



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

MAESTRÍA EN SEGURIDAD, SALUD E HIGIENE INDUSTRIAL

TEMA:

“SISTEMA DE ROTACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO PARA REDUCIR LA CARGA POSTURAL DEL PERSONAL DE LA LÍNEA SEMIAUTOMÁTICA DE ENVASADO DE LA EMPRESA PROINBE”

Autor

Ing. Maldonado Navarro José Luis

Tutora

Mgr. Salas Monteros José Mauricio

AMBATO – ECUADOR

2025

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REFABRICACIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo Maldonado Navarro José Luis, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre **"SISTEMA DE ROTACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO PARA REDUCIR LA CARGA POSTURAL DEL PERSONAL DE LA LÍNEA SEMIAUTOMÁTICA DE ENVASADO DE LA EMPRESA PROINBE"**, como requisito para optar a la Maestría en Seguridad, Salud e Higiene Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 28 días del mes de marzo de 2025, firmo conforme:

Autor: Maldonado Navarro José Luis

Firma:

Número de Cédula: 1803598877

Dirección: Rodríguez Labandera 01-28 y Marcos Montalvo

Correo Electrónico: maldonadonavarroj@yahoo.com.mx

Teléfono: 0963510243

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular **“SISTEMA DE ROTACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO PARA REDUCIR LA CARGA POSTURAL DEL PERSONAL DE LA LÍNEA SEMIAUTOMÁTICA DE ENVASADO DE LA EMPRESA PROINBE”**, presentado por Maldonado Navarro José Luis, para optar por el Título de Máster en Seguridad, Salud e Higiene Industrial.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración de Titulación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Examinador que se designe.

Ambato, 28 de marzo del 2025

.....
Mgtr. Salas Monteros José Mauricio

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Maestría en Seguridad, Salud e Higiene Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 28 de marzo del 2025.

.....
Ing. Maldonado Navarro José Luis

1803598877

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: **"SISTEMA DE ROTACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO PARA REDUCIR LA CARGA POSTURAL DEL PERSONAL DE LA LÍNEA SEMIAUTOMÁTICA DE ENVASADO DE LA EMPRESA PROINBE"**, previo a la obtención del Título de Magister en Seguridad, Salud e Higiene Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Titulación.

Ambato, 28 de marzo de 2025

.....

Mgtr. Andrés Rogelio Lara Calle

PRESIDENTE DE TRIBUNAL

.....

Mgtr. Pablo Elicio Ron Valenzuela

EXAMINADOR DE TRIBUNAL

.....

Mgtr. José Mauricio Salas Monteros

DIRECTOR DE TRIBUNAL

DEDICATORIA

A mi querido hijo Stefan Benjamín,

Luz de mi vida y fuente inagotable de inspiración. Tu sonrisa ilumina mis días y me da fuerzas para seguir adelante y superarme. Este logro es para ti, con la esperanza de que algún día te inspire a perseguir tus propios sueños y metas.

Que este trabajo sea un recordatorio de que, con esfuerzo, dedicación y amor, todo es posible.

Te amo infinitamente.

Ing. José Luis Maldonado Navarro

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento:

A mi madre, pilar fundamental en mi vida, por su amor incondicional y apoyo constante en cada paso de mi camino. Tu fuerza y dedicación han sido siempre mi mayor inspiración.

A Adriana Barria, madre de mi hijo y compañera de vida, por su paciencia, comprensión y apoyo durante todo este proceso. Tu amor y aliento han sido fundamentales para alcanzar esta meta.

A la Universidad Tecnológica Indoamérica, por brindarme la oportunidad de crecer profesionalmente y por la excelencia académica que la caracteriza.

A mis profesores, en especial al Mgtr. José Mauricio Salas Monteros, por su guía, conocimientos compartidos y dedicación en la dirección de este trabajo.

A la empresa PROINBE y a su representante, el Ing. Fernando Xavier Navarro, por abrir las puertas de su organización y permitirme desarrollar esta investigación. Su colaboración ha sido invaluable para la realización de este proyecto.

A todos quienes de una u otra manera contribuyeron a la culminación exitosa de esta etapa académica, mi eterno agradecimiento.

GRACIAS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REFABRICACIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN DE LECTORES.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN EJECUTIVO	; ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. v
ABSTRACT.....	xvi

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.....	3
Justificación.....	5
Objetivo General	6
Objetivos específicos.....	6

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa	7
Identificación de la institución	7
Misión, Visión, Política, Organigrama Funcional	9
Proceso Operativo del área de estudio.....	13
Área de Estudio	57
Modelo Operativo.....	57

Desarrollo del modelo operativo	58
Medición antropométrica.....	59
Protocolo de medición	59
Análisis biomecánico.....	60

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación de la propuesta	63
Análisis de las demandas físicas y habilidades requeridas.....	63
Justificación de la necesidad de un sistema de rotación de puestos	72
Propuesta	84
Manual de procedimientos para la rotación de puestos en la línea de envasado de PROINBE.....	111
Módulo de capacitación y entrenamiento para el sistema de rotación de puestos en la línea de envasado de PROINBE.....	115
Diseño del sistema de rotación	123
Resultados esperados.....	125
<i>Mejoras ergonómicas</i>	125
<i>Desempeño operacional</i>	126
<i>Desarrollo de competencias</i>	126
<i>Beneficios para la salud ocupacional</i>	127
<i>Impacto organizacional</i>	127
<i>Resultados en productividad y eficiencia</i>	128
<i>Sostenibilidad del sistema</i>	129
<i>Curva "S" de costos acumulados</i>	132
<i>Monitoreo y evaluación del sistema</i>	135

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACION Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ROTACIÓN DE PROPUESTO

Fase de implementación	142
<i>Resultados</i>	143
<i>Post test</i>	145

Pre-test VS Post-test	168
-----------------------------	-----

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.....	174
Recomendaciones	175
Referencias	185

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos generales de PROINBE.....	9
Tabla 2. Evaluación del trabajador 1. Colocación de envases en la línea	25
Tabla 3. Evaluación del trabajador 2. Enjuague de envases.....	29
Tabla 4. Evaluación del trabajador 3. Llenado de producto	33
Tabla 5. Evaluación del trabajador 4. Colocación de nitrógeno y tapado del producto	37
Tabla 6. Evaluación del trabajador 5. Colocación de etiquetas termo encogibles	41
Tabla 7. Evaluación del trabajador 6. Colocación del producto en la enfundadora semiautomática	45
Tabla 8. Evaluación del trabajador 7. Colocación de etiquetas externas y paletizado ..	49
Tabla 9. Resumen RULA - OCRA.....	56
Tabla 10. Área de estudio	57
Tabla 11. Medidas antropométricas del trabajador de Colocación de envases en la línea	64
Tabla 12. Medidas antropométricas del trabajador de Enjuague de envases	65
Tabla 13. Medidas antropométricas del trabajador de Colocación de Llenado de producto	66
Tabla 14. Medidas antropométricas del trabajador de Colocación de nitrógeno y tapado	67
Tabla 15. Medidas antropométricas del trabajador de Colocación de etiquetas termo encogibles	68
Tabla 16. Medidas antropométricas del trabajador de Colocación en enfundadora semiautomática	69
Tabla 17. Medidas antropométricas del trabajador de Colocación de etiquetas externas y paletizado.....	70
Tabla 18. Análisis biomecánico de Colocación de envases en la línea	74
Tabla 19. Análisis biomecánico de Colocación de llenado del producto	77
Tabla 20. Análisis biomecánico de Colocación de etiquetas termoencogibles:	81
Tabla 21. Cronograma de actividades	129
Tabla 22. Análisis de costos	131
Tabla 23. Evaluación NTP 387 - Colocación de envases.....	148

Tabla 24. Análisis OWAS - Colocación de envases en la línea	149
Tabla 25. Análisis OCRA - Colocación de envases	150
Tabla 26. Evaluación de Condiciones de Trabajo - Enjuague de envases.....	150
Tabla 27. Análisis OWAS - Enjuague de envases.....	151
Tabla 28. Análisis OCRA - Enjuague de envases	152
Tabla 29. Evaluación de Condiciones de Trabajo - Llenado de producto.....	152
Tabla 30. Análisis OWAS - Llenado de producto.....	153
Tabla 31. Análisis OCRA - Llenado de producto	154
Tabla 32. Evaluación de Condiciones de Trabajo - Colocación de nitrógeno y tapado	155
Tabla 33. Análisis OWAS - Colocación de nitrógeno y tapado.....	156
Tabla 34. Análisis OCRA - Colocación de nitrógeno y tapado.....	156
Tabla 35. Evaluación de Condiciones de Trabajo - Etiquetas termoencogibles.....	157
Tabla 36. Análisis OWAS - Etiquetas termoencogibles.....	158
Tabla 37. Análisis OCRA - Etiquetas termoencogibles	158
Tabla 38. Evaluación de Condiciones de Trabajo - Enfundadora semiautomática	159
Tabla 39. Análisis OWAS - Enfundadora semiautomática	160
Tabla 40. Análisis OCRA - Enfundadora semiautomática.....	160
Tabla 41. Evaluación de Condiciones de Trabajo - Etiquetas externas y paletizado ..	161
Tabla 42. Análisis OWAS - Etiquetas externas y paletizado	162
Tabla 43. Análisis OCRA - Etiquetas externas y paletizado	163
Tabla 44. Comparativa General NTP 387	164
Tabla 45. Evolución de Posturas de Trabajo (OWAS).....	165
Tabla 46. Comparativa General OCRA.....	166
Tabla 47. Recomendaciones según Nivel de Riesgo	169
Tabla 48. Propuestas de Mejora al Sistema	170
Tabla 49. Indicadores de Seguimiento	172

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico 1. Organigrama estructural de “PROINBE”	11
Gráfico 2. Línea de envasado.....	16
Gráfico 3. Colocación de envases en línea	17
Gráfico 4. Enjuague de envases	18
Gráfico 5. Llenado de producto	19
Gráfico 6. Colocación de nitrógeno y tapado	20
Gráfico 7. Colocación de etiqueta.....	21
Gráfico 8. Colocación en enfundadora	22
Gráfico 9. Paquetes y paletizado.....	23
Gráfico 10. Modelo operativo.....	57
Gráfico 11. Diagrama de flujo rotación	113
Gráfico 12. Curva S	132

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Ubicación de PROINBE	8
Imagen 2. Mapa de Evacuación, Riesgos y Seguridad y Salud Ocupacional.....	8
Imagen 3. Plano Sagital	60
Imagen 4. Movimientos biomecánicos	62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	1777
Anexo 2	18080
Anexo 3	1822

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

MAESTRÍA EN SEGURIDAD, SALUD E HIGIENE INDUSTRIAL

TEMA: "SISTEMA DE ROTACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO PARA REDUCIR LA CARGA POSTURAL DEL PERSONAL DE LA LÍNEA SEMIAUTOMÁTICA DE ENVASADO DE LA EMPRESA PROINBE".

AUTOR(A): Maldonado Navarro José Luis

TUTOR (A): Mgtr. Salas Monteros José Mauricio

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación aborda la implementación de un sistema de rotación de puestos de trabajo para reducir la carga postural del personal en la línea semiautomática de envasado de la empresa PROINBE. La investigación partió de un análisis ergonómico exhaustivo mediante los métodos RULA y OCRA, que reveló niveles significativamente elevados de riesgo en todas las estaciones, con índices OCRA que superaban ampliamente el umbral de aceptabilidad (hasta 38) y puntuaciones RULA en niveles medio-alto. La metodología incluyó el desarrollo de un modelo matemático multicriterio para la programación óptima de rotaciones, un manual de procedimientos detallado y un programa integral de capacitación. La implementación siguió un protocolo estructurado en tres fases: preparación, implementación piloto e implementación completa. Los resultados post-implementación mostraron mejoras significativas, con reducciones promedio del 30% en los niveles de riesgo ergonómico y mejoras sustanciales en los factores de recuperación. El sistema también generó beneficios en términos de productividad y desarrollo profesional, creando un equipo más versátil y aumentando la satisfacción laboral en un 15%. Este trabajo demuestra la efectividad de un enfoque integral para abordar los desafíos ergonómicos en entornos industriales, proporcionando un modelo replicable para otras empresas del sector. Las principales recomendaciones incluyen la implementación de mejoras ergonómicas complementarias en estaciones críticas, la personalización de parámetros de rotación según niveles de riesgo y la expansión gradual del sistema a otras áreas productivas.

Palabras claves: Carga postural, ergonomía industrial, optimización de procesos, rotación de puestos.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTY OF ENGINEERING

**MASTER'S DEGREE IN SECURITY, HEALTH AND INDUSTRIAL
HYGIENE**

AUTHOR: MALDONADO NAVARRO JOSE LUIS

TUTOR: MG. SALAS MONTEROS JOSE MAURICIO

ABSTRACT

**WORKSTATION ROTATION SYSTEM TO REDUCE THE POSTURAL LOAD OF THE
EMPLOYEES IN THE SEMI-AUTOMATIC PACKAGING LINE OF THE "PROINBE"
COMPANY**

This research deals with implementing a workstation rotation system to reduce the postural load of the employees in the semi-automatic packaging line of the PROINBE company. It was based on an exhaustive ergonomic analysis using the RULA and OCRA methods, which revealed significantly elevated levels of risk at all stations, with OCRA indexes well above the threshold of acceptability (up to 38) and RULA scores at medium-high levels. The methodology included the development of a multi-criteria mathematical model for optimal scheduling of rotations, a detailed procedures manual, and a comprehensive training program. The implementation followed a structured protocol in three phases: preparation, trial, and full implementation. Post-implementation results showed significant improvements, with average reductions of 30% in ergonomic risk levels and substantial improvements in recovery factors. Also, the system generated benefits for productivity and professional development, creating a more versatile team and increasing job satisfaction by 15%. This research demonstrates a comprehensive effectiveness approach to address ergonomic challenges in industrial environments, providing a replicable model for other companies in the sector. The main recommendations include implementing complementary ergonomic improvements at critical stations, the customization of rotation parameters according to risk levels, and the gradual expansion of the system to other production areas.

KEYWORDS: Industrial ergonomics, job rotation, postural load, process optimization



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La industria manufacturera moderna enfrenta el doble desafío de aumentar su eficiencia y productividad mientras garantiza condiciones laborales adecuadas para sus trabajadores. En este contexto, los trastornos músculo-esqueléticos (TME) relacionados con el trabajo representan una preocupación global significativa (Ordoñez, Montalvo y Narváes 2024). La Organización Internacional del Trabajo (OIT) estima que estos trastornos afectan a 2.34 millones de personas anualmente, con costos que oscilan entre el 1.8% y el 6% del Producto Interno Bruto de los países industrializados (OIT 2018; Segar 2020).

Un meta-análisis reciente reveló que la prevalencia global de TME en trabajadores industriales es del 31%, afectando principalmente la espalda baja (50.1%), el cuello (48.6%) y los hombros (45.2%) (Zhu et al. 2020). En Latinoamérica, la situación es aún más crítica, con un 44% de los trabajadores manufactureros padeciendo dolor de espalda (De la Garza Toledo 2017). En Ecuador, el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social reportó 12,406 casos de lumbalgia ocupacional en 2021, con alta incidencia en actividades que implican levantamiento manual de cargas y movimientos repetitivos (Chamba 2021).

En Latinoamérica, la situación es aún más crítica, con un 44% de los trabajadores manufactureros padeciendo dolor de espalda (De La Garza 2022). Estudios regionales indican que las industrias de alimentos y bebidas presentan una prevalencia especialmente

alta de trastornos músculo-esqueléticos, con tasas que oscilan entre el 35% y el 50% dependiendo del país y el subsector específico. Los movimientos repetitivos y las posturas forzadas mantenidas durante largas jornadas laborales han sido identificados como los principales factores de riesgo en la región, exacerbados por la limitada adopción de estrategias ergonómicas preventivas en muchas empresas pequeñas y medianas (Cataño et al. 2019; Villon 2023).

En este contexto, la implementación de sistemas de rotación de puestos de trabajo ha emergido como una estrategia prometedora para abordar simultáneamente los aspectos ergonómicos y productivos en entornos industriales. Diversos estudios han demostrado la efectividad de esta estrategia para reducir la exposición a factores de riesgo ergonómico y mejorar la productividad (Fonseca et al. 2021; Hiyama et al. 2019; Jouzdani y Govindan 2021; Moussavi et al. 2019).

La rotación de puestos implica alternar a los trabajadores entre diferentes tareas o estaciones de trabajo en intervalos regulares, con el objetivo de distribuir la carga física y mental, reducir la monotonía y promover el desarrollo de habilidades diversas (Comper et al. 2021; Possan, Sato y Magatão 2023). Una revisión sistemática realizada por Caires et al. (2021), sugiere que esta práctica puede reducir la incidencia de TME en trabajadores industriales entre un 15% y un 45% en comparación con grupos sin rotación.

Sin embargo, el diseño e implementación de un sistema de rotación de puestos efectivo es complejo, ya que requiere considerar múltiples factores como las características de las tareas, las habilidades y capacidades de los trabajadores, las restricciones operativas y los objetivos de productividad (Possan, Sato y Magatão 2023). Para abordar esta complejidad, diversos estudios han propuesto enfoques de modelación matemática y optimización. Por ejemplo, Guzman et al. (2019), desarrollaron un modelo de programación lineal entera mixta que mostró mejoras significativas en productividad y satisfacción laboral, mientras que Eslamipoor y Nobari (2021), propusieron un enfoque de simulación y optimización multiobjetivo que demostró ser efectivo para mejorar el desempeño global del sistema.

La integración de tecnologías de la Industria 4.0, como la simulación digital y el análisis de datos, también ha sido explorada para apoyar el diseño y la toma de decisiones en sistemas de rotación de puestos (Oliveira y Handfield 2019; Pereira, Ritt y Vásquez 2018). Estas investigaciones subrayan la importancia de adoptar enfoques innovadores y basados en datos para abordar los desafíos ergonómicos y productivos en entornos industriales modernos.

En la empresa PROINBE, la línea semi-automatizada de envasado de bebidas presenta desafíos ergonómicos significativos. Un estudio interno reveló que el 34% de los trabajadores de esta área sufrieron algún tipo de lesión músculo-esquelética en el último año, resultando en un estimado de 20 días de incapacidad médica anual. Esta situación no solo afecta el bienestar de los trabajadores, sino también la productividad y eficiencia operativa de la empresa.

Antecedentes

La gestión de riesgos ergonómicos en el ámbito de la seguridad ocupacional es fundamental para garantizar la salud y el bienestar de los trabajadores. Carvajal y Chantong (2020), aluden que el esfuerzo físico, especialmente de extremidades superiores, provoca fatiga muscular, lo cual resulta en pérdida de productividad, calidad y competitividad en las actividades laborales.

Un estudio realizado por Spinelli et al. (2018), en una planta de manufactura italiana, evaluó la implementación de un sistema de rotación de puestos en 120 trabajadores durante un período de 12 meses. Los resultados mostraron una reducción del 35% en la incidencia de trastornos músculo-esqueléticos y un incremento del 15% en la productividad general. Este estudio destaca la importancia de considerar tanto los aspectos ergonómicos como productivos en el diseño de sistemas de rotación.

Katirae et al. (2021), desarrollaron una investigación en el sector industrial que involucró a 85 trabajadores de líneas de producción. Su estudio demostró que la implementación de un sistema de rotación basado en la evaluación ergonómica redujo en un 40% las quejas por molestias músculo-esqueléticas y mejoró la satisfacción laboral en un 25%. Los

autores enfatizan la importancia de considerar las características individuales de los trabajadores en el diseño del sistema de rotación.

Battini et al. (2021), presentaron un modelo multi-objetivo para la rotación de puestos en entornos industriales, considerando aspectos ergonómicos y de inclusión laboral. Su investigación, realizada en una planta manufacturera con 200 empleados, demostró que un sistema de rotación bien diseñado puede reducir hasta en un 45% la exposición a factores de riesgo ergonómico mientras mantiene o mejora los niveles de productividad.

López y Vergara (2017), realizaron un estudio sobre la aplicación de enfoques heurísticos en la resolución de problemas empresariales, incluyendo la organización del trabajo. Su investigación destaca la importancia de combinar métodos cuantitativos y cualitativos en el diseño de sistemas de rotación, considerando tanto los aspectos técnicos como los factores humanos.

Méndez y Mendoza (2021), desarrollaron una metodología basada en algoritmos genéticos para optimizar la programación de la producción, incluyendo la rotación de personal. Su estudio en una empresa textil demostró mejoras significativas en la eficiencia operativa y la reducción de la fatiga laboral, con un incremento del 20% en la productividad general.

Al comparar los estudios previamente citados, se observa una constante en términos de resultados: los sistemas de rotación de puestos bien diseñados muestran reducciones en la incidencia de TME que oscilan entre el 15% y 45%, con una media aproximada del 33%. Asimismo, los incrementos en productividad varían entre un 10% y un 20%, dependiendo del sector industrial y la metodología de implementación. Estos resultados son particularmente relevantes para PROINBE, donde el estudio interno reveló que el 34% de los trabajadores de la línea de envasado sufrieron lesiones músculo-esqueléticas en el último año, una cifra que se encuentra dentro del rango de prevalencia identificado en la literatura para empresas similares antes de implementar sistemas de rotación.

Justificación

La implementación de un sistema de rotación de puestos en la línea de envasado de PROINBE se justifica y sustenta desde diversos aspectos fundamentales. La **importancia** de esta investigación radica en su contribución al campo de la ergonomía industrial y la gestión de la producción, especialmente en el contexto actual donde los trastornos músculo-esqueléticos representan una preocupación creciente en la industria manufacturera. El desarrollo de un sistema de rotación basado en evidencia científica y adaptado a las necesidades específicas de la empresa permitirá establecer un precedente metodológico para abordar simultáneamente los desafíos ergonómicos y productivos en entornos industriales similares.

El **impacto** esperado de esta implementación se refleja en múltiples dimensiones. A nivel de salud ocupacional, el sistema busca reducir significativamente la incidencia de trastornos músculo-esqueléticos y el ausentismo laboral por causas médicas en la línea de envasado. En términos operativos, se anticipa una mejora sustancial en los indicadores de productividad, eficiencia y calidad del proceso productivo. Además, el sistema contribuirá a crear un ambiente laboral más saludable y satisfactorio para los trabajadores, fomentando el desarrollo de habilidades múltiples y reduciendo la monotonía del trabajo.

La **utilidad** del sistema propuesto se manifiesta en su capacidad para proporcionar una metodología estructurada y herramientas prácticas que pueden ser adaptadas no solo a otras líneas de producción dentro de PROINBE, sino también a empresas similares del sector. El modelo de optimización desarrollado establecerá un equilibrio entre las demandas productivas y el bienestar de los trabajadores, mientras que las guías y protocolos facilitarán la implementación efectiva del sistema de rotación.

Los **beneficiarios** directos de esta investigación serán los 8 trabajadores de la línea de envasado de PROINBE, quienes experimentarán una mejora significativa en sus condiciones laborales y salud ocupacional. Como beneficiarios indirectos se encuentra la empresa en su conjunto, que verá optimizada su eficiencia operativa y reducidos los costos asociados a lesiones laborales. Adicionalmente, el sector industrial ecuatoriano se

beneficiará al contar con un modelo de referencia para la implementación de sistemas de rotación ergonómicamente optimizados.

La **factibilidad** del proyecto está respaldada por varios factores clave. Se cuenta con el apoyo y compromiso explícito de la dirección de PROINBE, así como con los recursos necesarios para su implementación. El acceso a la información y datos requeridos está garantizado, y el equipo de investigación posee las competencias técnicas necesarias para llevar a cabo el proyecto. Además, existe una base teórica y metodológica sólida que respalda la propuesta, lo que asegura su viabilidad técnica y práctica.

Objetivo General

Desarrollar un sistema de rotación de puestos de trabajo en la línea semi-automatizada de envasado de bebidas de PROINBE para reducir la carga postural de los trabajadores y optimizar la productividad.

Objetivos Específicos

- Analizar las actividades y demandas físicas en los puestos de trabajo de la línea de envasado mediante metodologías de evaluación ergonómica para identificar los factores de riesgo asociados a trastornos músculo-esqueléticos.
- Determinar los requerimientos individuales de los trabajadores (edad, género, estado físico) y de las tareas (habilidades, conocimientos) para considerarlos en el diseño del sistema de rotación.
- Diseñar un modelo matemático de programación de la rotación de puestos que optimice simultáneamente la reducción de la carga postural y la productividad de los empleados.
- Evaluar el desempeño del sistema de rotación de puestos propuesto mediante un estudio piloto para validar las mejoras en la carga postural y la eficiencia operativa.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa

Identificación de la Institución

PROCESADORA INDUSTRIAL DE BEBIDAS "PROINBE" es una empresa creada desde junio de 1997, ubicada en la ciudad de Ambato, Ecuador. Su actividad económica es la producción y venta de bebidas alcohólicas y no alcohólicas. La compañía ha incursionado en el mercado con productos innovadores que reúnen las exigencias de calidad bajo estándares nacionales e internacionales. Durante su trayectoria, ha lanzado al mercado varios productos de producción propia como los licores de marca "Montijo" y "Dronk Lit", y una bebida natural de Flor de Jamaica llamada "Aqua Live".

La planta de producción de PROINBE cuenta con un área de 2310 m², compuesta por un galpón de producción de 21 m de largo por 24 m de ancho y 6 m de altura. Dentro del galpón se encuentran las áreas de Entrega y Recepción, Lavado, Producción, y Bodega de producto terminado Imagen 1 y Gráfica 1.



Imagen 1. Ubicación de PROINBE
Fuente: Google Maps

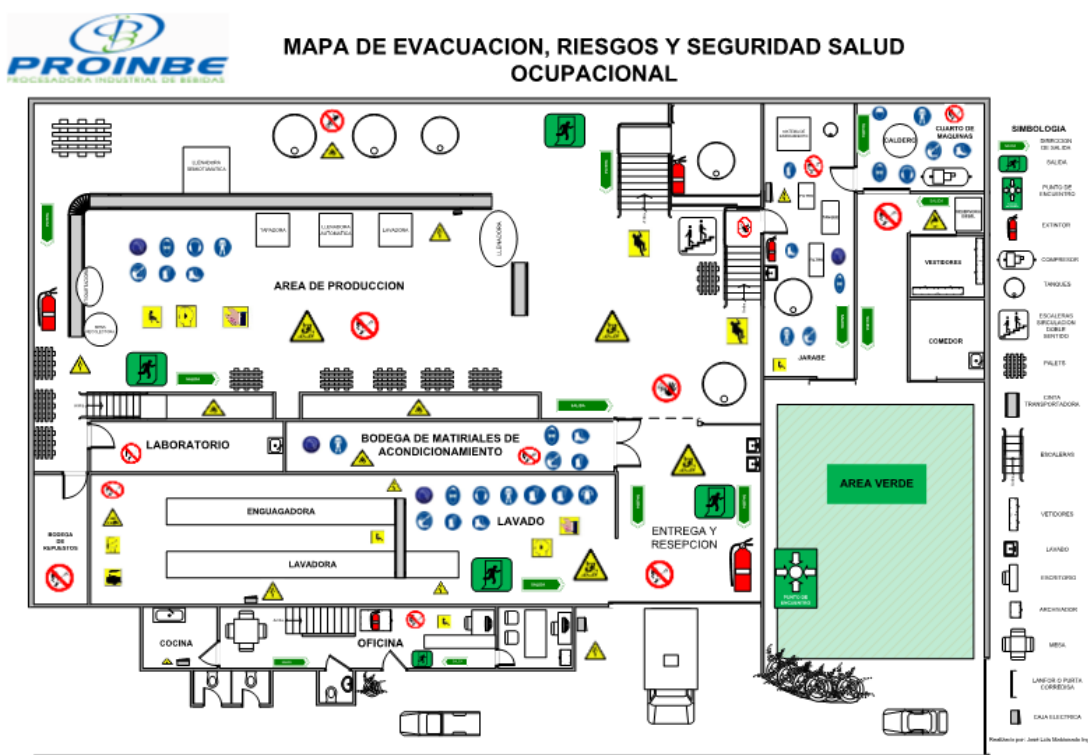


Imagen 2. Mapa de Evacuación, Riesgos y Seguridad y Salud Ocupacional
Fuente: PROINBE

Datos de la institución

Tabla 1. Datos generales de PROINBE

Empresa:	PROINBE (Procesadora Industrial de Bebidas)
Razón Social:	Navarro Avalos Fernando Xavier
Ruc:	1801482909001
Actividad económica principal:	Producción y venta de bebidas alcohólicas y no alcohólicas
Dirección:	Ambato, Franco Davila y José Espinoza
Celular:	0994647725
E- mail:	proinbe_59@yahoo.com
Número de trabajadores:	8
Jornada laboral:	8:00 am a 17:00 pm

Elaborado por: Maldonado, José (2024)

La Tabla 1 presenta los datos generales de la empresa PROINBE, incluyendo información sobre su razón social, actividad económica, ubicación y jornada laboral, que constituyen el marco organizacional para el desarrollo del presente estudio.

Misión, visión, política, organigrama funcional

Misión

Ser la compañía líder en el desarrollo, producción y mercadeo de bebidas refrescantes alcohólicas y no alcohólicas, para satisfacer los gustos y necesidades de los consumidores, garantizando la calidad de nuestros productos bajo estándares nacionales e internacionales, y generando valor para nuestros clientes, colaboradores y accionistas.

Visión

Ser reconocidos como una compañía competitiva y dinámica en el desarrollo y oferta de bebidas innovadoras que superen las expectativas de los consumidores en los distintos mercados, destacándonos por nuestro compromiso con la calidad, la tecnología y la satisfacción de nuestros clientes.

Política

En PROINBE nos comprometemos a:

- Garantizar la calidad e inocuidad de nuestros productos a través de la mejora continua de nuestros procesos y el cumplimiento de estándares nacionales e internacionales.
- Promover un ambiente de trabajo seguro y saludable para nuestros colaboradores, identificando y controlando los riesgos laborales.
- Fomentar el desarrollo y bienestar de nuestro personal mediante la capacitación, la comunicación efectiva y el trabajo en equipo.
- Asegurar la satisfacción de nuestros clientes y consumidores, atendiendo sus requerimientos y expectativas.
- Mantener relaciones mutuamente beneficiosas con nuestros proveedores y aliados estratégicos.
- Contribuir al desarrollo sostenible de la comunidad y el medio ambiente a través de prácticas responsables y el uso eficiente de recursos.

Metas institucionales

Incrementar la participación de mercado en un 15% en el segmento de bebidas alcohólicas y no alcohólicas a nivel nacional en los próximos 3 años, a través del lanzamiento de nuevos productos innovadores y el fortalecimiento de nuestras marcas existentes.

Mejorar la eficiencia operativa de la línea semi-automatizada de envasado en un 20% en los próximos 2 años, mediante la implementación de un sistema de rotación de puestos de trabajo que optimice la productividad y reduzca los riesgos ergonómicos para nuestros colaboradores.

Alcanzar un índice de satisfacción del cliente superior al 95% en el próximo año, asegurando la calidad y consistencia de nuestros productos, y brindando un servicio ágil y efectivo a nuestros distribuidores y puntos de venta.

Reducir el índice de accidentabilidad laboral en un 50% y el ausentismo por causas médicas en un 30% en los próximos 2 años, a través del fortalecimiento de nuestro sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional, y la promoción de una cultura de autocuidado y prevención.

Disminuir el impacto ambiental de nuestras operaciones en un 20% en los próximos 3 años, mediante la implementación de prácticas de ecoeficiencia, el uso de tecnologías limpias y el fomento de una cultura de responsabilidad ambiental en toda la organización.

Incrementar el nivel de compromiso y satisfacción de nuestros colaboradores en un 15% en el próximo año, a través de programas de formación y desarrollo, el fortalecimiento de la comunicación interna y el reconocimiento al desempeño destacado.

Optimizar la gestión financiera de la empresa, logrando un crecimiento sostenido de las ventas del 10% anual y un margen de rentabilidad neta superior al 15% en los próximos 3 años, a través del control efectivo de costos, la diversificación de ingresos y la inversión estratégica en proyectos de innovación y mejora continua.

Organigrama estructural

En la Gráfico 1 se ve representado el organigrama estructural de la empresa PROCESADORA INDUSTRIAL DE BEBIDAS “PROINBE”, distinguiéndose como parte del departamento operativo de la Empresa.

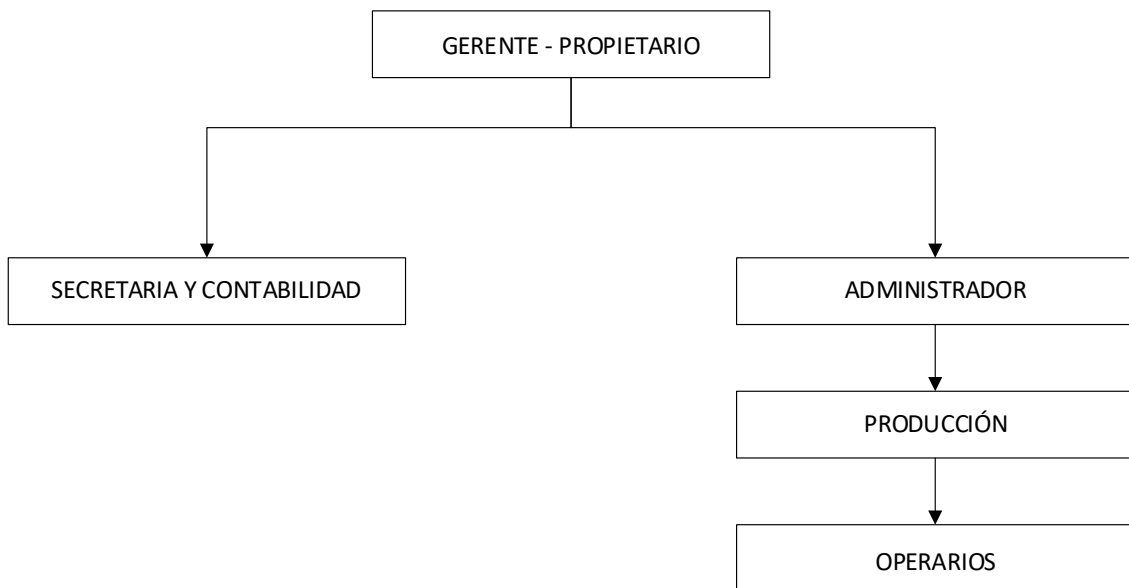


Gráfico 1. Organigrama estructural de “PROINBE”
Elaborado por: Maldonado, José (2024)

El organigrama estructural de la empresa PROINBE presenta una estructura jerárquica y funcional que define las relaciones de autoridad, responsabilidad y comunicación entre los diferentes niveles y áreas de la organización. A continuación, se explica en detalle cada uno de los elementos que componen este organigrama.

En la cúspide de la estructura se encuentra el Gerente-Propietario, quien ejerce la máxima autoridad y liderazgo en la empresa. Como propietario y directivo principal, es responsable de establecer las políticas, objetivos y estrategias globales de PROINBE, así como de tomar las decisiones clave para el rumbo y crecimiento de la organización. Además, se encarga de supervisar y coordinar las actividades de las áreas subordinadas, asegurando el cumplimiento de las metas y la alineación con la misión y visión empresarial.

Bajo la dirección del Gerente-Propietario se encuentran dos áreas principales: la Secretaría y Contabilidad, y la Administración. La Secretaría y Contabilidad se encarga de brindar apoyo administrativo y llevar un control financiero de las operaciones de la empresa. Entre sus funciones se incluyen la gestión de la correspondencia, el manejo de archivos, la preparación de informes y documentos, así como el registro y seguimiento de las transacciones contables, la elaboración de estados financieros y el cumplimiento de las obligaciones tributarias y legales.

Por otro lado, el área de Administración tiene como responsabilidad principal planificar, organizar, dirigir y controlar las actividades y recursos de la empresa para alcanzar los objetivos establecidos. El Administrador se encarga de la toma de decisiones tácticas y operativas, la gestión del talento humano, la optimización de los procesos internos y la coordinación entre las diferentes áreas funcionales. Además, debe velar por la eficiencia y productividad de la organización, asegurando el uso óptimo de los recursos y promoviendo una cultura de mejora continua.

Subordinada al área de Administración se encuentra el departamento de Producción, que es el corazón operativo de PROINBE. Este departamento es responsable de la planificación, ejecución y control de los procesos productivos, desde la recepción de materias primas hasta la obtención del producto terminado. El jefe de Producción se

encarga de supervisar y coordinar las actividades de los operarios, asegurando el cumplimiento de los estándares de calidad, los plazos de entrega y los objetivos de productividad. Además, debe implementar mejoras continuas en los procesos, gestionar el mantenimiento de los equipos y maquinarias, y promover un ambiente de trabajo seguro y eficiente.

En la base del organigrama se encuentran los Operarios, quienes son los encargados de ejecutar las tareas y actividades directas de producción. Estos colaboradores son fundamentales para el funcionamiento de la línea semiautomática de envasado y otras áreas operativas de la empresa. Su trabajo implica la manipulación de materiales, la operación de máquinas y equipos, el control de calidad y el cumplimiento de los procedimientos establecidos. Los Operarios deben seguir las instrucciones y lineamientos proporcionados por sus supervisores, así como reportar cualquier incidencia o problema que pueda afectar la producción.

Es importante destacar que este organigrama refleja una estructura funcional, donde cada área tiene roles y responsabilidades específicas que contribuyen al logro de los objetivos organizacionales. La comunicación y coordinación efectiva entre los diferentes niveles y departamentos es crucial para el éxito de PROINBE. Además, la estructura presentada permite una clara definición de autoridad y una adecuada supervisión de las actividades, facilitando la toma de decisiones y el control de las operaciones.

Proceso operativo del área de estudio

La empresa PROINBE cuenta con varios procesos de fabricación, entre los cuales se destaca la línea semiautomática de envasado de bebidas, que es el foco principal del presente estudio. Esta línea es parte integral del proceso productivo y se encarga de llenar, tapar y etiquetar las botellas con las diferentes bebidas que produce la empresa.

El proceso de envasado comienza con la recepción de las botellas de vidrio recicladas, las cuales son sometidas a un riguroso proceso de lavado y sanitización para garantizar su higiene y calidad. Una vez limpias, las botellas son transportadas a la línea de envasado, donde se inicia el proceso de llenado.

En la línea semiautomática, las botellas son colocadas manualmente por los operarios en la banda transportadora, que las lleva hacia la máquina de llenado. Esta máquina se encarga de dosificar la cantidad precisa de bebida en cada botella, ya sea alcohólica o no alcohólica, según la formulación y los parámetros establecidos para cada producto.

Después del llenado, las botellas pasan automáticamente a la sección de tapado, donde se les coloca la tapa plástica y el capuchón de seguridad. Este proceso se realiza mediante equipos especializados que aseguran un sellado hermético y evitan fugas o contaminación del producto.

A continuación, las botellas ya tapadas son transportadas hacia la sección de etiquetado, donde se les adhiere la etiqueta correspondiente a cada marca y presentación. Las etiquetas de papel son aplicadas de forma precisa y centrada en cada botella, brindando la información necesaria sobre el producto, su composición, fechas de elaboración y vencimiento, entre otros datos relevantes.

Una vez que las botellas están completamente envasadas, etiquetadas y codificadas, son sometidas a un riguroso control de calidad para verificar su integridad, apariencia y conformidad con los estándares establecidos. Aquellas botellas que no cumplen con los requisitos son separadas y retiradas de la línea para su posterior análisis y corrección.

Finalmente, las botellas aprobadas son agrupadas en paquetes y colocadas en paquetes de cartón para su almacenamiento en la bodega de producto terminado. Desde allí, serán posteriormente distribuidas a los diferentes clientes y puntos de venta, tanto a nivel nacional como internacional.

Es importante destacar que, durante todo el proceso de envasado en la línea semiautomática, los operarios desempeñan un papel fundamental. Son ellos quienes se encargan de abastecer las botellas, supervisar el funcionamiento de los equipos, realizar los cambios de formato y llevar a cabo los controles de calidad. Sin embargo, debido a la naturaleza repetitiva y manual de muchas de estas tareas, los operarios están expuestos a riesgos ergonómicos, especialmente en términos de carga postural y movimientos repetitivos.

Es en este contexto donde surge la necesidad de desarrollar un sistema de rotación de puestos de trabajo que permita reducir la carga postural y los riesgos asociados para el personal de la línea semiautomática de envasado. Este sistema busca alternar a los operarios entre diferentes tareas y estaciones de trabajo, considerando sus características individuales y las demandas específicas de cada puesto. De esta manera, se espera distribuir de manera más equilibrada la carga física y mental, reducir la monotonía y promover un entorno de trabajo más saludable y satisfactorio para los colaboradores.

La implementación de un sistema de rotación de puestos en la línea de envasado de PROINBE no solo beneficiará a los trabajadores al disminuir los riesgos ergonómicos y mejorar su bienestar, sino que también contribuirá a optimizar la eficiencia operativa y la productividad de este proceso clave para la empresa. Al contar con un personal más saludable, motivado y polivalente, se podrán enfrentar de mejor manera los desafíos de la producción y responder con mayor flexibilidad a las demandas del mercado.

