueba hidráulica y video de funcionamiento	2	X	X
Verificación funcional de trayectoria sin torsión y ajuste fino del sistema	Supervisor de planta y técnico de mejora continua	Ficha de validación del gesto sin torsión y observación registrada	1		X

Las actividades asociadas al soporte suspendido para herramienta de adhesivo se organizan de forma secuencial, iniciando con el diseño técnico en la primera semana, seguido por dos semanas de fabricación estructural, para concluir con la instalación en campo durante la cuarta semana. Esta programación permite asegurar la disponibilidad previa del componente mecánico y realizar pruebas controladas antes de su puesta en operación. La distribución considera también los tiempos requeridos para validar la suspensión libre del dispositivo sin interferencia con el ciclo funcional.

En cuanto a la estrategia dirigida al reemplazo del esfuerzo bilateral mediante mecanismo de palanca, la matriz asigna las tres primeras semanas a la etapa de análisis y fabricación, mientras que la capacitación operativa se traslada a la quinta semana. Esta distribución evita que la instrucción ocurra antes de la disponibilidad física del dispositivo y permite insertar un margen de verificación intermedia. El diseño del sistema de compresión, al requerir una adaptación precisa al plano de trabajo, exige un trabajo técnico específico que justifica su ejecución prolongada en paralelo con otras intervenciones.

La estrategia orientada a corregir la torsión axial en la tarea de traslado también respeta una lógica técnica lineal. La medición ergonómica y rediseño del plano de apilamiento se

programan en la segunda semana, lo cual habilita el inicio inmediato del montaje estructural a partir de la tercera. La validación funcional final se reserva para la sexta semana, posterior a la integración del sistema de ajuste hidráulico. Esta secuencia permite observar los gestos de transferencia bajo condiciones reales y realizar ajustes menores sin interrumpir la progresión del plan general. La planificación global, al mantenerse dentro de un marco de 8 semanas, optimiza recursos sin comprometer la calidad técnica de la intervención.

5.6 Recomendaciones para la implementación de la propuesta

Para asegurar la correcta ejecución de las estrategias técnicas planteadas, se sugiere establecer un protocolo de implementación que respete la secuencia lógica del cronograma operativo y que contemple mecanismos de validación intermedia en cada etapa. Las intervenciones deben ser ejecutadas en condiciones de operación real, con presencia del operario asignado y acompañamiento de personal técnico, con el fin de ajustar en tiempo real cualquier desviación en la adaptación funcional de los componentes.

Se recomienda evitar la ejecución simultánea de actividades que compartan el mismo entorno físico de intervención, especialmente aquellas que involucren desmontaje o instalación directa en la estación OP-EM-05. Esto implica coordinar con los responsables de producción una ventana operativa que minimice interferencias con la continuidad del ciclo productivo, sin comprometer la estabilidad de las líneas colindantes.

Debe garantizarse la disponibilidad previa de todos los materiales y componentes requeridos, en función del orden establecido en la matriz de plan de acción, para evitar interrupciones por demoras logísticas o errores de especificación. Se aconseja utilizar componentes estandarizados y estructuras compatibles con el mobiliario y el equipamiento ya existente, para facilitar el montaje y asegurar la interoperabilidad técnica.

El personal técnico asignado debe contar con capacitación específica en ajustes ergonómicos y comprensión de las variables evaluadas en el método PERA, de forma que las soluciones implementadas respondan efectivamente a los requerimientos posturales y mecánicos identificados. En paralelo, se sugiere mantener un registro visual y documental del proceso de implementación para facilitar auditorías internas, retroalimentación del operario y trazabilidad técnica posterior a la ejecución.

Tras la instalación de cada uno de los componentes propuestos, debe ejecutarse una fase de observación controlada durante la operación habitual del ciclo, en la cual se verifique el comportamiento de los sistemas incorporados sin necesidad de ajustes adicionales. En caso de detectar desviaciones, estas deberán documentarse y ser objeto de retroajuste inmediato antes de validar la intervención como concluida. Esta etapa resulta necesaria para confirmar la adecuación técnica de la propuesta sin alterar la dinámica funcional del entorno productivo.

CONCLUSIONES

La aplicación estructurada del método PERA permitió avanzar con consistencia en el diagnóstico ergonómico de un ciclo operativo real en la industria de impresión y producción de empaques, específicamente en la estación dedicada al ensamblaje manual de cajas RSC. A partir del análisis de las variables biomecánicas —postura, esfuerzo y duración—, fue posible caracterizar con base técnica suficiente el entorno laboral, segmentar funcionalmente las tareas del proceso y cuantificar la carga ergonómica acumulada durante la jornada. Esta aproximación cumplió con el objetivo general del estudio al generar insumos evaluativos que sirvieron como base para una propuesta de optimización estructurada, orientada a mejorar las condiciones de salud ocupacional del operario.