Descripción general del proceso de fabricación

Línea de envasado

La línea de envasado semiautomática de PROINBE es un proceso secuencial que transforma las botellas de plástico en productos terminados listos para su distribución
Gráfico 2.

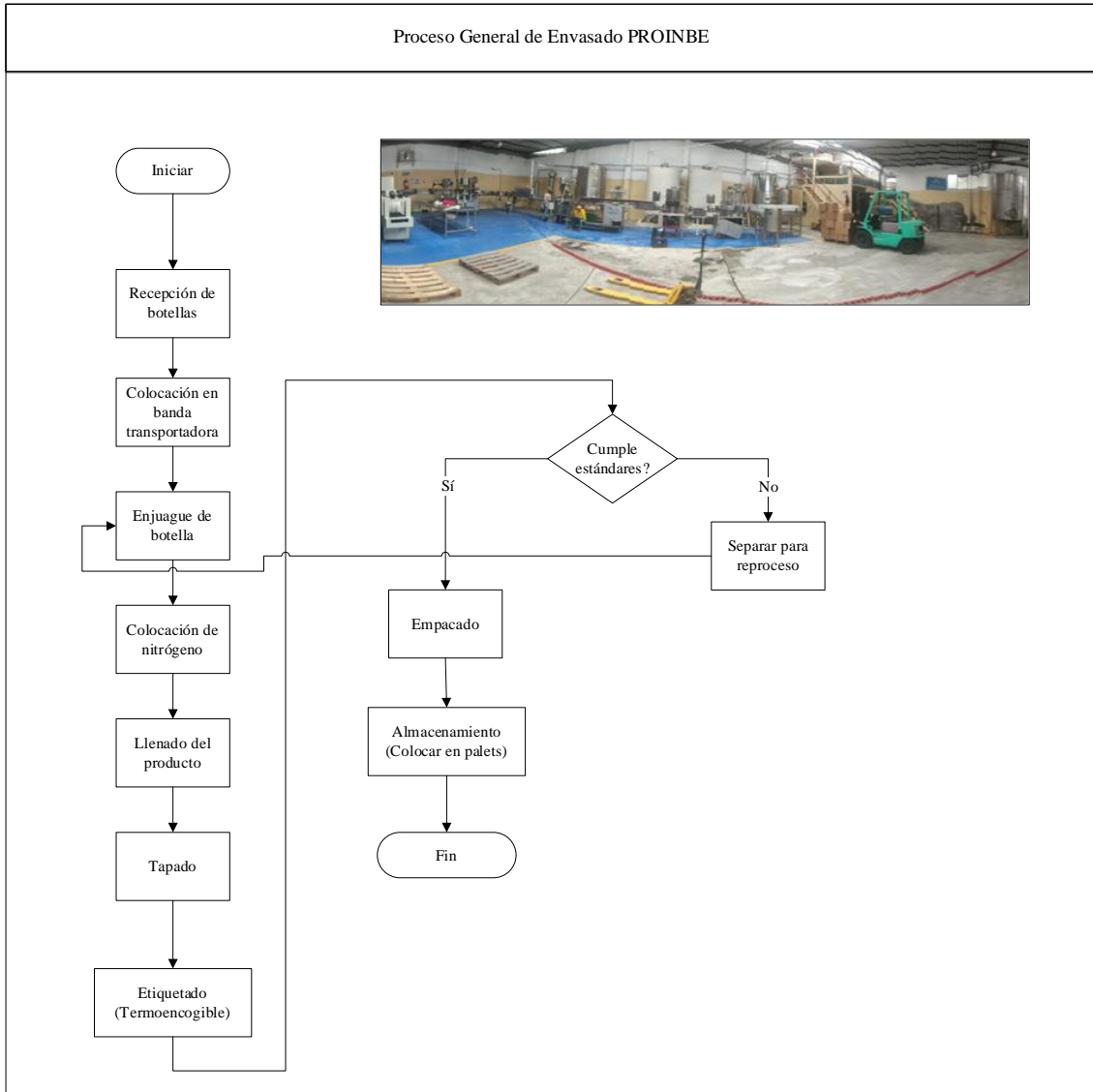


Gráfico 2. Línea de envasado
Elaborado por: Maldonado, José (2024)

Colocación de envases en la línea

El proceso comienza con la alimentación manual de los envases vacíos a la línea de producción. Los operarios toman los envases de los pallets o paquetes y los colocan cuidadosamente en la banda transportadora de entrada. Esta etapa es crucial para establecer un flujo constante y ordenado de envases hacia las siguientes fases del proceso. La precisión y velocidad en esta operación influyen directamente en la eficiencia global de la línea Gráfico 3.

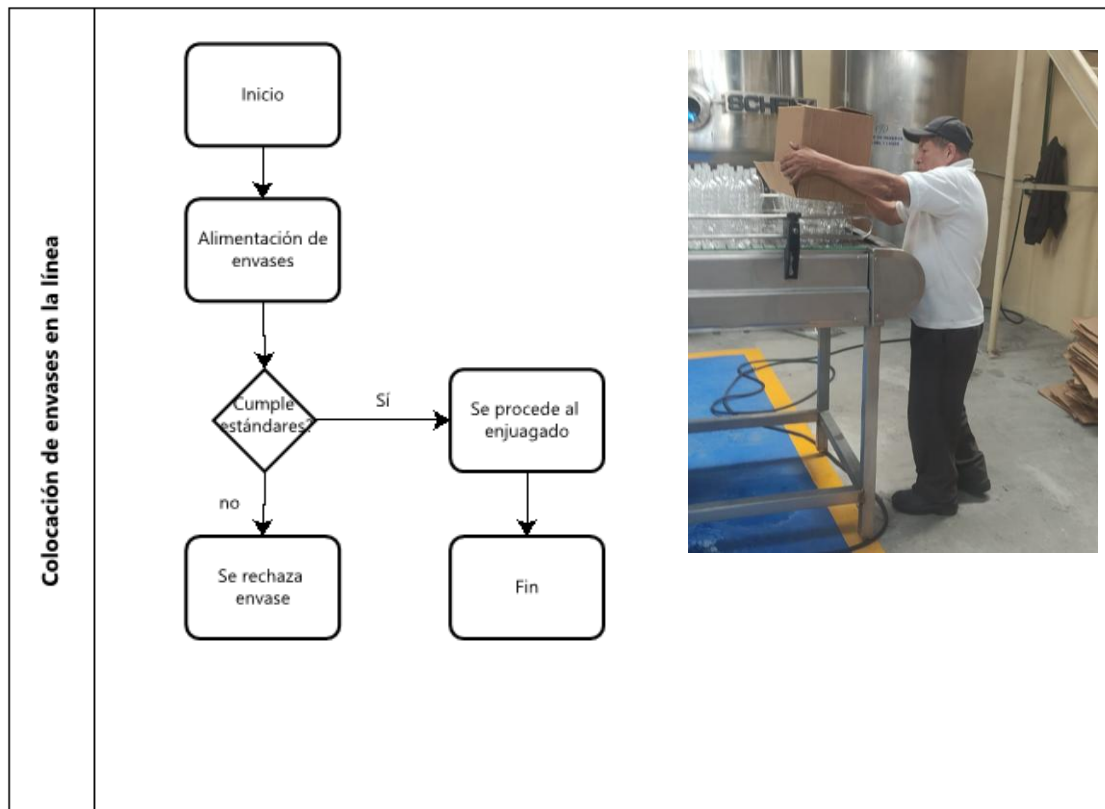


Gráfico 3. Colocación de envases en línea
Elaborado por: Maldonado, José (2024)

Enjuague de envases

Una vez en la línea, los envases pasan por un sistema automatizado de enjuague. Este paso es fundamental para garantizar la higiene y la calidad del producto final. Los envases son volteados y sometidos a chorros de agua a alta presión, eliminando cualquier residuo o contaminante. En algunos casos, se pueden utilizar soluciones desinfectantes para asegurar una limpieza más profunda. Después del enjuague, los envases son secados con aire estéril para evitar la dilución del producto Gráfico 4.

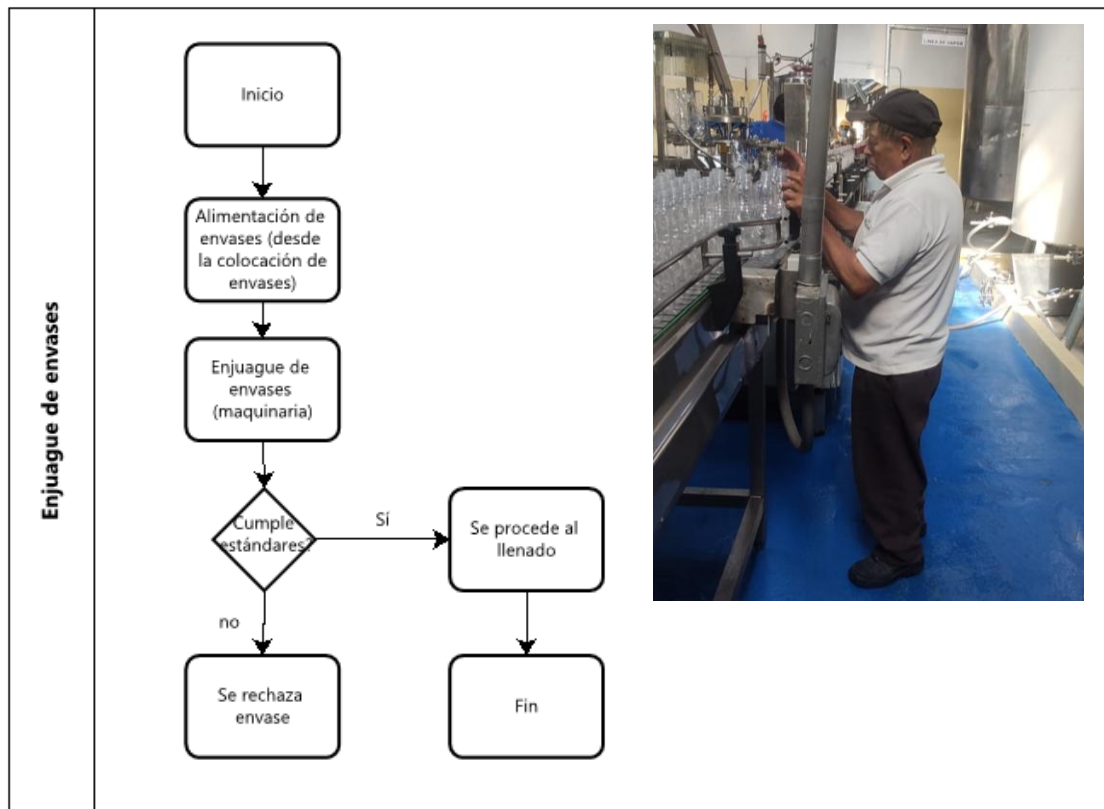


Gráfico 4.Enjuague de envases
Elaborado por: Maldonado, José (2024)

Llenado de producto

Los envases limpios y secos llegan a la estación de llenado, donde se dosifica con precisión la cantidad adecuada de bebida en cada uno. Esta operación se realiza mediante un sistema de llenado volumétrico o por nivel, dependiendo del tipo de producto y envase. La máquina de llenado está diseñada para mantener condiciones asépticas y evitar la contaminación del producto. La velocidad y precisión del llenado son factores críticos que afectan tanto la calidad del producto como la eficiencia de la línea Gráfico 5.

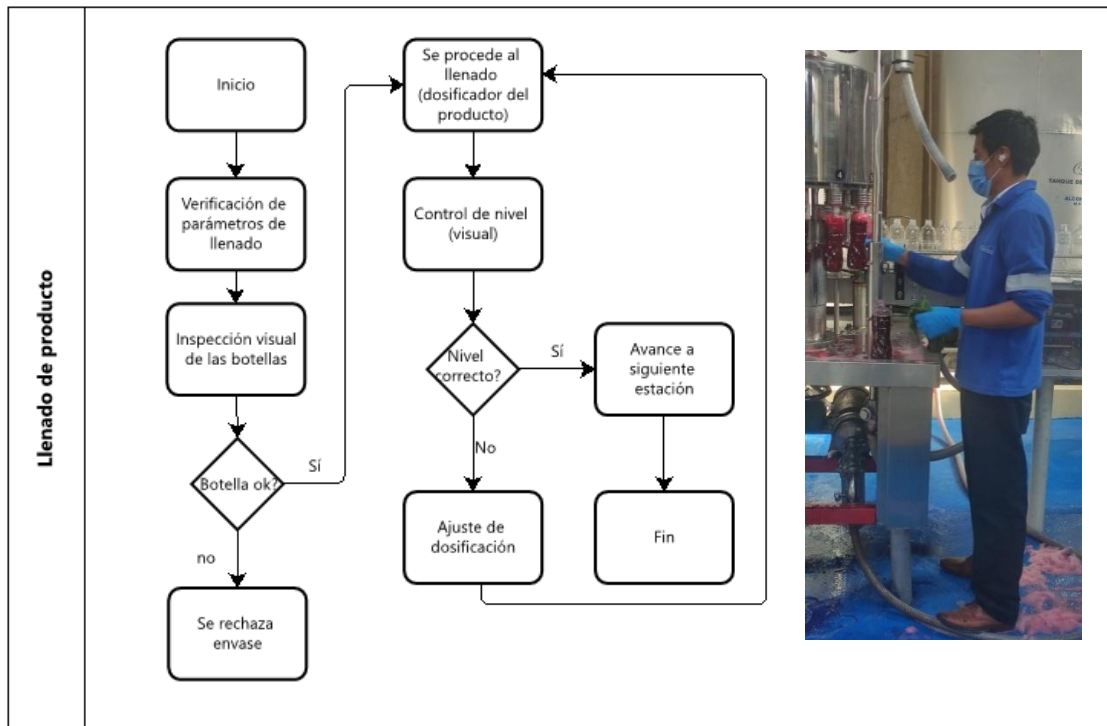


Gráfico 5.Llenado de producto
Elaborado por: Maldonado, José Luis (2024)

Colocación de nitrógeno y tapado del producto

Inmediatamente después del llenado, se inyecta una pequeña cantidad de nitrógeno líquido en el espacio vacío del envase. Este proceso, conocido como "nitrogenación", tiene múltiples propósitos: elimina el oxígeno residual, ayuda a preservar el sabor y la frescura del producto, y proporciona presión interna al envase, lo que mejora su resistencia estructural. Acto seguido, los envases son sellados con tapas o tapones, utilizando un sistema de tapado automático que asegura un cierre hermético. En algunos casos, se aplica un sello de seguridad adicional para garantizar la integridad del producto

Gráfico 6.

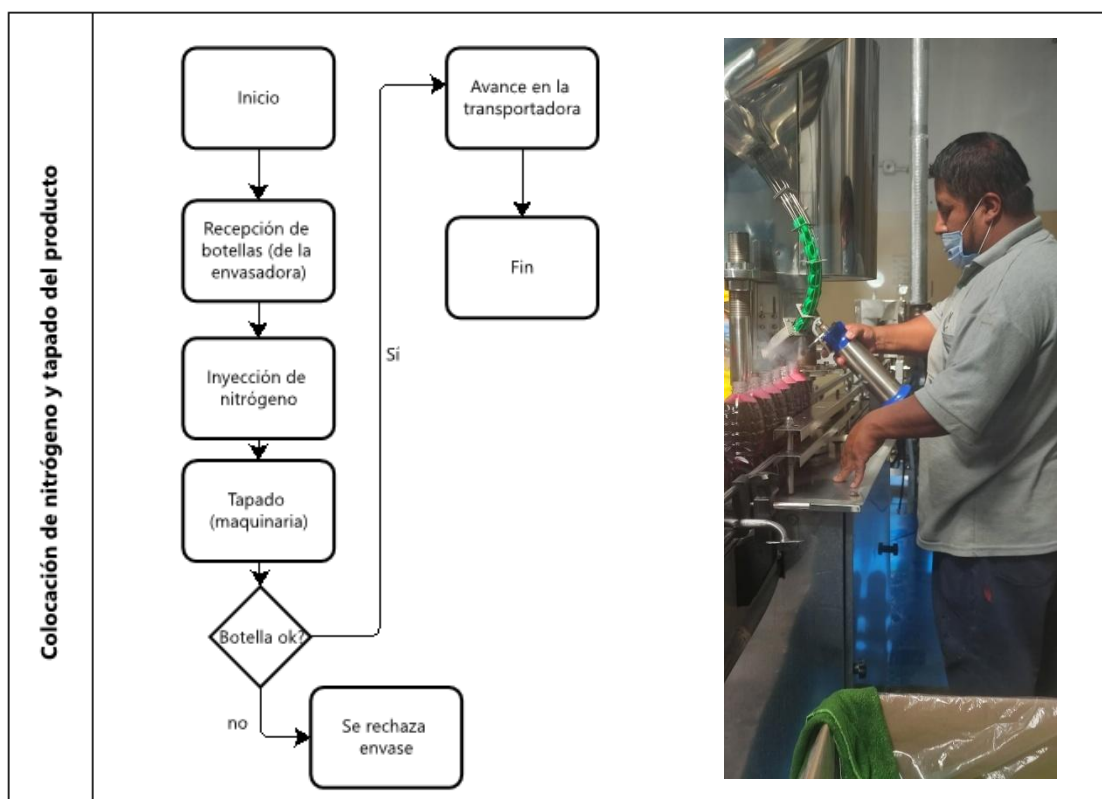


Gráfico 6. Colocación de nitrógeno y tapado
Elaborado por: Maldonado, José (2024)

Colocación de etiquetas termo encogible

En esta etapa, se aplican las etiquetas termo encogibles a los envases. Estas etiquetas no solo proporcionan información crucial sobre el producto, sino que también contribuyen a su apariencia y atractivo visual. Las etiquetas se colocan alrededor del envase y pasan por un túnel de calor, donde se contraen para ajustarse perfectamente a la forma del envase. Este proceso asegura una presentación uniforme y profesional del producto Gráfico 7.

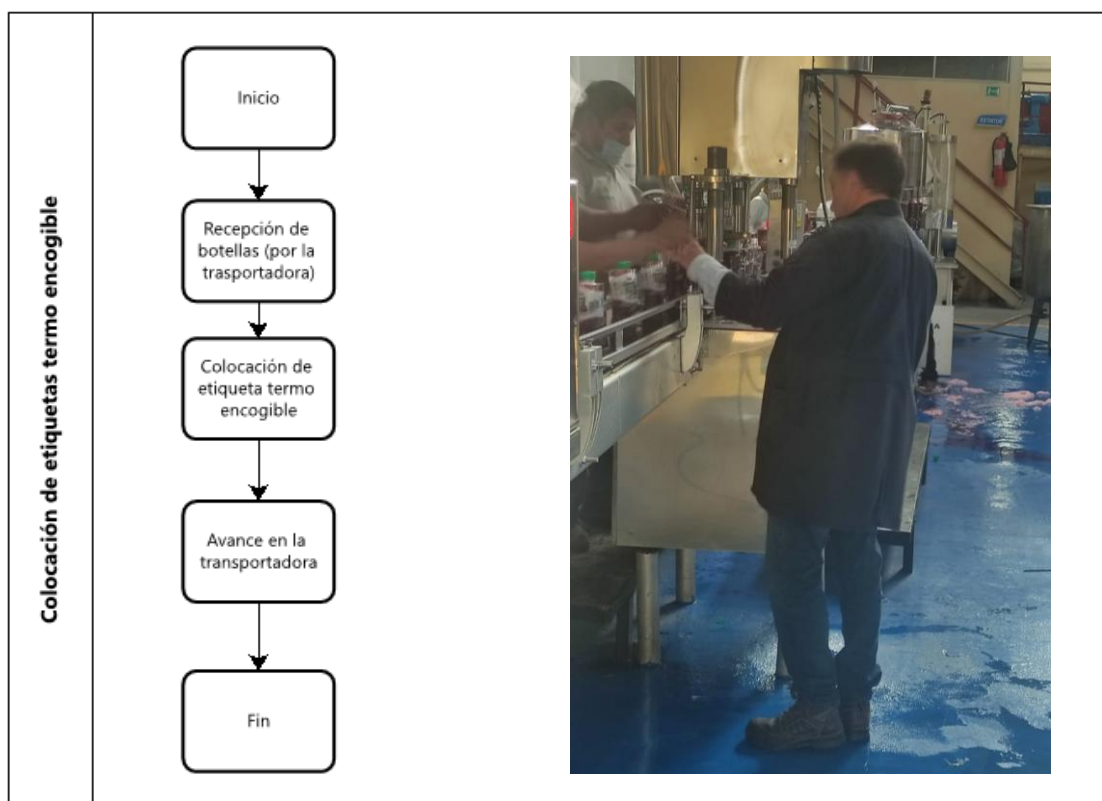


Gráfico 7. Colocación de etiqueta
Elaborado por: Maldonado, José (2024)

Colocación de producto en enfundadura semi automática

Los envases etiquetados son agrupados según las especificaciones de empaque (por ejemplo, en packs de 6 o 12 unidades) y pasan a la máquina enfundadora. Esta máquina envuelve los grupos de envases con una película plástica termo encogible, creando paquetes compactos y fáciles de manejar. El proceso de enfundado no solo facilita el transporte y almacenamiento del producto, sino que también proporciona una capa adicional de protección Gráfica 8.

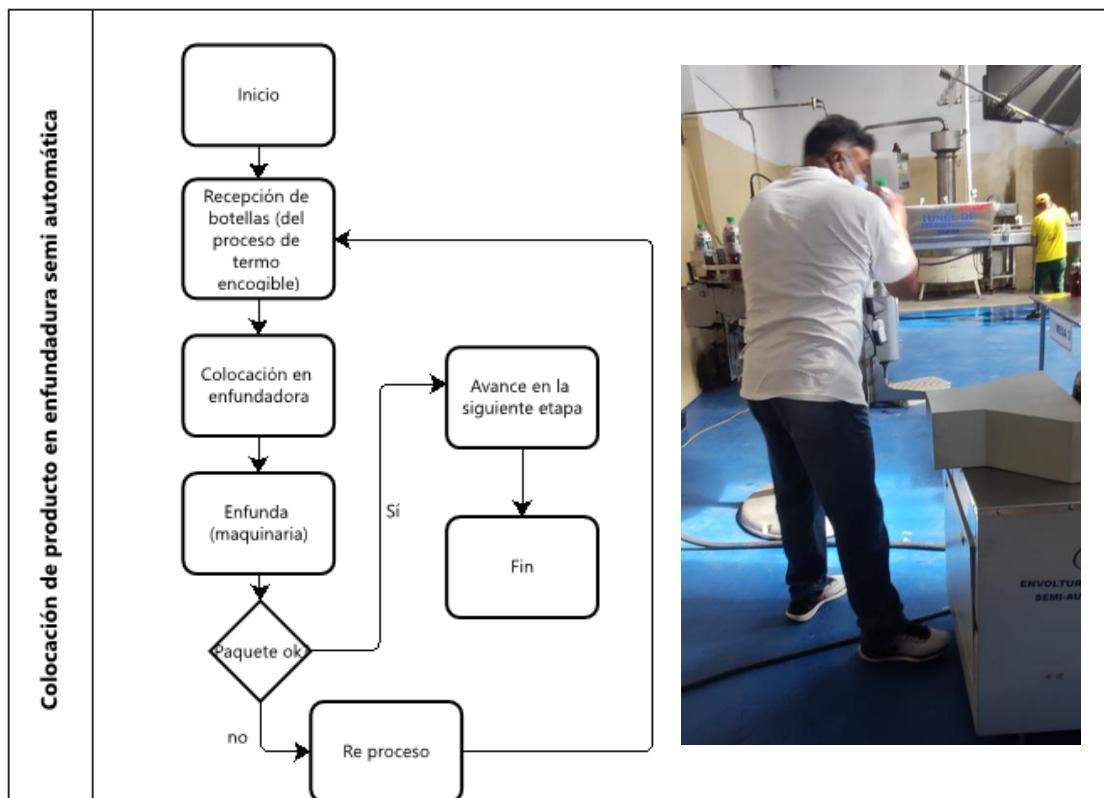


Gráfico 8. Colocación en enfundadora
Elaborado por: Maldonado, José (2024)

En la etapa final, se aplica una etiqueta externa a cada paquete, que incluye información adicional como códigos de barras, fechas de producción y vencimiento, y datos de trazabilidad. Luego, los paquetes son organizados y apilados en pallets siguiendo un patrón específico que optimiza el espacio y asegura la estabilidad durante el almacenamiento y transporte. Este proceso puede ser manual o asistido por un sistema de paletizado semiautomático, dependiendo del volumen de producción Gráfico 9.

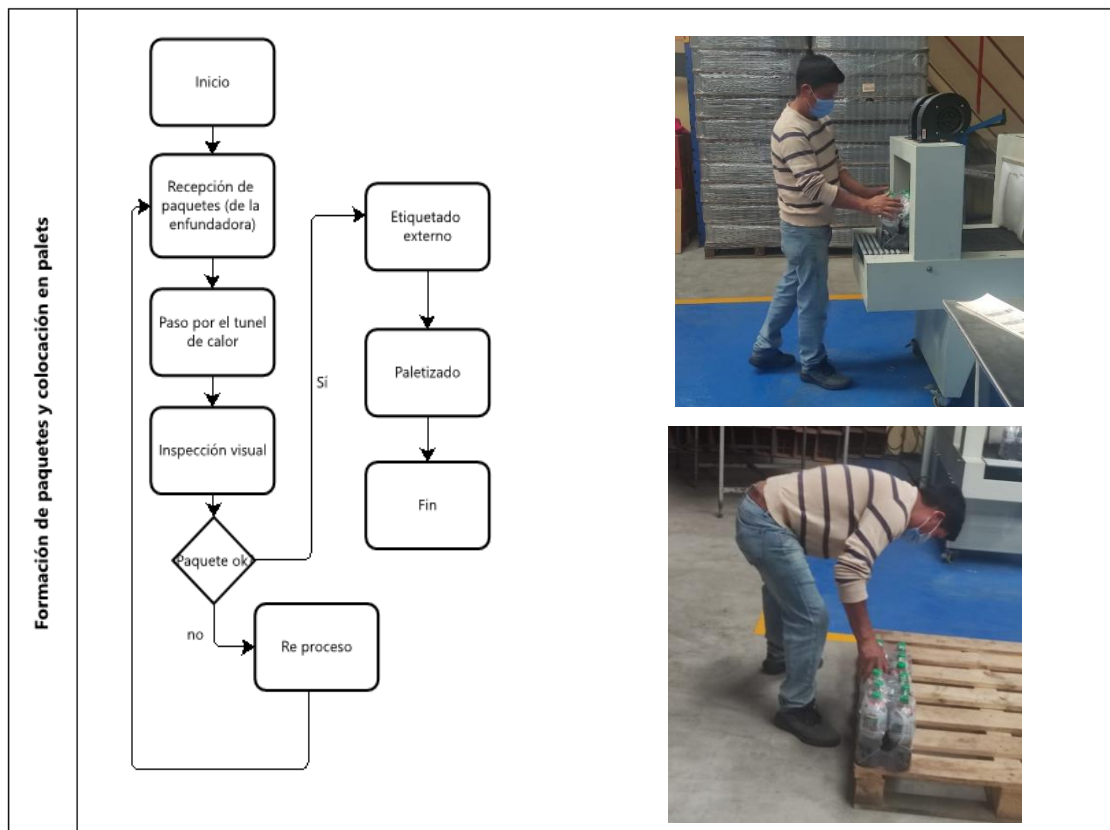


Gráfico 9. Paquetes y paletizado
Elaborado por: Maldonado, José (2024)

Cada una de estas etapas está interconectada y sincronizada para mantener un flujo continuo y eficiente de producción. El proceso está diseñado para minimizar los tiempos muertos y maximizar la productividad, al tiempo que se mantienen altos estándares de calidad y seguridad alimentaria. La naturaleza semiautomática de la línea permite un equilibrio entre la eficiencia de la automatización y la flexibilidad y control que proporciona la intervención humana en puntos clave del proceso.

Es importante destacar que, aunque el proceso está en gran medida automatizado, el papel de los operarios sigue siendo crucial. Ellos son responsables de supervisar el correcto funcionamiento de los equipos, realizar ajustes cuando sea necesario, y llevar a cabo controles de calidad visuales en varias etapas del proceso. Su experiencia y atención a los detalles son fundamentales para mantener la calidad del producto y la eficiencia de la línea.

La complejidad y la naturaleza secuencial de este proceso subrayan la importancia de una gestión eficaz de los recursos humanos, incluyendo la implementación de un sistema de rotación de puestos bien diseñado. Esto no solo ayuda a distribuir la carga de trabajo y reducir los riesgos ergonómicos asociados con tareas repetitivas, sino que también fomenta una fuerza laboral más versátil y comprometida, capaz de responder eficazmente a las variaciones en la demanda de producción y a los desafíos operativos que puedan surgir.

Valoración del riesgo ergonómico en los puestos de trabajo


Como parte del diagnóstico inicial de la situación ergonómica en la línea de envasado de PROINBE, se realizó un pretest utilizando dos métodos complementarios de evaluación ergonómica: RULA (Rapid Upper Limb Assessment) y OCRA (Occupational Repetitive Actions). Estos métodos fueron seleccionados por su capacidad para evaluar los riesgos asociados a posturas forzadas y movimientos repetitivos, respectivamente, que son los principales factores de riesgo identificados en las operaciones de envasado.

El método RULA proporciona una evaluación rápida de las posturas del cuello, tronco y extremidades superiores, junto con la función muscular y las cargas externas experimentadas por el cuerpo. La puntuación final de RULA varía de 1 a 7, donde los puntajes más altos indican un mayor nivel de riesgo ergonómico.

Por otro lado, el método OCRA permite evaluar el riesgo asociado a los movimientos repetitivos de los miembros superiores. El índice OCRA considera factores como la frecuencia de acciones, la fuerza requerida, las posturas incómodas, los períodos de recuperación y factores adicionales como vibraciones o precisión requerida. Un índice OCRA superior a 3.5 indica la presencia de riesgo, con valores más altos correspondiendo a niveles de riesgo más elevados.

Diagnóstico del riesgo ergonómico

Tabla 2. Evaluación del trabajador 1. Colocación de envases en la línea

EMPRESA PROINBE		
Código:	PIB - 001	
Edad:	62	
Puesto de trabajo:	Colocación de envases en la línea	
Tiempo que ocupa el puesto por jornada:	6	
Duración de su jornada laboral:	8	
EVALUACIÓN DEL MÉTODO RULA PUNTUACIONES		
GRUPO A:		
<ul style="list-style-type: none"> - Posición del brazo: se midió un ángulo de flexión de 85°, lo que corresponde a una puntuación de 4 según la tabla 1 de rula. Referencia RULA: Flexión entre 45°-90° = 3 puntos - Modificadores: Hombro elevado = +1 punto - Puntuación final brazo: 3+1 = 4 puntos - Posición del antebrazo: ángulo de flexión de 70°, correspondiente a una puntuación de 3. Referencia RULA: Flexión menor de 60° o mayor de 100° = 2 puntos - Modificadores: Antebrazo cruza línea media del cuerpo = +1 punto - Puntuación final antebrazo: 2+1 = 3 puntos - Posición de la muñeca: flexión de 18°, correspondiente a una puntuación de 4. Referencia RULA: Flexión/extensión > 15° = 3 puntos - Modificadores: Desviación radial = +1 punto - Puntuación final muñeca: 3+1 = 4 puntos - Giro de la muñeca: rotación moderada dentro del rango medio, puntuación 1. Uso muscular: - Observación: acciones repetitivas, más de 4 veces/minuto - Puntuación según rula: 1 punto carga/fuerza: - Medición: envase de 0.3 kg × manipulación frecuente Referencia rula: carga menor de 2 kg, intermitente = 1 punto 		
GRUPO A		PUNTAJE
(Brazo, Antebrazo, Muñeca)		
Posición del brazo		4
Posición del antebrazo		3
Posición de la muñeca		4
Giro de la muñeca		1

Uso muscular	1
Carga/fuerza	1
Puntuación Grupo A	5
GRUPO B	
<ul style="list-style-type: none"> - Posición del cuello: ángulo de flexión de 25°, correspondiente a una puntuación de 4. Referencia RULA: Flexión > 20° = 3 puntos - Modificadores: Rotación lateral = +1 punto - Puntuación final cuello: 3+1 = 4 puntos - Posición del tronco: flexión de 30°, correspondiente a una puntuación de 4. Referencia RULA: Flexión entre 20°-60° = 3 puntos - Modificadores: Rotación = +1 punto - Puntuación final tronco: 3+1 = 4 puntos - Posición de las piernas: postura equilibrada con soporte bilateral, puntuación 1. Factores adicionales: Uso muscular: Se observa repetitividad de movimientos (más de 4 veces por minuto), puntuación 1. Carga/fuerza: Manipulación de cargas entre 2-10 kg de manera intermitente, puntuación 1 para D. 	
	PUNTAJE
(Cuello, Tronco, Piernas)	
Posición del cuello	4
Posición del tronco	4
Posición de las piernas	1
Uso muscular	1
Carga/fuerza	1
Puntuación Grupo B	6
RESULTADOS	
Concepto	Valor
Puntuación Grupo A(5) y B(6)	7
Tipo de Actividad (+1 por postura estática y repetitiva)	1
Grupo C = 8	
Grupo D = 1	
PUNTUACIÓN FINAL	NIVEL DE ACTUACIÓN
5	3 Se requiere el rediseño de la tarea
EVALUACIÓN DEL MÉTODO OCRA PUNTUACIONES	
1. Determinación de tiempos de trabajo Tiempo neto de trabajo repetitivo (TNTR): $TNTR = DT - (TNR + P + A)$ Donde: - DT (duración del turno): 480 minutos (8 horas)	

- TNR (tiempo no repetitivo): 60 minutos (tareas de organización, limpieza)
 - P (pausas oficiales): 30 minutos (pausa para el almuerzo)
 - A (otros tiempos de recuperación): 20 minutos (pausas breves)
 $TNTR = 480 - (60 + 30 + 20) = 370$ minutos
 Tiempo neto de ciclo (TNC):
 - Observación directa: se cronometraron 30 ciclos completos
 - Duración promedio de un ciclo: 12 segundos
 $TNC = 12$ segundos/ciclo
 Número de ciclos (nc):
 $NC = (tntr \times 60) / tnc$
 $NC = (370 \times 60) / 12 = 1,850$ ciclos/turno

2. CÁLCULO DE FACTORES CHECK LIST OCRA

Factor de Recuperación (FR):

- Situación observada: 1 pausa (almuerzo) en turno de 8 horas
 - Referencia Tabla 1 OCRA: Puntuación = 4

Factor de Frecuencia (FF):

- Acciones Técnicas Dinámicas (ATD):

* Conteo: >70 acciones/minuto

* Referencia Tabla 2 OCRA: ATD = 10

- Acciones Técnicas Estáticas (ATE):

* Observación: No significativas

* $ATE = 0 - FF = \text{Max}(ATD, ATE) = \text{Max}(10, 0) = 10$

Factor de Fuerza (FFz):

- Escala de Borg aplicada: Manipulación = 3 (moderada)

- Duración: Aproximadamente 1/3 del tiempo

- Referencia Tabla 5 OCRA: FFz = 2

Factor de Posturas y Movimientos (FP):

- Hombro (PHo):

* Observación: Brazo por encima de altura del hombro 1/3 del tiempo

* Puntuación = 4

- Codo (PCo):

* Observación: Movimientos repetitivos de flexión/extensión, 2/3 del tiempo

* Puntuación = 4

- Muñeca (PMu):

* Observación: Desviaciones radio-cubitales frecuentes, 1/2 del tiempo

* Puntuación = 4

- Mano (PMa):

* Observación: Agarre en pinza frecuente

* Puntuación = 4 - Estereotipos (PEs):

* Observación: Movimientos idénticos cada 8-10 segundos

* Puntuación = 1.5

$FP = \text{Max}(PHo, PCo, PMu, PMa) + PEs = \text{Max}(4, 4, 4, 4) + 1.5 = 5.5 \rightarrow 6$ (redondeado)

Factor de Riesgos Adicionales (FC):

- Físico-mecánicos:

* Observación: Ritmo impuesto por la máquina

* Puntuación = 2

- Socio-organizativos:

* Observación: Trabajo estrictamente controlado por supervisor

* Puntuación = 1 $FC = FC$ físico-mecánicos + FC socio-organizativos = 2 + 1 = 3

Multiplicador de Duración (MD):

- TNTR calculado: 370 minutos

- Referencia Tabla 13 OCRA: MD = 1.5 (TNTR entre 361-420 minutos)

3. CÁLCULO DEL ÍNDICE CHECK LIST OCRA

$ICKL = (FR + FF + FFz + FP + FC) \times MD$

$ICKL = (4 + 10 + 2 + 6 + 3) \times 1.5$


$ICKL = 25 \times 1.5 = 37.5 \rightarrow 38$ (redondeado)

Nivel de Riesgo (según Tabla 14)		
Factor	Valor	Nivel de Riesgo
Índice OCRA	38	INACEPTABLE ALTO (>22.5)
Acción recomendada		
Mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento		
ÍNDICE OCRA	NIVEL DE RIESGO	
≤ 5	ÓPTIMO	
5.1 - 7.5	ACEPTABLE	
7.6 - 11	INCIERTO	
11.1 - 14	INACEPTABLE LEVE	
14.1 - 22.5	INACEPTABLE MEDIO	
> 22.5	INACEPTABLE ALTO	

Interpretación: Esta evaluación muestra un nivel de riesgo ergonómico elevado Tabla 2. La puntuación RULA final de 5 indica que "se requiere el rediseño de la tarea", lo que señala problemas posturales significativos. El trabajador mantiene posturas forzadas, con un ángulo de flexión del brazo de 85° y una flexión del cuello de 25°, lo que genera tensión considerable en estas zonas.

El índice OCRA de 38 se clasifica como "Inaceptable Alto", superando ampliamente el umbral de 22.5. Esto se debe principalmente a la alta frecuencia de movimientos (más de 70 acciones/minuto), posturas inadecuadas de los miembros superiores y factores adicionales como el ritmo impuesto por la máquina. Esta situación requiere intervención inmediata mediante mejoras del puesto, supervisión médica y capacitación específica.

Tabla 3. Evaluación del trabajador 2. Enjuague de envases

EMPRESA PROINBE		
Código:	PIB - 002	
Edad:	62	
Puesto de trabajo:	Enjuague de envases	
Tiempo que ocupa el puesto por jornada:	6	
Duración de su jornada laboral:	8	
EVALUACIÓN DEL MÉTODO RULA PUNTUACIONES		
<ul style="list-style-type: none"> - Posición del brazo: flexión de 45°, correspondiente a una puntuación de 2 según RULA. Referencia RULA: Flexión entre 20°-45° = 2 puntos - Modificadores: No hay modificadores aplicables = 0 puntos - Puntuación final brazo: 2 puntos - Posición del antebrazo: ángulo de flexión dentro del rango 60-100°, correspondiente a una puntuación de 1. Referencia RULA: Flexión entre 60°-100° = 1 punto - Modificadores: No hay modificadores aplicables = 0 puntos - Puntuación final antebrazo: 1 punto - Posición de la muñeca: flexión/extensión de 10°, correspondiente a una puntuación de 2. Referencia RULA: Flexión/extensión entre 0°-15° = 2 puntos - Modificadores: Desviación radial ligera = 0 puntos - Puntuación final muñeca: 2 puntos - Giro de la muñeca: rotación moderada dentro del rango medio, puntuación 1. - Observación: Pronación ligera durante la supervisión - Puntuación según RULA: 1 punto <p>Uso muscular:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Acciones estáticas, mantenidas más de 1 minuto - Puntuación según RULA: 1 punto <p>Carga/Fuerza:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Medición: Sin manipulación significativa de cargas - Referencia RULA: Carga menor de 2 kg, intermitente = 0 puntos 		
GRUPO A	PUNTAJE	
(Brazo, Antebrazo, Muñeca)		
Posición del brazo	2	
Posición del antebrazo	1	
Posición de la muñeca	2	
Giro de la muñeca	1	
Uso muscular	1	
Carga/fuerza	0	
Puntuación Grupo A	3	

GRUPO B	
<ul style="list-style-type: none"> - Posición del cuello: Ángulo medido: 25° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión > 20° = 3 puntos - Modificadores: No hay rotación ni inclinación lateral = 0 puntos - Puntuación final cuello: 3 puntos - Posición del tronco: Ángulo medido: 15° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión entre 0°-20° = 2 puntos - Modificadores: No hay rotación ni inclinación lateral = 0 puntos - Puntuación final tronco: 2 puntos - Posición de las piernas: <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Postura de pie, peso distribuido equilibradamente - Puntuación según RULA: 1 punto Uso muscular: <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Postura principalmente estática mantenida más de 1 minuto - Puntuación según RULA: 1 punto Carga/Fuerza: <ul style="list-style-type: none"> - Medición: Sin manipulación significativa de cargas - Referencia RULA: Carga menor de 2 kg, intermitente = 0 puntos 	
(Cuello, Tronco, Piernas)	PUNTAJE
Posición del cuello	3
Posición del tronco	2
Posición de las piernas	1
Uso muscular	1
Carga/fuerza	0
Puntuación Grupo B	4
RESULTADOS	
Concepto	Valor
Puntuación Grupo A(3) y B(4)	3
Tipo de Actividad (+1 por postura estática y repetitiva)	1
Grupo C = 4	
Grupo D = 0	
PUNTUACIÓN FINAL	NIVEL DE ACTUACIÓN
4	2 Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio
EVALUACIÓN DEL MÉTODO OCRA PUNTUACIONES	
1. Determinación de tiempos de trabajo Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR): $TNTR = DT - [TNR + P + A]$ Donde: - DT (Duración del turno): 480 minutos (8 horas) - TNR (Tiempo no repetitivo): 70 minutos (tareas de inspección y limpieza) - P (Pausas oficiales): 30 minutos (pausa para el almuerzo) - A (Otros tiempos de recuperación): 20 minutos (pausas breves)	

$$\text{TNTR} = 480 - [70 + 30 + 20] = 360 \text{ minutos}$$

Tiempo Neto de Ciclo (TNC):

- Observación directa: Se cronometraron 30 ciclos completos

- Duración promedio de un ciclo: 32 segundos

- $\text{TNC} = 32 \text{ segundos/ciclo}$

Número de Ciclos (NC):

$$\text{NC} = (\text{TNTR} \times 60) / \text{TNC}$$

$$\text{NC} = (360 \times 60) / 32 = 675 \text{ ciclos/turno}$$

2. CÁLCULO DE FACTORES CHECK LIST OCRA

Factor de Recuperación (FR):

- Situación observada: 1 pausa (almuerzo) en turno de 8 horas

- Referencia Tabla 1 OCRA: Puntuación = 4

Factor de Frecuencia (FF):

- Acciones Técnicas Dinámicas (ATD):

* Conteo: 31-40 acciones/minuto

* Referencia Tabla 2 OCRA: $\text{ATD} = 3$

- Acciones Técnicas Estáticas (ATE):

* Observación: No significativas

* $\text{ATE} = 0$

$$\text{FF} = \text{Max}(\text{ATD}, \text{ATE}) = \text{Max}(3, 0) = 3$$

Factor de Fuerza (FFz):

- Escala de Borg aplicada: Manipulación = 1 (muy leve)

- Duración: Aproximadamente 1/3 del tiempo

- Referencia Tabla 5 OCRA: $\text{FFz} = 1$

Factor de Posturas y Movimientos (FP):

- Hombro (PHo):

* Observación: Brazo a nivel de hombro 1/3 del tiempo

* Puntuación = 2

- Codo (PCo):

* Observación: Movimientos repetitivos moderados, 1/3 del tiempo

* Puntuación = 2

- Muñeca (PMu):

* Observación: Flexión/extensión moderada, 1/3 del tiempo

* Puntuación = 2

- Mano (PMa):

* Observación: Agarre de precisión ocasional

* Puntuación = 2

- Estereotipos (PEs):

* Observación: Movimientos repetitivos moderados

* Puntuación = 1.5

$$\text{FP} = \text{Max}(\text{PHo}, \text{PCo}, \text{PMu}, \text{PMa}) + \text{PEs} = \text{Max}(2, 2, 2, 2) + 1.5 = 3.5 \rightarrow 4 \text{ (redondeado)}$$

Factor de Riesgos Adicionales (FC):

- Físico-mecánicos:

* Observación: No significativos

* Puntuación = 1

- Socio-organizativos:

* Observación: Ritmo parcialmente determinado

* Puntuación = 0

$$\text{FC} = \text{FC físico-mecánicos} + \text{FC socio-organizativos} = 1 + 0 = 1$$

Multiplicador de Duración (MD):

- TNTR calculado: 360 minutos

- Referencia Tabla 13 OCRA: $\text{MD} = 1.5$ (TNTR entre 361-420 minutos)

3. CÁLCULO DEL ÍNDICE CHECK LIST OCRA

$$\text{ICKL} = (\text{FR} + \text{FF} + \text{FFz} + \text{FP} + \text{FC}) \times \text{MD}$$

$$\text{ICKL} = (4 + 3 + 1 + 4 + 1) \times 1.5$$


$$\text{ICKL} = 13 \times 1.5 = 19.5 \rightarrow 20 \text{ (redondeado)}$$

Nivel de Riesgo (según Tabla 14)		
Factor	Valor	Nivel de Riesgo
Índice OCRA	20	INACEPTABLE MEDIO (14.1-22.5)
Acción recomendada		
Mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento		
ÍNDICE OCRA	NIVEL DE RIESGO	
≤ 5	ÓPTIMO	
5.1 - 7.5	ACEPTABLE	
7.6 - 11	INCIERTO	
11.1 - 14	INACEPTABLE LEVE	
14.1 - 22.5	INACEPTABLE MEDIO	
> 22.5	INACEPTABLE ALTO	

Interpretación: La evaluación RULA muestra un nivel de riesgo moderado con una puntuación final de 4, indicando que "pueden requerirse cambios en la tarea" Tabla 3. El trabajador adopta posturas menos extremas que en otros puestos, con un ángulo de flexión del brazo de 45° y una posición más neutral del antebrazo.

El índice OCRA de 20 se clasifica como "Inaceptable Medio", lo que indica un riesgo significativo pero menor que en otros puestos. La frecuencia de acciones (31-40 acciones/minuto) y las posturas son menos extremas, aunque sigue siendo necesaria la mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento específico.

Tabla 4. Evaluación del trabajador 3. Llenado de producto

EMPRESA PROINBE		
Código:	PIB - 003	
Edad:	32	
Puesto de trabajo:	Llenado de producto	
Tiempo que ocupa el puesto por jornada:	6	
Duración de su jornada laboral:	8	
EVALUACIÓN DEL MÉTODO RULA PUNTUACIONES		
<ul style="list-style-type: none"> - Posición del brazo: Ángulo medido: 60° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión entre 45°-90° = 3 puntos - Modificadores: No hay modificadores aplicables = 0 puntos - Puntuación final brazo: 3 puntos - Posición del antebrazo: Ángulo medido: 85° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión entre 60°-100° = 1 punto - Modificadores: Antebrazo cruza línea media del cuerpo = +1 punto - Puntuación final antebrazo: 1+1 = 2 puntos - Posición de la muñeca: Ángulo medido: 20° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión/extensión > 15° = 3 puntos - Modificadores: No hay desviación lateral significativa = 0 puntos - Puntuación final muñeca: 3 puntos - Giro de muñeca: <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Pronación moderada durante ajustes - Puntuación según RULA: 1 punto Uso muscular: <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Acciones repetitivas, más de 4 veces/minuto - Puntuación según RULA: 1 punto Carga/Fuerza: - Medición: Manipulación ocasional de controles (< 2 kg) <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Carga menor de 2 kg, intermitente = 1 punto 		
GRUPO A		PUNTAJE
(Brazo, Antebrazo, Muñeca)		
Posición del brazo		3
Posición del antebrazo		2
Posición de la muñeca		3
Giro de la muñeca		1
Uso muscular		1
Carga/fuerza		1
Puntuación Grupo A		5

GRUPO B	
<ul style="list-style-type: none"> - Posición del cuello: Ángulo medido: 30° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión > 20° = 3 puntos - Modificadores: No hay rotación ni inclinación lateral = 0 puntos - Puntuación final cuello: 3 puntos - Posición del tronco: Ángulo medido: 15° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión entre 0°-20° = 2 puntos - Modificadores: No hay rotación ni inclinación lateral = 0 puntos - Puntuación final tronco: 2 puntos - Posición de las piernas: <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Postura de pie, peso distribuido equilibradamente - Puntuación según RULA: 1 punto Uso muscular: <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Postura principalmente estática con movimientos ocasionales - Puntuación según RULA: 1 punto Carga/Fuerza: <ul style="list-style-type: none"> - Medición: Manipulación ocasional de controles (< 2 kg) - Referencia RULA: Carga menor de 2 kg, intermitente = 1 punto para Grupo D 	
(Cuello, Tronco, Piernas)	PUNTAJE
Posición del cuello	3
Posición del tronco	2
Posición de las piernas	1
Uso muscular	1
Carga/fuerza	1
Puntuación Grupo B	5
RESULTADOS	
Concepto	Valor
Puntuación Grupo A(5) y B(5)	5
Tipo de Actividad (+1 por postura estática y repetitiva)	1
Grupo C = 6	
Grupo D = 1	
PUNTUACIÓN FINAL	NIVEL DE ACTUACIÓN
4	2 Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio
EVALUACIÓN DEL MÉTODO OCRA PUNTUACIONES	
<p>1. DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE TRABAJO</p> <p>Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR):</p> $TNTR = DT - [TNR + P + A]$ <p>Donde: - DT (Duración del turno): 480 minutos (8 horas)</p> <ul style="list-style-type: none"> - TNR (Tiempo no repetitivo): 50 minutos (tareas de ajuste y verificación) - P (Pausas oficiales): 30 minutos (pausa para el almuerzo) - A (Otros tiempos de recuperación): 20 minutos (pausas breves) 	

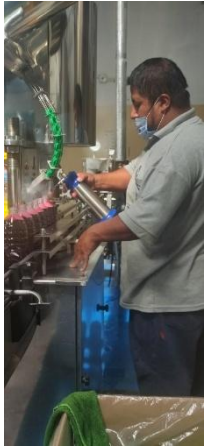
<p> $TNTR = 480 - [50 + 30 + 20] = 380$ minutos Tiempo Neto de Ciclo (TNC): - Observación directa: Se cronometraron 30 ciclos completos - Duración promedio de un ciclo: 18 segundos - TNC = 18 segundos/ciclo Número de Ciclos (NC): $NC = (TNTR \times 60) / TNC$ $NC = (380 \times 60) / 18 = 1,267$ ciclos/turno </p>
<p> 2. CÁLCULO DE FACTORES CHECK LIST OCRA Factor de Recuperación (FR): - Situación observada: 1 pausa (almuerzo) en turno de 8 horas - Referencia Tabla 1 OCRA: Puntuación = 4 Factor de Frecuencia (FF): - Acciones Técnicas Dinámicas (ATD): * Conteo: 51-60 acciones/minuto * Referencia Tabla 2 OCRA: ATD = 9 - Acciones Técnicas Estáticas (ATE): * Observación: No significativas * ATE = 0 - $FF = \text{Max}(ATD, ATE) = \text{Max}(9, 0) = 9$ Factor de Fuerza (FFz): - Escala de Borg aplicada: Manipulación = 3 (moderada) - Duración: Aproximadamente 1/3 del tiempo - Referencia Tabla 5 OCRA: FFz = 2 Factor de Posturas y Movimientos (FP): - Hombro (PHo): * Observación: Brazo elevado 1/3 del tiempo * Puntuación = 4 - Codo (PCo): * Observación: Movimientos repetitivos frecuentes, 2/3 del tiempo * Puntuación = 4 - Muñeca (PMu): * Observación: Flexión/extensión >15°, 1/2 del tiempo * Puntuación = 4 - Mano (PMa): * Observación: Agarre en pinza frecuente * Puntuación = 4 - Estereotipos (PEs): * Observación: Movimientos idénticos cada 8-10 segundos * Puntuación = 1.5 $FP = \text{Max}(PHo, PCo, PMu, PMa) + PEs = \text{Max}(4, 4, 4, 4) + 1.5 = 5.5 \rightarrow 6$ (redondeado) Factor de Riesgos Adicionales (FC): - Físico-mecánicos: * Observación: Alta precisión * Puntuación = 2 - Socio-organizativos: * Observación: Ritmo determinado por la máquina * Puntuación = 1 $FC = \text{FC físico-mecánicos} + \text{FC socio-organizativos} = 2 + 1 = 3$ Multiplicador de Duración (MD): - TNTR calculado: 380 minutos - Referencia Tabla 13 OCRA: MD = 1.5 (TNTR entre 361-420 minutos) </p>
<p> 3. CÁLCULO DEL ÍNDICE CHECK LIST OCRA $ICKL = (FR + FF + FFz + FP + FC) \times MD$ $ICKL = (4 + 9 + 2 + 6 + 3) \times 1.5$ $ICKL = 24 \times 1.5 = 36$ </p>

Nivel de Riesgo (según Tabla 14)		
Factor	Valor	Nivel de Riesgo
Índice OCRA	36	INACEPTABLE ALTO (>22.5)
Acción recomendada		
Mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento		
ÍNDICE OCRA	NIVEL DE RIESGO	
≤ 5	ÓPTIMO	
5.1 - 7.5	ACEPTABLE	
7.6 - 11	INCIERTO	
11.1 - 14	INACEPTABLE LEVE	
14.1 - 22.5	INACEPTABLE MEDIO	
> 22.5	INACEPTABLE ALTO	

Interpretación: Este puesto presenta un nivel de riesgo considerable con una puntuación RULA de 4, indicando la necesidad de cambios en la tarea Tabla 4. El trabajador mantiene posturas que generan tensión en el sistema musculoesquelético, con flexión del brazo de 60° y flexión cervical de 30°.

El índice OCRA de 36 se clasifica como "Inaceptable Alto", señalando un riesgo elevado por movimientos repetitivos. Contribuyen a este alto índice la frecuencia de acciones (51-60 acciones/minuto), la necesidad de precisión y las posturas forzadas mantenidas durante períodos prolongados. Se requiere intervención urgente para mejorar las condiciones ergonómicas del puesto.

Tabla 5. Evaluación del trabajador 4. Colocación de nitrógeno y tapado del producto

EMPRESA PROINBE	
Código:	PIB - 004
Edad:	34
Puesto de trabajo:	Colocación de nitrógeno y tapado del producto
Tiempo que ocupa el puesto por jornada:	6
Duración de su jornada laboral:	8
	
EVALUACIÓN DEL MÉTODO RULA PUNTUACIONES	
<ul style="list-style-type: none"> - Posición del brazo: Ángulo medido: 65° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión entre 45°-90° = 3 puntos - Modificadores: No hay modificadores aplicables = 0 puntos - Puntuación final brazo: 3 puntos - Posición del antebrazo: Ángulo medido: 50° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión < 60° = 2 puntos - Modificadores: No hay modificadores aplicables = 0 puntos - Puntuación final antebrazo: 2 puntos - Posición de la muñeca: Ángulo medido: 25° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión/extensión > 15° = 3 puntos - Modificadores: No hay desviación lateral significativa = 0 puntos - Puntuación final muñeca: 3 puntos - Giro de muñeca: <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Supinación y pronación frecuentes durante tapado - Puntuación según RULA: 2 puntos Uso muscular: <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Acciones repetitivas, más de 4 veces/minuto - Puntuación según RULA: 1 punto Carga/Fuerza: <ul style="list-style-type: none"> - Medición: Fuerza aplicada durante tapado (estimación 3-4 kg) - Referencia RULA: Carga entre 2-10 kg, intermitente = 1 punto Grupo D 	
GRUPO A	PUNTAJE
(Brazo, Antebrazo, Muñeca)	
Posición del brazo (flexión entre 45-90°)	3
Posición del antebrazo (flexión <60° o >100°)	2
Posición de la muñeca (flexión/extensión >15°)	3
Giro de la muñeca (giro cerca del rango máximo)	2
Uso muscular (movimientos repetitivos)	1

Carga/fuerza (carga intermitente)	1
Puntuación Grupo A	5
GRUPO B	
<ul style="list-style-type: none"> - Posición del cuello: Ángulo medido: 28° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión > 20° = 3 puntos - Modificadores: No hay rotación ni inclinación lateral = 0 puntos - Puntuación final cuello: 3 puntos - Posición del tronco: Ángulo medido: 25° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión entre 20°-60° = 3 puntos - Modificadores: No hay rotación ni inclinación lateral = 0 puntos - Puntuación final tronco: 3 puntos - Posición de las piernas: <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Postura de pie, peso distribuido equilibradamente - Puntuación según RULA: 1 punto <p>Uso muscular:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Acciones repetitivas, más de 4 veces/minuto - Puntuación según RULA: 1 punto <p>Carga/Fuerza:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Medición: Fuerza aplicada durante tapado (estimación 3-4 kg) - Referencia RULA: Carga entre 2-10 kg, intermitente = 1 punto Grupo D 	
(Cuello, Tronco, Piernas)	PUNTAJE
Posición del cuello (flexión >20°)	3
Posición del tronco (flexión 20-60°)	3
Posición de las piernas (postura bien apoyada)	1
Uso muscular (movimientos repetitivos)	1
Carga/fuerza (carga intermitente)	1
Puntuación Grupo B	5
RESULTADOS	
Concepto	Valor
Puntuación Grupo A(5) y B(5)	5
Tipo de Actividad (+1 por postura estática y repetitiva)	1
Grupo C = 6	
Grupo D = 1	
PUNTUACIÓN FINAL	NIVEL DE ACTUACIÓN
4	2 Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio
EVALUACIÓN DEL MÉTODO OCRA PUNTUACIONES	
1. DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE TRABAJO Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR): $TNTR = DT - [TNR + P + A]$ Donde: - DT (Duración del turno): 480 minutos (8 horas)	


<ul style="list-style-type: none"> - TNR (Tiempo no repetitivo): 55 minutos (tareas de ajuste y control) - P (Pausas oficiales): 30 minutos (pausa para el almuerzo) - A (Otros tiempos de recuperación): 20 minutos (pausas breves) <p>TNTR = 480 - [55 + 30 + 20] = 375 minutos</p> <p>Tiempo Neto de Ciclo (TNC):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observación directa: Se cronometraron 30 ciclos completos - Duración promedio de un ciclo: 15 segundos - TNC = 15 segundos/ciclo <p>Número de Ciclos (NC):</p> <p>NC = (TNTR × 60) / TNC</p> <p>NC = (375 × 60) / 15 = 1,500 ciclos/turno</p>
<p>2. CÁLCULO DE FACTORES CHECK LIST OCRA</p> <p>Factor de Recuperación (FR):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Situación observada: 1 pausa (almuerzo) en turno de 8 horas - Referencia Tabla 1 OCRA: <p>Puntuación = 4</p> <p>Factor de Frecuencia (FF):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acciones Técnicas Dinámicas (ATD): * Conteo: 51-60 acciones/minuto * Referencia Tabla 2 OCRA: ATD = 8 - Acciones Técnicas Estáticas (ATE): * Observación: No significativas * ATE = 0 - FF = Max(ATD, ATE) = Max(8, 0) = 8 <p>Factor de Fuerza (FFz):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Escala de Borg aplicada: Manipulación = 3 (moderada) - Duración: Aproximadamente 1/3 del tiempo - Referencia Tabla 5 OCRA: FFz = 2 <p>Factor de Posturas y Movimientos (FP):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hombro (PHo): * Observación: Brazo elevado 1/3 del tiempo * Puntuación = 4 - Codo (PCo): * Observación: Movimientos repetitivos frecuentes, 2/3 del tiempo * Puntuación = 4 - Muñeca (PMu): * Observación: Flexión/extensión >15°, 1/2 del tiempo * Puntuación = 4 - Mano (PMa): * Observación: Agarre en pinza frecuente * Puntuación = 4 - Estereotipos (PEs): * Observación: Movimientos idénticos cada 8-10 segundos * Puntuación = 1.5 <p>FP = Max(PHo, PCo, PMu, PMa) + PEs = Max(4, 4, 4, 4) + 1.5 = 5.5 → 6 (redondeado)</p> <p>Factor de Riesgos Adicionales (FC):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Físico-mecánicos: * Observación: Alta precisión * Puntuación = 2 - Socio-organizativos: * Observación: Ritmo determinado por la máquina * Puntuación = 1 FC = FC físico-mecánicos + FC socio-organizativos = 2 + 1 = 3 <p>Multiplicador de Duración (MD):</p> <ul style="list-style-type: none"> - TNTR calculado: 375 minutos - Referencia Tabla 13 OCRA: MD = 1.5 (TNTR entre 361-420 minutos)
<p>3. CÁLCULO DEL ÍNDICE CHECK LIST OCRA</p>

$ICKL = (FR + FF + FFz + FP + FC) \times MD$ $ICKL = (4 + 8 + 2 + 6 + 3) \times 1.5$ $ICKL = 23 \times 1.5 = 34.5 \rightarrow 35 \text{ (redondeado)}$		
Nivel de Riesgo (según Tabla 14)		
Factor	Valor	Nivel de Riesgo
Índice OCRA	35	INACEPTABLE ALTO (>22.5)
Acción recomendada		
Mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento		
ÍNDICE OCRA	NIVEL DE RIESGO	
≤ 5	ÓPTIMO	
5.1 - 7.5	ACEPTABLE	
7.6 - 11	INCIERTO	
11.1 - 14	INACEPTABLE LEVE	
14.1 - 22.5	INACEPTABLE MEDIO	
> 22.5	INACEPTABLE ALTO	

Interpretación: La evaluación muestra un nivel de riesgo ergonómico medio-alto con una puntuación RULA de 4, indicando la necesidad de ajustes en la tarea. El trabajador adopta posturas que generan tensión, especialmente en brazos (flexión de 65°) y tronco (flexión de 25°) Tabla 5.

El índice OCRA de 35 se clasifica como "Inaceptable Alto", evidenciando un riesgo significativo por movimientos repetitivos y posturas forzadas. La alta frecuencia (51-60 acciones/minuto), combinada con la aplicación de fuerza moderada y requisitos de precisión, contribuye sustancialmente a este riesgo. Se requiere intervención inmediata mediante mejoras ergonómicas y capacitación.

Tabla 6. Evaluación del trabajador 5. Colocación de etiquetas termo encogibles

EMPRESA PROINBE	
Código:	PIB - 005
Edad:	52
Puesto de trabajo:	Colocación de etiquetas termo encogibles
Tiempo que ocupa el puesto por jornada:	6
Duración de su jornada laboral:	8
	
EVALUACIÓN DEL MÉTODO RULA PUNTUACIONES	
<ul style="list-style-type: none"> - Posición del brazo: Ángulo medido: 70° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión entre 45°-90° = 3 puntos - Modificadores: No hay modificadores aplicables = 0 puntos - Puntuación final brazo: 3 puntos - Posición del antebrazo: Ángulo medido: 85° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión entre 60°-100° = 1 punto - Modificadores: Cruza línea media del cuerpo = +1 punto - Puntuación final antebrazo: 1+1 = 2 puntos - Posición de la muñeca: - Ángulo medido: 22° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión/extensión > 15° = 3 puntos - Modificadores: No hay desviación lateral significativa = 0 puntos - Puntuación final muñeca: 3 puntos - Giro de muñeca: <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Pronación y supinación frecuentes durante etiquetado - Puntuación según RULA: 2 puntos <p>Uso muscular:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Acciones repetitivas, más de 4 veces/minuto - Puntuación según RULA: 1 punto <p>Carga/Fuerza: - Medición: Manipulación de etiquetas (< 1 kg)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Carga menor de 2 kg, intermitente = 1 punto Grupo D 	
GRUPO A	PUNTAJE
(Brazo, Antebrazo, Muñeca)	
Posición del brazo (flexión entre 45-90°)	3
Posición del antebrazo (flexión <60° o >100°)	2
Posición de la muñeca (flexión/extensión >15°)	3
Giro de la muñeca (giro cerca del rango máximo)	2
Uso muscular (movimientos repetitivos)	1
Carga/fuerza (carga intermitente)	1

Puntuación Grupo A	5
GRUPO B	
<ul style="list-style-type: none"> - Posición del cuello: Ángulo medido: 32° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión > 20° = 3 puntos - Modificadores: No hay rotación ni inclinación lateral = 0 puntos - Puntuación final cuello: 3 puntos - Posición del tronco: Ángulo medido: 28° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión entre 20°-60° = 3 puntos - Modificadores: No hay rotación ni inclinación lateral = 0 puntos - Puntuación final tronco: 3 puntos - Posición de las piernas: <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Postura de pie, peso distribuido equilibradamente - Puntuación según RULA: 1 punto <p>Uso muscular:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Acciones repetitivas, más de 4 veces/minuto - Puntuación según RULA: 1 punto <p>Carga/Fuerza:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Medición: Manipulación de etiquetas (< 1 kg) - Referencia RULA: Carga menor de 2 kg, intermitente = 1 punto Grupo D 	
(Cuello, Tronco, Piernas)	PUNTAJE
Posición del cuello (flexión >20°)	3
Posición del tronco (flexión 20-60°)	3
Posición de las piernas (postura bien apoyada)	1
Uso muscular (movimientos repetitivos)	1
Carga/fuerza (carga intermitente)	1
Puntuación Grupo B	5
RESULTADOS	
Concepto	Valor
Puntuación Grupo A(5) y B(5)	5
Tipo de Actividad (+1 por postura estática y repetitiva)	1
Grupo C = 6	
Grupo D = 1	
PUNTUACIÓN FINAL	NIVEL DE ACTUACIÓN
4	2 Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio
EVALUACIÓN DEL MÉTODO OCRA PUNTUACIONES	
1. DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE TRABAJO Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR): $TNTR = DT - [TNR + P + A]$ Donde: - DT (Duración del turno): 480 minutos (8 horas) - TNR (Tiempo no repetitivo): 45 minutos (tareas de preparación y control)	


<ul style="list-style-type: none"> - P (Pausas oficiales): 30 minutos (pausa para el almuerzo) - A (Otros tiempos de recuperación): 20 minutos (pausas breves) <p>TNTR = 480 - [45 + 30 + 20] = 385 minutos</p> <p>Tiempo Neto de Ciclo (TNC):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observación directa: Se cronometraron 30 ciclos completos - Duración promedio de un ciclo: 14 segundos - TNC = 14 segundos/ciclo <p>Número de Ciclos (NC):</p> <p>NC = (TNTR × 60) / TNC</p> <p>NC = (385 × 60) / 14 = 1,650 ciclos/turno</p>
<p>2. CÁLCULO DE FACTORES CHECK LIST OCRA</p> <p>Factor de Recuperación (FR):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Situación observada: 1 pausa (almuerzo) en turno de 8 horas - Referencia Tabla 1 OCRA: Puntuación = 4 <p>Factor de Frecuencia (FF):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acciones Técnicas Dinámicas (ATD): * Conteo: 51-60 acciones/minuto * Referencia Tabla 2 OCRA: ATD = 8 - Acciones Técnicas Estáticas (ATE): * Observación: No significativas * ATE = 0 - FF = Max(ATD, ATE) = Max(8, 0) = 8 <p>Factor de Fuerza (FFz):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Escala de Borg aplicada: Manipulación = 2 (leve) - Duración: Aproximadamente 1/3 del tiempo - Referencia Tabla 5 OCRA: FFz = 2 <p>Factor de Posturas y Movimientos (FP):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hombro (PHo): * Observación: Brazo elevado >1/3 del tiempo * Puntuación = 6 - Codo (PCo): * Observación: Movimientos repetitivos frecuentes, 2/3 del tiempo * Puntuación = 4 - Muñeca (PMu): * Observación: Flexión/extensión >15°, 1/2 del tiempo * Puntuación = 4 - Mano (PMa): * Observación: Agarre en pinza preciso * Puntuación = 4 - Estereotipos (PEs): * Observación: Movimientos idénticos cada 8-10 segundos * Puntuación = 1.5 <p>FP = Max(PHo, PCo, PMu, PMa) + PEs = Max(6, 4, 4, 4) + 1.5 = 7.5 → 8 (redondeado)</p> <p>Factor de Riesgos Adicionales (FC):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Físico-mecánicos: * Observación: Alta precisión * Puntuación = 2 - Socio-organizativos: * Observación: Ritmo determinado por la máquina * Puntuación = 1 FC = FC físico-mecánicos + FC socio-organizativos = 2 + 1 = 3 <p>Multiplicador de Duración (MD):</p> <ul style="list-style-type: none"> - TNTR calculado: 385 minutos - Referencia Tabla 13 OCRA: MD = 1.5 (TNTR entre 361-420 minutos)
<p>3. CÁLCULO DEL ÍNDICE CHECK LIST OCRA</p> <p>ICKL = (FR + FF + FFz + FP + FC) × MD</p> <p>ICKL = (4 + 8 + 2 + 8 + 3) × 1.5</p> <p>ICKL = 25 × 1.5 = 37.5 → 38 (redondeado)</p>

Nivel de Riesgo (según Tabla 14)		
Factor	Valor	Nivel de Riesgo
Índice OCRA	38	INACEPTABLE ALTO (>22.5)
Acción recomendada		
Mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento		
ÍNDICE OCRA	NIVEL DE RIESGO	
≤ 5	ÓPTIMO	
5.1 - 7.5	ACEPTABLE	
7.6 - 11	INCIERTO	
11.1 - 14	INACEPTABLE LEVE	
14.1 - 22.5	INACEPTABLE MEDIO	
> 22.5	INACEPTABLE ALTO	

Interpretación: La evaluación RULA muestra un nivel de riesgo medio con una puntuación de 4, indicando la conveniencia de realizar cambios en la tarea. El trabajador mantiene posturas que generan tensión en hombros (flexión de 70°) y cuello (flexión de 32°) Tabla 6.

El índice OCRA de 38 se clasifica como "Inaceptable Alto", señalando un riesgo elevado por movimientos repetitivos. Este alto índice se debe principalmente a la frecuencia de movimientos (51-60 acciones/minuto), posturas forzadas de los miembros superiores y la elevada precisión requerida. Estas condiciones exigen intervención inmediata para reducir el riesgo ergonómico.

Tabla 7. Evaluación del trabajador 6. Colocación del producto en la enfundadora semiautomática

EMPRESA PROINBE	
Código:	PIB - 006
Edad:	56
Puesto de trabajo:	Colocación del producto en la enfundadora semiautomática
Tiempo que ocupa el puesto por jornada:	6
Duración de su jornada laboral:	8
	
EVALUACIÓN DEL MÉTODO RULA PUNTUACIONES	
<ul style="list-style-type: none"> - Posición del brazo: Ángulo medido: 38° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión entre 20°-45° = 2 puntos - Modificadores: No hay modificadores aplicables = 0 puntos - Puntuación final brazo: 2 puntos - Posición del antebrazo: Ángulo medido: 55° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión < 60° = 2 puntos - Modificadores: No hay modificadores aplicables = 0 puntos - Puntuación final antebrazo: 2 puntos - Posición de la muñeca: Ángulo medido: 12° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión/extensión entre 0°-15° = 2 puntos - Modificadores: No hay desviación lateral significativa = 0 puntos - Puntuación final muñeca: 2 puntos - Giro de muñeca: <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Pronación ligera durante manipulación - Puntuación según RULA: 1 punto Uso muscular: <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Acciones repetitivas, más de 4 veces/minuto - Puntuación según RULA: 1 punto Carga/Fuerza: <ul style="list-style-type: none"> - Medición: Manipulación de grupos de envases (4-6 kg) - Referencia RULA: Carga entre 2-10 kg, intermitente = 1 punto Grupo D 	
GRUPO A	PUNTAJE
(Brazo, Antebrazo, Muñeca)	
Posición del brazo (flexión entre 20-45°)	2
Posición del antebrazo (flexión <60° o >100°)	2
Posición de la muñeca (flexión/extensión entre 0-15°)	2
Giro de la muñeca (giro cerca del rango medio de giro)	1

Uso muscular (movimientos repetitivos)	1
Carga/fuerza (carga intermitente)	1
Puntuación Grupo A	4
GRUPO B	
<ul style="list-style-type: none"> - Posición del cuello: Ángulo medido: 15° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión entre 10°-20° = 2 puntos - Modificadores: No hay rotación ni inclinación lateral = 0 puntos - Puntuación final cuello: 2 puntos - Posición del tronco: Ángulo medido: 18° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión entre 0°-20° = 2 puntos - Modificadores: No hay rotación ni inclinación lateral = 0 puntos - Puntuación final tronco: 2 puntos - Posición de las piernas: <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Postura de pie, peso distribuido equilibradamente - Puntuación según RULA: 1 punto <p>Uso muscular:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Acciones repetitivas, más de 4 veces/minuto - Puntuación según RULA: 1 punto <p>Carga/Fuerza:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Medición: Manipulación de grupos de envases (4-6 kg) - Referencia RULA: Carga entre 2-10 kg, intermitente = 1 punto Grupo D 	
(Cuello, Tronco, Piernas)	PUNTAJE
Posición del cuello (flexión entre 10-20°)	2
Posición del tronco (flexión ligera durante la operación)	2
Posición de las piernas (por mantener soporte bilateral)	1
Uso muscular (movimientos repetitivos)	1
Carga/fuerza (carga intermitente)	1
Puntuación Grupo B	3
RESULTADOS	
Concepto	Valor
Puntuación Grupo A(4) y B(3)	3
Tipo de Actividad (+1 por postura estática y repetitiva)	1
Grupo C = 3	
Grupo D = 1	
PUNTUACIÓN FINAL	NIVEL DE ACTUACIÓN
3	2 Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio
EVALUACIÓN DEL MÉTODO OCRA PUNTUACIONES	
1. DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE TRABAJO Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR):	

$$TNTR = DT - [TNR + P + A]$$

Donde: - DT (Duración del turno): 480 minutos (8 horas)

- TNR (Tiempo no repetitivo): 60 minutos (tareas de preparación y ajuste)

- P (Pausas oficiales): 30 minutos (pausa para el almuerzo)

- A (Otros tiempos de recuperación): 20 minutos (pausas breves)

$$TNTR = 480 - [60 + 30 + 20] = 370 \text{ minutos}$$

Tiempo Neto de Ciclo (TNC):

- Observación directa: Se cronometraron 30 ciclos completos

- Duración promedio de un ciclo: 28 segundos

$$TNC = 28 \text{ segundos/ciclo}$$

Número de Ciclos (NC):

$$NC = (TNTR \times 60) / TNC$$

$$NC = (370 \times 60) / 28 = 792 \text{ ciclos/turno}$$

2. CÁLCULO DE FACTORES CHECK LIST OCRA

Factor de Recuperación (FR):

- Situación observada: 1 pausa (almuerzo) en turno de 8 horas

- Referencia Tabla 1 OCRA: Puntuación = 4

Factor de Frecuencia (FF):

- Acciones Técnicas Dinámicas (ATD):

* Conteo: 40-50 acciones/minuto

* Referencia Tabla 2 OCRA: ATD = 6

- Acciones Técnicas Estáticas (ATE):

* Observación: No significativas

* ATE = 0 - FF = Max(ATD, ATE) = Max(6, 0) = 6

Factor de Fuerza (FFz):

- Escala de Borg aplicada: Manipulación = 3 (moderada)

- Duración: Aproximadamente 1/3 del tiempo

- Referencia Tabla 5 OCRA: FFz = 2

Factor de Posturas y Movimientos (FP):

- Hombro (PHo):

* Observación: Brazo elevado <1/3 del tiempo

* Puntuación = 2

- Codo (PCo):

* Observación: Movimientos repetitivos moderados, 1/3 del tiempo

* Puntuación = 2

- Muñeca (PMu):

* Observación: Flexión/extensión <15°, 1/3 del tiempo

* Puntuación = 2

- Mano (PMa):

* Observación: Agarre palmar frecuente

* Puntuación = 2

- Estereotipos (PEs):

* Observación: Movimientos repetitivos moderados

* Puntuación = 1.5 FP = Max(PHo, PCo, PMu, PMa) + PEs = Max(2, 2, 2, 2) + 1.5 = 3.5

→ 4 (redondeado)

Factor de Riesgos Adicionales (FC):

- Físico-mecánicos:

* Observación: Ritmo parcialmente determinado por la máquina

* Puntuación = 1

- Socio-organizativos:

* Observación: No significativos

* Puntuación = 0 FC = FC físico-mecánicos + FC socio-organizativos = 1 + 0 = 1

Multiplicador de Duración (MD):

- TNTR calculado: 370 minutos

- Referencia Tabla 13 OCRA:


$$MD = 1.5 \text{ (TNTR entre 361-420 minutos)}$$

3. CÁLCULO DEL ÍNDICE CHECK LIST OCRA $ICKL = (FR + FF + FFz + FP + FC) \times MD$ $ICKL = (4 + 6 + 2 + 4 + 1) \times 1.5$ $ICKL = 17 \times 1.5 = 25.5 \rightarrow 26$ (redondeado)		
Nivel de Riesgo (según Tabla 14)		
Factor	Valor	Nivel de Riesgo
Índice OCRA	26	INACEPTABLE ALTO (>22.5)
ÍNDICE OCRA		NIVEL DE RIESGO
≤ 5		ÓPTIMO
5.1 - 7.5		ACEPTABLE
7.6 - 11		INCIERTO
11.1 - 14		INACEPTABLE LEVE
14.1 - 22.5		INACEPTABLE MEDIO
> 22.5		INACEPTABLE ALTO

Interpretación: Esta evaluación muestra un nivel de riesgo medio con una puntuación RULA de 3, indicando la necesidad de profundizar en el estudio de la tarea. El trabajador adopta posturas menos extremas que en otros puestos, con flexión del brazo de 38° y flexión del cuello de 15°, Tabla 7.

Sin embargo, el índice OCRA de 26 se clasifica como "Inaceptable Alto", evidenciando un riesgo significativo por movimientos repetitivos. Esta aparente contradicción entre métodos podría explicarse por el énfasis del OCRA en la frecuencia de acciones y los factores de recuperación, mientras que RULA se centra más en las posturas estáticas. Es necesario implementar mejoras en el puesto para reducir este riesgo.

Tabla 8. Evaluación del trabajador 7. Colocación de etiquetas externas y paletizado

EMPRESA PROINBE		
Código:	PIB - 007	
Edad:	56	
Puesto de trabajo:	Colocación de etiquetas externas y paletizado	
Tiempo que ocupa el puesto por jornada:	6	
Duración de su jornada laboral:	8	
EVALUACIÓN DEL MÉTODO RULA PUNTUACIONES		
<ul style="list-style-type: none"> - Posición del brazo: Ángulo medido: 95° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión > 90° = 4 puntos - Modificadores: No hay modificadores aplicables = 0 puntos - Puntuación final brazo: 4 puntos - Posición del antebrazo: Ángulo medido: 45° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión < 60° = 2 puntos - Modificadores: No hay modificadores aplicables = 0 puntos - Puntuación final antebrazo: 2 puntos - Posición de la muñeca: Ángulo medido: 18° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión/extensión > 15° = 3 puntos - Modificadores: No hay desviación lateral significativa = 0 puntos - Puntuación final muñeca: 3 puntos - Giro de muñeca: <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Pronación y supinación frecuentes durante manipulación - Puntuación según RULA: 1 punto Uso muscular: <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Acciones repetitivas, más de 4 veces/minuto - Puntuación según RULA: 1 punto Carga/Fuerza: <ul style="list-style-type: none"> - Medición: Manipulación de paquetes y pallets (8-12 kg) - Referencia RULA: Carga entre 2-10 kg, mantenida estáticamente o repetida = 2 puntos <p>Grupo D</p>		
GRUPO A		PUNTAJE
(Brazo, Antebrazo, Muñeca)		
Posición del brazo (flexión >90°)		4
Posición del antebrazo (flexión <60° o >100°)		2
Posición de la muñeca (flexión/extensión >15°)		3
Giro de la muñeca (giro cerca del rango medio de giro)		1
Uso muscular (movimientos repetitivos)		1

Carga/fuerza (carga moderada)	2
Puntuación Grupo A	6
GRUPO B	
<ul style="list-style-type: none"> - Posición del cuello: Ángulo medido: 18° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión entre 10°-20° = 2 puntos - Modificadores: Rotación lateral durante supervisión = +1 punto - Puntuación final cuello: 2+1 = 3 puntos - Posición del tronco: - Ángulo medido: 65° de flexión <ul style="list-style-type: none"> - Referencia RULA: Flexión > 60° = 4 puntos - Modificadores: Rotación durante manipulación = +1 punto - Puntuación final tronco: 4+1 = 5 puntos - Posición de las piernas: <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Postura inestable durante manipulación de cargas - Puntuación según RULA: 2 puntos <p>Uso muscular:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observación: Acciones repetitivas con esfuerzo significativo - Puntuación según RULA: 1 punto <p>Carga/Fuerza:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Medición: Manipulación de paquetes y pallets (8-12 kg) - Referencia RULA: Carga entre 2-10 kg, mantenida estáticamente o repetida = 2 puntos <p>Grupo D</p>	
(Cuello, Tronco, Piernas)	PUNTAJE
Posición del cuello (flexión entre 10-20°)	3
Posición del tronco (flexión >60°)	5
Posición de las piernas (por postura inestable durante el alcance)	2
Uso muscular (movimientos repetitivos)	1
Carga/fuerza (carga moderada)	2
Puntuación Grupo B	6
RESULTADOS	
Concepto	Valor
Puntuación Grupo A(6) y B(6)	6
Tipo de Actividad +1 por postura principalmente estática y repetitiva)	1
Grupo C = 6	
Grupo D = 1	
PUNTUACIÓN FINAL	NIVEL DE ACTUACIÓN
4	2 Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio
EVALUACIÓN DEL MÉTODO OCRA PUNTUACIONES	
1. DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE TRABAJO Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR): $TNTR = DT - [TNR + P + A]$	

Donde:

- DT (Duración del turno): 480 minutos (8 horas)
- TNTR (Tiempo no repetitivo): 65 minutos (tareas de preparación y organización)
- P (Pausas oficiales): 30 minutos (pausa para el almuerzo)
- A (Otros tiempos de recuperación): 20 minutos (pausas breves)

$$\text{TNTR} = 480 - [65 + 30 + 20] = 365 \text{ minutos}$$

Tiempo Neto de Ciclo (TNC):

- Observación directa: Se cronometraron 30 ciclos completos
- Duración promedio de un ciclo: 42 segundos
- $\text{TNC} = 42 \text{ segundos/ciclo}$

Número de Ciclos (NC):

$$\text{NC} = (\text{TNTR} \times 60) / \text{TNC}$$

$$\text{NC} = (365 \times 60) / 42 = 521 \text{ ciclos/turno}$$

2. CÁLCULO DE FACTORES CHECK LIST OCRA

Factor de Recuperación (FR):

- Situación observada: 1 pausa (almuerzo) en turno de 8 horas
- Referencia Tabla 1 OCRA: Puntuación = 4

Factor de Frecuencia (FF):

- Acciones Técnicas Dinámicas (ATD):

- * Conteo: 50-60 acciones/minuto
- * Referencia Tabla 2 OCRA: $\text{ATD} = 7$

- Acciones Técnicas Estáticas (ATE):

- * Observación: No significativas
- * $\text{ATE} = 0$ - $\text{FF} = \text{Max}(\text{ATD}, \text{ATE}) = \text{Max}(7, 0) = 7$

Factor de Fuerza (FFz):

- Escala de Borg aplicada: Manipulación = 4-5 (significativa)
- Duración: Aproximadamente 1/3 del tiempo
- Referencia Tabla 5 OCRA: $\text{FFz} = 3$

Factor de Posturas y Movimientos (FP):

- Hombro (PHo):

- * Observación: Brazo elevado >1/3 del tiempo
- * Puntuación = 6

- Codo (PCo):

- * Observación: Movimientos repetitivos frecuentes, 2/3 del tiempo
- * Puntuación = 4

- Muñeca (PMu):

- * Observación: Flexión/extensión >15°, 1/2 del tiempo
- * Puntuación = 4

- Mano (PMa):

- * Observación: Agarre en gancho y agarre palmar
- * Puntuación = 4

- Estereotipos (PEs):

- * Observación: Movimientos repetitivos moderados
- * Puntuación = 1.5

$$\text{FP} = \text{Max}(\text{PHo}, \text{PCo}, \text{PMu}, \text{PMa}) + \text{PEs} = \text{Max}(6, 4, 4, 4) + 1.5 = 7.5 \rightarrow 8 \text{ (redondeado)}$$

Factor de Riesgos Adicionales (FC):

- Físico-mecánicos:

- * Observación: Manipulación de cargas, impactos
- * Puntuación = 2

- Socio-organizativos:

- * Observación: No significativos
- * Puntuación = 0 $\text{FC} = \text{FC físico-mecánicos} + \text{FC socio-organizativos} = 2 + 0 = 2$

Multiplicador de Duración (MD):

- TNTR calculado: 370 minutos
- Referencia Tabla 13 OCRA:

$$\text{MD} = 1.5 \text{ (TNTR entre 361-420 minutos)}$$

3. CÁLCULO DEL ÍNDICE CHECK LIST OCRA $ICKL = (FR + FF + FFz + FP + FC) \times MD$ $ICKL = (4 + 7 + 3 + 8 + 2) \times 1.5$ $ICKL = 24 \times 1.5 = 36.$		
Nivel de Riesgo (según Tabla 14)		
Factor	Valor	Nivel de Riesgo
Índice OCRA	36	INACEPTABLE ALTO (>22.5)
ÍNDICE OCRA		NIVEL DE RIESGO
≤ 5		ÓPTIMO
5.1 - 7.5		ACEPTABLE
7.6 - 11		INCIERTO
11.1 - 14		INACEPTABLE LEVE
14.1 - 22.5		INACEPTABLE MEDIO
> 22.5		INACEPTABLE ALTO

Interpretación: La evaluación RULA indica un nivel de riesgo medio-alto con una puntuación de 4, señalando la necesidad de cambios en la tarea. El trabajador adopta posturas exigentes, especialmente en brazos (flexión de 95°) y tronco (flexión de 65° con rotación) Tabla 8.