En lo que respecta al primer objetivo específico, la segmentación funcional del ciclo permitió identificar siete tareas independientes con tiempos de ejecución diferenciados y una estructura de repetición continua. Este desglose reveló que más del 58 % del ciclo se concentra en fases operativas que implican manipulación directa del objeto, uso de herramientas manuales o traslado de carga, sin pausas técnicas ni rotación funcional visible. La codificación temporal y funcional de cada tarea proporcionó una base objetiva para aplicar posteriormente los criterios del método PERA y avanzar en la evaluación cuantitativa.

El segundo objetivo se cumplió mediante la observación estructurada de las condiciones físicas en las que se ejecutan las tareas, evaluando de manera específica la postura adoptada por segmentos corporales, el tipo de esfuerzo muscular involucrado y la duración efectiva de cada unidad funcional. Las observaciones permitieron distinguir patrones de carga postural sostenida, uso unilateral del brazo dominante, presencia de contracción isométrica bilateral, torsión axial leve y ausencia de apoyos estructurales. Estas condiciones, analizadas de forma individual por tarea, revelaron una configuración operativa sin mecanismos de compensación, caracterizada por la repetición mecánica y la escasa variabilidad funcional.

Respecto al tercer objetivo, el método PERA permitió determinar el nivel de exposición ergonómica mediante la combinación de variables cuantificadas bajo un modelo multiplicativo. El resultado de la evaluación posicionó el ciclo operativo dentro de la categoría de alto riesgo, con una puntuación final de 13 puntos. Esta clasificación se derivó de la existencia de tres tareas (3, 4 y 6) con puntuaciones individuales elevadas, las cuales combinan exigencia postural, carga física y tiempos prolongados sin interrupciones compensatorias. Las tareas de bajo impacto fueron excluidas del cálculo final conforme a los lineamientos del método, lo que aseguró la representatividad de la media como indicador real de carga operativa.

En cuanto al cuarto objetivo, se desarrolló una propuesta estructurada en torno a las tareas clasificadas como de alto riesgo; esta propuesta integró estrategias ergonómicas orientadas a reducir la carga unilateral en la aplicación de adhesivo, atenuar el esfuerzo bilateral en la fase de cierre del empaque y evitar la torsión axial en el traslado lateral del producto. Cada estrategia se tradujo en actividades secuenciales con componentes específicos de diseño, ejecución y validación, organizadas dentro de un plan de acción temporalmente definido y técnicamente verificable. La estructura de la propuesta se mantuvo alineada con los hallazgos de la evaluación, sin introducir soluciones genéricas, lo que aseguró su coherencia funcional con las condiciones reales observadas.

Los resultados y la propuesta desarrollada en esta investigación confirman la utilidad del método PERA como instrumento técnico de evaluación ergonómica en contextos industriales semiautomatizados. La codificación de tareas, el análisis biomecánico observacional y la clasificación del riesgo permitieron no solo diagnosticar con precisión la situación evaluada, sino también generar soluciones aplicables en contextos similares.

RECOMENDACIONES

La industria de impresión y fabricación de empaques en Ecuador requiere líneas de investigación que exploren la interacción entre diseño de estaciones de trabajo, productividad y salud musculoesquelética. Futuros estudios deben considerar el rediseño geométrico de los espacios operativos según criterios antropométricos locales, especialmente en tareas que demandan movimientos repetitivos en planos fijos. Analizar cómo la altura de las superficies, la disposición de los insumos y el radio de alcance afectan la postura permitiría establecer estándares técnicos más específicos que los actualmente aplicados de forma genérica.

También resulta pertinente investigar la incidencia de la organización del tiempo operativo en la acumulación de carga física. La programación de micro pausas activas dentro del ciclo, el diseño de bloques operativos con alternancia de funciones, y la implementación de estrategias de recuperación funcional representan variables poco exploradas en el entorno manufacturero local. Estudios que midan el impacto de estas intervenciones en la reducción de puntuaciones ergonómicas o en la fatiga percibida aportarían evidencia útil para rediseñar los flujos de trabajo sin comprometer los tiempos de producción.