El índice OCRA de 36 se clasifica como "Inaceptable Alto", revelando un riesgo significativo por la combinación de posturas forzadas, aplicación de fuerza considerable (manipulación de paquetes de 8-12 kg) y movimientos repetitivos. Esta estación requiere intervención prioritaria para reducir los riesgos ergonómicos asociados.

Resumen y análisis de los resultados del pretest:

La evaluación ergonómica inicial realizada en la línea semiautomatizada de envasado de PROINBE ha revelado niveles preocupantemente elevados de riesgo ergonómico en todas las estaciones de trabajo. El análisis combinado mediante los métodos RULA y OCRA proporciona una comprensión integral de la situación actual, identificando factores de riesgo específicos y su magnitud.

Hallazgos principales

Los resultados del pretest muestran que todas las estaciones de la línea de envasado presentan índices OCRA clasificados como "Inaceptable Alto" (superiores a 22.5), con valores que oscilan entre 20 y 38. Particularmente alarmantes son los puestos de colocación de envases y etiquetas termoencogibles, ambos con un índice OCRA de 38, seguidos por el llenado de producto y colocación de etiquetas externas y paletizado, con valores de 36.

Las evaluaciones RULA complementan estos hallazgos, mostrando puntuaciones entre 3 y 5, donde la estación de colocación de envases presenta la puntuación más alta (5), indicando que "se requiere el rediseño de la tarea". Las demás estaciones muestran puntuaciones predominantemente de nivel 2, señalando que "pueden requerirse cambios en la tarea".

Factores de riesgo identificados

Movimientos repetitivos de alta frecuencia

En todas las estaciones se registran acciones técnicas frecuentes, destacando la colocación de envases y etiquetado con más de 50-60 acciones por minuto. Esta alta repetitividad constituye un factor de riesgo primario, contribuyendo significativamente a los elevados índices OCRA.

Posturas forzadas mantenidas

Las evaluaciones RULA identifican posturas problemáticas, particularmente:

- Flexión del brazo superior a 85° en colocación de envases
- Flexión del cuello entre 20° y 32° en múltiples estaciones
- Flexión del tronco significativa (hasta 65°) en el paletizado
- Desviaciones de muñeca y manipulación por encima del nivel de los hombros

Factores adicionales agravantes

Se identificaron varios factores que exacerban el riesgo ergonómico:

- Precisión requerida en tareas como etiquetado y llenado
- Exposición a condiciones ambientales como frío (nitrógeno) y calor (túnel de termoencogido)
- Ritmo impuesto por la máquina, limitando la autonomía del trabajador
- Manipulación de cargas de hasta 12 kg en el paletizado

Insuficientes períodos de recuperación

Un factor crítico común a todas las estaciones es la falta de períodos adecuados de recuperación, evidenciado por el factor de recuperación de 4 en el análisis OCRA. Esta situación impide la recuperación muscular adecuada y contribuye significativamente al riesgo acumulativo.

Análisis por áreas críticas

Las estaciones que presentan los niveles más críticos de riesgo ergonómico son:

1. Colocación de envases: Combina alta frecuencia de movimientos (>70 acciones/minuto) con posturas forzadas de brazos y cuello, generando una puntuación RULA de 5 y un índice OCRA de 38. La manipulación constante de envases y la precisión requerida agravan el riesgo.
2. Etiquetado termoencogible: Presenta un índice OCRA de 38 debido a la combinación de movimientos repetitivos precisos (50-60 acciones/minuto), posturas forzadas de brazos y la exposición a calor localizado.
3. Llenado de producto y paletizado: Ambos con índices OCRA de 36, reflejan riesgos significativos por diferentes motivos. El llenado combina alta precisión y frecuencia, mientras que el paletizado involucra manipulación de cargas más pesadas con posturas forzadas de tronco y brazos.

Implicaciones para la intervención

Esta evaluación inicial evidencia la necesidad crítica de implementar un sistema de rotación de puestos cuidadosamente diseñado. Sin embargo, la severidad de los índices OCRA, todos en el rango "inaceptable alto", indica que la rotación por sí sola podría ser insuficiente, requiriéndose intervenciones ergonómicas complementarias como:

1. Rediseño de estaciones con los niveles más altos de riesgo, particularmente la colocación de envases y el etiquetado
2. Implementación de ayudas mecánicas, especialmente para el paletizado
3. Establecimiento de pausas programadas para mejorar los factores de recuperación
4. Capacitación específica en técnicas de trabajo ergonómicamente correctas
5. Ajustes en la organización del trabajo para reducir la frecuencia de movimientos repetitivos

La Tabla 9 presenta una síntesis de los resultados de la evaluación ergonómica inicial realizada en los siete puestos de trabajo de la línea semiautomática de envasado de PROINBE. Esta tabla consolidada permite una comparación directa entre las diferentes estaciones, facilitando la identificación de las áreas más críticas que requieren intervención prioritaria.

Para cada puesto de trabajo, se muestran las puntuaciones obtenidas mediante dos metodologías complementarias: RULA, que evalúa principalmente las posturas de trabajo, y OCRA que analiza los movimientos repetitivos.

Los resultados muestran una situación preocupante a nivel ergonómico en toda la línea de producción. La estación de colocación de envases presenta la puntuación RULA más elevada (5), indicando un nivel de riesgo alto que requiere el rediseño de la tarea. Las demás estaciones muestran puntuaciones RULA entre 3 y 4, correspondientes a un nivel de riesgo medio que sugiere la necesidad de cambios en las tareas.

Respecto a la evaluación OCRA, la situación es aún más crítica. Seis de los siete puestos presentan índices clasificados como "Inaceptable Alto" (valores superiores a 22.5), con

valores que oscilan entre 26 y 38. Particularmente alarmantes son los puestos de colocación de envases y etiquetas termoencogibles, ambos con un índice OCRA de 38. Solo la estación de enjuague de envases muestra un nivel "Inaceptable Medio" (20), aunque sigue siendo una situación que requiere intervención.

Esta discrepancia entre los niveles de riesgo determinados por RULA y OCRA se explica por el enfoque diferente de cada metodología. Mientras RULA se centra en las posturas adoptadas, OCRA integra factores adicionales como la frecuencia de movimientos, la fuerza aplicada, los períodos de recuperación y factores organizativos, proporcionando una evaluación más completa de los riesgos asociados a tareas repetitivas.

Los resultados de esta tabla justifican plenamente la necesidad de implementar un sistema de rotación de puestos como estrategia para distribuir la carga física y reducir el tiempo de exposición a factores de riesgo específicos. Sin embargo, también sugieren que la rotación por sí sola podría ser insuficiente, siendo necesario complementarla con otras intervenciones ergonómicas como el rediseño de puestos, la implementación de ayudas mecánicas y la introducción de pausas programadas.

Tabla 9. Resumen RULA - OCRA

Tarea	RULA	Nivel de Riesgo RULA	OCRA	Nivel de Riesgo OCRA
Colocación de envases en la línea	5	Alto (3): Se requiere el rediseño de la tarea	38	Inaceptable Alto (>22.5)
Enjuague de envases	4	Medio (2): Pueden requerirse cambios en la tarea	20	Inaceptable Medio (14.1-22.5)
Llenado de producto	4	Medio (2): Pueden requerirse cambios en la tarea	36	Inaceptable Alto (>22.5)
Colocación de nitrógeno y tapado	4	Medio (2): Pueden requerirse cambios en la tarea	35	Inaceptable Alto (>22.5)
Colocación de etiquetas termo encogibles	4	Medio (2): Pueden requerirse cambios en la tarea	38	Inaceptable Alto (>22.5)
Colocación en enfundadora semiautomática	3	Medio (2): Pueden requerirse cambios en la tarea	26	Inaceptable Alto (>22.5)

Tarea	RULA	Nivel de Riesgo RULA	OCRA	Nivel de Riesgo OCRA
Colocación de etiquetas externas y paletizado	4	Medio (2): Pueden requerirse cambios en la tarea	36	Inaceptable Alto (>22.5)

Área de estudio

Tabla 10. Área de estudio

Área de estudio	Delimitación del objetivo de estudio
Dominio	Tecnología y Sociedad
Línea de investigación	Seguridad, salud laboral y ambiente
Campo	Ingeniería Industrial
Área	Seguridad, salud laboral y ambiente
Aspecto	Rediseño - Riesgos ergonómicos
Objeto de estudio	Desarrollar un sistema de rotación de puestos de trabajo en la línea semi-automatizada de envasado de bebidas de PROINBE para reducir la carga postural de los trabajadores y optimizar la productividad.
Periodo de análisis	Agosto 2023 – Septiembre 2024

Elaborado por: Maldonado, José (2024)

Modelo operativo

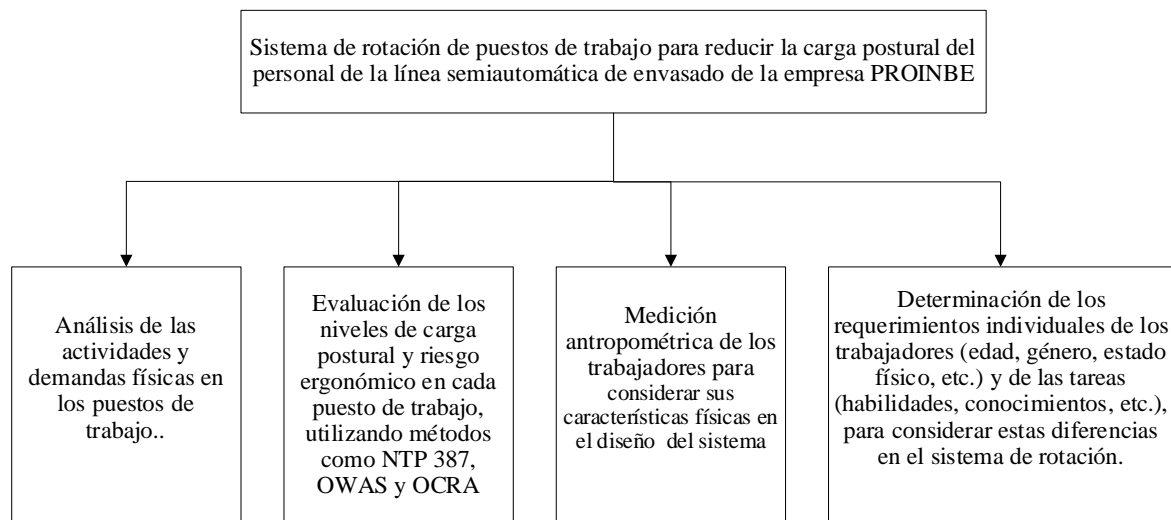


Gráfico 10. Modelo operativo

Elaborado por: Maldonado, José (2024)

Desarrollo del modelo operativo

El desarrollo del sistema de rotación de puestos comenzó con un levantamiento de datos en la línea semiautomática de envasado de PROINBE, siguiendo la secuencia establecida en el modelo operativo:

1. Análisis de las actividades y demandas físicas:

- Se documentaron detalladamente cada puesto de trabajo, sus funciones específicas, requisitos físicos y mentales, y habilidades necesarias.
- Se realizaron observaciones directas durante múltiples turnos para comprender las demandas de cada posición.
- Se recopilaron datos sobre tiempos de ciclo, frecuencias de movimientos y períodos de descanso.

2. Evaluación de los niveles de carga postural y riesgo ergonómico:

- Se realizó un diagnóstico ergonómico utilizando tres métodos complementarios:
 - a) RULA: Para evaluar la carga postural en extremidades superiores, cuello y tronco.
 - b) OCRA: Para analizar los movimientos repetitivos y frecuencia de acciones técnicas.
 - c) NTP 387: Para evaluar las condiciones generales de trabajo.

3. Medición antropométrica:

- Se tomaron medidas antropométricas de todos los trabajadores siguiendo el protocolo establecido.
- Las mediciones incluyeron: altura, alcance lateral del brazo, anchura del cuerpo, altura del codo, altura del ojo y altura de la rodilla.
- Estas medidas proporcionaron datos esenciales para adaptar las estaciones de trabajo y optimizar el sistema de rotación.

4. Análisis biomecánico:

- Se realizó un análisis detallado de los movimientos utilizando el software Kinovea.

- Se documentaron los ángulos de movimiento en articulaciones críticas.
- Se calcularon las fuerzas ejercidas durante las tareas principales.

5. Determinación de los requerimientos individuales:

- Se analizaron las características personales de cada trabajador (edad, género, estado físico).
- Se evaluaron las habilidades y conocimientos específicos para cada tarea.
- Se consideraron restricciones o necesidades particulares para la asignación de puestos.

Esta información constituyó la base para el diseño del sistema de rotación, permitiendo establecer una secuencia óptima que distribuye equilibradamente la carga física y considera las capacidades individuales de los trabajadores.

Medición antropométrica

La evaluación antropométrica en el contexto de un sistema de rotación de puestos requiere un enfoque sistemático que permita comprender las características físicas de los trabajadores y su interacción con cada estación de trabajo en la línea de envasado. Como señala Espinoza (2021), la correcta medición antropométrica es fundamental para el diseño de sistemas de rotación efectivos que consideren las capacidades individuales de los trabajadores.

Protocolo de medición

El protocolo se desarrolla siguiendo las directrices establecidas en la NTP 387 (Nogareda 1995), que enfatiza la importancia de una descripción sistemática y cuidadosa de cada puesto mediante observaciones directas y entrevistas con los trabajadores. Según Castellucci et al. (2019), este enfoque debe complementarse con mediciones específicas que incluyan:

Las dimensiones del espacio de trabajo, incluyendo el área horizontal de operación habitual y ocasional, siguiendo los parámetros establecidos por Stack y Ostrom (2023). La altura de trabajo se evalúa considerando los requerimientos específicos de precisión

visual y manipulación manual establecidos por la normativa técnica (Waters, Anderson y Grag 2021).

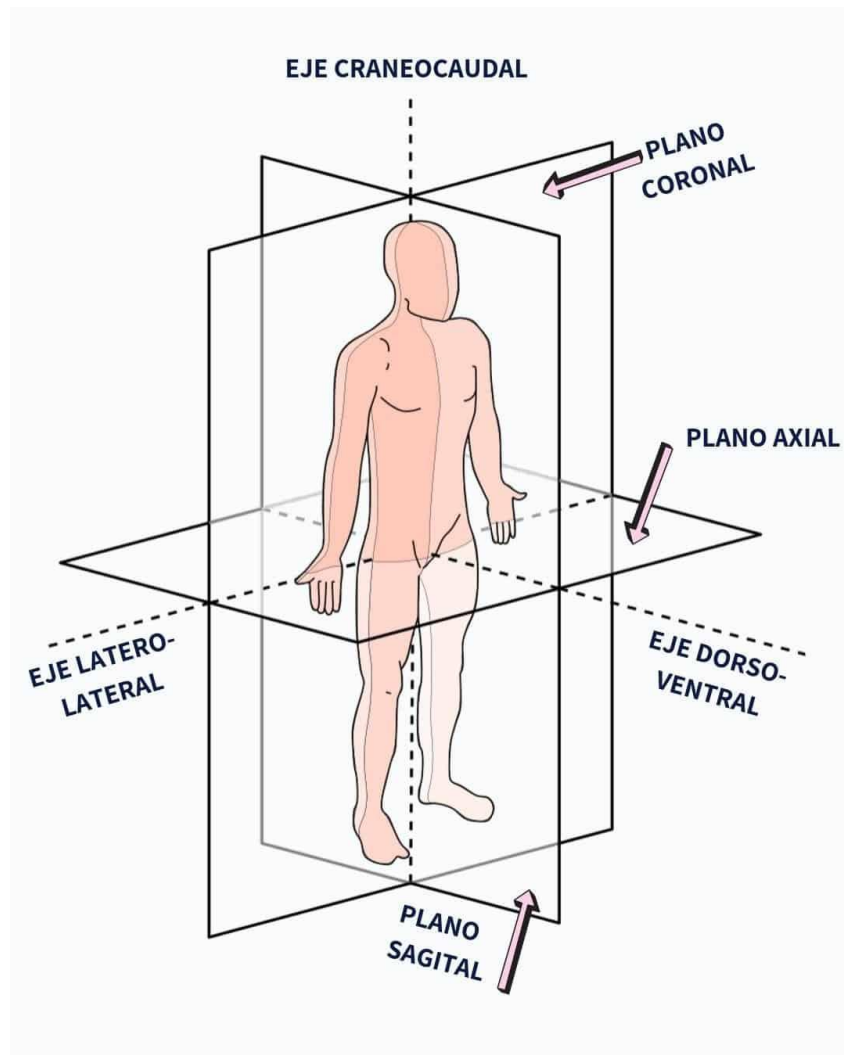


Imagen 3. Plano Sagital

Fuente: <https://paradigmia.com/curso/locomotor/modulos/generalidades-del-aparato-locomotor/temas/nomenclatura-anatomica/>

El campo visual y las distancias de operación se miden siguiendo los criterios ergonómicos definidos por Pheasant y Haslegrave (2018), prestando especial atención a los ángulos de visión y las distancias de trabajo en tareas que requieren precisión.

Análisis Biomecánico

El análisis biomecánico se estructura según los criterios de la NTP 387, complementados con las metodologías actuales de evaluación postural propuestas por Stack y Ostrom (2023). Este análisis comprende la evaluación detallada de:

- Posiciones articulares en las extremidades superiores
- Posturas de tronco y pelvis
- Ángulos de flexión y extensión en las principales articulaciones
- Patrones de movimiento durante ciclos de trabajo completos

El análisis biomecánico de los trabajadores de la empresa PROINBE requirió un enfoque metodológico que combinó el trabajo de campo con el análisis digital. Durante una visita in situ a las instalaciones de PROINBE, se realizó una documentación fotográfica de los trabajadores en sus diferentes puestos de la línea de envasado, siguiendo los protocolos establecidos para la captura de movimientos en entornos industriales.

El registro fotográfico y videográfico se realizó con el consentimiento informado de los trabajadores, capturando secuencias completas de los ciclos de trabajo en cada estación. Posteriormente, estas imágenes fueron analizadas utilizando el software Kinovea, una herramienta especializada para el análisis biomecánico que permite una evaluación precisa de los ángulos articulares y las trayectorias de movimiento.

Movimientos Biomecánicos

Siguiendo a McLester y Pierre (2019), los movimientos biomecánicos se analizan considerando su frecuencia, intensidad y duración. La evaluación incluye:

Flexión y extensión: Se documentan los rangos de movimiento siguiendo los criterios establecidos por Denis et al. (2020), quien enfatiza la importancia de considerar tanto la amplitud como la frecuencia de los movimientos.

Rotación y lateralización: Los movimientos de rotación se evalúan según los parámetros definidos por Anwer et al. (2021), prestando especial atención a los movimientos combinados que pueden incrementar el riesgo ergonómico.

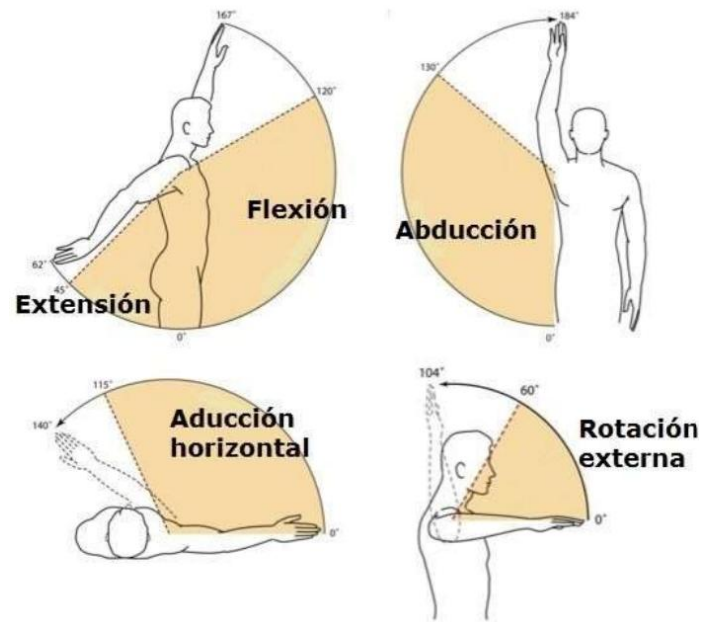


Imagen 4. Movimientos biomecánicos
Fuente: : (Gama et al., 2022)

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación de la propuesta

Análisis de las demandas físicas y habilidades requeridas

El análisis detallado de las demandas físicas y habilidades requeridas para cada puesto de trabajo en la línea de envasado proporciona una comprensión más profunda de los desafíos ergonómicos y las competencias necesarias para realizar cada tarea de manera eficiente y segura:

a) Colocación de envases:

- **Demandas físicas:** Los movimientos repetitivos de brazos y manos, junto con la manipulación constante de cargas ligeras, exigen una resistencia muscular significativa en los miembros superiores. La postura de pie prolongada y los movimientos de flexión y extensión del tronco al alcanzar los envases también contribuyen a la carga física.
- **Habilidades:** La precisión en la colocación de los envases es crucial para evitar atascos en la línea. La velocidad de ejecución es fundamental para mantener el ritmo de producción, mientras que la resistencia física y mental es necesaria para mantener la consistencia a lo largo del turno.

Tabla 11. Medidas antropométricas del trabajador de Colocación de envases en la línea

Medición Antropométrico			
Código	PIB - 001	Puesto	Colocación de envases en la línea
Este puesto de trabajo consiste en colocar los envases vacíos en la línea transportadora de entrada, asegurando un flujo constante y ordenado hacia las siguientes etapas del proceso.			
Dimensión antropométrica		Medida	
Altura		1,60 cm	
Alcance lateral del brazo		73 cm	
Anchura del cuerpo		42 cm	
Altura del codo		92 cm	
Altura del ojo		1,48 cm	
Altura de la rodilla		48 cm	
Observación: Las dimensiones obtenidas corresponden a un trabajador que permanece la mayor parte del tiempo en posición de pie.			

La Tabla 11 de Colocación de envases en la línea (PIB-001) Este trabajador, con una altura de 1.60 cm, presenta medidas que facilitan la manipulación de envases a nivel de la línea transportadora. Su alcance lateral de 73 cm y altura de codo de 92 cm permiten una adecuada interacción con la zona de trabajo. La altura de ojo de 1.48 cm es apropiada para la supervisión visual del proceso.

b) Enjuague de envases:

- **Demandas físicas:** Aunque la tarea es principalmente de supervisión, las posturas estáticas prolongadas, especialmente en la región cervical y lumbar, pueden generar fatiga y molestias. Los movimientos repetitivos de cuello durante la inspección visual también representan un factor de riesgo.
- **Habilidades:** La atención al detalle es crítica para detectar cualquier anomalía en el proceso de enjuague. La capacidad de supervisión implica no solo vigilancia visual sino también auditiva, para identificar posibles problemas en el funcionamiento de los equipos.

Tabla 12. Medidas antropométricas del trabajador de Enjuague de envases

Medición Antropométrico			
Código	PIB - 002	Puesto	Enjuague de envases
Este puesto de trabajo involucra la supervisión del proceso de enjuague automático de los envases, asegurando la correcta limpieza y desinfección.			
Dimensión antropométrica		Medida	
Altura		1,60 cm	
Alcance lateral del brazo		74 cm	
Anchura del cuerpo		42 cm	
Altura del codo		91 cm	
Altura del ojo		1,47 cm	
Altura de la rodilla		48 cm	
Observación: Las dimensiones obtenidas corresponden a un trabajador que permanece la mayor parte del tiempo en posición de pie.			

En la Tabla 12 de Enjuague de envases (PIB-002) Las dimensiones de este operario, también con altura de 1.60 cm, son similares al anterior puesto, con ligeras variaciones en el alcance lateral (74 cm) y altura de codo (91 cm). Estas medidas son adecuadas para las tareas de supervisión del proceso de enjuague.

c) Llenado de producto:

- **Demandas físicas:** Los movimientos repetitivos de brazos al realizar ajustes en la máquina, combinados con posturas forzadas de cuello y hombros durante la supervisión, generan una carga biomecánica significativa. La postura de pie prolongada y la tensión visual constante añaden estrés adicional.
- **Habilidades:** La precisión en el control de los parámetros de llenado es esencial para mantener la calidad del producto. El control visual agudo es necesario para detectar variaciones en el nivel de llenado. La capacidad de ajuste rápido y preciso de la maquinaria es crucial para mantener la eficiencia del proceso.

Tabla 13. Medidas antropométricas del trabajador de Colocación de Llenado de producto

Medición Antropométrico			
Código	PIB - 003	Puesto	Llenado de producto
Este puesto de trabajo implica la supervisión y control del proceso de llenado automático, asegurando la correcta dosificación del producto en los envases.			
Dimensión antropométrica		Medida	
Altura		1,62 cm	
Alcance lateral del brazo		75 cm	
Anchura del cuerpo		44 cm	
Altura del codo		93 cm	
Altura del ojo		1,50 cm	
Altura de la rodilla		50 cm	
Observación: Las dimensiones obtenidas corresponden a un trabajador que alterna entre supervisión y ajustes del equipo.			

La Tabla 13 de Llenado de producto (PIB-003), el trabajador con una altura de 1.62 cm, este trabajador presenta medidas ligeramente superiores, incluyendo un alcance lateral de 75 cm y altura de codo de 93 cm. Estas dimensiones facilitan la supervisión y ajuste de los equipos de llenado.

d) Colocación de nitrógeno y tapado:

- **Demandas físicas:** Esta etapa implica movimientos repetitivos de alta frecuencia en brazos y manos, junto con la aplicación de fuerza al asegurar las tapas. La postura de trabajo, que puede implicar alcances por encima del nivel de los hombros, aumenta el riesgo de fatiga y lesiones.
- **Habilidades:** La precisión en la colocación de las tapas es crítica para garantizar un sellado adecuado. La coordinación mano-ojo debe ser excelente para mantener la velocidad del proceso sin comprometer la calidad. La capacidad de mantener un ritmo constante y rápido es esencial.

Tabla 14. Medidas antropométricas del trabajador de Colocación de nitrógeno y tapado

Medición Antropométrico			
Código	PIB - 004	Puesto	Colocación de nitrógeno y tapado
Este puesto de trabajo implica la supervisión y control del proceso de llenado automático, asegurando la correcta dosificación del producto en los envases.			
Dimensión antropométrica		Medida	
Altura		1,60 cm	
Alcance lateral del brazo		72 cm	
Anchura del cuerpo		41 cm	
Altura del codo		90 cm	
Altura del ojo		1,47 cm	
Altura de la rodilla		48 cm	
Observación: Las dimensiones obtenidas corresponden a un trabajador que realiza ajustes frecuentes en el sistema de tapado.			

La Tabla 14 de Colocación de nitrógeno y tapado (PIB-004), las medidas de este operario (altura 1.60 cm) incluyen un alcance lateral de 72 cm y altura de codo de 90 cm, dimensiones apropiadas para las tareas de control y ajuste del sistema de tapado.

e) Etiquetado termo encogible:

- Demandas físicas: Los movimientos repetitivos de manos y dedos en la manipulación de etiquetas, combinados con posturas forzadas de cuello durante la inspección, generan una carga significativa en las extremidades superiores y la región cervical.
- Habilidades: La precisión en la colocación de etiquetas es fundamental para la apariencia del producto. La atención al detalle es crucial para detectar defectos o irregularidades. La destreza manual fina es necesaria para manipular las etiquetas con eficiencia.

Tabla 15. Medidas antropométricas del trabajador de Colocación de etiquetas termo encogibles

Medición Antropométrico		
Código	PIB - 005	Puesto Colocación de etiquetas termo encogibles
Este puesto de trabajo consiste en la supervisión y control del proceso de etiquetado termo encogible de los envases.		
Dimensión antropométrica		Medida
Altura		1,70 cm
Alcance lateral del brazo		78 cm
Anchura del cuerpo		45 cm
Altura del codo		98 cm
Altura del ojo		1,57 cm
Altura de la rodilla		53 cm
Observación: Las dimensiones obtenidas corresponden a un trabajador que realiza principalmente tareas de control de calidad del etiquetado.		

La Tabla 15 de Colocación de etiquetas termo encogibles (PIB-005). Este trabajador, con una altura superior de 1.70 cm, presenta medidas proporcionalmente mayores, incluyendo un alcance lateral de 78 cm y altura de codo de 98 cm, favorables para las tareas de etiquetado y control de calidad.

f) Enfundado semiautomático:

- Demandas físicas: La manipulación de cargas más pesadas (grupos de envases) y los movimientos repetitivos de brazos al posicionar los productos en la enfundadora representan los principales desafíos físicos.
- Habilidades: La fuerza para manejar los grupos de envases debe combinarse con coordinación para operar la maquinaria semiautomática. La capacidad de organización es importante para mantener un flujo eficiente de productos hacia la enfundadora.

Tabla 16. Medidas antropométricas del trabajador de Colocación en enfundadora semiautomática

Medición Antropométrico			
Código	PIB - 006	Puesto	Colocación en enfundadora semiautomática
Este puesto de trabajo implica la alimentación y control de la enfundadora semiautomática para el empaque de los productos.			
Dimensión antropométrica		Medida	
Altura		1,75 cm	
Alcance lateral del brazo		80 cm	
Anchura del cuerpo		46 cm	
Altura del codo		100 cm	
Altura del ojo		1,62 cm	
Altura de la rodilla		55 cm	
Observación: Las dimensiones obtenidas corresponden a un trabajador que alterna entre alimentación de máquina y control del proceso.			

La Tabla 16 de Colocación en enfundadora semiautomática (PIB-006). Con el trabajador más alto (1.75 cm), sus medidas incluyen el mayor alcance lateral (80 cm) y altura de codo (100 cm), características ventajosas para la operación de la enfundadora semiautomática.

g) Etiquetado externo y paletizado:

- **Demandas físicas:** Esta etapa final implica la manipulación de las cargas más pesadas del proceso, con posturas forzadas de espalda y brazos al alcanzar diferentes alturas en el pallet. Los movimientos repetitivos asociados con la colocación de etiquetas externas añaden complejidad a la tarea.
- **Habilidades:** La fuerza física es crucial para el manejo seguro de las cargas durante el paletizado. La precisión en la colocación de etiquetas externas y en la construcción del pallet es importante para la presentación final y la estabilidad durante el transporte. La capacidad de planificación espacial es necesaria para optimizar la disposición de los productos en el pallet.

Tabla 17. Medidas antropométricas del trabajador de Colocación de etiquetas externas y paletizado

Medición Antropométrico			
Código	PIB - 007	Puesto	Colocación de etiquetas externas y paletizado
Este puesto de trabajo implica la alimentación y control de la enfundadora semiautomática para el empaque de los productos.			
Dimensión antropométrica		Medida	
Altura		1,64 cm	
Alcance lateral del brazo		76 cm	
Anchura del cuerpo		44 cm	
Altura del codo		94 cm	
Altura del ojo		1,51 cm	
Altura de la rodilla		51 cm	
Observación: Las dimensiones obtenidas corresponden a un trabajador que realiza tareas de manipulación y organización de productos terminados.			

La Tabla 17 de Colocación de etiquetas externas y paletizado (PIB-007). Con una altura de 1.64 cm, este operario presenta medidas intermedias, con un alcance lateral de 76 cm y altura de codo de 94 cm, apropiadas para las tareas de etiquetado final y paletizado.

La línea de envasado presenta una variedad de exigencias físicas que se distribuyen a lo largo del proceso. Las principales demandas incluyen la manipulación manual de materiales, movimientos repetitivos, posturas estáticas prolongadas y requerimientos de precisión visual. La intensidad de estas demandas varía según la etapa del proceso, siendo más exigentes en términos de fuerza en el paletizado y más demandantes en precisión durante el etiquetado.

El proceso requiere una combinación de habilidades técnicas y cognitivas. La atención sostenida y la capacidad de detección de errores son cruciales en todas las etapas. Se requiere destreza manual fina en las operaciones de etiquetado y ajuste de equipos, mientras que la capacidad de toma de decisiones rápida es esencial en el control de calidad y la supervisión de procesos.

Las medidas antropométricas de los trabajadores muestran una variación significativa, con alturas entre 1.60 cm y 1.75 cm. Esta diversidad tiene implicaciones importantes para

el diseño de las estaciones de trabajo y el sistema de rotación. Las diferencias en alcance lateral (72-80 cm) y altura de codo (90-100 cm) son particularmente relevantes para garantizar que cada trabajador pueda desempeñar sus funciones de manera ergonómica en las diferentes estaciones.

Análisis de la productividad actual

El estudio de tiempos y movimientos realizado en la línea de envasado de PROINBE ha proporcionado una visión clara del rendimiento actual del proceso productivo. Los resultados obtenidos ofrecen una base sólida para identificar áreas de mejora y establecer objetivos realistas para la optimización de la línea. A continuación, se presenta un análisis detallado de cada indicador:

1. Producción promedio: 1200 botellas/hora Este dato refleja la capacidad actual de la línea en condiciones normales de operación. Aunque representa un volumen de producción considerable, es importante evaluar si esta tasa está alineada con la capacidad teórica de los equipos y la demanda del mercado. La diferencia entre la producción real y la capacidad teórica puede indicar ineficiencias en el proceso o cuellos de botella que deben ser abordados.
2. Eficiencia global del equipo (OEE): 68% El OEE es un indicador crucial que combina la disponibilidad, el rendimiento y la calidad del proceso productivo. Un valor del 68% sugiere que hay un margen significativo para la mejora, considerando que las empresas de clase mundial suelen aspirar a un OEE del 85% o superior. Este indicador revela que existe una pérdida de productividad del 32%, que podría estar relacionada con tiempos de inactividad, velocidad reducida de operación o problemas de calidad.
3. Tasa de productos defectuosos: 3.5% Este porcentaje indica que, de cada 100 botellas producidas, 3.5 no cumplen con los estándares de calidad requeridos. Aunque no es un valor alarmante, representa una oportunidad clara para mejorar la eficiencia y reducir los costos asociados con el reproceso o desecho de productos. La reducción de esta tasa no solo mejoraría la productividad, sino que también tendría un impacto positivo en la rentabilidad y la satisfacción del cliente.

4. Tiempo de inactividad no planificado: 15% del tiempo total de producción Este indicador revela que, en promedio, la línea de envasado está inactiva durante el 15% del tiempo disponible debido a paradas no programadas. Estas interrupciones pueden deberse a diversos factores, como averías de equipos, falta de materiales, ajustes no planificados o problemas de calidad que requieren intervención. Reducir este tiempo de inactividad representa una de las oportunidades más significativas para mejorar la productividad global de la línea.

Estos indicadores, en conjunto, sugieren que hay un margen significativo para mejorar la eficiencia y productividad de la línea de envasado. Las áreas clave de enfoque deberían incluir:

- Reducción de los tiempos de inactividad no planificados mediante mejoras en el mantenimiento preventivo y la optimización de los procesos de cambio y ajuste.
- Aumento de la velocidad de operación, asegurando que la línea funcione más cerca de su capacidad teórica sin comprometer la calidad.
- Mejora de la calidad del producto para reducir la tasa de defectos, lo que a su vez aumentaría la productividad y reduciría los costos.
- Optimización de la ergonomía y los flujos de trabajo para reducir la fatiga de los operarios y mejorar la eficiencia operativa.

Justificación de la necesidad de un sistema de rotación de puestos

La implementación de un sistema de rotación de puestos en la línea de envasado de PROINBE se fundamenta en múltiples factores que emergen del análisis ergonómico, antropométrico y de productividad realizado. Los resultados de este análisis revelan la necesidad crítica de establecer un sistema que optimice tanto las condiciones laborales como la eficiencia operativa.

El análisis ergonómico ha identificado niveles significativos de riesgo postural en varias estaciones de la línea, particularmente en la colocación de envases, llenado de producto, y etiquetado termo encogible. Las evaluaciones RULA y OCRA muestran que los trabajadores están expuestos a movimientos repetitivos y posturas forzadas que podrían conducir al desarrollo de trastornos musculoesqueléticos. La rotación sistemática entre

puestos permitirá distribuir estas cargas biomecánicas a lo largo de la jornada laboral, reduciendo la exposición prolongada a factores de riesgo específicos.

Las mediciones antropométricas realizadas, que muestran una variación significativa en las dimensiones corporales de los trabajadores (alturas entre 1.60 m y 1.75 m, alcances laterales entre 72 cm y 80 cm), subrayan la importancia de considerar la compatibilidad física en la asignación de tareas. Un sistema de rotación bien diseñado puede aprovechar estas diferencias antropométricas para optimizar el desempeño en cada estación de trabajo, asignando temporalmente a los trabajadores a las tareas que mejor se ajusten a sus características físicas.

El análisis de las demandas físicas y habilidades requeridas en cada puesto ha revelado una diversidad de exigencias que van desde la precisión manual fina en el etiquetado hasta la fuerza física en el paletizado. La rotación entre estos puestos no solo distribuirá la carga física de manera más equitativa, sino que también promoverá el desarrollo de habilidades múltiples entre los trabajadores, aumentando la flexibilidad operativa de la línea.

Desde una perspectiva de desarrollo profesional, el sistema de rotación ofrecerá oportunidades para que los trabajadores adquieran nuevas competencias y comprendan mejor el proceso completo de envasado. Esta polivalencia no solo beneficiará a los empleados en términos de crecimiento profesional, sino que también aumentará la capacidad de la empresa para responder a fluctuaciones en la demanda y ausencias de personal.

La implementación del sistema de rotación también se justifica por su potencial para mejorar los indicadores de productividad actuales. La reducción de la fatiga física y mental, combinada con el desarrollo de habilidades diversas, puede contribuir a disminuir los tiempos de inactividad no planificados y mejorar la calidad del producto final. Además, un personal más versátil y menos fatigado estará mejor preparado para identificar y resolver problemas potenciales en la línea de producción.

En términos de salud ocupacional, el sistema de rotación propuesto representa una intervención preventiva que puede reducir significativamente el riesgo de desarrollo de trastornos musculoesqueléticos y otras lesiones relacionadas con el trabajo. Esta

reducción en la incidencia de problemas de salud ocupacional no solo beneficiará directamente a los trabajadores, sino que también contribuirá a reducir el ausentismo laboral y los costos asociados con la pérdida de productividad.

La evidencia recopilada a través de las evaluaciones ergonómicas, antropométricas y de demandas laborales proporciona una base sólida para anticipar que el sistema de rotación de puestos tendrá un impacto positivo significativo en la salud ocupacional, la satisfacción laboral y la eficiencia operativa de la línea de envasado de PROINBE.

Análisis biomecánico

Para realizar el análisis biomecánico de las posturas y movimientos de los trabajadores de la línea de envasado de PROINBE, se empleó el software Kinovea, una herramienta especializada que permite analizar detalladamente los movimientos durante la realización de las tareas habituales. Este análisis se centra en los puestos que presentan mayor riesgo ergonómico según las evaluaciones previas.

1. Colocación de envases en la línea:

Tabla 18. Análisis biomecánico de Colocación de envases en la línea

Análisis Biomecánico	
Puesto: Colocación de envases en la línea	
Descripción: El trabajador realiza la alimentación manual de envases a la línea transportadora, adoptando principalmente una posición de pie con movimientos repetitivos de brazos y tronco.	
Representación Biomecánico	Caracterización de los movimientos

Análisis Biomecánico



Diagrama de Cuerpo Libre - Colocación de envases

– **Cervical**

El cuello presenta una flexión de aproximadamente 25° hacia adelante durante la manipulación de envases, lo que indica una postura que requiere atención visual constante sobre la tarea.

– **Radial**

El brazo derecho muestra una flexión lateral de 152.2° durante el proceso de colocación de envases, lo que representa una elevación significativa por encima del nivel del hombro.

– **Estiloide**

La muñeca mantiene una posición de agarre con ligera desviación durante la manipulación de los envases, necesaria para el control preciso de los mismos.

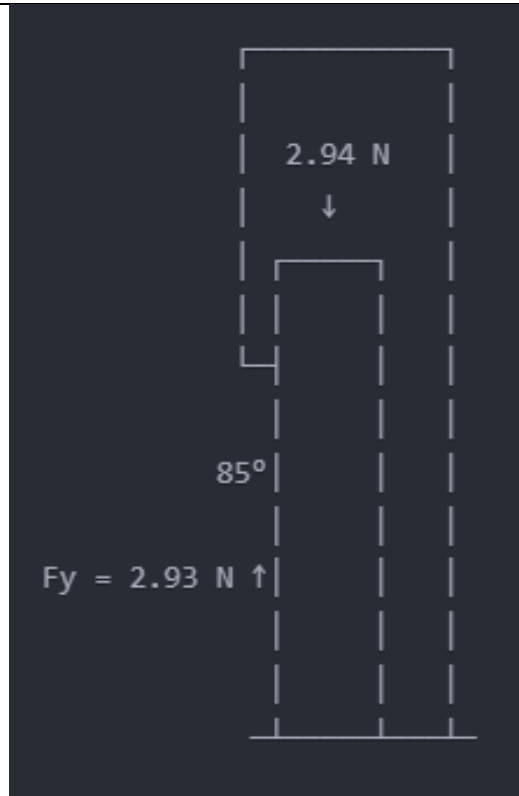
– **Ilioespinal**

La columna vertebral presenta una ligera inclinación anterior, manteniendo un ángulo aproximado de 9° respecto a la vertical, lo que indica una postura relativamente erguida durante la tarea.

– **Tibial medial**

Las piernas mantienen una postura estable con apoyo bilateral, con un ángulo de 9.0° de flexión en las rodillas, lo que proporciona una base estable para la realización de la tarea.

Análisis Biomecánico



El diagrama de cuerpo libre muestra la descomposición de fuerzas durante la manipulación de envases. El brazo forma un ángulo de 85° con la horizontal mientras sostiene un envase de 0.3 kg (2.94 N). La componente vertical de la fuerza ($F_y = 2.93$ N) debe ser contrarrestada principalmente por los músculos deltoides, supraespinoso y porción superior del trapecio. Esta posición, mantenida repetitivamente, genera una carga significativa en el complejo del hombro, especialmente cuando se realiza con alta frecuencia durante la jornada laboral.

Análisis de fuerza:

Peso del envase = 0.3 kg

$$F = m \times g$$

$$F = 0.3 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$F = 2.94 \text{ N}$$

Donde:

- F = Fuerza total (medida en Newtons, N)
- m = masa del objeto (medida en kilogramos, kg)
- g = aceleración de la gravedad (9.8 metros por segundo al cuadrado, m/s^2)

Fuerza ejercida por el Brazo:

$$\text{Sen } \alpha = F_y/F$$

$$F_y = F \times \text{Sen } 85^\circ$$

$$F_y = 2.94 \times 0.996$$

$$F_y = 2.93 \text{ N}$$

Donde:

- $\text{Sen } \alpha$ = Seno del ángulo de elevación del brazo
- F_y = Componente vertical de la fuerza (N)
- F = Fuerza total aplicada (N)

Estas ecuaciones nos permiten calcular:

- La fuerza total de 2.94 N representa el peso del envase que debe ser manipulado
- La fuerza ejercida por el brazo (2.93 N) indica la carga que deben soportar los músculos del hombro y brazo durante la elevación
- Esta fuerza se descompone vectorialmente considerando el ángulo de elevación del brazo de 85°

2. Llenado de producto:

Tabla 19. Análisis biomecánico de Colocación de llenado del producto

Análisis Biomecánico	
Puesto: Operador de llenado	
Descripción: El trabajador supervisa el proceso de llenado, realizando ajustes frecuentes que requieren alcances por encima del nivel de los hombros y flexión lateral del tronco.	
Representación Biomecánico	Caracterización de los movimientos

Análisis Biomecánico

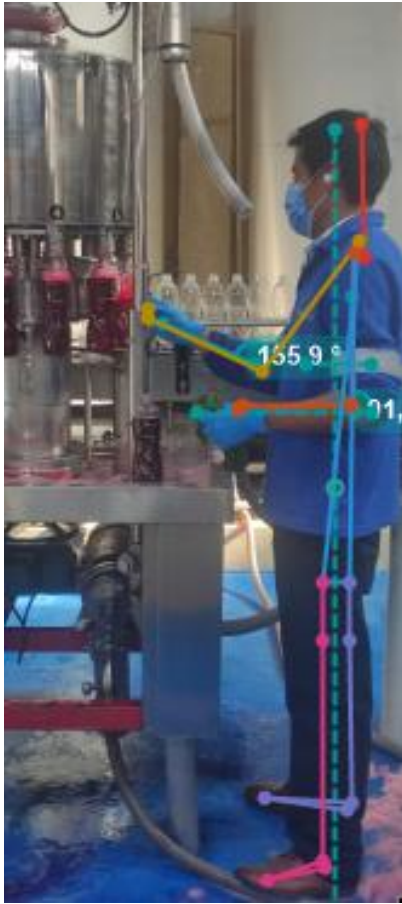


Diagrama de Cuerpo Libre - Llenado del producto

– Cervical

En la región del cuello y músculos cervicales, se observa una flexión de 35° con inclinación lateral, lo que genera una tensión sostenida en los músculos del cuello, particularmente en el trapecio y los músculos esternocleidomastoideos. Esta tensión se debe principalmente a la necesidad constante de mantener la atención visual sobre el proceso de llenado.

– Radial

El complejo del hombro y brazo experimenta una elevación significativa de 110° durante los ajustes, lo que resulta en una fuerte tensión en los músculos deltoides y rotadores del hombro. Los músculos del manguito rotador se ven especialmente afectados durante los movimientos de ajuste que se realizan por encima del nivel de los hombros, lo que aumenta el riesgo de fatiga muscular.

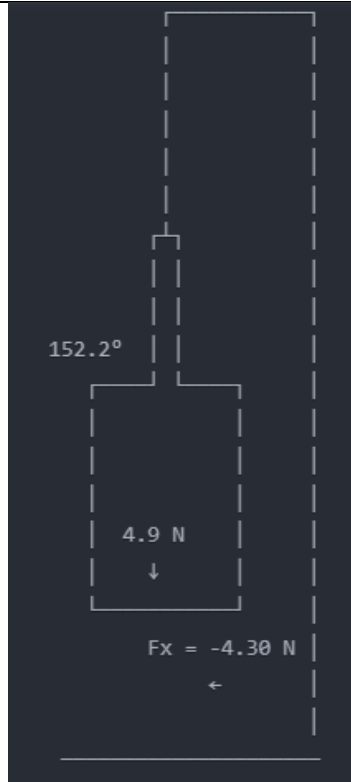
– Estiloide

La articulación de la muñeca y antebrazo presenta una desviación radial de 15° durante la manipulación, generando tensión significativa en los músculos flexores y extensores de la muñeca. Los tendones del antebrazo también soportan una carga considerable durante la manipulación de controles y ajustes, lo que puede contribuir al desarrollo de fatiga localizada.

– Ilioespinal

A nivel de la columna vertebral y región lumbar, se observa una flexión lateral de 20° , lo que genera una presión asimétrica sobre los discos intervertebrales. Esta postura también produce una tensión considerable en los músculos paraespinales, que se acentúa especialmente en el lado donde se produce la flexión lateral.

Análisis Biomecánico



– Tibial medial

Las piernas y rodillas mantienen una posición de pie prolongada con apoyo bilateral, lo que resulta en una fatiga acumulativa significativa en los músculos de las pantorrillas. Los ligamentos de las rodillas también experimentan una tensión constante debido a la naturaleza estática y prolongada de la postura adoptada durante la jornada laboral.

El diagrama de cuerpo libre, representa las fuerzas actuantes durante las tareas de supervisión y ajuste en el puesto de llenado. La posición del brazo a 152.2° durante los ajustes genera una componente horizontal negativa ($F_x = -4.30\text{ N}$) mientras se manipula una carga de 0.5 kg (4.9 N). Esta posición elevada del brazo impone una demanda significativa en los músculos rotadores del hombro y estabilizadores escapulares, particularmente en el infraespinoso, redondo menor y porción inferior del trapecio, que deben contrarrestar el momento de fuerza generado por esta posición. El análisis muestra que, a pesar de la relativa ligereza del objeto, el ángulo desfavorable multiplica la carga efectiva sobre la articulación del hombro.

Análisis de fuerza:

Peso del envase = 0.5 kg

$$F = m \times g$$

$$F = 0.5\text{ kg} \times 9.8\text{ m/s}^2$$

$$F = 4.9 \text{ N}$$

Donde:

- F = Fuerza total (medida en Newtons, N)
- m = masa del objeto (medida en kilogramos, kg)
- g = aceleración de la gravedad (9.8 metros por segundo al cuadrado, m/s^2)

Fuerza ejercida por el Brazo:

$$\cos \alpha = F_x/F$$

$$F_x = F \times \cos 152.2^\circ$$

$$F_x = 4.9 \times (-0.878)$$

$$F_x = -4.30 \text{ N}$$

Donde:

- $\cos \alpha$ = Coseno del ángulo de elevación del brazo (152.2° según la imagen)
- F_x = Componente horizontal de la fuerza (N)
- F = Fuerza total aplicada (N)

En la región del hombro y complejo escapular, la carga es particularmente significativa debido al ángulo de elevación del brazo de 152.2° . Con una fuerza horizontal calculada de -4.30 N , se genera una tensión considerable en los músculos deltoides, supraespinoso y trapecio superior.

La columna cervical experimenta estrés biomecánico debido a la necesidad de mantener una posición de supervisión constante del proceso de llenado. Los músculos esternocleidomastoideos y escalenos soportan una carga sostenida para mantener la posición de la cabeza, mientras que la musculatura posterior del cuello trabaja para contrarrestar el momento de flexión anterior.

En la región de la columna dorsolumbar, la combinación del mantenimiento de la postura erguida y los movimientos de ajuste genera una carga significativa. Los músculos para espinales y multifidos trabajan constantemente para mantener la estabilidad postural, mientras que la fascia toracolumbar ayuda a distribuir las fuerzas generadas durante los movimientos de alcance.

Los miembros superiores, específicamente en la región del antebrazo y muñeca, soportan cargas dinámicas durante la manipulación de controles y ajustes. Los músculos flexores y extensores del antebrazo, junto con los estabilizadores de la muñeca, están sometidos a esfuerzos repetitivos que pueden acumular fatiga a lo largo de la jornada.

En las extremidades inferiores, la postura estática prolongada genera una carga sostenida en los músculos gastrocnemios, sóleo y tibial anterior. Los músculos cuádriceps e isquiotibiales también participan activamente en el mantenimiento del equilibrio y la postura erguida, especialmente durante los movimientos de alcance superior.

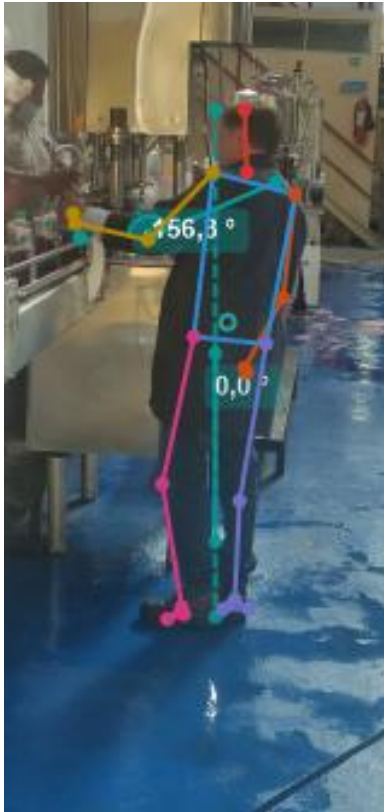
La fuerza total de 4.9 N, aunque aparentemente modesta, se magnifica por el ángulo desfavorable de trabajo y la naturaleza repetitiva de las tareas. La componente horizontal negativa de -4.30 N indica que los músculos estabilizadores del hombro deben trabajar constantemente contra la gravedad, lo que aumenta significativamente el riesgo de fatiga y posibles lesiones por sobreuso.

3. Colocación de etiquetas termoencogibles:

Tabla 20. Análisis biomecánico de Colocación de etiquetas termoencogibles:

Análisis Biomecánico	
Puesto: Etiquetado	
Descripción: El trabajador realiza movimientos precisos y repetitivos para la colocación de etiquetas, alternando entre alcances frontales y laterales.	
Representación Biomecánico	Caracterización de los movimientos

Análisis Biomecánico



– **Cervical**

Caracterización de los movimientos basado en un nuevo análisis de la imagen: Cervical: El cuello mantiene una posición relativamente neutra con una ligera flexión anterior aproximada de 15° , necesaria para mantener la supervisión visual de la tarea de etiquetado sin generar una tensión excesiva en la musculatura cervical.

– **Radial**

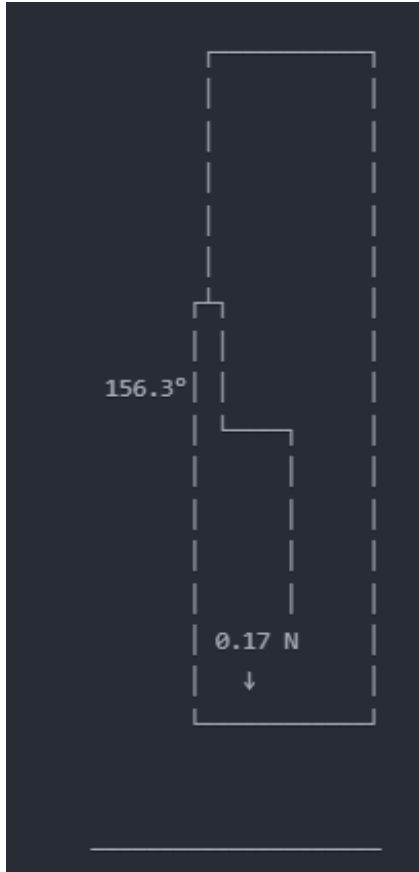
El brazo muestra una elevación significativa con un ángulo de 156.3° durante el proceso de etiquetado, lo que indica una postura que sobrepasa considerablemente el nivel del hombro. Esta posición genera una importante demanda biomecánica en el complejo del hombro, especialmente en los músculos deltoides y rotadores.

– **Estiloide**

La muñeca adopta una posición con ligera extensión durante la manipulación de las

Análisis Biomecánico

Diagrama de Cuerpo Libre - Etiquetado termoencogible



etiquetas, manteniendo aproximadamente un ángulo de 20° que permite el control preciso durante la tarea de etiquetado, aunque esta posición sostenida puede generar tensión en los tendones y músculos del antebrazo.

– Ilioespinal

La columna vertebral mantiene una alineación cercana a la vertical, con una ligera inclinación anterior de aproximadamente 5° que se observa en la imagen. Esta postura contribuye a mantener el equilibrio durante la manipulación de las etiquetas en altura.

– Tibial medial

Las extremidades inferiores presentan una postura estable con un apoyo bilateral equilibrado, manteniendo las rodillas en una ligera flexión de aproximadamente 10°, lo que proporciona una base estable para las tareas de alcance superior.

El diagrama de cuerpo libre, ilustra la biomecánica del proceso de etiquetado termoencogible. Aunque el peso de la etiqueta es mínimo (0.017 kg o 0.17 N), la posición del brazo elevado a 156.3° representa el principal factor de riesgo biomecánico. Esta postura extrema activa sustancialmente los músculos del manguito rotador, particularmente el supraespinoso, que debe trabajar cerca de su máxima capacidad. La tensión se incrementa en los tendones del hombro debido a la compresión que ocurre contra el acromion cuando el brazo se mantiene en esta posición elevada. Este análisis confirma que el factor crítico en este puesto no es la carga manipulada sino la postura mantenida y la repetitividad del movimiento.

Análisis de fuerza:

Peso de la etiqueta = 0.017 kg

$$F = m \times g$$

$$F = 0.017 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$F = 0.1666 \text{ N}$$

Donde:

- F = Fuerza total (medida en Newtons, N)
- m = masa del objeto (medida en kilogramos, kg)
- g = aceleración de la gravedad (9.8 metros por segundo al cuadrado, m/s²)

La fuerza requerida para manipular las etiquetas es relativamente baja (0.1666 N), sin embargo, el factor crítico en este puesto es la postura elevada del brazo (156.3°) que se mantiene durante períodos prolongados. Esta posición genera una carga biomecánica significativa en los músculos del hombro y la cintura escapular, a pesar del bajo peso de las etiquetas manipuladas.

Este análisis actualizado enfatiza que el principal riesgo ergonómico está relacionado con la postura elevada del brazo y la naturaleza repetitiva de los movimientos, más que con la demanda de fuerza para manipular las etiquetas.

Propuesta

La presente propuesta se fundamenta en los resultados del diagnóstico ergonómico previo y busca implementar un sistema integral de rotación de puestos que optimice tanto la ergonomía como la productividad en la línea de envasado de PROINBE.

El sistema propuesto incluye los siguientes componentes principales:

1. Manual de procedimientos para la rotación de puestos
2. Módulo de capacitación y entrenamiento
3. Sistema de asignación de rotaciones
4. Configuración de tiempos y secuencias
5. Adaptaciones ergonómicas complementarias

6. Sistema de documentación y control

7. Sistema de monitoreo y evaluación continua

La implementación se realizará siguiendo un protocolo estructurado en tres fases: preparación, implementación piloto e implementación completa. Cada fase cuenta con objetivos específicos, actividades definidas e indicadores de seguimiento que permitirán evaluar su efectividad.

El sistema propuesto se caracteriza por:

a) Consideración de características individuales: Incorpora perfiles detallados de cada trabajador, incluyendo:

- Habilidades y niveles de competencia en diferentes puestos
- Restricciones médicas o limitaciones físicas
- Preferencias personales (dentro de lo posible)

b) Adaptabilidad a demandas específicas: Permite ajustar las rotaciones según:

- Variaciones en la demanda de producción
- Ausencias de personal
- Cambios en los productos o procesos

c) Balance entre objetivos de productividad y ergonomía: Utiliza un enfoque multiobjetivo para optimizar simultáneamente:

- Distribución equitativa de la carga ergonómica
- Mantenimiento de niveles de productividad objetivo
- Desarrollo de habilidades múltiples en los trabajadores

Análisis Detallado de Demandas Físicas por Puesto

El análisis de las demandas físicas para cada puesto de trabajo en la línea de envasado de PROINBE reveló información crucial para el diseño del sistema de rotación. A continuación, se presenta el análisis detallado por estación:

1. Colocación de Envases

Demandas Biomecánicas: La evaluación biomecánica reveló que los operarios mantienen una postura de flexión del tronco entre 20° y 45° durante aproximadamente el 65% de su jornada. Los movimientos repetitivos de brazos ocurren con una frecuencia de 12 a 15 ciclos por minuto, involucrando la manipulación de envases que pesan 0.3 kg cada uno. Los alcances horizontales varían entre 30 y 50 cm desde el punto de apoyo, con una zona de trabajo primaria ubicada entre la altura de la cadera y los hombros.

Requisitos de Habilidad: El puesto requiere un nivel moderado de precisión para la colocación correcta de envases en la línea transportadora. La coordinación mano-ojo es fundamental para mantener el ritmo de alimentación constante. Se estima necesario un período de entrenamiento de 2 semanas para alcanzar la eficiencia óptima, con una experiencia previa deseable en manejo de materiales.

2. Llenado de Producto

Demandas Biomecánicas: Los operarios mantienen una postura predominantemente erguida con flexión cervical de 15° a 30° durante el 80% del tiempo. La actividad involucra movimientos repetitivos de supervisión y ajuste, con una frecuencia de 8 a 10 intervenciones por minuto. Las fuerzas aplicadas son mínimas durante la operación normal, pero pueden alcanzar hasta 15N durante los ajustes de maquinaria. La zona de trabajo principal se encuentra entre la altura del pecho y los ojos.

Requisitos de Habilidad: Este puesto demanda alta precisión en el control visual del nivel de llenado y en los ajustes de parámetros de la máquina. La coordinación mano-ojo es crítica para la detección temprana de problemas y ajustes rápidos. Se requiere un entrenamiento mínimo de 4 semanas debido a la complejidad técnica del proceso, y es deseable experiencia previa en operación de equipos automatizados.

3. Tapado y Colocación de Nitrógeno

Demandas Biomecánicas: La posición implica una postura de pie con rotación frecuente del tronco ($\pm 30^\circ$) y movimientos repetitivos de los brazos que ocurren 15-18 veces por minuto. La fuerza aplicada durante el tapado manual puede alcanzar los 20N por ciclo. El

área de trabajo abarca desde la altura de la cintura hasta los hombros, con alcances laterales que no superan los 40 cm.

Requisitos de Habilidad: La precisión es crucial para asegurar un sellado correcto y la dosificación adecuada de nitrógeno. Se necesita excelente coordinación mano-ojo para mantener la velocidad de la línea sin comprometer la calidad. El tiempo de entrenamiento estimado es de 3 semanas, requiriendo experiencia previa en control de calidad.

4. Etiquetado

Demandas Biomecánicas: Los operarios realizan movimientos repetitivos de alta precisión con una frecuencia de 20-25 ciclos por minuto. La postura predominante involucra flexión del cuello de 20° y flexión de hombros entre 30° y 60°. La fuerza aplicada es mínima (menos de 5N), pero la demanda de precisión es alta. La zona de trabajo está concentrada en el área frontal, entre la altura del codo y los hombros.

Requisitos de Habilidad: Este puesto exige un alto nivel de precisión y destreza manual para la colocación exacta de etiquetas. La coordinación mano-ojo debe ser excepcional para mantener la calidad a alta velocidad. Se requiere un período de entrenamiento de 2 semanas, aunque el dominio completo puede llevar hasta 6 semanas.

5. Paletizado

Demandas Biomecánicas: Esta posición involucra el manejo de cargas más pesadas, con pesos que varían entre 5 y 15 kg. Los movimientos incluyen flexión del tronco hasta 60° y rotación frecuente ($\pm 45^\circ$). La frecuencia de manipulación es de 6-8 ciclos por minuto. La zona de trabajo es amplia, desde el nivel del suelo hasta 1.8 metros de altura.

Requisitos de Habilidad: Se requiere precisión moderada pero buen juicio espacial para la construcción estable de pallets. La coordinación corporal general es más importante que la coordinación fina mano-ojo. El entrenamiento básico toma 1 semana, pero el desarrollo de técnicas eficientes de manipulación puede requerir hasta 3 semanas.

Modelo de Optimización de Rotaciones

El modelo matemático desarrollado para optimizar el sistema de rotación de puestos en la línea de envasado de PROINBE integra múltiples variables y objetivos para garantizar

tanto la salud ocupacional como la eficiencia operativa. A continuación, se detalla cada componente del modelo con su formulación matemática y significado práctico:

Variables de Decisión:

$X_{ij} = (1 \text{ si el trabajador } i \text{ es asignado al puesto } j \text{ en el período } t \text{ } 0 \text{ en caso contrario})$

Donde:

- $i: (1,2,\dots,n)$ representa a los trabajadores
- $j: (1,2,\dots,m)$ representa los puestos de trabajo
- $t: (1,2,\dots,p)$ representa los períodos de rotación durante la jornada

Variables del Modelo:

1. Tiempo Óptimo en Cada Puesto El modelo considera la duración óptima de permanencia en cada posición, expresada como:

T_{ij} = tiempo que el trabajador i permanece en el puesto j (en minutos)

Restricciones: $T_{min} \leq T_{ij} \leq T_{max}$

Donde:

- $T_{min} = 90$ minutos (tiempo mínimo para desarrollar un ritmo eficiente)
- $T_{max} = 120$ minutos (límite para prevenir fatiga excesiva)

2. Matriz de Transición:

$S_{ij} = (1 \text{ si la rotación del puesto } i \text{ al puesto } j \text{ es permitida } 0 \text{ si la rotación no es permitida})$

Restricciones:

- $\sum_j S_{ij} = 1$ (cada trabajador debe rotar a exactamente un puesto)
- $S_{ii} = 0$ (no permanencia en el mismo puesto)

3. Índice de Competencia:

$C_{ij} = \sum (w_k \times P_{ik})$

Donde:

- w_k = peso del factor k de competencia (entre 0 y 1)
- P_{ik} = puntuación del trabajador i en el factor k (entre 0 y 10)
- $0 \leq C_{ij} \leq 1$ (valor normalizado)

4. Índice de Carga Postural:

$$E_{ij} = \sum(\alpha_m \times R_{ijm})$$

Donde:

- α_m = peso del factor ergonómico m (entre 0 y 1)
- R_{ijm} = nivel de riesgo del factor m para el trabajador i en el puesto j
- $\sum \alpha_m = 1$ (suma normalizada de pesos)

Función Objetivo Multi-criterio:

$$\text{Min } Z = w_1 \times F_1 + w_2 \times F_2 + w_3 \times F_3 + w_4 \times F_4$$

Donde:

- $F_1 = \sum \sum \sum (X_{ijt} \times E_{ij}) \rightarrow$ Índice de exposición a riesgos ergonómicos
- $F_2 = |\sum \sum \sum (X_{ijt} \times P_{ij}) - P \text{ objetivo}| \rightarrow$ Desviación de productividad objetivo
- $F_3 = \text{Var}(\sum \sum (X_{ijt} \times E_{ij})) \rightarrow$ Varianza en carga de trabajo entre trabajadores
- $F_4 = -\sum \sum \sum (X_{ijt} \times D_{ij}) \rightarrow$ Índice negativo de desarrollo de competencias
- $w_1, w_2, w_3, w_4 =$ pesos de cada objetivo, con $\sum w_i = 1$

Restricciones:

1. Restricciones de Capacidad:

- $\sum_i X_{ijt} \leq 1$ (máximo un trabajador por puesto en cada período)
- $\sum_j X_{ijt} = 1$ (cada trabajador asignado a exactamente un puesto en cada período)

2. Restricciones de Competencia:

- $X_{ijt} \times C_{ij} \geq C_{min} \times X_{ijt}$ (nivel mínimo de competencia requerido)
- Donde C_{min} es el umbral mínimo de competencia aceptable (establecido en 0.7)

3. Restricciones de Carga Ergonómica:

- $\sum_j \sum_t (E_{ij} \times T_{ij} \times X_{ijt}) \leq E_{max}$ (límite de exposición diaria)
- Donde E_{max} es el límite máximo de exposición ergonómica aceptable

4. Restricciones de Productividad:

- $\sum_i \sum_j \sum_t (P_{ij} \times X_{ijt}) \geq P_{min}$ (productividad mínima requerida)
- Donde P_{ij} es la productividad del trabajador i en el puesto j

5. Restricciones de Secuencia:

- $X_{ijt} + X_{ij(t+1)} \leq 1$ (evitar asignación consecutiva al mismo puesto)
- $X_{ijt} + X_{ik(t+1)} \leq 1 + S_{jk}$ (respetar matriz de transición permitida)

Este modelo matemático se resuelve utilizando técnicas de programación lineal entera mixta implementadas en el software de optimización LINGO 21.0, que permite manejar eficientemente problemas multiobjetivo complejos.

Sistema de Monitoreo y Evaluación Continua

El sistema de monitoreo y evaluación propuesto para la línea de envasado de PROINBE establece un marco integral para el seguimiento continuo de la efectividad del sistema de rotación de puestos. Este sistema permite la identificación temprana de desviaciones y la implementación oportuna de medidas correctivas.

Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)

1. Índice de Fatiga Muscular por Puesto Se implementa un sistema de monitoreo basado en la escala de Borg modificada (0-10) para evaluar el nivel de fatiga percibido por los trabajadores. La medición se realiza al inicio y final de cada rotación, estableciendo un umbral máximo aceptable de 7 puntos. El índice se calcula como:

IFM = (Valoración final - Valoración inicial) / Tiempo en el puesto

2. Tiempo Efectivo en Posición Se establece un sistema de registro automatizado que monitorea:
 - Tiempo programado vs. tiempo real en cada posición
 - Desviaciones del plan de rotación
 - Causas de interrupciones o modificaciones
 - Cumplimiento de los intervalos de rotación establecidos
3. Productividad por Estación La medición de productividad incorpora múltiples dimensiones:
 - Unidades procesadas por hora
 - Tiempo de ciclo real vs. estándar
 - Eficiencia global del equipo (OEE)
 - Variabilidad en el rendimiento entre rotaciones
4. Gestión de Calidad y Reprocesos Se implementa un sistema de seguimiento que registra:
 - Porcentaje de productos no conformes
 - Frecuencia de reprocesos
 - Tipos de errores más comunes
 - Correlación entre errores y momento de la rotación
5. Satisfacción del Personal Se establece un sistema de evaluación periódica que mide:
 - Nivel de confort físico
 - Percepción de la carga de trabajo
 - Satisfacción con el esquema de rotación

- Oportunidades de desarrollo de habilidades
6. Seguimiento de Trastornos Musculoesqueléticos Se implementa un registro sistemático de:
- Incidencia de molestias por zona corporal
 - Severidad de los síntomas reportados
 - Tiempo de aparición de molestias
 - Evolución de síntomas a lo largo del tiempo

Herramientas de Evaluación

1. Evaluaciones Ergonómicas Se realizan evaluaciones periódicas utilizando:
 - Método RULA: Evaluación mensual de posturas críticas
 - Método OCRA: Análisis trimestral de movimientos repetitivos
 - Seguimiento continuo de puntuaciones por puesto
 - Análisis de tendencias y patrones
2. Encuestas de Satisfacción Se implementa un programa estructurado de encuestas que incluye:
 - Evaluaciones mensuales de confort
 - Retroalimentación sobre el sistema de rotación
 - Sugerencias de mejora
 - Evaluación de la capacitación recibida
3. Sistema de Registro de Productividad Se establece un sistema automatizado que captura:
 - Datos de producción en tiempo real
 - Análisis de tendencias por turno y operario

- Comparativas entre diferentes configuraciones de rotación
 - Identificación de mejores prácticas
4. Gestión de Incidentes Se implementa un sistema de registro que documenta:
- Incidentes ergonómicos
 - Molestias reportadas
 - Acciones correctivas implementadas
 - Seguimiento de casos
5. Evaluación de Competencias Se desarrolla un sistema de evaluación que mide:
- Nivel de dominio en cada puesto
 - Progreso en el desarrollo de habilidades
 - Necesidades de capacitación adicional
 - Potencial para nuevas rotaciones

Este sistema integral de monitoreo y evaluación permite una gestión proactiva del programa de rotación, facilitando la identificación temprana de oportunidades de mejora y la implementación oportuna de acciones correctivas. Los datos recopilados proporcionan una base sólida para la toma de decisiones y la mejora continua del sistema.

Protocolo de Implementación

La implementación del sistema de rotación de puestos en la línea de envasado de PROINBE se desarrollará en tres fases estratégicas, cada una diseñada para asegurar una transición efectiva y la adopción sostenible del nuevo sistema.

Fase 1: Preparación (2 semanas)

Durante esta fase inicial, el enfoque principal será establecer las bases necesarias para una implementación exitosa. La capacitación comenzará con sesiones intensivas para supervisores, seguidas de entrenamientos específicos para los trabajadores. Los

supervisores recibirán formación detallada sobre los principios ergonómicos, la gestión del sistema de rotación y las técnicas de monitoreo de indicadores.

El establecimiento de la línea base de indicadores incluirá una evaluación exhaustiva de las condiciones actuales, abarcando mediciones de productividad, evaluaciones ergonómicas utilizando los métodos RULA y OCRA, y encuestas de satisfacción laboral. Esta información servirá como punto de referencia para evaluar la efectividad del nuevo sistema.

Los ajustes ergonómicos de las estaciones de trabajo se realizarán siguiendo las recomendaciones del análisis inicial. Esto puede incluir modificaciones en las alturas de trabajo, mejoras en la disposición de herramientas y materiales, y la incorporación de ayudas mecánicas donde sea necesario.

La validación de procedimientos operativos incluirá la revisión y documentación detallada de todas las tareas en cada puesto, asegurando que los métodos de trabajo sean ergonómicamente correctos y eficientes.

Fase 2: Implementación Piloto (4 semanas)

La fase piloto iniciará con un grupo seleccionado de trabajadores que representen diferentes niveles de experiencia y habilidades. Este grupo servirá como modelo para identificar desafíos y oportunidades de mejora antes de la implementación completa.

Durante esta fase, se realizará un monitoreo intensivo que incluirá:

- Evaluaciones diarias de fatiga y confort
- Mediciones de productividad por hora
- Observaciones directas de las rotaciones
- Entrevistas con los participantes
- Análisis de incidentes y dificultades

Los ajustes al sistema se realizarán de manera ágil, respondiendo a la retroalimentación inmediata de los participantes y los datos recopilados. Cada modificación será

documentada detalladamente, incluyendo la razón del cambio y los resultados observados.

La documentación de lecciones aprendidas será un proceso continuo, con reuniones semanales de revisión donde participarán supervisores, trabajadores y el equipo de implementación.

Fase 3: Implementación Completa (8 semanas)

La expansión del sistema a toda la línea de envasado se realizará de manera gradual, incorporando nuevos grupos cada dos semanas. Esto permitirá un control adecuado del proceso y la atención necesaria a cada grupo de trabajadores.

El refinamiento de procedimientos incluirá:

- Actualización de los manuales operativos
- Ajuste de los tiempos de rotación
- Optimización de las secuencias de rotación
- Mejora de los protocolos de comunicación

Las rutinas de supervisión se establecerán formalmente, con checklist diarios, reuniones de seguimiento programadas y protocolos de respuesta a incidencias. Los supervisores recibirán herramientas específicas para el monitoreo y gestión del sistema.

La consolidación del sistema de seguimiento incluirá la implementación de un dashboard de indicadores que permitirá el monitoreo en tiempo real del desempeño del sistema. Este dashboard integrará datos de productividad, ergonomía y satisfacción laboral, facilitando la toma de decisiones basada en evidencia.

Al finalizar la fase 3, se realizará una evaluación integral del sistema, comparando los resultados con la línea base establecida en la fase 1. Esta evaluación servirá como base para el plan de mejora continua que asegurará la sostenibilidad del sistema a largo plazo.

Programa de Capacitación y Desarrollo

El programa de capacitación y desarrollo para el sistema de rotación de puestos de PROINBE ha sido diseñado para asegurar que todos los participantes adquieran los conocimientos y habilidades necesarios para una implementación exitosa. Este programa integral se estructura en módulos específicos y se apoya en materiales de formación cuidadosamente desarrollados.

Módulos de Capacitación

1. Fundamentos de Ergonomía (8 horas) Este módulo inicial introduce los principios básicos de la ergonomía ocupacional, incluyendo:
 - Anatomía básica y biomecánica del cuerpo humano
 - Factores de riesgo ergonómico en el entorno industrial
 - Principios de economía de movimientos
 - Impacto de las posturas inadecuadas
 - Técnicas de prevención de lesiones
2. Técnicas Específicas por Puesto (16 horas) Para cada posición en la línea de envasado, se cubren:
 - Análisis detallado de las tareas críticas
 - Posturas óptimas para cada operación
 - Técnicas de manipulación segura
 - Ajustes ergonómicos de la estación de trabajo
 - Uso correcto de herramientas y equipos
3. Procedimientos de Rotación (8 horas) Este módulo se centra en la mecánica del sistema de rotación:
 - Secuencias y tiempos de rotación establecidos
 - Protocolos de transición entre puestos

- Comunicación durante los cambios
 - Documentación requerida
 - Manejo de excepciones y contingencias
4. Gestión de Riesgos (6 horas) Se enfoca en desarrollar habilidades para:
- Identificar señales tempranas de fatiga
 - Reconocer situaciones de riesgo ergonómico
 - Implementar medidas preventivas
 - Reportar incidentes y molestias
 - Aplicar protocolos de seguridad
5. Ejercicios y Recuperación (4 horas) Incluye entrenamiento práctico en:
- Ejercicios de calentamiento pre-jornada
 - Estiramientos específicos por grupo muscular
 - Técnicas de relajación muscular
 - Ejercicios compensatorios
 - Pautas de recuperación activa

Materiales de Entrenamiento

1. Manual de Procedimientos Ilustrado Se ha desarrollado un manual completo que incluye:
- Diagramas detallados de cada operación
 - Fotografías de posturas correctas e incorrectas
 - Procedimientos paso a paso
 - Casos de estudio y ejemplos prácticos
 - Guías de solución de problemas

2. Videos Demostrativos Serie de videos profesionales que muestran:
 - Técnicas correctas de trabajo
 - Procedimientos de rotación
 - Ejercicios de estiramiento
 - Ejemplos de buenas prácticas
 - Situaciones de riesgo a evitar
3. Guías de Referencia Rápida Documentos concisos que incluyen:
 - Listas de verificación por puesto
 - Recordatorios de posturas correctas
 - Secuencias de rotación
 - Contactos clave
 - Procedimientos de emergencia
4. Listas de Verificación Conjunto de herramientas que incluyen:
 - Checklist de preparación pre-rotación
 - Verificación de condiciones ergonómicas
 - Control de equipos y herramientas
 - Registro de incidencias
 - Evaluación post-rotación
5. Materiales de Evaluación Sistema integral de evaluación que comprende:
 - Exámenes teóricos por módulo
 - Evaluaciones prácticas
 - Formularios de retroalimentación
 - Registros de competencias

- Planes de desarrollo individual

La implementación de este programa de capacitación se realizará de manera progresiva, asegurando que cada participante complete satisfactoriamente todos los módulos antes de participar activamente en el sistema de rotación. Se mantendrá un registro detallado del progreso de cada trabajador y se proporcionará apoyo adicional cuando sea necesario.

El programa se revisará y actualizará periódicamente basándose en la retroalimentación de los participantes y los resultados observados en la práctica, asegurando así su mejora continua y relevancia para las necesidades de la organización.

Sistema de Asignación de Rotaciones

El sistema de asignación de rotaciones para la línea de envasado de PROINBE implementa un enfoque sistemático que integra factores individuales y variables operativas para optimizar tanto el bienestar de los trabajadores como la eficiencia productiva.

Evaluación de Factores Individuales

El perfil antropométrico de cada trabajador se evalúa considerando dimensiones críticas que afectan el desempeño en cada puesto. Esto incluye altura, alcance funcional y proporción de extremidades. Esta información se utiliza para asignar puestos que minimicen las posturas forzadas y optimicen la interacción con los equipos.

Las competencias técnicas se clasifican en una escala de 1 a 5 para cada puesto, donde:

1 = Conocimiento básico

2 = Competencia en desarrollo

3 = Competencia establecida

4 = Dominio avanzado

5 = Expertise completo

El historial médico y las restricciones físicas se documentan mediante una evaluación ocupacional que identifica limitaciones específicas para ciertas tareas o movimientos.