En contextos con limitada automatización, como el analizado, se recomienda estudiar dispositivos mecánicos de bajo costo que compensen el esfuerzo físico en tareas repetitivas. La documentación técnica de adaptaciones simples —soportes suspendidos, sistemas de palanca, mesas ajustables— permitiría generar catálogos de soluciones replicables en plantas de tamaño medio. La evaluación del impacto funcional de estos dispositivos debe incluir no solo la reducción de carga postural, sino también la compatibilidad con los volúmenes y ritmos de producción habituales.

Desde una perspectiva metodológica aplicada al sector industrial, se recomienda desarrollar protocolos de evaluación ergonómica que incluyan indicadores operativos, tales como variabilidad de gestos, porcentaje de tareas activas por jornada y número de interacciones sin soporte mecánico. Incorporar estos parámetros a las rutinas de control interno favorecería un seguimiento técnico de las condiciones laborales y permitiría intervenir antes de que se presenten cuadros clínicos incapacitantes. La evaluación debe integrarse como parte de los sistemas de gestión de calidad, no como una acción aislada.

Por último, se sugiere ampliar el alcance de los estudios ergonómicos hacia análisis longitudinales que vinculen la exposición física con indicadores de productividad, ausentismo y

rotación del personal. Esta línea permitiría cuantificar el costo operativo real asociado a la no intervención ergonómica, facilitando decisiones de inversión en rediseño funcional. En paralelo, establecer alianzas entre el sector académico, técnico y empresarial incrementaría la posibilidad de validar soluciones en escenarios reales, mejorando la aplicabilidad de los hallazgos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EU-OSHA. (2019). *Work-related musculoskeletal disorders: prevalence, costs and demographics in the EU*. European Agency for Safety and Health at Work, European Risk Observatory, Luxembourg.
- Alli, B. (2008). *Fundamental principles of occupational health and safety* (Vol. Second edition). Geneva: International Labour Organization.
- Burgess-Limerick, R. (2018). Participatory ergonomics: Evidence and implementation lessons. *Applied ergonomics*, 68, 289-293. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.12.009>
- Chander, D., & Cavatorta, M. (2017). An observational method for Postural Ergonomic Risk Assessment (PERA). *International Journal of Industrial Ergonomics*, 51, 32-41. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2016.11.007>
- Chartres, N., Bero, L., & Norris, S. (2019). A review of methods used for hazard identification and risk assessment of environmental hazards. *Environment international*, 123, 231-239. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.11.060>
- Deshpande, R. (2013). Ergonomics and its Stress Relating Issues for the Employees Working in Banking Sector. *Journal of National Conference on Paradigm for Sustainable Business*, 1-12.

- Erwandi, D., Lestari, F., Djunaidi, Z., & El-Matury, H. (2021). Review of psychosocial risk approach, model and theory. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 8(3), 195-214.
- Fuentes, N., Boza, J., P. D., & Egas, M. (2024). Riesgos ergonómicos en el trabajo en la industria bananera de la costa ecuatoriana. *Religación: Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 9(40). <https://doi.org/10.46652/rgn.v9i40.123>
- Halonen, T., & Liukkonen, U. (2021). *International labour organization and global social governance*. Gewerbestrasse : Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-55400-2>
- Harcombe, H., McBride, D., Derrett, S., & Gray, A. (2010). Physical and psychosocial risk factors for musculoskeletal disorders in New Zealand nurses, postal workers and office workers. *Injury prevention*, 16(2), 96-100. <https://doi.org/10.1136/ip.2009.021766>
- Hernández, W. (2022). *Análisis de los factores de riesgo ergonómico y su relación con los síntomas músculo esqueléticos en trabajadores de una empacadora de camarón*. Trabajo de Titulación, Escuela Superior Politécnica del Litoral. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/56596/1/T-112899%20Wilfre%20Alberto%20Diaz%20Hernandez.pdf>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: McGraw Hill.
- IEHFA. (2025). *International Ergonomics & Human Factor Asociation*. <https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/>
- ILO. (2019). *Safety and health at the heart of the future of work: Building on 100 years of experience*. International Labour Organization, Geneva .