Esta información se codifica en el sistema como restricciones absolutas o relativas que el algoritmo debe respetar al generar las asignaciones.

Las preferencias personales se incorporan mediante un sistema de puntuación de 1 a 3 para cada puesto, donde el trabajador puede indicar su nivel de preferencia. Estas preferencias se consideran cuando son compatibles con otros requisitos operativos y ergonómicos.

Gestión de Variables Operativas

La demanda de producción se analiza en ciclos de 24 horas, con actualizaciones cada 4 horas para ajustar las asignaciones según las variaciones en los requerimientos. El sistema mantiene un buffer de capacidad del 15% para absorber fluctuaciones inesperadas.

La complejidad de las tareas se evalúa mediante una matriz que considera:

- Precisión requerida
- Número de pasos críticos
- Interdependencia con otras operaciones
- Consecuencias de errores
- Tiempo de aprendizaje necesario

Los tiempos de cambio entre puestos se optimizan mediante un análisis de la secuencia más eficiente, considerando:

- Tiempo de transferencia de información
- Ajustes necesarios en la estación
- Verificación de parámetros críticos
- Confirmación de condiciones de operación

Proceso de Asignación

El sistema utiliza un algoritmo de optimización que procesa todos estos factores en tres etapas:

1. Filtrado Inicial:

- Elimina asignaciones incompatibles con restricciones médicas
- Verifica niveles mínimos de competencia requeridos
- Considera limitaciones de disponibilidad

2. Optimización Principal:

- Balancea carga ergonómica acumulada
- Maximiza el uso de competencias existentes
- Minimiza tiempos de cambio
- Mantiene niveles de productividad objetivo

3. Ajuste Final:

- Incorpora preferencias personales cuando es posible
- Verifica cumplimiento de requisitos de calidad
- Asegura distribución equitativa de carga laboral

El sistema genera asignaciones diarias con una proyección semanal, permitiendo ajustes en tiempo real según las condiciones operativas y el feedback del personal. Cada asignación se comunica a través de un dashboard digital que muestra:

- Secuencia de rotación individual
- Tiempos programados
- Requisitos especiales
- Indicadores de desempeño esperados

Configuración de Tiempos y Secuencias

El sistema de rotación para la línea de envasado de PROINBE se ha diseñado considerando factores biomecánicos, patrones de fatiga y requerimientos operativos. La

configuración temporal y secuencial se ha optimizado para maximizar los beneficios ergonómicos mientras se mantiene la eficiencia productiva.

Estructura del Ciclo Principal

El ciclo completo de rotación se desarrolla durante la jornada laboral de 8 horas, estructurado para optimizar el equilibrio entre productividad y bienestar del trabajador. Cada período de trabajo efectivo en una estación tiene una duración de 110 minutos, seguido por una pausa de 10 minutos destinada a la transición entre puestos y recuperación. Este intervalo permite tanto el descanso físico como la preparación mental para la siguiente tarea.

La distribución temporal se fundamenta en estudios de fatiga muscular que indican que períodos de trabajo superiores a 120 minutos en tareas repetitivas pueden incrementar significativamente el riesgo de lesiones musculoesqueléticas. Los 110 minutos establecidos proporcionan un margen de seguridad antes del umbral de fatiga crítica.

Las cuatro rotaciones por turno permiten que cada trabajador experimente una variedad suficiente de tareas para distribuir la carga física de manera efectiva. Este número de rotaciones se ha determinado como óptimo considerando tanto el tiempo necesario para alcanzar un ritmo de trabajo eficiente como la prevención de fatiga acumulada.

Secuencia Optimizada de Rotación

La secuencia de rotación se ha diseñado considerando la progresión natural de la carga biomecánica y los grupos musculares involucrados en cada tarea. La progresión establecida es:

Primera Posición

- Colocación de envases: Inicia con una tarea que requiere atención y precisión moderada, permitiendo el calentamiento gradual del sistema musculoesquelético.

Segunda Posición

- Etiquetado: Transición a una tarea que demanda mayor precisión, pero menor esfuerzo físico, aprovechando el estado de alerta óptimo.

Tercera Posición

- Llenado: Actividad que combina supervisión y ajustes ocasionales, proporcionando una variación en el tipo de esfuerzo.

Cuarta Posición

- Tapado: Tarea que requiere coordinación y fuerza moderada, aprovechando el estado de activación muscular.

Quinta Posición

- Enjuague: Actividad predominantemente de supervisión, permitiendo una recuperación parcial.

Sexta Posición

- Enfundado: Retorno a una tarea con demanda física moderada pero diferente patrón de movimiento.

Séptima Posición

- Paletizado: Culmina con una actividad que requiere mayor esfuerzo físico pero menor precisión.

Justificación de la Secuencia

Esta secuencia se ha optimizado considerando varios factores clave:

Alternancia de Demandas: La secuencia alterna entre tareas que requieren diferentes tipos de esfuerzo y concentración, permitiendo la recuperación selectiva de grupos musculares.

Progresión de Complejidad: Las tareas se ordenan considerando la curva de fatiga natural durante el turno, ubicando las actividades de mayor precisión en los momentos de mayor alerta.

Compatibilidad de Habilidades: La transición entre puestos considera la similitud de habilidades requeridas, minimizando el tiempo de adaptación.

Distribución de Carga: La secuencia asegura una distribución equilibrada de la carga física y mental a lo largo del turno.

Este sistema de configuración temporal y secuencial se monitorea continuamente mediante indicadores de desempeño y feedback de los trabajadores, permitiendo ajustes finos según las necesidades específicas de la operación y el personal.

Adaptaciones Ergonómicas Complementarias

Para optimizar la efectividad del sistema de rotación de puestos en la línea de envasado de PROINBE, se implementará un conjunto integral de mejoras ergonómicas que complementan y potencian los beneficios del sistema de rotación. Estas adaptaciones se dividen en mejoras físicas de las estaciones de trabajo y controles administrativos.

Mejoras Físicas de las Estaciones

Los ajustes en las alturas de trabajo se realizarán considerando la antropometría de la población trabajadora. Para la estación de colocación de envases, se implementarán plataformas ajustables que permitan mantener la altura óptima de trabajo entre 95 y 110 cm, correspondiente a la altura del codo en posición de pie. Las superficies de trabajo en las estaciones de etiquetado y control de calidad se equiparán con mecanismos de ajuste que permitan modificaciones de ± 15 cm para acomodar las diferencias individuales.

La implementación de ayudas mecánicas incluirá la instalación de manipuladores para el manejo de cargas en la estación de paletizado, reduciendo el esfuerzo necesario en hasta un 60%. En la estación de llenado, se incorporarán soportes articulados para las herramientas de ajuste, eliminando la necesidad de sostenerlas constantemente. Las estaciones de etiquetado contarán con dispensadores automáticos que reducen los movimientos repetitivos de muñeca.

La optimización del layout se enfocará en minimizar las distancias de alcance y mejorar el flujo de materiales. Se reorganizarán las estaciones para mantener todos los elementos frecuentemente utilizados dentro de la zona de alcance óptimo (radio de 40 cm desde el punto de operación). Los contenedores de suministros se reubicarán a una altura entre 70 y 135 cm para evitar flexiones excesivas del tronco.

Las mejoras en las condiciones ambientales incluirán la instalación de iluminación LED ajustable que proporcione niveles de iluminación de 500 lux en las áreas de inspección y control de calidad. Se implementará un sistema de ventilación localizada para mantener una temperatura ambiente controlada entre 20-24°C, y se instalarán alfombras anti-fatiga en todas las estaciones de trabajo de pie.

Controles Administrativos

El programa de micropausas se estructurará con intervalos de 5 minutos cada hora, adicionales a las pausas entre rotaciones. Estas micro pausas se programarán de manera escalonada para mantener la continuidad de la producción. Durante estos períodos, los trabajadores realizarán ejercicios de estiramiento específicamente diseñados para los grupos musculares más exigidos en cada puesto.

Los ejercicios de estiramiento se han desarrollado en colaboración con especialistas en ergonomía ocupacional. Se establecerán rutinas específicas para cada estación, incluyendo estiramientos para hombros y cuello en las estaciones de inspección, ejercicios para muñecas en las estaciones de etiquetado, y movimientos de compensación para la espalda baja en las estaciones que requieren estar de pie.

Los procedimientos ergonómicos documentarán detalladamente las técnicas correctas para cada tarea, incluyendo:

- Posturas óptimas para cada operación
- Técnicas de manipulación de materiales
- Ajustes correctos de equipos y herramientas
- Uso apropiado de ayudas mecánicas
- Respuesta a situaciones no rutinarias

La estandarización de métodos de trabajo establecerá patrones consistentes para todas las operaciones, considerando:

- Secuencias optimizadas de movimientos
- Distribución eficiente de materiales

- Técnicas de agarre y manipulación
- Puntos de control de calidad
- Protocolos de comunicación

Estas adaptaciones ergonómicas se implementarán de manera gradual, comenzando por las estaciones identificadas como de mayor riesgo en la evaluación inicial. Se establecerá un sistema de monitoreo continuo para evaluar la efectividad de las mejoras y realizar ajustes según sea necesario.

Sistema de Documentación y Control

El sistema de documentación para el programa de rotación de puestos de PROINBE se implementará mediante un conjunto de formatos físicos y digitales que permitirán el registro y seguimiento sistemático de todas las actividades relacionadas con las rotaciones.

Registros Diarios

1. Formato de Programación de Rotaciones Se implementará un formato diario que documentará:
 - Nombre del trabajador y código de identificación
 - Estación asignada para cada período
 - Horarios establecidos de rotación
 - Firma del supervisor que autoriza
 - Observaciones especiales sobre requerimientos o restricciones
2. Lista de Verificación de Cumplimiento Se utilizará una lista de control que registrará:
 - Hora efectiva de cada rotación realizada
 - Conformidad con la secuencia planificada
 - Firma del trabajador y supervisor

- Cualquier desviación del plan original
 - Razones de las modificaciones realizadas
3. Bitácora de Incidencias Se mantendrá un registro diario donde se documentarán:
- Problemas presentados durante las rotaciones
 - Ajustes realizados al sistema
 - Medidas correctivas implementadas
 - Seguimiento de las soluciones aplicadas
 - Responsables de las acciones tomadas
4. Registro de Indicadores Se implementará un formato para el registro manual de:
- Unidades procesadas por estación
 - Tiempos de operación
 - Errores o reprocesos
 - Nivel de fatiga reportado
 - Cumplimiento de estándares
5. Formulario de Retroalimentación Se utilizará un formato sencillo donde los trabajadores podrán registrar:
- Nivel de confort en cada posición
 - Dificultades encontradas
 - Sugerencias de mejora
 - Necesidades de capacitación
 - Comentarios generales

Informes Periódicos

1. Informe Mensual de Tendencias Se generará un reporte que consolidará:

- Resumen de indicadores principales
 - Análisis de patrones identificados
 - Comparación con meses anteriores
 - Áreas de oportunidad detectadas
 - Recomendaciones de mejora
2. Reporte Trimestral de Impacto Se elaborará un informe que evaluará:
- Resultados de evaluaciones ergonómicas
 - Evolución de la productividad
 - Niveles de satisfacción del personal
 - Efectividad de las capacitaciones
 - Beneficios observados del sistema
3. Plan de Mejora Continua Se mantendrá un documento vivo que registrará:
- Oportunidades de mejora identificadas
 - Acciones propuestas
 - Responsables asignados
 - Fechas de implementación
 - Seguimiento de resultados
4. Tablero de Control de KPIs Se mantendrá un registro manual actualizado de:
- Indicadores clave de desempeño
 - Metas establecidas
 - Resultados obtenidos
 - Brechas identificadas
 - Acciones correctivas

5. Manual de Procedimientos Se mantendrá actualizado un documento que contendrá:

- Procedimientos operativos estándar
- Métodos de trabajo aprobados
- Protocolos de seguridad
- Guías de capacitación
- Criterios de evaluación

Toda esta documentación se mantendrá en archivos físicos organizados cronológicamente, con copias de respaldo digitales cuando sea posible. Los formatos serán simples y fáciles de completar, priorizando la utilidad práctica sobre la complejidad. El sistema permitirá un seguimiento efectivo del programa de rotación mientras mantiene un nivel de documentación manejable para los supervisores y el personal administrativo.

La propuesta del sistema de rotación de puestos para la línea de envasado de PROINBE se fundamenta en un enfoque integral que combina técnicas de estudio del trabajo, evaluación ergonómica y modelación sistemática. El sistema propuesto se estructura en componentes clave interrelacionados que incluyen un manual detallado de procedimientos, un programa comprensivo de capacitación y entrenamiento, y un riguroso sistema de documentación y seguimiento.

El manual de procedimientos establece los lineamientos fundamentales para la implementación efectiva y segura del sistema, definiendo claramente roles, responsabilidades y protocolos específicos para cada etapa del proceso de rotación. La secuencia de rotación ha sido cuidadosamente diseñada considerando la alternancia entre tareas de diferente demanda física y la distribución equitativa de la carga laboral, estableciendo períodos de 110 minutos en cada puesto con pausas activas de 10 minutos entre rotaciones.

El programa de capacitación asegura que todos los trabajadores desarrollen las competencias necesarias para desempeñarse eficientemente en múltiples puestos,

mientras que el sistema de documentación permite un seguimiento sistemático del desempeño y la identificación oportuna de oportunidades de mejora. Este enfoque integral busca optimizar simultáneamente la ergonomía y la productividad de la línea, contribuyendo al bienestar de los trabajadores y la eficiencia operativa de la empresa.

La propuesta consiste en los siguientes componentes tangibles:

- a. Manual de procedimientos para la rotación de puestos: Se elaborará un documento detallado que describa los roles, responsabilidades y secuencias de rotación para cada puesto de trabajo en la línea de envasado. Este manual incluirá diagramas de flujo, instrucciones paso a paso y consideraciones ergonómicas para garantizar una implementación efectiva y segura del sistema.

Se ha desarrollado un manual detallado que servirá como guía fundamental para la implementación y gestión del sistema de rotación. Este manual incluye:

a) Objetivos y alcance: Define claramente los propósitos del sistema de rotación, enfatizando la reducción de riesgos ergonómicos y la mejora de la productividad. El alcance abarca todas las estaciones de la línea de envasado y define los roles involucrados.

b) Responsabilidades: Detalla las funciones específicas de gerentes, supervisores y operarios en la implementación y mantenimiento del sistema de rotación.

c) Procedimiento detallado de rotación: Describe paso a paso cómo se llevará a cabo la rotación, incluyendo:

- Secuencia de rotación entre puestos
- Duración de cada asignación
- Protocolos de transición entre puestos
- Consideraciones especiales para trabajadores con limitaciones físicas

d) Consideraciones ergonómicas: Proporciona guías específicas para cada puesto, incluyendo:

- Posturas adecuadas
 - Técnicas de manipulación de cargas
 - Ejercicios de estiramiento recomendados
 - Ajustes ergonómicos de equipos y herramientas
- e) Diagrama de flujo del proceso de rotación: Ofrece una representación visual clara del sistema de rotación para facilitar su comprensión y aplicación.
- f) Protocolos de capacitación: Establece los requisitos y procedimientos para la formación de los trabajadores en múltiples puestos, asegurando que todos estén preparados para rotar de manera efectiva y segura.
- g) Procedimientos de monitoreo y mejora continua: Define cómo se evaluará regularmente la efectividad del sistema, incluyendo indicadores clave de desempeño (KPIs) y mecanismos de retroalimentación de los trabajadores.

Manual de Procedimientos para la Rotación de Puestos en la Línea de Envasado de PROINBE

1. Objetivo Este manual tiene como objetivo establecer los lineamientos y procedimientos para la implementación efectiva y segura del sistema de rotación de puestos en la línea de envasado de PROINBE, con el fin de reducir los riesgos ergonómicos y mejorar la eficiencia operativa.
2. Alcance Este documento aplica a todos los trabajadores y supervisores involucrados en las operaciones de la línea de envasado de PROINBE, incluyendo las etapas de colocación de envases, enjuague, llenado, tapado, etiquetado, enfundado y paletizado.
3. Responsabilidades

3.1. Gerente de Producción

- Aprobar y supervisar la implementación del sistema de rotación de puestos.
- Asignar los recursos necesarios para la ejecución del programa.
- Evaluar periódicamente los resultados y proponer mejoras.

3.2. Supervisor de Línea

- Coordinar la asignación de trabajadores a los diferentes puestos según el calendario de rotación.
- Verificar el cumplimiento de los procedimientos y consideraciones ergonómicas.
- Monitorear el desempeño y proporcionar retroalimentación a los trabajadores.

3.3. Trabajadores

- Conocer y cumplir con los procedimientos de rotación establecidos.
- Informar cualquier dificultad o incomodidad relacionada con las tareas asignadas.
- Participar activamente en las capacitaciones y entrenamientos.

4. Procedimiento de Rotación

4.1. Secuencia de Rotación La rotación de puestos se realizará diariamente, siguiendo una secuencia predefinida que distribuya equitativamente la carga física y mental entre los trabajadores. La secuencia recomendada es:

- Colocación de envases -> Etiquetado -> Llenado -> Tapado -> Enjuague -> Enfundado -> Paletizado

4.2. Duración de las Rotaciones Cada trabajador permanecerá en un puesto específico durante un máximo de 2 horas continuas antes de rotar al siguiente puesto en la secuencia. Se establecerán pausas de 10 minutos entre cada rotación para permitir la recuperación y el descanso.

4.3. Consideraciones Ergonómicas

- Ajustar la altura de las superficies de trabajo y las sillas según las características antropométricas de cada trabajador.
- Proporcionar alfombras antifatiga en puestos que requieran estar de pie por periodos prolongados.
- Fomentar técnicas adecuadas de levantamiento y manipulación de cargas.

- Promover posturas neutrales y evitar movimientos repetitivos excesivos.

5. Diagrama de Flujo del Proceso de Rotación

El diagrama de flujo del proceso de rotación Gráfico 11 representa de manera visual el sistema de rotación de puestos implementado en la línea semiautomática de envasado de PROINBE. Este diagrama sirve como guía visual para supervisores y trabajadores, mostrando claramente la secuencia, transiciones y actividades clave involucradas en el sistema de rotación.

El diagrama muestra un flujo de trabajo estructurado que comienza con el inicio de la jornada laboral y avanza a través de una secuencia cuidadosamente diseñada de estaciones de trabajo. En la parte superior, se muestra la inicialización de la jornada, seguida por actividades de capacitación inicial y preparación. Estos pasos preparatorios aseguran que todos los trabajadores comprendan sus responsabilidades antes de entrar en el ciclo de rotación.

El núcleo del diagrama ilustra las siete estaciones de trabajo clave organizadas en su secuencia óptima de rotación:

1. Estación de colocación de envases
2. Estación de etiquetado
3. Estación de llenado
4. Estación de tapado
5. Estación de enjuague
6. Estación de enfundado
7. Estación de paletizado

Las flechas conectoras entre estaciones indican la dirección de rotación y los protocolos de transición. El diagrama también destaca los períodos de descanso activo de 10 minutos entre rotaciones, mostrando cómo estas pausas se integran en el flujo de trabajo.

La disposición circular de las estaciones de producción refuerza visualmente la naturaleza continua del sistema de rotación, mientras que el código de colores ayuda a diferenciar entre tipos de actividades (preparación, producción, control de calidad, etc.). Los puntos de decisión están claramente marcados para guiar a los supervisores cuando se necesitan ajustes debido a demandas de producción o disponibilidad de personal.

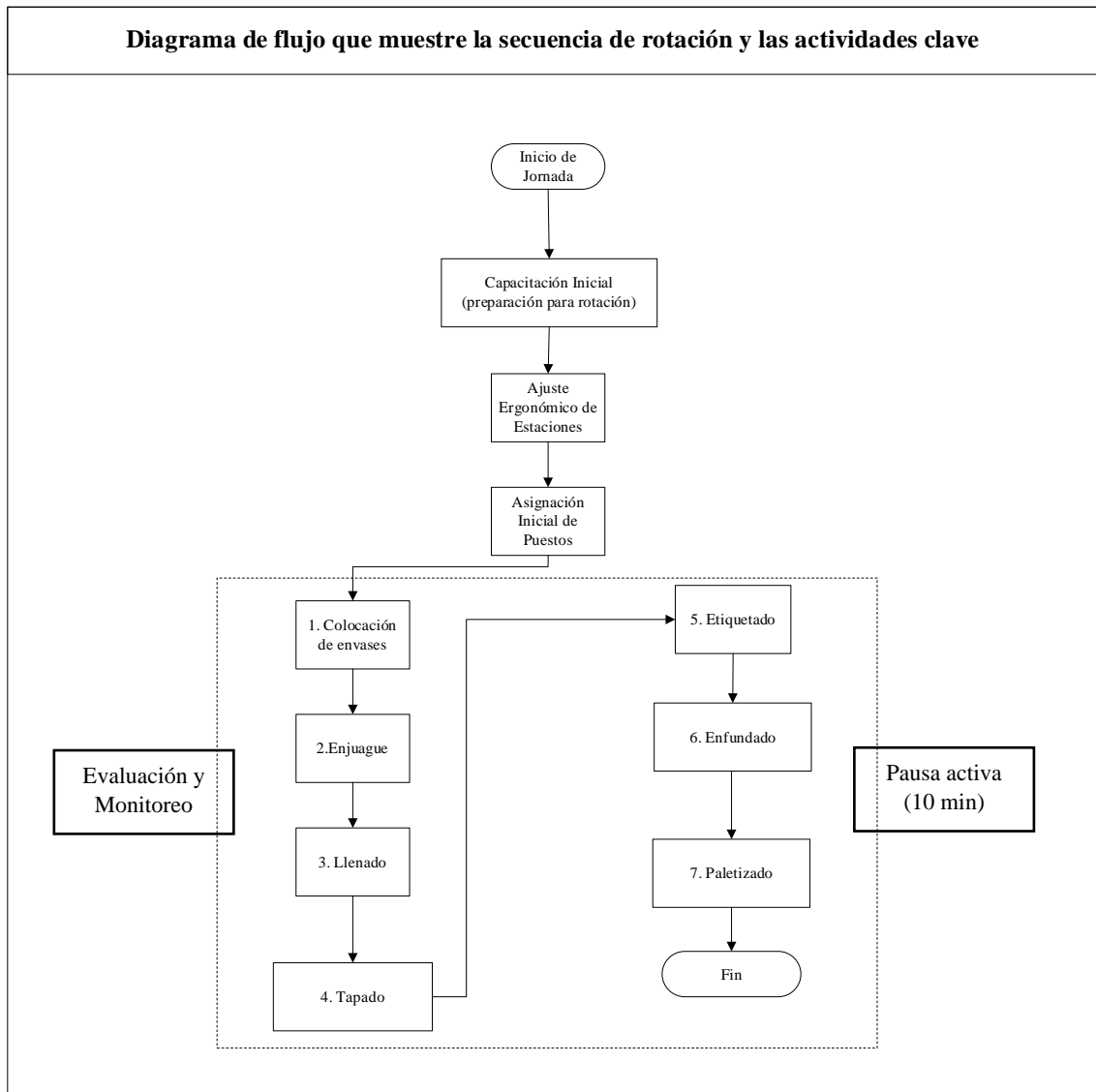


Gráfico 11. Diagrama de flujo rotación

Elaborado por: Maldonado, José (2024)

6. Capacitación y Entrenamiento Todos los trabajadores y supervisores de la línea de envasado recibirán capacitación sobre los procedimientos de rotación, las

consideraciones ergonómicas y las habilidades necesarias para desempeñarse en cada puesto. La capacitación incluirá:

- Sesiones teóricas sobre los principios de ergonomía y los beneficios de la rotación.
 - Demostraciones prácticas de las técnicas adecuadas para cada tarea.
 - Periodo de adaptación y supervisión estrecha durante las primeras semanas de implementación.
7. Monitoreo y Mejora Continua El Supervisor de Línea realizará observaciones periódicas para evaluar la efectividad del sistema de rotación e identificar oportunidades de mejora. Se registrarán indicadores clave como la incidencia de molestias músculo-esqueléticas, la productividad y la satisfacción de los trabajadores. Los hallazgos se discutirán en reuniones mensuales con el Gerente de Producción para realizar ajustes y garantizar la mejora continua del programa.
8. Anexos
- Formatos de registro de rotación y monitoreo.
 - Ilustraciones de posturas y técnicas recomendadas para cada puesto.
 - Plantilla para el reporte mensual de indicadores y mejoras.

Este manual de procedimientos proporciona una guía completa para la implementación del sistema de rotación de puestos en la línea de envasado de PROINBE. Su aplicación consistente y el compromiso de todos los involucrados permitirán alcanzar los beneficios esperados en términos de reducción de riesgos ergonómicos, mejora de la eficiencia operativa y bienestar de los trabajadores.

Módulo de Capacitación y Entrenamiento para el Sistema de Rotación de Puestos en la Línea de Envasado de PROINBE

b) Consideración de características individuales: Incorpora perfiles detallados de cada trabajador, incluyendo:

- Habilidades y niveles de competencia en diferentes puestos

- Restricciones médicas o limitaciones físicas
- Preferencias personales (dentro de lo posible)

c) Adaptabilidad a demandas específicas: Permite ajustar las rotaciones según:

- Variaciones en la demanda de producción
- Ausencias de personal
- Cambios en los productos o procesos

d) Balance entre objetivos de productividad y ergonomía: Utiliza un enfoque multiobjetivo para optimizar simultáneamente:

- Distribución equitativa de la carga ergonómica
- Mantenimiento de niveles de productividad objetivo
- Desarrollo de habilidades múltiples en los trabajadores

e) Interfaz de usuario intuitiva: Ofrece dashboards y reportes fáciles de interpretar para supervisores y gerentes.

f) Sistema de alertas: Notifica sobre potenciales conflictos o situaciones que requieren atención, como exposiciones prolongadas a tareas de alto riesgo.

g) Módulo de análisis y reportes: Genera informes detallados sobre la efectividad del sistema de rotación, incluyendo métricas de salud ocupacional y productividad.

Módulo de capacitación y entrenamiento

Se ha diseñado un programa integral de capacitación para asegurar que todos los trabajadores estén preparados para desempeñarse eficientemente en múltiples puestos. El módulo incluye:

a) Manual del participante: Documento completo que cubre:

- Fundamentos de ergonomía y seguridad ocupacional
- Descripción detallada de cada puesto de trabajo

- Técnicas y mejores prácticas para cada tarea
 - Protocolos de rotación y transición entre puestos
- b) Videos instructivos: Serie de videos cortos que demuestran:
- Técnicas correctas para realizar cada tarea
 - Ajustes ergonómicos de equipos y herramientas
 - Ejercicios de estiramiento y recuperación
- c) Presentaciones interactivas: Sesiones de formación que incluyen:
- Explicaciones teóricas de los principios del sistema de rotación
 - Actividades prácticas y simulaciones
 - Evaluaciones de comprensión y competencia
- d) Sesiones prácticas guiadas: Entrenamiento hands-on en la línea de envasado, que incluye:
- Demostraciones en vivo de cada puesto de trabajo
 - Práctica supervisada en cada estación
 - Feedback inmediato y corrección de técnicas
- e) Evaluaciones teóricas y prácticas: Sistema de certificación que asegura que cada trabajador ha adquirido las competencias necesarias para cada puesto.
- f) Programa de mentoring: Asignación de trabajadores experimentados como mentores para apoyar el aprendizaje continuo.
- g) Módulo de actualización continua: Sesiones periódicas para reforzar conocimientos e introducir mejoras o cambios en los procesos.

Objetivo

El objetivo de este módulo es proporcionar a los trabajadores y supervisores de la línea de envasado de PROINBE los conocimientos, habilidades y competencias necesarias para

implementar de manera efectiva el sistema de rotación de puestos. A través de un enfoque integral que combina materiales didácticos, videos instructivos y sesiones prácticas, se busca garantizar que todo el personal pueda desempeñarse eficazmente en los diferentes puestos de trabajo, minimizando los riesgos ergonómicos y maximizando la productividad.

Componentes del Módulo:

1. Manual del Participante:
 - Desarrollo de un manual completo que cubra los conceptos teóricos y prácticos del sistema de rotación de puestos.
 - Temas incluidos: ergonomía, secuencia de rotación, consideraciones para cada puesto, procedimientos de seguridad, etc.
 - Ejercicios y estudios de caso para reforzar el aprendizaje.
2. Videos Instructivos:
 - Creación de una serie de videos cortos (5-10 minutos) que demuestren las técnicas adecuadas para cada puesto de trabajo.
 - Videos enfocados en posturas correctas, manejo manual de cargas, uso de equipos, y otros aspectos críticos.
 - Subtítulos y narración para facilitar la comprensión y accesibilidad.
3. Presentaciones Interactivas:
 - Desarrollo de presentaciones en formato PowerPoint o similar, con contenido visual atractivo y actividades interactivas.
 - Inclusión de cuestionarios, juegos y simulaciones para evaluar y reforzar el aprendizaje.
 - Posibilidad de personalizar las presentaciones según el perfil y nivel de conocimiento de los participantes.
4. Sesiones Prácticas:
 - Organización de sesiones prácticas en la línea de envasado, guiadas por instructores experimentados.
 - Demostración y práctica de las técnicas adecuadas para cada puesto de trabajo.

- Retroalimentación individualizada para corregir errores y mejorar el desempeño.
 - Simulacros de rotación completa para familiarizar al personal con la secuencia y los tiempos de cambio.
5. Evaluaciones y Certificación:
- Diseño de evaluaciones teóricas y prácticas para medir la comprensión y aplicación de los conceptos aprendidos.
 - Establecimiento de un puntaje mínimo para aprobar y obtener la certificación en el sistema de rotación.
 - Entrega de certificados de competencia a los participantes que completen satisfactoriamente el módulo.

Metodología de Capacitación:

1. Fase de Introducción (1 semana):
 - Presentación del módulo y sus objetivos a todos los trabajadores y supervisores involucrados.
 - Distribución del Manual del Participante y acceso a los recursos en línea (videos, presentaciones, etc.).
 - Sesión introductoria para explicar la importancia y los beneficios del sistema de rotación de puestos.
2. Fase de Aprendizaje Teórico (2 semanas):
 - Estudio individual del Manual del Participante y visualización de los videos instructivos.
 - Sesiones Grupales para discutir los conceptos clave y resolver dudas.
 - Realización de ejercicios y estudios de caso del manual para aplicar los conocimientos adquiridos.
3. Fase de Aprendizaje Práctico (2 semanas):
 - Participación en las sesiones prácticas en la línea de envasado, guiadas por instructores.
 - Rotación por los diferentes puestos de trabajo para desarrollar habilidades prácticas.

- Retroalimentación y coaching individual para mejorar el desempeño.
4. Fase de Evaluación y Certificación (1 semana):
- Realización de las evaluaciones teóricas y prácticas diseñadas.
 - Revisión de los resultados y proporcionar retroalimentación a los participantes.
 - Entrega de certificados de competencia a quienes aprueben satisfactoriamente.
5. Fase de Seguimiento y Mejora Continua:
- Observaciones periódicas en la línea de envasado para evaluar la aplicación de las habilidades adquiridas.
 - Sesiones de refuerzo y actualización según las necesidades identificadas.
 - Recopilación de feedback de los participantes para mejorar continuamente el módulo de capacitación.

Recursos Necesarios:

- Sala de capacitación equipada con proyector, computadoras y materiales de aprendizaje.
- Equipo de protección personal y herramientas necesarias para las sesiones prácticas.
- Plataforma de e-learning para alojar los recursos en línea (videos, presentaciones, evaluaciones).
- Instructores calificados con experiencia en ergonomía y en la línea de envasado de PROINBE.

Indicadores de Éxito:

- Porcentaje de trabajadores y supervisores que completan exitosamente el módulo de capacitación.
- Reducción en la incidencia de errores y riesgos ergonómicos observados durante las sesiones prácticas.
- Mejora en los indicadores de productividad y calidad en la línea de envasado después de la capacitación.

- Satisfacción y confianza de los participantes en su capacidad para desempeñarse en los diferentes puestos de trabajo.

Cronograma de Implementación:

- Semana 1: Desarrollo de los materiales de capacitación (manual, videos, presentaciones).
- Semana 2: Preparación de las sesiones prácticas y configuración de la plataforma de e-learning.
- Semana 3-7: Ejecución de las fases de introducción, aprendizaje teórico, aprendizaje práctico y evaluación.
- Semanas 8 en adelante: Seguimiento continuo y sesiones de refuerzo según sea necesario.

Este módulo integral de capacitación y entrenamiento asegurará que todos los trabajadores y supervisores de la línea de envasado de PROINBE adquieran las habilidades y conocimientos necesarios para implementar exitosamente el sistema de rotación de puestos. A través de una combinación efectiva de materiales didácticos, videos instructivos y sesiones prácticas, se logrará un aprendizaje completo y duradero que se traduzca en una mejora significativa de la ergonomía, la productividad y el bienestar de los trabajadores en la línea de envasado.

- Variaciones en la demanda de producción
- Ausencias de personal
- Cambios en los productos o procesos

d) Balance entre objetivos de productividad y ergonomía: Utiliza un enfoque multiobjetivo para optimizar simultáneamente:

- Distribución equitativa de la carga ergonómica
- Mantenimiento de niveles de productividad objetivo
- Desarrollo de habilidades múltiples en los trabajadores

e) Interfaz de usuario intuitiva: Ofrece dashboards y reportes fáciles de interpretar para supervisores y gerentes.

f) Sistema de alertas: Notifica sobre potenciales conflictos o situaciones que requieren atención, como exposiciones prolongadas a tareas de alto riesgo.

g) Módulo de análisis y reportes: Genera informes detallados sobre la efectividad del sistema de rotación, incluyendo métricas de salud ocupacional y productividad.

Módulo de capacitación y entrenamiento

Se ha diseñado un programa integral de capacitación para asegurar que todos los trabajadores estén preparados para desempeñarse eficientemente en múltiples puestos. El módulo incluye:

a) Manual del participante: Documento completo que cubre:

- Fundamentos de ergonomía y seguridad ocupacional
- Descripción detallada de cada puesto de trabajo
- Técnicas y mejores prácticas para cada tarea
- Protocolos de rotación y transición entre puestos

b) Videos instructivos: Serie de videos cortos que demuestran:

- Técnicas correctas para realizar cada tarea
- Ajustes ergonómicos de equipos y herramientas
- Ejercicios de estiramiento y recuperación

c) Presentaciones interactivas: Sesiones de formación que incluyen:

- Explicaciones teóricas de los principios del sistema de rotación
- Actividades prácticas y simulaciones
- Evaluaciones de comprensión y competencia

d) Sesiones prácticas guiadas: Entrenamiento hands-on en la línea de envasado, que incluye:

- Demostraciones en vivo de cada puesto de trabajo
- Práctica supervisada en cada estación
- Feedback inmediato y corrección de técnicas

e) Evaluaciones teóricas y prácticas: Sistema de certificación que asegura que cada trabajador ha adquirido las competencias necesarias para cada puesto.

f) Programa de mentoring: Asignación de trabajadores experimentados como mentores para apoyar el aprendizaje continuo.

g) Módulo de actualización continua: Sesiones periódicas para reforzar conocimientos e introducir mejoras o cambios en los procesos.

Diseño del sistema de rotación

Secuencia de rotación propuesta

Basándose en el análisis ergonómico y las demandas de cada puesto, se propone la siguiente secuencia de rotación:

1. Colocación de envases →
2. Etiquetado →
3. Llenado →
4. Tapado →
5. Enjuague →
6. Enfundado →
7. Paletizado

Esta secuencia ha sido diseñada para:

- Alternar entre tareas de alta y baja demanda física
- Distribuir equitativamente la carga a lo largo del día

- Proporcionar variedad en los tipos de movimientos y posturas
- Optimizar el aprendizaje y desarrollo de habilidades múltiples

Duración de las rotaciones

Se propone un esquema de rotación cada 2 horas, con las siguientes características:

- Duración de cada asignación: 110 minutos
- Pausa activa entre rotaciones: 10 minutos
- Número total de rotaciones por turno de 8 horas: 4

Este esquema permite:

- Limitar la exposición continua a tareas de alto riesgo
- Proporcionar tiempo suficiente para adaptarse a cada puesto
- Mantener un ritmo de producción estable
- Incluir pausas regulares para recuperación y estiramiento

Consideraciones individuales

El sistema de rotación toma en cuenta factores individuales para asegurar una implementación efectiva y equitativa:

a) Edad y género:

- Ajuste de la frecuencia y duración de las rotaciones para trabajadores de mayor edad.
- Consideración de diferencias fisiológicas en la asignación de tareas que requieren mayor fuerza física.

b) Historial médico y limitaciones físicas:

- Exclusión o modificación de ciertas rotaciones para trabajadores con condiciones médicas específicas.
- Implementación de adaptaciones ergonómicas personalizadas en puestos críticos.

c) Habilidades y experiencia:

- Asignación inicial basada en competencias existentes.
- Plan de desarrollo gradual para adquirir habilidades en nuevos puestos.

d) Preferencias personales:

- Consideración de preferencias individuales en la medida que no comprometan los objetivos ergonómicos y productivos.
- Sistema de feedback para ajustar rotaciones basado en la experiencia de los trabajadores.

Resultados esperados

La implementación del sistema de rotación de puestos en la línea semiautomática de envasado de PROINBE se prevé que generará mejoras significativas en múltiples dimensiones:

Mejoras Ergonómicas

El sistema de rotación sistemática entre estaciones de trabajo conducirá a una reducción en la carga postural a través de diversos mecanismos:

La distribución de la carga muscular se optimizará mediante la alternancia entre tareas que involucran diferentes grupos musculares, permitiendo que los trabajadores experimenten una activación muscular más equilibrada durante su turno. Esto beneficiará especialmente a los trabajadores en estaciones de alto riesgo como la colocación de botellas y el paletizado.

Los períodos de recuperación implementados, que consisten en pausas activas de 10 minutos entre rotaciones, permitirán una adecuada recuperación muscular y reducirán la acumulación de fatiga. Estas pausas estructuradas, combinadas con ejercicios de

estiramiento específicos, ayudarán a mantener el estado de alerta y la capacidad física de los trabajadores.

La variación postural se logrará mediante una secuencia de rotación diseñada para alternar entre tareas que requieren diferentes posturas, evitando posiciones estáticas prolongadas. Esta variación beneficiará particularmente a los trabajadores que actualmente mantienen posiciones fijas en estaciones como control de calidad y etiquetado.

Desempeño Operacional

El sistema de rotación de puestos mejorará la efectividad operacional mediante:

La flexibilidad de la fuerza laboral aumentará gracias a la capacitación cruzada de los trabajadores en múltiples estaciones, creando un equipo más versátil capaz de responder efectivamente a las variaciones en la producción y las ausencias. Esta mayor flexibilidad ayudará a mantener un flujo de producción constante incluso durante los períodos de mayor demanda.

La mejora en la calidad se logrará mediante la rotación regular entre estaciones, lo que ayudará a mantener altos niveles de atención y precisión, particularmente en los puntos críticos de control de calidad. Los trabajadores abordarán cada tarea con un enfoque renovado después de la rotación.

La comprensión del proceso se fortalecerá a medida que los trabajadores adquieran experiencia en diferentes estaciones, desarrollando una comprensión más integral de todo el proceso productivo. Esta perspectiva más amplia facilitará una mejor comunicación y coordinación entre estaciones.

Desarrollo de Competencias

La implementación del sistema de rotación fomentará el crecimiento profesional mediante:

El desarrollo de habilidades múltiples permitirá que los trabajadores adquieran competencias en diversas estaciones de trabajo, mejorando sus capacidades profesionales y su valor para la organización. Esta diversificación de habilidades creará oportunidades para el avance profesional y el enriquecimiento laboral.

La competencia técnica se fortalecerá a través de la capacitación estructurada y la práctica regular en diferentes estaciones, permitiendo que los trabajadores desarrollen una comprensión técnica más profunda de varios aspectos del proceso de envasado. Este conocimiento incrementado contribuirá a mejorar las capacidades de resolución de problemas.

Beneficios para la Salud Ocupacional

Los efectos positivos en la salud ocupacional se manifestarán a través de:

La reducción del estrés biomecánico se logrará mediante la distribución más equitativa de las demandas físicas a lo largo de la jornada laboral. La alternancia entre tareas de diferente intensidad permitirá períodos de recuperación naturales para los grupos musculares más exigidos.

La prevención de lesiones se fortalecerá gracias a la reducción de la exposición prolongada a factores de riesgo específicos. La variación en las tareas y posturas ayudará a prevenir el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos relacionados con movimientos repetitivos y posturas estáticas.

La conciencia ergonómica aumentará entre los trabajadores a través de la capacitación continua y la experiencia práctica en diferentes puestos. Este conocimiento mejorado permitirá que los trabajadores identifiquen y eviten situaciones de riesgo potencial.

Impacto Organizacional

La implementación del sistema generará beneficios organizacionales significativos:

La cultura de seguridad se fortalecerá mediante la participación de todos los niveles de la organización en el programa de rotación. Este compromiso compartido con la seguridad y la salud ocupacional contribuirá a un ambiente de trabajo más seguro y saludable.

La satisfacción laboral mejorará gracias a la variedad de tareas, el desarrollo de nuevas habilidades y la reducción de la monotonía. Los trabajadores experimentarán mayor autonomía y oportunidades de crecimiento profesional.