- ILO. (2023). *A call for safer and healthier working environments*. International Labour Organization, Geneva . <https://www.ilo.org/topics-and-sectors/safety-and-health-work>
- ILO-STAT. (2025). *Statistics on safety and health at work*. International Labour Organization. <https://ilostat.ilo.org/topics/safety-and-health-at-work/>
- Karwowski, W., & Zhang, W. (2021). The discipline of human factors and ergonomics. En *Handbook of human factors and ergonomics* (págs. 1-37). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119636113.ch1>
- Koirala, R., & Nepal, A. (2022). A literature review on ergonomics, ergonomics practices, and employee performance. *Quest Journal of Management and Social Sciences*, 4(2), 273-288. <https://doi.org/10.3126/qjmss.v4i2.50322>
- Lan, L., Lian, Z., & Pan, L. (2010). The effects of air temperature on office workers' well-being, workload and productivity-evaluated with subjective ratings. *Applied Ergonomics*, 42(1), 29-36. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.04.003>
- Lima, A., Ribeiro, C., Lima, S., Barbosa, Y., Oliveira, I., & Araújo, K. (2024). Análise espaço-temporal dos distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho no Brasil: um estudo ecológico. *Cadernos de Saúde Pública*, 40(7). <https://doi.org/10.1590/0102-311XEN141823>
- Mateo, M., Tarral, M., Rodríguez, P., & Galera, A. (2020). Ergonomics as basis for a decision support system in the printing industry. *Central European Journal of Operations Research*, 28(2), 685-706. <https://doi.org/10.1007/s10100-019-00667-4>
- Merino-Salazar, P., Artazcoz, L., Cornelio, C., Iñiguez, M., Rojas, M., & Martínez-Iñigo, D. (2017). Work and health in Latin America: results from the working conditions surveys

- of Colombia, Argentina, Chile, Central America and Uruguay. *Occupational and environmental medicine*, 74(6), 432-439. <https://doi.org/10.1136/oemed-2016-103899>
- Pickson, R., Bannerman, S., & Ahwireng, P. (2017). Investigating the effect of ergonomics on employee productivity: a case study of the butchering and trimming line of pioneer food cannery in Ghana. *Modern Economy*, 8(12), 1561-1574. <https://doi.org/10.4236/me.2017.812103>
- Raja, U., Nawaz, A., & Javed, A. (2019). Impact of workspace design on employee's productivity: a case study. *International Journal of Sustainable Real Estate and Construction Economics*, 1(3), 201. <https://doi.org/10.1504/ijrsrece.2019.10018870>
- Ruslan, K., Inshyn, M., Dmytro, S., Yelena, T., & Olena, A. (2020). Occupational safety and health of factory workers in European countries in the nineteenth century: historical and legal analysis. *Labor History*, 61(3), 388-400. <https://doi.org/10.1080/0023656X.2020.1775796>
- Sánchez, P. (2022). *Evaluación del nivel de riesgo ergonómico por movimientos repetitivos en una fábrica de elaboración de snack en el área de empaque*. Trabajo de Titulación, Universidad Internaiconal SEK. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4598/1/S%c3%a1nez%20Chac%c3%b3n%20Paul%20Antonio.pdf>
- Sarder, M., & Mandahawi, N. (2006). Workplace evaluation of an Asian garment-factory. *J. Human Ergot*, 35, 45-51. <https://doi.org/10.11183/jhe1972.35.45>
- SUPERCIAS. (Junio de 2024). *Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros*. mercadodevalores.supercias.gob.ec/reportes/directorioCompanias.jsf

- Thatcher, A., Nayak, R., & Waterson, P. (2020). Human factors and ergonomics systems-based tools for understanding and addressing global problems of the twenty-first century. *Ergonomics*, 63, 367-387. <https://doi.org/10.1080/00140139.2019.1646925>
- Trávez, J. (2014). *Riesgos ergonómicos y salud laboral en los trabajadores del área de empaque de la empresa PARMALAT S.A. del Ecuador de la provincia del Cotopaxi: Diseño de una propuesta de intervención*. Trabajo de Titulación, Universidad Técnica de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/3c93ff42-cccc-48e9-8b38-32099adc3a18/content>
- Verdezoto, M. (2015). *Gestión técnica del riesgo ergonómico por posturas forzadas en el área de empaque de la planta de secos de la empresa LEVAPAN del Ecuador S.A.* Trabajo de Titulación, Escuela Politécnica del Litoral. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11567/1/CD-6511.pdf>
- Villacrés-López, M., Noroña-Salcedo, D., & Leiton-Urresta, A. (2024). Prevalence of occupational diseases in Ecuador during the period 2017-2023. *Revista de la Asociación Española de Especialistas en Medicina del Trabajo*, 33(3), 328-337.
- WHO/ILO. (2021). *WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury, 2000–2016*. World Health Organization and International Labour Organization, Geneva.
- Zakerian, S., Garosi, E., Abdi, Z., Bakhshi, E., Kamrani, M., & Kalantari, R. (2016). Studying the influence of workplace design on productivity of bank clerks. *Journal of Health and Safety at Work*, 6(2), 35-42.