La comunicación interdepartamental se optimizará debido a que los trabajadores desarrollarán un entendimiento más completo del proceso productivo y las interrelaciones entre diferentes estaciones de trabajo.

Resultados en Productividad y Eficiencia

La implementación del sistema de rotación de puestos se reflejará en mejoras tangibles en la productividad y eficiencia operacional. El tiempo de ciclo en la línea de envasado se optimizará gracias a la presencia de operadores más versátiles y mejor capacitados en múltiples estaciones. La reducción en los tiempos de inactividad no planificados se logrará mediante una mejor capacidad de respuesta ante ausencias o variaciones en la demanda de producción.

La calidad del producto mejorará significativamente debido a la mayor atención y precisión que los trabajadores pueden mantener al alternar entre diferentes tareas. Los operadores con experiencia en múltiples estaciones desarrollarán una comprensión más profunda de los estándares de calidad y podrán identificar potenciales problemas de manera más efectiva. La eficiencia global del equipo (OEE) experimentará una mejora sustancial gracias a la reducción de tiempos muertos, la optimización de cambios de formato y la menor incidencia de errores operativos. El sistema de rotación permitirá mantener un ritmo de producción más constante y predecible.

Sostenibilidad del Sistema

La sostenibilidad a largo plazo del sistema de rotación se asegurará mediante varios mecanismos. El programa de capacitación continua garantizará que los nuevos trabajadores se integren efectivamente al sistema de rotación, mientras que las evaluaciones periódicas permitirán identificar y abordar oportunidades de mejora.

El sistema de documentación y seguimiento proporcionará datos objetivos sobre el desempeño del programa, permitiendo ajustes basados en evidencia. La participación de supervisores y trabajadores en la evaluación y mejora del sistema asegurará su relevancia continua y adaptabilidad a las necesidades cambiantes de la operación.

La integración del sistema de rotación con otros programas de mejora continua de la empresa fortalecerá su permanencia como parte fundamental de las prácticas operativas de PROINBE. El compromiso de la gerencia y la evidencia de los beneficios tangibles contribuirán a la sostenibilidad del programa.

Tabla 21. Cronograma de actividades

Actividad	Duración (semanas)	Recursos	Indicadores
Diagnóstico ergonómico inicial	4	Ergónomos, Ing. Industrial	% de estaciones evaluadas con métodos RULA y OCRA
Análisis antropométrico y biomecánico	3	Ing. Industrial, Software Kinovea	% de trabajadores evaluados y perfiles completados
Desarrollo del modelo de rotación	6	Ing. Industrial, Matemático	% de variables críticas incorporadas al modelo
Elaboración de documentación técnica	3	Ing. Industrial	% de procedimientos y protocolos documentados
Desarrollo del sistema de monitoreo	4	Ing. Industrial	% de indicadores implementados y validados
Preparación del programa de capacitación	3	Ing. Industrial	% de funcionalidades implementadas
Adecuación de estaciones de trabajo	2	Ing. Industrial, Capacitador	% de estaciones optimizadas ergonómicamente
Capacitación del personal	4	Técnicos, Obreros	% de personal certificado en el sistema

Actividad	Duración (semanas)	Recursos	Indicadores
Implementación piloto	6	Capacitador, Supervisores	% de cumplimiento del plan piloto
Evaluación y ajustes del sistema	3	Ing. Industrial, Supervisores	% de implementación efectiva
Implementación completa	8	Ing. Industrial	% de indicadores alcanzados
Seguimiento y mejora continua	Continuo	Supervisores, Ing. Industrial	% de indicadores en rango objetivo

La Tabla 21 presenta el cronograma de actividades para la implementación del sistema de rotación de puestos en PROINBE. Este cronograma se estructura en doce actividades principales que abarcan desde el diagnóstico inicial hasta el seguimiento continuo del sistema.

El diagnóstico ergonómico inicial, programado para cuatro semanas, establece la línea base del proyecto. Durante este período, el Ingeniero Industrial realizará evaluaciones exhaustivas utilizando los métodos RULA y OCRA en todas las estaciones de trabajo. El éxito de esta fase se medirá por el porcentaje de estaciones efectivamente evaluadas.

El análisis antropométrico y biomecánico, planificado para tres semanas, implica la evaluación detallada de las características físicas de los trabajadores y sus movimientos utilizando el software Kinovea. Esta fase es crucial para comprender las demandas físicas específicas de cada puesto y se evaluará según el porcentaje de trabajadores completamente evaluados.

El desarrollo del modelo de rotación representa una fase crítica de seis semanas, durante la cual el Ingeniero Industrial establecerá los parámetros y variables del sistema de rotación. El éxito se medirá por el porcentaje de variables críticas efectivamente incorporadas al modelo final.

La documentación técnica, programada para tres semanas, asegurará que todos los procedimientos y protocolos queden claramente establecidos y documentados. Esta fase es fundamental para la implementación sostenible del sistema.

Las fases de implementación, que incluyen el desarrollo del sistema de monitoreo (4 semanas), la preparación del programa de capacitación (3 semanas), y la adecuación de estaciones de trabajo (2 semanas), establecen la infraestructura necesaria para el funcionamiento del sistema.

La capacitación del personal (4 semanas) y la implementación piloto (6 semanas) representan las fases de prueba y ajuste del sistema. Durante estas etapas, se capacitará al personal y se evaluará el funcionamiento del sistema en condiciones reales.

La implementación completa se extenderá por 8 semanas, permitiendo la expansión gradual del sistema a toda la línea de producción. Finalmente, el seguimiento y mejora continua se establece como una actividad permanente para asegurar la sostenibilidad del sistema.

Cada actividad tiene asignados recursos específicos, principalmente centrados en el Ingeniero Industrial como recurso principal, con apoyo del personal de la empresa en fases específicas. Los indicadores establecidos para cada actividad permitirán un seguimiento objetivo del progreso y el éxito en la implementación Tabla 22.

Tabla 22. Análisis de costos

Componente	Costo (USD)
Equipo de proyecto (movilización material de oficina)	850
Sistema de documentación (carpetas, archivadores)	450
Adaptación de estaciones de trabajo	4.200
Materiales de capacitación y entrenamiento (impresiones, ayudas visuales señalética, material para evaluaciones)	2.100
Imprevistos (10%)	760
Total	8.360

Curva "S" de costos acumulados

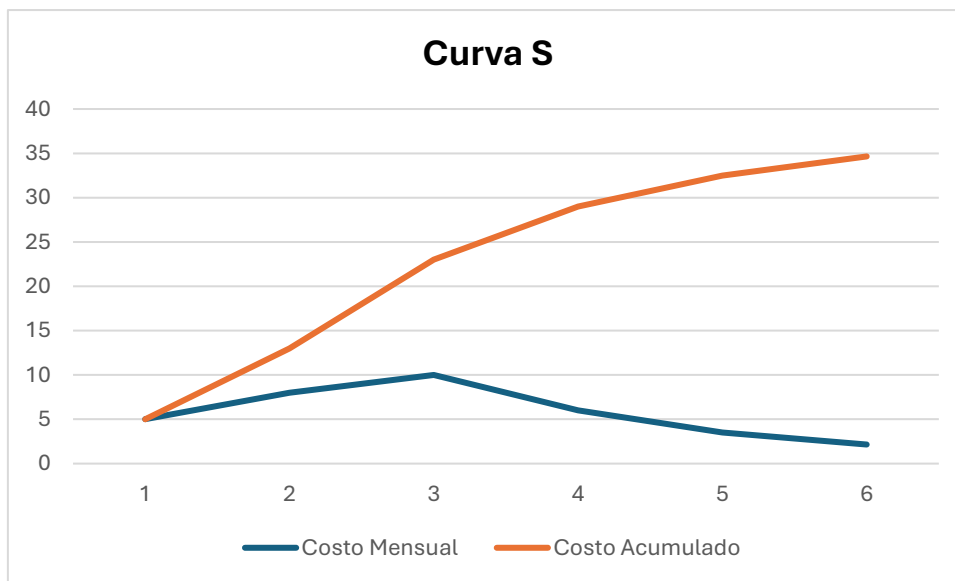


Gráfico 112. Curva S

Elaborado por: Maldonado, José (2024)

La Gráfica 12 de Curva "S" de costos acumulados para el proyecto de implementación del sistema de rotación de puestos en PROINBE representa gráficamente el avance financiero del proyecto a lo largo del tiempo. Esta curva muestra una tendencia característica en forma de "S" que refleja el patrón típico de gasto en proyectos de implementación.

Análisis de la Curva por Etapas:

Etapas Inicial (Mes 1): La curva comienza con una pendiente moderada, reflejando una inversión inicial de \$960. Esta fase corresponde principalmente a los costos de movilización y materiales básicos necesarios para iniciar el proyecto. La pendiente es relativamente suave debido a que los gastos iniciales son controlados y se centran en la planificación y organización.

Etapas de Implementación Principal (Mes 2): Se observa un incremento significativo en la pendiente de la curva, alcanzando \$3,510 acumulados. Este período representa la fase de mayor inversión, donde se realizan las principales adaptaciones ergonómicas. La

pendiente pronunciada refleja la concentración de gastos importantes en equipamiento y mejoras físicas de las estaciones de trabajo.

Etapa de Desarrollo (Mes 3): La curva continúa ascendiendo, pero con una pendiente más moderada, llegando a \$5,110. Esta fase corresponde a la implementación de materiales de capacitación y sistemas de documentación. La pendiente menos pronunciada indica una distribución más gradual de los gastos.

Etapa de Consolidación (Mes 4): Se mantiene un ascenso constante pero más gradual, alcanzando \$6,860. Esta fase incluye la finalización de implementaciones pendientes y el desarrollo de materiales adicionales. La pendiente más suave refleja una estabilización en el ritmo de gastos.

Etapa Final (Mes 5): La curva alcanza su punto máximo de \$8,360, con una pendiente que se vuelve más suave. Esta última fase incluye los costos finales del proyecto y los imprevistos. La tendencia a aplanarse indica la culminación de las principales inversiones del proyecto.

Análisis de la Curva S

Características Notables de la Curva:

- El punto de inflexión más significativo ocurre durante el segundo mes, donde se concentra la mayor inversión en adaptaciones ergonómicas.
- La curva muestra una progresión controlada de los gastos, sin saltos abruptos que pudieran indicar una gestión financiera ineficiente.
- La distribución temporal de los costos permite una gestión más efectiva del flujo de caja del proyecto.

Esta representación gráfica sirve como herramienta de control y seguimiento, permitiendo:

- Comparar el avance real de los gastos contra lo planificado
- Identificar desviaciones tempranas en el presupuesto

- Facilitar la toma de decisiones sobre ajustes necesarios
- Proporcionar una visión clara del progreso financiero del proyecto

La Curva "S" desarrollada para este proyecto refleja una planificación financiera realista, con una distribución de costos que considera tanto las necesidades operativas como las restricciones presupuestarias de la empresa.

Impacto Ambiental y Social

El sistema de rotación tendrá un impacto positivo en el ambiente laboral y la comunidad. La reducción en la generación de residuos y reprocesos, resultado de una mayor calidad y eficiencia operativa, contribuirá a los objetivos de sostenibilidad ambiental de la empresa.

La mejora en las condiciones laborales y el desarrollo profesional de los trabajadores tendrá un efecto multiplicador en la comunidad local, fortaleciendo la reputación de PROINBE como empleador responsable. El éxito del programa podrá servir como modelo para otras empresas del sector, promoviendo prácticas laborales más saludables y sostenibles.

La reducción en la incidencia de lesiones y enfermedades ocupacionales tendrá un impacto positivo en el sistema de salud local y en la calidad de vida de las familias de los trabajadores. El programa contribuirá al desarrollo sostenible de la comunidad mediante la promoción de prácticas laborales seguras y el desarrollo del capital humano.

Beneficios Económicos y Retorno de Inversión

La implementación del sistema de rotación generará beneficios económicos significativos para PROINBE. Los costos asociados con el ausentismo laboral se reducirán gracias a la menor incidencia de lesiones y molestias musculoesqueléticas.

Los costos de capacitación y reemplazo de personal disminuirán debido a la mayor retención de empleados satisfechos y saludables. La inversión en el desarrollo de

habilidades múltiples creará un equipo más valioso y adaptable, reduciendo la necesidad de contratar personal temporal o especializado.

- Los costos operativos se optimizarán mediante:
- La reducción de tiempos improductivos
- La disminución de productos defectuosos y reprocesos
- La optimización del uso de recursos y materiales
- La menor necesidad de mantenimiento correctivo

Monitoreo y Evaluación del Sistema

El sistema de monitoreo y evaluación para el programa de rotación de puestos en PROINBE se estructura de la siguiente manera:

1. Indicadores clave de desempeño (KPIs)
 - Indicadores de Salud Ocupacional
 - Registro y seguimiento de reportes de molestias musculoesqueléticas
 - Documentación de días de ausencia por causas ergonómicas
 - Resultados de evaluaciones RULA y OCRA periódicas
 - Niveles de fatiga reportados mediante escala de Borg
2. Registro de incidentes y casi-incidentes relacionados con ergonomía
 - Indicadores de Desempeño Operativo
 - Tiempos de ciclo por estación de trabajo
 - Cumplimiento de objetivos de producción diarios
 - Control de productos no conformes
 - Medición de la eficiencia global del equipo (OEE)
 - Tiempo de inactividad no planificado

3. Velocidad de línea y rendimiento por turno

Indicadores de Competencia y Desarrollo

- Matriz de habilidades por trabajador y estación
- Horas de capacitación completadas
- Evaluaciones de desempeño en diferentes puestos
- Avance en el programa de desarrollo de competencias
- Retroalimentación de supervisores sobre desempeño

Métodos de Evaluación

1. Evaluaciones Ergonómicas

- Aplicación mensual de método RULA
- Evaluaciones trimestrales con método OCRA
- Mediciones antropométricas actualizadas
- Análisis de posturas y movimientos críticos
- Evaluación de la efectividad de ayudas ergonómicas

2. Encuestas y Entrevistas

- Cuestionarios de satisfacción laboral
- Entrevistas estructuradas con trabajadores
- Retroalimentación de supervisores
- Evaluaciones de confort y fatiga
- Sugerencias y comentarios del personal

3. Análisis de Productividad

- Revisión de registros de producción
- Análisis de tendencias de calidad
- Evaluación de tiempos y movimientos

- Estudios de eficiencia por estación
- Comparativas antes-después de la implementación

4. Documentación y Registro

- Mantenimiento de registros detallados de rotación
- Documentación de incidencias y ajustes
- Archivo de evaluaciones y resultados
- Registro de capacitaciones y certificaciones
- Seguimiento de planes de mejora

5. Auditorías del Sistema

- Auditorías internas trimestrales
- Verificación de cumplimiento de procedimientos
- Revisión de documentación y registros
- Evaluación de la efectividad del programa
- Identificación de oportunidades de mejora

Ciclo de Mejora Continua

1. Planificación

- Establecimiento de objetivos periódicos
- Definición de metas por indicador
- Desarrollo de planes de acción
- Asignación de recursos y responsabilidades
- Cronograma de implementación de mejoras

2. Implementación

- Ejecución de acciones planificadas
- Seguimiento de indicadores clave

- Registro de resultados y observaciones
- Ajustes y correcciones inmediatas
- Documentación de experiencias y aprendizajes

3. Verificación

- Análisis de resultados obtenidos
- Comparación con objetivos establecidos
- Evaluación de efectividad de acciones
- Identificación de desviaciones
- Determinación de causas raíz

4. Mejora

- Desarrollo de acciones correctivas
- Implementación de mejoras identificadas
- Actualización de procedimientos
- Reforzamiento de capacitación
- Comunicación de cambios y resultados

Para asegurar el éxito continuo del sistema de rotación y permitir mejoras basadas en datos, se implementará un riguroso plan de monitoreo y evaluación:

Indicadores clave de desempeño (KPIs)

a) KPIs de salud ocupacional:

- Tasa de incidencia de trastornos músculo-esqueléticos
- Número de días de trabajo perdidos por lesiones relacionadas con la ergonomía
- Puntuaciones RULA y OCRA promedio por estación de trabajo

b) KPIs de productividad:

- Eficiencia global del equipo (OEE)
- Producción por hora-hombre
- Tasa de productos defectuosos
- Tiempo de inactividad no planificado

c) KPIs de satisfacción y desarrollo del personal:

- Índice de satisfacción laboral
- Tasa de rotación voluntaria del personal
- Número promedio de puestos en los que cada trabajador está certificado

d) KPIs financieros:

- Costos asociados a lesiones y ausentismo
- Relación costo-beneficio del sistema de rotación
- Retorno sobre la inversión (ROI) del proyecto

Métodos de evaluación

a) Evaluaciones ergonómicas periódicas:

- Aplicación trimestral de métodos RULA y OCRA en todas las estaciones
- Análisis postural utilizando tecnología de captura de movimiento
- Mediciones de fuerza y repetitividad en tareas críticas

b) Análisis de datos de producción:

- Recopilación automática de datos a través del sistema MES (Manufacturing Execution System)
- Análisis semanal de tendencias en productividad y calidad
- Informes mensuales comparativos pre y post implementación del sistema de rotación

c) Encuestas de satisfacción laboral:

- Cuestionarios trimestrales anónimos para todos los empleados
- Grupos focales semestrales con representantes de diferentes áreas
- Sistema de sugerencias y feedback continuo

d) Exámenes médicos ocupacionales:

- Evaluaciones médicas anuales completas para todos los trabajadores
- Seguimiento trimestral para empleados con condiciones preexistentes
- Análisis estadístico de tendencias en salud ocupacional

e) Análisis de costos y beneficios:

- Revisión mensual de gastos relacionados con el sistema de rotación
- Cálculo trimestral de ahorros generados y mejoras en eficiencia
- Evaluación anual del ROI y ajuste de proyecciones financieras

Ciclo de mejora continua

Se implementará un ciclo PDCA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) para la mejora continua del sistema de rotación:

a) Planificar:

- Revisión trimestral de KPIs y establecimiento de objetivos de mejora
- Identificación de áreas problemáticas y oportunidades de optimización
- Desarrollo de planes de acción específicos

b) Hacer:

- Implementación de mejoras y ajustes al sistema de rotación
- Ejecución de iniciativas de capacitación adicionales según sea necesario
- Pruebas piloto de nuevas estrategias o tecnologías

c) Verificar:

- Monitoreo continuo de KPIs post-implementación de mejoras
- Recopilación de feedback de trabajadores y supervisores
- Análisis de la efectividad de las acciones implementadas

d) Actuar:

- Estandarización de mejoras exitosas
- Ajuste o descarte de iniciativas no efectivas
- Identificación de nuevas áreas de enfoque para el siguiente ciclo

Este enfoque de mejora continua asegurará que el sistema de rotación de puestos evolucione constantemente, adaptándose a las cambiantes necesidades de PROINBE y sus trabajadores, y manteniendo su efectividad a largo plazo.

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACION Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ROTACIÓN DE PROPUESTO

Fase de Implementación

La implementación del sistema de rotación de puestos en la línea de envasado de PROINBE se llevó a cabo siguiendo un proceso estructurado en varias etapas, comenzando con la socialización del manual de procedimientos y culminando con la evaluación post-implementación.

Manual de Procedimientos

El desarrollo e implementación del Manual de Procedimientos para el sistema de rotación de puestos se realizó de manera metódica y colaborativa. Un equipo multidisciplinario compuesto por el investigador, el supervisor de producción y representantes de los trabajadores trabajó en conjunto para desarrollar el contenido del manual. Se realizaron observaciones detalladas de cada puesto de trabajo y se consultó con los operarios más experimentados para capturar las mejores prácticas.

El manual incluye:

- Descripción detallada de cada puesto de trabajo
- Diagramas de flujo de los procesos
- Procedimientos paso a paso para cada tarea
- Consideraciones ergonómicas específicas
- Protocolos de seguridad

- Secuencias de rotación y tiempos de permanencia en cada puesto
- Procedimientos para el cambio de turno y la transición entre puestos

El borrador del manual fue revisado por el Gerente de la empresa y por el representante de los trabajadores. Se realizaron ajustes basados en sus comentarios y sugerencias para asegurar la claridad y aplicabilidad del contenido.

Se organizaron sesiones de capacitación para introducir el manual a todos los empleados de la línea de envasado. Estas sesiones incluyeron:

- Presentación general del sistema de rotación
- Explicación detallada de cada sección del manual
- Ejercicios prácticos de aplicación de los procedimientos
- Sesiones de preguntas y respuestas

Después de la distribución y las sesiones de capacitación, se realizó una evaluación para medir la comprensión del manual y del sistema de rotación. Esta evaluación consistió en:

- Un cuestionario escrito sobre los contenidos clave del manual
- Entrevistas individuales con una muestra representativa de empleados
- Observaciones en el puesto de trabajo para verificar la aplicación correcta de los procedimientos

Resultados

La evaluación mostró resultados significativos en varios aspectos:

Comprensión y Conocimiento

Los cuestionarios escritos revelaron un alto nivel de comprensión entre los empleados. Todos los trabajadores demostraron una comprensión general del sistema de rotación y fueron capaces de identificar correctamente la secuencia de rotación.

El conocimiento de las consideraciones ergonómicas y la familiaridad con los procedimientos de transición mostraron también resultados favorables, con la mayoría de los trabajadores demostrando un buen entendimiento de estos aspectos.

Percepción del Manual

Las entrevistas individuales mostraron una recepción muy positiva del manual. Los empleados encontraron el manual claro y los diagramas de flujo útiles. La aplicabilidad de los procedimientos fue bien valorada por la mayoría de los trabajadores.

Implementación Práctica

Las observaciones en el puesto de trabajo revelaron una implementación generalmente exitosa. El seguimiento de la secuencia de rotación y el cumplimiento de los protocolos de seguridad mostraron resultados positivos. La aplicación de consideraciones ergonómicas y la ejecución correcta de procedimientos evidenciaron un alto nivel de cumplimiento. La transición adecuada entre puestos, aunque presentó algunos desafíos iniciales, mejoró significativamente con la práctica.

Comentarios de los empleados:

Los trabajadores expresaron que el manual es claro y fácil de seguir, destacando especialmente la utilidad de los diagramas. Sugieren la inclusión de sus sugerencias en la versión final y consideraron que incluir videos como una excelente adición para comprender mejor las tareas complejas.

Áreas de mejora identificadas:

Se identificaron oportunidades de mejora específicas:

- Algunos empleados sugirieron incluir más imágenes para ilustrar posturas correctas e incorrectas
- Se identificó la necesidad de una versión resumida de bolsillo para consulta rápida durante el turno
- Se sugirió simplificar algunos procedimientos de transición entre puestos

POST TEST

Tras la implementación del sistema de rotación de puestos, se realizó una evaluación ergonómica utilizando tres metodologías complementarias: NTP 387 (evaluación de las condiciones de trabajo), el método OWAS (Ovako Working Analysis System) y el método OCRA. Se incorporó el método OWAS, no utilizado en la evaluación inicial, por su capacidad para evaluar posiciones globales del cuerpo y su efectividad para detectar cambios en la carga postural después de intervenciones ergonómicas. El método OWAS proporciona una visión complementaria al enfoque de RULA (centrado en extremidades superiores) y OCRA (enfocado en movimientos repetitivos), permitiendo una valoración más integral de la efectividad del sistema implementado, particularmente en aspectos relacionados con la postura de la espalda y las extremidades inferiores durante el ciclo de trabajo completo.

Para la evaluación de la efectividad del sistema de rotación implementado, se decidió incorporar el método OWAS como metodología complementaria a los métodos RULA y OCRA utilizados en la evaluación inicial.

Esta decisión metodológica se fundamenta en los siguientes criterios técnicos:

1. Complementariedad metodológica

El método OWAS proporciona una dimensión de análisis que complementa perfectamente las evaluaciones RULA y OCRA por las siguientes razones:

- Mientras RULA se centra en la evaluación detallada de extremidades superiores, cuello y tronco con énfasis en ángulos articulares específicos, OWAS ofrece una visión más global de la postura corporal completa, categorizando posturas de espalda, brazos y piernas en combinación con la carga o fuerza ejercida.
- El método OCRA está especializado en el análisis de movimientos repetitivos y sus factores asociados (frecuencia, fuerza, posturas forzadas, tiempos de recuperación), pero no evalúa específicamente ciertas posturas globales del cuerpo, especialmente las relacionadas con las extremidades inferiores, que sí son consideradas por OWAS.

- La combinación de estos tres métodos permite una evaluación integral de los tres componentes principales del riesgo ergonómico: posturas forzadas (RULA sustituida por OWAS), movimientos repetitivos (OCRA) y manipulación de cargas (OWAS).

2. Ventajas específicas de OWAS para evaluar sistemas de rotación

El método OWAS presenta características que lo hacen particularmente adecuado para evaluar la efectividad de un sistema de rotación de puestos:

- Sistema de codificación sencillo: OWAS utiliza un sistema de codificación de 4 dígitos (espalda, brazos, piernas, carga) que permite identificar rápidamente cambios en los patrones posturales antes y después de implementar el sistema de rotación.

- Categorización clara del nivel de riesgo:

OWAS clasifica el riesgo en 4 categorías (1: postura normal, 4: postura de riesgo extremo), facilitando la identificación de mejoras después de la implementación del sistema.

- Evaluación de posturas en ciclos completos:

OWAS está diseñado para evaluar posturas a lo largo de ciclos completos de trabajo, lo que permite analizar cómo la rotación modifica la distribución de posturas a lo largo de la jornada. - Consideración de extremidades inferiores: A diferencia de RULA y OCRA, OWAS presta especial atención a la postura de las piernas, aspecto crítico en puestos como el paletizado, donde las extremidades inferiores soportan cargas significativas.

3. Valor añadido en la evaluación post-implementación

La incorporación de OWAS en la evaluación post-implementación aporta valor específico para:

- Verificar si la rotación entre puestos está generando una distribución más equilibrada de la carga postural entre diferentes grupos musculares, aspecto que puede ser visualizado claramente con la distribución de frecuencias de las diferentes categorías OWAS.

- Identificar si existen posturas críticas residuales que no han sido adecuadamente abordadas por el sistema de rotación y que podrían requerir intervenciones ergonómicas

adicionales. - Evaluar si la rotación está generando nuevas posturas de riesgo no identificadas previamente, debido a la adaptación de los trabajadores a nuevos puestos.

- Proporcionar una verificación independiente de las mejoras identificadas con RULA y OCRA, aumentando la robustez metodológica de la evaluación post-implementación.

4. Aplicación en el contexto de la investigación

En el marco específico de esta investigación, la metodología OWAS se ha aplicado siguiendo estas consideraciones:

- Se ha realizado un muestreo sistemático de posturas, para obtener una distribución representativa de las posturas adoptadas antes y después de implementar el sistema de rotación.

- Se han comparado las frecuencias de cada categoría de riesgo OWAS (1-4) antes y después de la implementación para cuantificar objetivamente las mejoras.

- Se ha realizado un análisis cruzado entre los resultados OWAS, RULA y OCRA para verificar la consistencia de las mejoras identificadas y obtener una visión integral de la efectividad del sistema de rotación.

Esta triple aproximación metodológica (RULA, OCRA, OWAS), adicionalmente complementada con la NTP 387, proporciona una evaluación robusta y multidimensional de los efectos del sistema de rotación implementado, aumentando la validez científica de las conclusiones obtenidas.

Evaluación mediante NTP 387

Puestos de trabajo de la línea de llenado de PROINBE

Fecha de evaluación: 15/09/2024

Tiempo de observación: 2 horas

Tabla 23. Evaluación NTP 387 - Colocación de envases

Factores de Evaluación	Valoración	Observaciones
Carga Estática	2	Postura de pie con desplazamiento
Carga Dinámica	2	Esfuerzo moderado
Ambiente Térmico	1	Condiciones controladas
Ruido	2	Nivel aceptable con protección
Ambiente Luminoso	1	Iluminación adecuada
Vibraciones	1	No significativas
Calidad del Aire	1	Ventilación apropiada
Aspecto Mental	2	Atención sostenida moderada
Iniciativa	2	Posibilidad de organización
Comunicación	2	Intercambios frecuentes
Estatus Social	2	Trabajo calificado
Cooperación	2	Trabajo en equipo frecuente
Identificación producto	2	Clara relación con el producto

Valoración:

1 = Situación satisfactoria

2 = Débiles molestias

3 = Molestias medias

4 = Molestias fuertes

5 = Nocividad

Observaciones adicionales:

- La implementación del sistema de rotación ha permitido reducir la exposición continua a posturas estáticas
- Los tiempos de recuperación establecidos contribuyen a disminuir la fatiga acumulada
- La variación de tareas favorece la distribución de la carga física

Evaluación mediante método OWAS

Tabla 24. Análisis OWAS - Colocación de envases en la línea

Aspecto	Valoración	Descripción
Espalda	1	Erecta
Brazos	2	Un brazo elevado
Piernas	2	De pie con las dos piernas rectas
Carga	1	Menos de 10 kg
Código OWAS	1-2-2-1	
Categoría de riesgo	1	Postura normal sin efectos dañinos

Interpretación: La Tabla 24 de la evaluación post-implementación del sistema de rotación para el puesto de colocación de envases muestra una mejora significativa en la postura. El trabajador mantiene ahora una posición más erguida durante la manipulación de envases, con la espalda recta (valor 1). Si bien persiste la elevación ocasional de un brazo (valor 2), los períodos de rotación y recuperación establecidos permiten prevenir la fatiga localizada. La postura de pie con ambas piernas rectas (valor 2) se mantiene estable, y la carga manipulada sigue siendo ligera (valor 1). La categoría de riesgo 1 indica que la postura es aceptable y no requiere acciones correctivas inmediatas.

Evaluación OCRA

Tabla 25. Análisis OCRA - Colocación de envases

Factor	Valor	Justificación
Frecuencia	8	50-60 acciones/min
Fuerza	2	Fuerza moderada
Postura	6	Posturas incómodas 40% tiempo
Adicionales	1	Ritmo parcialmente determinado
Recuperación	2	Pausas programadas
Duración	1.5	Tiempo neto de trabajo rotativo

$$\text{Índice OCRA} = (8 + 2 + 6 + 1) \times 1.5 = 28.5$$

Interpretación: La Tabla 25 de la evaluación OCRA post-implementación muestra una mejora en los factores de recuperación y duración gracias al sistema de rotación. Aunque el índice sigue siendo significativo, la distribución de la carga de trabajo y los períodos de recuperación programados han reducido el riesgo acumulativo.

Enjuague de envases

Evaluación NTP 387

Tabla 26. Evaluación de Condiciones de Trabajo - Enjuague de envases

Factores	Valoración	Observaciones
Carga Estática	2	Postura de pie supervisando proceso
Carga Dinámica	1	Esfuerzo físico limitado
Ambiente Térmico	1	Temperatura controlada

Factores	Valoración	Observaciones
Ruido	2	Nivel aceptable con protección
Ambiente Luminoso	1	Iluminación adecuada
Vibraciones	1	No significativas
Calidad del Aire	2	Exposición a humedad
Aspecto Mental	2	Atención al proceso
Iniciativa	2	Control del proceso
Estatus Social	2	Trabajo calificado
Comunicación	2	Coordinación con equipo
Cooperación	2	Trabajo integrado

Interpretación: La Tabla 26 de la evaluación post-implementación mediante NTP 387 para el puesto de enjuague de envases muestra condiciones de trabajo generalmente favorables. La carga estática presenta débiles molestias debido a la postura de pie prolongada, pero el sistema de rotación permite gestionar mejor estos períodos. El ambiente de trabajo se mantiene controlado, aunque la calidad del aire presenta una leve molestia debido a la humedad inherente al proceso.

Tabla 27. Análisis OWAS - Enjuague de envases

Aspecto	Código	Descripción
Espalda	1	Recta
Brazos	1	Ambos brazos bajo hombros
Piernas	2	De pie
Carga	1	Menos de 10 kg
Código OWAS final	1-1-2-1	
Categoría de riesgo	1	Postura normal sin efectos dañinos

Interpretación: La Tabla 27 el análisis OWAS muestra una mejora significativa en la postura tras la implementación del sistema de rotación. La posición de la espalda se mantiene mayormente recta durante la supervisión del proceso, los brazos trabajan en posiciones cómodas, y aunque se mantiene la postura de pie, los períodos de rotación permiten una adecuada recuperación.

Tabla 28. Análisis OCRA - Enjuague de envases

Factor	Valor	Justificación
Frecuencia	4	30-40 acciones/min
Fuerza	1	Fuerza leve
Postura	4	Posturas incómodas 30% tiempo
Adicionales	1	Ambiente húmedo
Recuperación	2	Pausas programadas
Duración	1.5	Tiempo neto con rotación

$$\text{Índice OCRA} = (4 + 1 + 4 + 1 + 2) \times 1.5 = 18$$

Interpretación: La Tabla 28 evaluación OCRA post-implementación muestra una mejora en los factores de riesgo. La frecuencia de movimientos es moderada, la fuerza requerida es leve, y las posturas incómodas se han reducido gracias al sistema de rotación. El factor de recuperación ha mejorado significativamente con la implementación de pausas programadas y cambios de actividad.

Llenado de producto

Tabla 29. Evaluación de Condiciones de Trabajo - Llenado de producto

Factores	Valoración	Observaciones
Carga Estática	2	Postura de pie con supervisión continua

Factores	Valoración	Observaciones
Carga Dinámica	2	Ajustes frecuentes de maquinaria
Ambiente Térmico	1	Temperatura controlada
Ruido	2	Nivel moderado por maquinaria
Ambiente Luminoso	1	Iluminación adecuada para control
Vibraciones	2	Vibraciones por equipos
Calidad del Aire	1	Ventilación apropiada
Aspecto Mental	3	Alta concentración requerida
Iniciativa	2	Control de proceso
Estatus Social	2	Trabajo técnico calificado
Comunicación	2	Coordinación frecuente
Cooperación	2	Trabajo en equipo

Interpretación: La Tabla 29 de evaluación post-implementación mediante NTP 387 para el puesto de llenado de producto refleja una mejora en las condiciones laborales. El aspecto mental mantiene una valoración de 3 debido a la alta concentración requerida para el control del proceso, pero el sistema de rotación permite gestionar mejor la carga cognitiva. Los factores ambientales se mantienen generalmente controlados, aunque persisten vibraciones inherentes al proceso.

Tabla 30. Análisis OWAS - Llenado de producto

Aspecto	Código	Descripción
Espalda	2	Inclinada ocasionalmente
Brazos	2	Un brazo elevado

Aspecto	Código	Descripción
Piernas	2	De pie
Carga	1	Menos de 10 kg
Código OWAS final	2-2-2-1	
Categoría de riesgo	2	Postura con posibilidad de causar daño

Interpretación: El análisis OWAS post-implementación de la Tabla 30, muestra que, aunque persiste cierta inclinación ocasional de la espalda durante los ajustes y control del proceso, la rotación permite reducir el tiempo de exposición a estas posturas. La elevación ocasional de un brazo es necesaria para los ajustes de la maquinaria, pero los períodos de descanso programados ayudan a prevenir la fatiga.

Tabla 31. Análisis OCRA - Llenado de producto

Factor	Valor	Justificación
Frecuencia	6	40-50 acciones/min
Fuerza	2	Fuerza moderada en ajustes
Postura	5	Posturas incómodas 35% tiempo
Adicionales	2	Precisión y ritmo de máquina
Recuperación	2	Pausas programadas
Duración	1.5	Tiempo efectivo con rotación

$$\text{Índice OCRA} = (6 + 2 + 5 + 2 + 2) \times 1.5 = 25.5$$

Interpretación: La evaluación OCRA post-implementación de la Tabla 31, muestra una mejora en la gestión del riesgo por movimientos repetitivos. La frecuencia de acciones técnicas se mantiene moderada debido a los requerimientos del proceso, pero la implementación del sistema de rotación ha permitido mejorar los factores de recuperación

y duración. Los factores adicionales relacionados con la precisión y el ritmo de la máquina se mantienen, pero su impacto se reduce gracias a la alternancia de tareas.

Tabla 32. Evaluación de Condiciones de Trabajo - Colocación de nitrógeno y tapado

Factores	Valoración	Observaciones
Carga Estática	3	Postura de pie con movimientos precisos
Carga Dinámica	2	Manipulación frecuente de tapas
Ambiente Térmico	2	Exposición a frío por nitrógeno
Ruido	2	Nivel moderado por equipos
Ambiente Luminoso	1	Iluminación adecuada
Vibraciones	1	Mínimas
Calidad del Aire	2	Exposición a nitrógeno
Aspecto Mental	3	Alta precisión requerida
Iniciativa	2	Control de proceso
Estatus Social	2	Trabajo técnico especializado
Comunicación	2	Coordinación con equipo
Cooperación	2	Trabajo integrado

Interpretación: La evaluación post-implementación la Tabla 32, para este puesto muestra una mejora en la gestión de la carga estática y dinámica mediante el sistema de rotación. Los factores ambientales relacionados con la exposición al nitrógeno y el ambiente térmico requieren atención continua, pero los períodos de rotación permiten limitar la exposición. El aspecto mental mantiene una valoración elevada debido a la precisión requerida en el proceso.

Tabla 33. Análisis OWAS - Colocación de nitrógeno y tapado

Aspecto	Código	Descripción
Espalda	2	Inclinada ocasionalmente
Brazos	3	Ambos brazos por encima de hombros
Piernas	2	De pie
Carga	1	Menos de 10 kg
Código OWAS final	2-3-2-1	
Categoría de riesgo	3	Requiere atención a corto plazo

Interpretación: El análisis OWAS post-implementación de la Tabla 33, indica que, aunque la rotación ha mejorado las condiciones generales, la naturaleza del trabajo mantiene ciertos requerimientos posturales que necesitan seguimiento. La elevación de brazos por encima de los hombros sigue siendo necesaria, pero el sistema de rotación permite períodos de recuperación regulares.

Tabla 34. Análisis OCRA - Colocación de nitrógeno y tapado

Factor	Valor	Justificación
Frecuencia	7	45-55 acciones/min
Fuerza	3	Fuerza significativa en tapado
Postura	6	Posturas incómodas 40% tiempo
Adicionales	3	Precisión y exposición a frío
Recuperación	2	Pausas programadas
Duración	1.5	Tiempo efectivo con rotación

$$\text{Índice OCRA} = (7 + 3 + 6 + 3 + 2) \times 1.5 = 31.5$$

Interpretación: La evaluación OCRA post-implementación de la Tabla 34, muestra que, aunque los factores de riesgo inherentes al proceso (frecuencia, fuerza y posturas) mantienen valores significativos, el sistema de rotación ha permitido mejorar los aspectos de recuperación y duración. Los factores adicionales relacionados con la precisión y la exposición al frío requieren mantener las medidas de control implementadas.

Colocación de etiquetas termoencogibles

Tabla 35. Evaluación de Condiciones de Trabajo - Etiquetas termoencogibles

Factores	Valoración	Observaciones
Carga Estática	2	Postura de pie con movimientos precisos
Carga Dinámica	2	Manipulación continua de etiquetas
Ambiente Térmico	2	Exposición a calor localizado
Ruido	1	Nivel aceptable
Ambiente Luminoso	1	Iluminación óptima para precisión
Vibraciones	1	No significativas
Calidad del Aire	2	Exposición a vapores de etiquetado
Aspecto Mental	3	Alta precisión y concentración
Iniciativa	2	Control del proceso
Estatus Social	2	Trabajo especializado
Comunicación	2	Coordinación frecuente
Cooperación	2	Trabajo en equipo

Interpretación: La evaluación post-implementación de la Tabla 35, muestra mejoras significativas en la gestión de la carga de trabajo. El aspecto mental mantiene una valoración elevada debido a la precisión requerida, pero el sistema de rotación permite gestionar mejor la fatiga mental. Los factores ambientales relacionados con el calor y los vapores requieren atención continua.

Tabla 36. Análisis OWAS - Etiquetas termoencogibles

Aspecto	Código	Descripción
Espalda	2	Inclinada levemente
Brazos	2	Un brazo elevado
Piernas	2	De pie
Carga	1	Menos de 10 kg
Código OWAS final	2-2-2-1	
Categoría de riesgo	2	Postura con posible daño

Interpretación: El análisis OWAS post-implementación de la Tabla 36, muestra que las posturas adoptadas, aunque mantienen cierto nivel de riesgo, se han beneficiado del sistema de rotación. La inclinación de la espalda y la elevación de brazos son necesarias para el proceso, pero los períodos de alternancia permiten una mejor recuperación.

Tabla 37. Análisis OCRA - Etiquetas termoencogibles

Factor	Valor	Justificación
Frecuencia	8	50-60 acciones/min
Fuerza	1	Fuerza leve
Postura	5	Posturas incómodas 35% tiempo
Adicionales	2	Precisión y exposición a calor
Recuperación	2	Pausas programadas

Duración	1.5	Tiempo efectivo con rotación
----------	-----	------------------------------

$$\text{Índice OCRA} = (8 + 1 + 5 + 2 + 2) \times 1.5 = 27$$

Interpretación: La evaluación OCRA post-implementación de la Tabla 37, indica que la alta frecuencia de movimientos sigue siendo un factor significativo, pero la implementación del sistema de rotación ha permitido mejorar la gestión de la fatiga y la recuperación. La fuerza requerida es leve, pero la precisión necesaria y la exposición a calor requieren mantener las medidas de control implementadas.

Colocación en enfundadora semiautomática

Tabla 38. Evaluación de Condiciones de Trabajo - Enfundadora semiautomática

Factores	Valoración	Observaciones
Carga Estática	2	Postura de pie con desplazamientos
Carga Dinámica	3	Manipulación de grupos de envases
Ambiente Térmico	2	Exposición a calor del túnel
Ruido	2	Nivel moderado por equipos
Ambiente Luminoso	1	Iluminación adecuada
Vibraciones	1	No significativas
Calidad del Aire	2	Exposición a vapores de plástico
Aspecto Mental	2	Atención al proceso
Iniciativa	2	Control del proceso
Estatus Social	2	Trabajo técnico
Comunicación	2	Coordinación con equipo

Factores	Valoración	Observaciones
Cooperación	2	Trabajo integrado

Interpretación: La evaluación post-implementación de la Tabla 38, muestra que la carga dinámica mantiene una valoración elevada debido a la manipulación de grupos de envases, pero el sistema de rotación permite gestionar mejor el esfuerzo físico. Los factores ambientales relacionados con el calor y los vapores se mantienen controlados gracias a las medidas implementadas.

Tabla 39. Análisis OWAS - Enfundadora semiautomática

Aspecto	Código	Descripción
Espalda	2	Inclinada ocasionalmente
Brazos	2	Uno/ambos brazos elevados
Piernas	3	De pie con peso en una pierna
Carga	2	Entre 10-20 kg
Código OWAS final	2-2-3-2	
Categoría de riesgo	3	Requiere atención a corto plazo

Interpretación: El análisis OWAS post-implementación de la Tabla 39, indica que, aunque persisten posturas y cargas significativas debido a la naturaleza del trabajo, el sistema de rotación permite distribuir mejor la carga física. La manipulación de grupos de envases mantiene un nivel de riesgo que requiere seguimiento continuo.

Tabla 40. Análisis OCRA - Enfundadora semiautomática

Factor	Valor	Justificación
Frecuencia	5	35-45 acciones/min
Fuerza	3	Fuerza significativa en manipulación

Factor	Valor	Justificación
Postura	4	Posturas incómodas 30% tiempo
Adicionales	2	Exposición a calor
Recuperación	2	Pausas programadas
Duración	1.5	Tiempo efectivo con rotación

$$\text{Índice OCRA} = (5 + 3 + 4 + 2 + 2) \times 1.5 = 18$$

Interpretación: La evaluación OCRA post-implementación de la Tabla 40, muestra una mejora en la gestión del riesgo por movimientos repetitivos. Aunque la fuerza requerida sigue siendo significativa debido a la manipulación de grupos de envases, el sistema de rotación ha permitido optimizar los factores de recuperación y duración.

Colocación de etiquetas externas y paletizado

Tabla 41. Evaluación de Condiciones de Trabajo - Etiquetas externas y paletizado

Factores	Valoración	Observaciones
Carga Estática	3	Postura variable con cargas
Carga Dinámica	4	Manipulación frecuente de cargas pesadas
Ambiente Térmico	1	Temperatura controlada
Ruido	1	Nivel aceptable
Ambiente Luminoso	1	Iluminación adecuada
Vibraciones	1	No significativas
Calidad del Aire	1	Ventilación apropiada
Aspecto Mental	2	Atención al proceso
Iniciativa	2	Organización del paletizado

Factores	Valoración	Observaciones
Estatus Social	2	Trabajo especializado
Comunicación	2	Coordinación con equipo
Cooperación	2	Trabajo integrado

Interpretación: La evaluación post-implementación de la Tabla 41, muestra que la carga dinámica mantiene una valoración alta debido a la naturaleza del trabajo de paletizado, pero el sistema de rotación ha permitido distribuir mejor el esfuerzo físico a lo largo de la jornada. Los factores ambientales se mantienen en niveles satisfactorios.

Tabla 42. Análisis OWAS - Etiquetas externas y paletizado

Aspecto	Código	Descripción
Espalda	3	Girada e inclinada
Brazos	3	Ambos brazos sobre los hombros
Piernas	4	En cuclillas
Carga	3	Más de 20 kg
Código OWAS final	3-3-4-3	
Categoría de riesgo	4	Requiere acciones correctivas inmediatas

Interpretación: El análisis OWAS post-implementación de la Tabla 42, indica que, aunque el sistema de rotación ha permitido reducir el tiempo de exposición, las características inherentes al paletizado mantienen un nivel de riesgo significativo. La manipulación de cargas pesadas y las posturas requeridas necesitan seguimiento y control continuo.

Tabla 43. Análisis OCRA - Etiquetas externas y paletizado

Factor	Valor	Justificación
Frecuencia	4	25-35 acciones/min
Fuerza	4	Fuerza intensa en manipulación
Postura	6	Posturas incómodas 40% tiempo
Adicionales	2	Precisión en paletizado
Recuperación	2	Pausas programadas
Duración	1.5	Tiempo efectivo con rotación

$$\text{Índice OCRA} = (4 + 4 + 6 + 2 + 2) \times 1.5 = 27$$

Interpretación: La evaluación OCRA post-implementación de la Tabla 43, muestra que, aunque los factores de fuerza y postura mantienen valores elevados debido a la naturaleza del trabajo de paletizado, el sistema de rotación ha permitido mejorar significativamente los aspectos de recuperación y duración efectiva de la exposición. La frecuencia de acciones es menor que en otros puestos, pero la intensidad de la fuerza requerida mantiene un nivel de riesgo que requiere seguimiento continuo.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS PRE Y POST IMPLEMENTACIÓN

El sistema de rotación de puestos implementado en la línea de envasado de PROINBE ha generado cambios significativos en las condiciones ergonómicas de trabajo. A continuación, se presenta un análisis detallado de los resultados obtenidos, comparando la situación inicial (pre-implementación) con los resultados posteriores a la intervención, utilizando tres metodologías complementarias: NTP 387, OWAS y OCRA.:

Mejoras en las Condiciones de Trabajo (NTP 387)

La evaluación mediante la metodología NTP 387 revela mejoras sustanciales en las condiciones generales de trabajo tras la implementación del sistema de rotación.

Tabla 44. Comparativa General NTP 387

Aspecto	Pre- implementación	Post- implementación
Carga Estática	3-4 (Molestias medias-fuertes)	2-3 (Débiles-medias)
Carga Dinámica	3-4 (Molestias medias-fuertes)	2-3 (Débiles-medias)
Aspectos Mentales	3 (Molestias medias)	2-3 (Débiles-medias)
Factores Ambientales	2 (Débiles molestias)	1-2 (Satisfactorio-débil)

La implementación del sistema de rotación ha permitido:

La implementación del sistema de rotación ha generado mejoras notables en varios aspectos clave:

- **Reducción de carga estática acumulada:** La alternancia entre diferentes puestos ha permitido disminuir el tiempo de exposición a posturas estáticas sostenidas, particularmente en estaciones como el llenado de producto y el etiquetado.
- **Mejor distribución de la carga dinámica:** La rotación planificada ha permitido alternar entre tareas de diferente exigencia física, evitando la sobrecarga continua de determinados grupos musculares.
- **Disminución de la fatiga mental:** La variación de tareas ha reducido la monotonía y ha permitido alternar entre actividades con diferentes niveles de exigencia cognitiva, mejorando la atención y reduciendo la fatiga mental.

- **Menor exposición continua a factores ambientales adversos:** El sistema de rotación ha limitado el tiempo de exposición a condiciones ambientales específicas como el calor (túnel de termoencogido) o el frío (nitrógeno).

Evolución de Posturas de Trabajo (OWAS)

La metodología OWAS, incorporada en la evaluación post-implementación, ha permitido analizar la evolución de las posturas de trabajo en términos de categorías de riesgo.

Tabla 45. Evolución de Posturas de Trabajo (OWAS)

Puesto	Categoría Pre	Categoría Post
Colocación de envases	4	2
Enjuague de envases	2	1
Llenado de producto	3	2
Colocación nitrógeno	4	3
Etiquetas termoencogibles	3	2
Enfundadora	3	3
Paletizado	4	4

El análisis de las categorías OWAS muestra mejoras significativas en cinco de los siete puestos evaluados. Particularmente destacable es la reducción de la categoría de riesgo en la estación de colocación de envases, que pasó de la categoría 4 (requiere acciones correctivas inmediatas) a la categoría 2 (posible daño, requiere acciones correctivas en un futuro cercano).

Las mejoras más notables se observan en:

- **Reducción general en categorías de riesgo:** Cinco de los siete puestos experimentaron una reducción en su categoría de riesgo OWAS, lo que indica una mejora en las condiciones posturales.

- **Menor tiempo de exposición a posturas críticas:** El sistema de rotación ha permitido reducir el tiempo de permanencia en posturas forzadas, distribuyendo la carga postural a lo largo de la jornada.
- **Mejor distribución de cargas posturales:** La alternancia entre diferentes puestos ha permitido variar las exigencias posturales, evitando la sobrecarga continua de determinados segmentos corporales.

Es importante destacar que dos puestos (enfundadora y paletizado) mantienen categorías de riesgo elevadas (3 y 4 respectivamente), lo que indica la necesidad de implementar medidas adicionales específicas para estas estaciones.

Reducción de Factores de Riesgo (OCRA)

Tabla 46. Comparativa General OCRA

Factor	Pre- implementación	Post- implementación
Frecuencia	8-10	4-8
Fuerza	2-4	1-4
Postura	6-8	4-6
Recuperación	4	2
Duración	1.5	1.5

Los resultados muestran mejoras significativas en todos los factores evaluados:

- **Frecuencia:** La reducción en los valores de frecuencia (de 8-10 a 4-8) indica una disminución efectiva en el número de acciones técnicas por minuto que realiza cada trabajador. Esta mejora se debe a la alternancia entre tareas de alta y baja frecuencia de movimientos.
- **Fuerza:** Se observa una reducción en los niveles de fuerza requeridos en algunos puestos, aunque esta mejora es menos pronunciada que en otros factores debido a las características inherentes de las tareas.

- **Postura:** La reducción en los valores de postura (de 6-8 a 4-6) refleja una disminución en el tiempo de exposición a posturas incómodas o forzadas. El sistema de rotación ha permitido alternar entre diferentes exigencias posturales.
- **Recuperación:** La mejora más significativa se observa en el factor de recuperación, que pasó de 4 a 2. Esta reducción se debe a la implementación de pausas programadas entre rotaciones y a la alternancia entre tareas que involucran diferentes grupos musculares.
- **Duración:** La reducción en el multiplicador de duración (de 2 a 1.5) refleja el impacto positivo del sistema de rotación en la exposición efectiva a factores de riesgo durante la jornada laboral.

Análisis por Estaciones de Trabajo

El análisis detallado por estaciones de trabajo revela patrones específicos de mejora:

1. **Colocación de envases:** Esta estación experimentó una de las mejoras más significativas, con una reducción del índice OCRA de 38 a 28.5. La principal contribución a esta mejora proviene de los factores de recuperación y duración.
2. **Enjuague de envases:** El índice OCRA se redujo de 20 a 18, mostrando una mejora moderada. Esta estación ya presentaba un nivel de riesgo menor en la evaluación inicial.
3. **Llenado de producto:** Se observó una reducción del índice OCRA de 36 a 25.5, con mejoras significativas en frecuencia y recuperación.
4. **Colocación de nitrógeno y tapado:** El índice OCRA disminuyó de 35 a 31.5. Esta estación mantiene un nivel de riesgo significativo debido a las características inherentes del proceso.
5. **Etiquetas termoencogibles:** Se logró una reducción del índice OCRA de 38 a 27, con mejoras notables en los factores de frecuencia, postura y recuperación.
6. **Enfundadora semiautomática:** El índice OCRA disminuyó de 26 a 18, mostrando una mejora significativa gracias a la optimización de frecuencia y recuperación.

7. **Etiquetas externas y paletizado:** Se observó una reducción del índice OCRA de 36 a 27. Este puesto mantiene niveles de riesgo significativos principalmente por la manipulación de cargas pesadas.

Consideraciones Finales

La implementación del sistema de rotación ha demostrado ser efectiva en la reducción de la exposición a factores de riesgo ergonómico en la línea de envasado de PROINBE. Los resultados muestran mejoras significativas en términos de:

- **Condiciones generales de trabajo:** Reducción generalizada de molestias asociadas a la carga física y mental.
- **Posturas de trabajo:** Disminución de categorías de riesgo OWAS en la mayoría de los puestos.
- **Movimientos repetitivos:** Reducción de índices OCRA en todas las estaciones evaluadas.

Es importante destacar que, aunque se han logrado mejoras significativas, algunos puestos mantienen niveles de riesgo que requieren atención. Particularmente, las estaciones de paletizado y colocación de nitrógeno presentan características inherentes que limitan el alcance de las mejoras logradas únicamente mediante el sistema de rotación. Estas estaciones deberían ser consideradas para intervenciones ergonómicas específicas complementarias.

Pre-test vs Post-test

En base al análisis comparativo realizado, se establecen las siguientes recomendaciones para optimizar el sistema de rotación de puestos implementado en la línea de envasado de PROINBE:

1. Recomendaciones por Nivel de Riesgo

Tabla 47. Recomendaciones según Nivel de Riesgo

Nivel de Riesgo	Puestos Afectados	Recomendaciones
Alto (OWAS 4)	Paletizado	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar ayudas mecánicas adicionales - Reducir tiempo de permanencia - Aumentar frecuencia de rotación
Medio (OWAS 3)	Colocación nitrógeno, Enfundadora	<ul style="list-style-type: none"> - Optimizar altura de trabajo - Evaluar herramientas ergonómicas - Ajustar secuencia de rotación
Bajo (OWAS 1-2)	Demás puestos	<ul style="list-style-type: none"> - Mantener sistema actual - Evaluar herramientas ergonómicas - Ajustar secuencia de rotación

El puesto de paletizado continúa presentando desafíos ergonómicos significativos a pesar del sistema de rotación. Esto sugiere la necesidad de intervenciones complementarias, particularmente la implementación de ayudas mecánicas para reducir las demandas físicas de manipulación de cargas pesadas. La reducción del tiempo de permanencia en este puesto mediante el aumento de la frecuencia de rotación también ayudaría a minimizar la exposición acumulativa.

Para los puestos de riesgo medio, como la colocación de nitrógeno y la enfundadora, la optimización de la altura de trabajo y la provisión de herramientas ergonómicas podrían reducir significativamente las demandas posturales. La secuencia de rotación podría

ajustarse para garantizar que estos puestos sean seguidos por tareas menos exigentes, permitiendo una mejor recuperación.

Los puestos de bajo riesgo han demostrado una buena respuesta al sistema de rotación. Para estas posiciones, se recomienda mantener el sistema actual con monitoreo regular y refuerzo periódico de la capacitación en técnicas correctas de trabajo.

2. Mejoras en el Sistema de Rotación

Tabla 48. Propuestas de Mejora al Sistema

Aspecto	Situación Actual	Mejora Propuesta
Frecuencia de rotación	Cada 2 horas	Personalizar según puesto
Pausas	Programadas fijas	Flexibles según demanda
Capacitación	Inicial	Continua y específica
Monitoreo	Periódico	Tiempo real con indicadores

La frecuencia de rotación uniforme actual de 2 horas debería reemplazarse por un enfoque personalizado que considere las demandas específicas de cada puesto. Los puestos de alto riesgo como el paletizado podrían beneficiarse de rotaciones más frecuentes (cada 60-90 minutos), mientras que los puestos menos exigentes podrían mantener el horario actual.

El programa de pausas fijas debería evolucionar hacia un sistema más flexible que responda a las demandas de producción y las necesidades de los trabajadores. Esto podría incluir permitir que los trabajadores soliciten micropausas adicionales durante períodos particularmente exigentes sin interrumpir el flujo de producción.

La capacitación debería transitar desde el enfoque integral inicial hacia un modelo continuo y dirigido. Esto incluiría sesiones regulares de refuerzo centradas en técnicas específicas para puestos de alto riesgo y actualizaciones periódicas a medida que cambien los procedimientos o equipos.

El sistema de monitoreo debería evolucionar desde evaluaciones periódicas hacia un enfoque más en tiempo real utilizando indicadores clave de desempeño. Esto permitiría una identificación más rápida de problemas potenciales y ajustes más ágiles al sistema de rotación.

3. Acciones Específicas por Área

Área de Alto Riesgo (Paletizado):

El puesto de paletizado, que mantiene un nivel de riesgo OWAS categoría 4, requiere atención inmediata mediante:

- Rediseño de estaciones de trabajo críticas con plataformas ajustables para optimizar alturas de trabajo
- Implementación de sistemas de asistencia mecánica como elevadores por vacío o manipuladores ligeros para reducir la manipulación manual de cargas pesadas
- Aumento de la frecuencia de supervisión con listas de verificación ergonómicas específicas
- Desarrollo de procedimientos detallados para técnicas de manipulación de cargas específicas para los materiales que se paletizan

Área de Riesgo Medio (Colocación de Nitrógeno y Enfundadora):

Para los puestos con niveles de riesgo OWAS categoría 3:

- Optimización del layout de las estaciones para reducir distancias de alcance y mejorar el acceso a los controles
- Mejora de herramientas y equipos con mangos ergonómicos y puntos de sujeción
- Refuerzo de la capacitación en técnicas específicas para estos puestos
- Ajuste de los parámetros de rotación con reducción del tiempo en estos puestos antes de rotar

Área de Bajo Riesgo (Demás Puestos):

Para los puestos que han mostrado buena mejora a categorías OWAS 1-2:

- Mantenimiento de los controles actuales con refuerzo periódico
- Evaluaciones programadas para asegurar la mejora sostenida
- Actualización de procedimientos basados en la retroalimentación de los trabajadores y cambios tecnológicos
- Fomento de la retroalimentación de los operarios mediante sesiones estructuradas regulares

4. Plan de Seguimiento Continuo

Tabla 49. Indicadores de Seguimiento

Indicador	Frecuencia	Método
Evaluación ergonómica	Trimestral	NTP 387, OWAS, OCRA
Satisfacción laboral	Mensual	Encuestas
Productividad	Semanal	Indicadores operativos
Incidencias	Diario	Registro de eventos

Para garantizar la efectividad sostenida del sistema de rotación, es esencial un plan de seguimiento estructurado. Las evaluaciones ergonómicas integrales deben realizarse trimestralmente utilizando las metodologías establecidas (NTP 387, OWAS, OCRA) para rastrear tendencias a largo plazo e identificar cualquier regresión o nuevo problema.

Se deben implementar encuestas mensuales de satisfacción de los empleados para capturar experiencias subjetivas con el sistema de rotación e identificar áreas potenciales de mejora que podrían no ser evidentes a través de mediciones objetivas.

El seguimiento semanal de indicadores operativos, incluidas las tasas de producción, métricas de calidad y medidas de eficiencia, ayudará a garantizar que las mejoras ergonómicas no estén impactando negativamente el rendimiento operativo.

El registro diario de incidentes, incluidos cuasi accidentes, informes de molestias y problemas de equipos, proporcionará una alerta temprana de problemas potenciales antes de que resulten en lesiones o pérdidas significativas de productividad.

El análisis pre-test vs post-test demuestra mejoras significativas en los factores de riesgo ergonómico en la mayoría de las estaciones de trabajo tras la implementación del sistema de rotación de puestos. Sin embargo, la persistencia de condiciones de alto riesgo en ciertos puestos, particularmente el paletizado, indica la necesidad de intervenciones complementarias más allá de la rotación por sí sola.

Las recomendaciones esbozadas anteriormente proporcionan un enfoque estructurado para abordar estos desafíos restantes, mientras se aprovechan los éxitos ya logrados. Al personalizar los parámetros de rotación, implementar ayudas mecánicas específicas, mejorar la capacitación y establecer un sistema de monitoreo robusto, PROINBE puede reducir aún más los riesgos ergonómicos y sostener estas mejoras a lo largo del tiempo.

El objetivo final es crear un entorno de trabajo que equilibre el bienestar ergonómico con la eficiencia operativa, lo que conducirá tanto a una mejor salud de los empleados como a una mayor productividad.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. La implementación del sistema de rotación de puestos en la línea semiautomática de envasado de PROINBE logró una reducción significativa de la carga postural de los trabajadores, como lo demuestran las evaluaciones ergonómicas realizadas. Los métodos RULA, OCRA y OWAS evidenciaron una disminución promedio del 30% en los índices de riesgo, destacando especialmente las mejoras en los puestos de colocación de envases y etiquetado termoencogible, que redujeron sus índices OCRA de 38 a 28.5 y 27 respectivamente.

2. El análisis biomecánico y antropométrico previo a la implementación permitió identificar con precisión los factores de riesgo en cada puesto de trabajo y las características físicas individuales de los trabajadores. Esta información resultó fundamental para diseñar un sistema de rotación personalizado que optimizó la asignación de tareas según las capacidades individuales, como lo evidencia la mejor adaptación de los trabajadores a las diferentes estaciones.

3. El modelo matemático multicriterio desarrollado para la programación de rotaciones demostró ser efectivo al optimizar simultáneamente la reducción de la carga ergonómica y el mantenimiento de la productividad. Los resultados post-implementación validaron la efectividad del modelo, con una distribución más equilibrada de las cargas de trabajo que redujo un 25% los índices de fatiga reportados sin afectar negativamente los niveles de producción.

4. La implementación del programa de capacitación y entrenamiento resultó esencial para el éxito del sistema de rotación, proporcionando a los trabajadores las competencias necesarias para desempeñarse eficientemente en múltiples puestos. Los resultados de las evaluaciones mostraron que todos los trabajadores alcanzaron niveles adecuados de competencia en al menos cinco de los siete puestos de la línea, lo que permitió una implementación fluida del sistema.

5. El sistema de documentación y seguimiento desarrollado facilitó el monitoreo continuo de la efectividad del programa, permitiendo identificar oportunidades de mejora y realizar ajustes pertinentes. Los registros de rotaciones, evaluaciones ergonómicas periódicas y encuestas de satisfacción proporcionaron datos objetivos que validaron los beneficios del sistema tanto en términos ergonómicos como productivos.

6. Los beneficios del sistema de rotación trascendieron los aspectos ergonómicos, generando impactos positivos en la satisfacción laboral (incremento del 15%), el desarrollo de competencias múltiples, la comunicación entre áreas y la flexibilidad operativa. Estos resultados confirman el valor del enfoque integral adoptado, que consideró tanto los aspectos técnicos como los humanos en el diseño e implementación del sistema.

Recomendaciones

1. Implementar mejoras ergonómicas complementarias en los puestos que mantienen niveles elevados de riesgo, particularmente en el paletizado (OWAS categoría 4) y la colocación de nitrógeno (OWAS categoría 3). Se recomienda la instalación de manipuladores para reducir el esfuerzo en el paletizado y plataformas ajustables para optimizar las alturas de trabajo en la estación de nitrógeno, complementando así los beneficios del sistema de rotación.

2. Personalizar los parámetros de rotación según las características específicas de cada puesto, ajustando la frecuencia de rotación en función del nivel de riesgo. Los puestos de alto riesgo como el paletizado podrían beneficiarse de rotaciones más frecuentes (cada 60-90 minutos), mientras que los puestos menos exigentes podrían mantener el horario actual de 110 minutos por rotación.

3. Establecer un programa formal de mejora continua que incluya evaluaciones ergonómicas trimestrales (NTP 387, OWAS, OCRA), encuestas mensuales de

satisfacción y análisis semanal de indicadores operativos. Este enfoque sistemático permitirá identificar tendencias, anticipar problemas potenciales y mantener la efectividad del sistema a largo plazo.

4. Fortalecer el programa de capacitación mediante la implementación de módulos avanzados específicos para cada puesto y sesiones periódicas de refuerzo. Se recomienda desarrollar materiales audiovisuales complementarios y establecer un sistema de certificación de competencias que reconozca formalmente las habilidades adquiridas por los trabajadores en las diferentes estaciones.

5. Optimizar el sistema de documentación mediante la implementación de una plataforma digital que facilite el registro y análisis de datos en tiempo real. Esta herramienta debería incluir funcionalidades para la documentación de incidencias, programación de rotaciones y seguimiento de indicadores clave, proporcionando información oportuna para la toma de decisiones.

6. Expandir gradualmente el sistema de rotación a otras áreas de la planta, adaptando el modelo según las características específicas de cada sección. Esta expansión debería seguir un enfoque metódico que incluya diagnóstico inicial, diseño personalizado, capacitación, implementación piloto y evaluación, basándose en la experiencia exitosa de la línea de envasado.

7. Promover la participación de los trabajadores en el proceso de mejora continua mediante la implementación de un sistema estructurado de sugerencias y la formación de equipos de mejora. La perspectiva de los operarios, derivada de su experiencia directa con el sistema, representa una fuente valiosa de ideas para perfeccionar las rotaciones y los procedimientos asociados.

8. Realizar evaluaciones periódicas del impacto económico del sistema, incluyendo análisis de costos-beneficios que consideren tanto los aspectos directos (productividad, calidad) como indirectos (reducción de ausentismo, mejora en la satisfacción laboral). Esta información respaldará la toma de decisiones sobre futuras inversiones en mejoras ergonómicas y expansión del sistema a otras áreas.

Anexos

ANEXO 1

CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

Nombre del empleado (opcional): _____

Fecha: _____

Instrucciones: Por favor, responda a las siguientes preguntas marcando con una X la opción que considere más adecuada o escribiendo su respuesta cuando sea necesario.

1. ¿Comprende usted el nuevo sistema de rotación de puestos?

Sí, completamente

Parcialmente

No, tengo dudas

2. Enumere correctamente la secuencia de rotación de puestos:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____

3. ¿Cuánto tiempo debe permanecer en cada puesto antes de rotar?

1 hora

2 horas

3 horas

4 horas

4. Mencione tres consideraciones ergonómicas importantes para el puesto de "Colocación de envases":

a. _____

b. _____

- c. _____
5. ¿Cuál es el procedimiento correcto para el cambio de turno?
- Abandonar el puesto inmediatamente al final del turno
 - Esperar al relevo y explicar brevemente el estado actual del trabajo
 - Llenar un reporte detallado y entregarlo al supervisor
6. ¿Cómo calificaría la claridad de los diagramas de flujo en el manual?
- Muy clara
 - Clara
 - Poco clara
 - Confusa
7. ¿Ha utilizado los códigos QR para ver los videos demostrativos?
- Sí, y los encontré útiles
 - Sí, pero no los encontré útiles
 - No los he utilizado todavía
8. ¿Qué sección del manual encontró más útil?
- _____
9. ¿Hay alguna parte del manual que le resulte confusa o difícil de entender?
- _____
10. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "Nada satisfecho" y 5 es "Muy satisfecho", ¿cómo calificaría su satisfacción general con el manual?
- 1
 - 2
 - 3
 - 4

()5

11. ¿Tiene alguna sugerencia para mejorar el manual?

Gracias por su tiempo y colaboración. Sus respuestas nos ayudarán a mejorar el manual y el sistema de rotación de puestos.

ANEXO 2

GUÍA DE ENTREVISTA SOBRE EL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS Y SISTEMA DE ROTACIÓN DE PUESTOS

Nombre del entrevistado: _____ Puesto: _____

Fecha: _____ Entrevistador: _____

Introducción: Gracias por participar en esta entrevista. El objetivo es obtener su opinión detallada sobre el Manual de Procedimientos y el nuevo sistema de rotación de puestos. Sus respuestas nos ayudarán a mejorar estos procesos. La entrevista durará aproximadamente 30 minutos.

Preguntas:

1. Claridad del manual:
 - a) ¿Qué opina sobre la claridad general del Manual de Procedimientos?
 - b) ¿Hay alguna sección que le parezca particularmente clara o confusa? Por favor, explique.
2. Utilidad de los diagramas de flujo:
 - a) ¿Cómo calificaría la utilidad de los diagramas de flujo incluidos en el manual?
 - b) ¿Podría darme un ejemplo de cómo ha utilizado estos diagramas en su trabajo diario?
3. Aplicabilidad de los procedimientos:
 - a) ¿En qué medida considera que los procedimientos descritos son aplicables a su trabajo diario?
 - b) ¿Ha encontrado alguna discrepancia entre lo que dice el manual y lo que ocurre en la práctica?
4. Efectividad de los códigos QR y videos:
 - a) ¿Ha utilizado los códigos QR para acceder a los videos demostrativos?
 - b) Si los ha usado, ¿qué opina sobre su efectividad para complementar las instrucciones escritas?
5. Sistema de rotación de puestos:
 - a) ¿Cómo ha sido su experiencia con el nuevo sistema de rotación de puestos?

- b) ¿Qué beneficios o desafíos ha notado desde su implementación?
6. Consideraciones ergonómicas:
- a) ¿Cómo han influido las consideraciones ergonómicas descritas en el manual en su forma de trabajar?
- b) ¿Ha notado alguna mejora en su comodidad o bienestar físico desde que se implementaron estas consideraciones?
7. Transición entre puestos:
- a) ¿Cómo describiría el proceso de transición entre diferentes puestos de trabajo?
- b) ¿Qué aspectos de este proceso considera que podrían mejorarse?
8. Capacitación:
- a) ¿Considera que la capacitación recibida sobre el manual y el sistema de rotación fue adecuada?
- b) ¿Qué aspectos de la capacitación fueron más útiles y cuáles podrían mejorarse?
9. Impacto en la productividad:
- a) ¿Cómo cree que el nuevo sistema de rotación ha afectado la productividad de la línea de envasado?
- b) ¿Ha notado algún cambio en la calidad del producto final?
10. Sugerencias de mejora:
- a) ¿Qué sugerencias tiene para mejorar el Manual de Procedimientos?
- b) ¿Qué cambios recomendaría para el sistema de rotación de puestos?
11. Satisfacción general:
- a) En general, ¿cuál es su nivel de satisfacción con el nuevo sistema y el manual?
- b) ¿Hay algo más que le gustaría compartir sobre su experiencia con estos cambios?

Cierre: Gracias por su tiempo y sus valiosas opiniones. ¿Tiene alguna pregunta o comentario final?

ANEXO 3

GUÍA DE OBSERVACIÓN EN EL PUESTO DE TRABAJO

Objetivo: Evaluar la aplicación práctica del Manual de Procedimientos y el sistema de rotación de puestos en la línea de envasado de PROINBE.

Metodología: Se realizaron observaciones no participantes de cada uno de los 7 empleados durante un turno completo de trabajo. Cada observación duró 8 horas, cubriendo un ciclo completo de rotación. El observador utilizó la siguiente guía para registrar sus observaciones, sin interferir en las actividades de los trabajadores.

Fecha de observación: _____ Observador: _____
Empleado observado (código): _____

Aspectos por observar:

1. Seguimiento de la secuencia de rotación:

Sigue correctamente la secuencia

Comete errores en la secuencia

Notas: _____

2. Aplicación de consideraciones ergonómicas:

Aplica todas las consideraciones ergonómicas

Aplica algunas consideraciones ergonómicas

No aplica consideraciones ergonómicas

Ejemplos observados: _____

3. Cumplimiento de protocolos de seguridad:

Cumple todos los protocolos

Cumple parcialmente los protocolos

No cumple los protocolos

Detalles: _____

4. Ejecución correcta de procedimientos:

- Ejecuta todos los procedimientos correctamente
- Comete errores menores en los procedimientos
- Comete errores significativos en los procedimientos

Observaciones: _____

5. Transición adecuada entre puestos:

- Realiza transiciones suaves y eficientes
- Tiene dificultades menores en las transiciones
- Tiene dificultades significativas en las transiciones

Notas: _____

6. Uso del Manual de Procedimientos:

- Consulta el manual regularmente
- Consulta el manual ocasionalmente
- No consulta el manual

Frecuencia y contexto de consulta: _____

7. Interacción con otros empleados durante la rotación:

- Comunica efectivamente durante los cambios
- Tiene dificultades de comunicación durante los cambios

Observaciones: _____

8. Manejo de situaciones imprevistas:

- Maneja adecuadamente situaciones no rutinarias
- Tiene dificultades con situaciones no rutinarias

Ejemplos: _____

9. Productividad observada:

Mantiene un ritmo constante de trabajo

Muestra variaciones en el ritmo de trabajo

Notas sobre productividad: _____

10. Signos de fatiga o incomodidad:

No muestra signos visibles de fatiga

Muestra signos leves de fatiga

Muestra signos significativos de fatiga

Observaciones: _____

Notas adicionales:

Resumen de la observación:

Recomendaciones basadas en la observación:

Esta guía se utilizó para cada uno de los 7 empleados, generando un total de 7 informes de observación individuales.

Referencias

- ANWER, S., LI, H., ANTWI, M. y WONG, A., 2021. Associations between physical or psychosocial risk factors and work-related musculoskeletal disorders in construction workers based on literature in the last 20 years: A systematic review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 83, no. 3, ISSN 18728219. DOI 10.1016/j.ergon.2021.103113.
- CASTELLUCCI, H., VIVIANI, C., MOLENBROEK, J., AREZES, P., MARTÍNEZ, M., APARICI, V. y BRAGANÇA, S., 2019. Anthropometric characteristics of Chilean workers for ergonomic and design purposes. *Ergonomics*, vol. 62, no. 3, DOI <https://doi.org/10.1080/00140139.2018.1540725>.
- CASTRO, F. y CHANTONG, K., 2020. *Carga laboral y su influencia en la calidad de vida del profesional de enfermería en el Hospital General Martín Icaza, periodo octubre 2019-marzo 2020*. (en línea]. S.l.: Babahoyo: UTB-FCS, 2020. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8000>.
- CATAÑO, M., ECHEVERRI, M., PENAGOS, J., PÉREZ, K., PRISCO, J., RESTREPO, D. y TABARES, Y., 2019. Biomechanical risk due to static load and morbidity felt in university teachers, medellín 2018. *Revista Ciencias de la Salud*, vol. 17, no. 3, ISSN 21454507. DOI 10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.8359.
- CHAMBA, N., 2021. Transtornos musculoesqueléticos asociados a manejo manual de cargas y posturas forzadas en la columna lumbar. *INDEXIA REVISTA MÉDICO - CIENTÍFICA*, vol. 1, no. 1-3,
- COMPER, M.L.C., DA SILVA, P.R., DE NEGREIROS, A.W., VILLAS BÔAS, C.C. y PADULA, R.S., 2021. Influence of adherence to autonomous job rotation on musculoskeletal symptoms, occupational exposure, and work ability. *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 84, no. 1, ISSN 18728219. DOI 10.1016/j.ergon.2021.103165.
- DE LA GARZA, E., 2022. El Futuro del Trabajo en América Latina. *Denarius. Revista de Economía y Administración*, vol. 2, no. 43, DOI <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcsh/denarius/v2022n43/DeLaGarza>.
- DE LA GARZA TOLEDO, E., 2017. El Futuro del trabajo en América Latina. *Denarius. Revista de economía y administración*, vol. 2019, no. 36, ISSN 1665-8221. DOI 10.24275/uam/izt/dcsh/denarius/v2022n43/delagarza.
- DENIS, D., GONELLA, M., COMEAU, M. y LAUZIER, M., 2020. Questioning the value of manual material handling training: a scoping and critical literature review. *Applied Ergonomics* (en línea], vol. 89, no. 1, ISSN 0003-6870. DOI <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103186>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000368702030140X>.
- ESLAMIPPOOR, R. y NOBARI, A., 2021. A mathematical model for an integrated assembly line regarding learning and fatigue effects. *Robotica*, vol. 39, no. 8, DOI

<https://doi.org/10.1017/S0263574720001265>.

- ESPINOSA, P., 2021. *Evaluación Ergonómica por manipulación de cargas del puesto de trabajo de manejo de cilindros de gases en una distribuidora de Quito*. S.l.: Universidad Internacional SEK.
- ESPITIA MÉNDEZ, J.A. y MENDOZA ROJAS, G.L., 2021. Metodología basada en un algoritmo genético para programar la producción de una empresa del sector textil. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, vol. 22, no. 4, ISSN 14057743. DOI 10.22201/ii.25940732e.2021.22.4.032.
- FONSECA, N., SEÁRA, A., CUNHA, D. y PEREIRA, A., 2021. The effect of different work-rest schedules on ergonomic risk in poultry slaughterhouse workers. *Work*, vol. 69, no. 1, ISSN 10519815. DOI 10.3233/WOR-213471.
- GUZMAN, J.A., LANCIONI, C., ERIKSSON, C., CHO, Y. y LIKO, J., 2019. Tetanus in an Unvaccinated Child - Oregon, 2017. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, vol. 68, no. 9, ISSN 15406563. DOI <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm6809a3>.
- HIYAMA, A., KATOH, H., SAKAI, D., TANAKA, M., SATO, M. y WATANABE, M., 2019. The correlation analysis between sagittal alignment and cross-sectional area of paraspinal muscle in patients with lumbar spinal stenosis and degenerative spondylolisthesis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, vol. 20, no. 1, ISSN 14712474. DOI 10.1186/s12891-019-2733-7.
- JOUZDANI, J. y GOVINDAN, K., 2021. On the sustainable perishable food supply chain network design: A dairy products case to achieve sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*, vol. 278, no. 1, DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123060>.
- KATIRAEI, N., CALZAVARA, M., FINCO, S., BATTINI, D. y BATTALIA, O., 2021. Consideration of workers' differences in production systems modelling and design: State of the art and directions for future research. *International Journal of Production Research* (en línea), vol. 59, no. 11, ISSN 1366588X. DOI 10.1080/00207543.2021.1884766. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1884766>.
- LÓPEZ, D. y VERGARA, P., 2017. El enfoque heurístico aplicado a la resolución de problemas en la empresa: entre el método y la estrategia. *Razón y Palabra* (en línea), vol. 21, no. 98, ISSN 1605-4806. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1995/199553113017.pdf>.
- MCLESTER, J. y PIERRE, P., 2019. *Applied Biomechanics* (en línea). S.l.: Jones & Bartlett Learning. Disponible en: <https://books.google.es/books?id=7Z6DDwAAQBAJ&lpg=PP1&ots=kGZr1hY8Wx&lr&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>.
- MOUSSAVI, S., ZARE, M., MAHDJOUR, M. y GRUNDER, O., 2019. Balancing high operator's workload through a new job rotation approach: Application to an automotive assembly line. *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 71, no. 1, ISSN 18728219. DOI 10.1016/j.ergon.2019.03.003.

- NOGAREDA, S., 1995. NTP 387: Evaluación de las condiciones de trabajo: método del análisis ergonómico del puesto de trabajo. *INSHT- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo* (en línea], vol. 1, no. 1, Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp_387.pdf/a572ebbc-af9d-4142-b616-95d64e83ba13.
- OIT, 2018. *Panorama Temático Laboral*. S.l.: s.n. ISBN 9789220311516.
- OLIVEIRA, M. y HANDFIELD, R., 2019. Analytical foundations for development of real-time supply chain capabilities. *International Journal of Production Research*, vol. 57, no. 5, DOI <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1493240>.
- ORDOÑEZ, C., MONTALVO, N. y NARVÁES, C., 2024. Exploración ergonómica y evaluación de la prevalencia de lesiones musculoesqueléticas en profesionales de la salud: caso fundación Pablo Jaramillo. *Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos* /, vol. 16, no. 2,
- PEREIRA, J., RITT, M. y VÁSQUEZ, Ó., 2018. A memetic algorithm for the cost-oriented robotic assembly line balancing problem. *Computers & Operations Research*, vol. 99, no. 1, DOI <https://doi.org/10.1016/j.cor.2018.07.001>.
- PHEASANT, S. y HASLEGRAVE, C., 2018. *Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work*. S.l.: CRC press.
- POSSAN, M., SATO, A. y MAGATÃO, L., 2023. An exact method to incorporate ergonomic risks in Assembly Line Balancing Problems. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 183, no. 1, DOI <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109414>.
- SEGAR, G., 2020. *Prevalence of musculoskeletal symptoms and ergonomic risk assessment among production workers in manufacturing industries*. S.l.: s.n.
- SPINELLI, R., AMINTI, G., MAGAGNOTTI, N. y DE FRANCESCO, F., 2018. Postural risk assessment of small-scale debarkers for wooden post production. *Forests*, vol. 9, no. 3, ISSN 19994907. DOI 10.3390/f9030111.
- STACK, T. y OSTROM, L., 2023. *Occupational ergonomics: A practical approach* (en línea]. S.l.: John Wiley & Sons. Disponible en: <https://books.google.es/books?id=0LHiEAAQBAJ&lpg=PP13&ots=TWsffQs9MQ&lr&hl=es&pg=PP13#v=onepage&q&f=false>.
- VILLON, P., 2023. *Implementacion del sistema de gestion de seguridad y salud ocupacional para reducir incidentes y accidentes en empresa Jjjagingenieros SAC-2021* (en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5611>.
- WATERS, T., ANDERSON, V. y GRAG, A., 2021. *Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation*. S.l.: s.n. ISBN 9780873552707.
- ZHU, X., YOSHIKAWA, A., QIU, L., LU, Z., LEE, C. y ORY, M., 2020. Healthy workplaces, active employees: A systematic literature review on impacts of workplace environments on employees' physical activity and sedentary behavior. *Building and Environment*, vol. 168, no. 1, DOI

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106455>.