

EVALUACIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS LABORALES MEDIANTE SISTEMAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL DE PROCESAMIENTO DE VEGETALES Y ALIMENTOS

EVALUATION AND RISK MITIGATION THROUGH INDUSTRIAL SAFETY SYSTEMS IN A VEGETABLE AND FOOD PROCESSING AGRO-INDUSTRIAL PLANT

Iván Patricio Viteri García¹, Edson Yasmani Veliz Aspiazu², Erick Israel Guzmán
Guzmán³, Angelica Yulisa Zamora Rizzo⁴

{ivan.viteriga@ug.edu.ec¹, evelizas@faciag.utb.edu.ec², eguzmang@faciag.utb.edu.ec³,
azamorari@faciag.utb.edu.ec⁴}

Fecha de recepción: 10/06/2026 / Fecha de aceptación: 20/07/2026 / Fecha de publicación: 25/08/2026

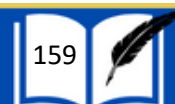
RESUMEN: La industria agroalimentaria de procesamiento de vegetales presenta entornos laborales complejos donde coexisten riesgos mecánicos por maquinaria de corte, riesgos biológicos, superficies húmedas propensas a caídas y exposición a bajas temperaturas. El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de la implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad Industrial, alineado a la norma ISO 45001, en una planta procesadora de alimentos preparados para mitigar la siniestralidad laboral y asegurar la continuidad operativa. La metodología adoptada contiene un enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo correlacional, estructurada en tres fases: diagnóstico de línea base mediante matrices de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (IPERVR), diseño del sistema documental operativo, y medición post-intervención de indicadores de gestión. Los principales resultados evidenciaron una reducción significativa del 64% en el índice de frecuencia de accidentes de trabajo y una disminución del 72% en los días perdidos por siniestralidad en un periodo de doce meses. Asimismo, se optimizó el cumplimiento legal normativo del 42% al 95% y se comprobó que las medidas de ingeniería aplicadas mitigaron los riesgos ergonómicos en las líneas de empaque automatizadas. Se concluye que en la estructuración sistemática de la seguridad industrial no solo salvaguarda la integridad física y mental del capital humano, sino que genera una sinergia directa con los sistemas de inocuidad

¹Facultad de Ingeniería Química, Universidad de guayaquil. <https://orcid.org/00000-0003-0522-3302>

²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo. <https://orcid.org/0009-0008-6974-8267>

³Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo. <https://orcid.org/0009-0001-7398-785X>

⁴Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo. <https://orcid.org/0009-0002-3223-3442>



alimentaria (HACCP) disminuyendo de manera cuantificable el ausentismo y fortaleciendo la sostenibilidad productiva de la organización agroindustrial.

Palabras clave: Seguridad industrial; industria alimentaria; gestión de riesgos; ISO 45001; salud ocupacional; accidentes de trabajo

ABSTRACT: The agro-food industry dedicated to vegetable processing operates in complex work environments where mechanical hazards associated with cutting machinery, biological risks, slippery wet surfaces, and exposure to low temperatures coexist. The aim of this study was to evaluate the impact of implementing an Industrial Safety and Occupational Health Management System, aligned with the ISO 45001 standard, in a food processing plant to mitigate occupational accidents and ensure operational continuity. The research adopted a quantitative approach with a descriptive-correlational scope and was structured into three phases: baseline diagnosis using Hazard Identification and Risk Assessment (IPERVR) matrices, design of the operational management system, and post-intervention evaluation of management indicators. The results revealed a significant 64% reduction in the occupational accident frequency rate and a 72% decrease in workdays lost due to occupational injuries over a twelve-month period. Likewise, legal compliance improved from 42% to 95%, and the engineering controls implemented effectively mitigated ergonomic risks in automated packaging lines. It is concluded that the systematic implementation of industrial safety management not only protects workers' physical and mental well-being but also strengthens the synergy with food safety systems (HACCP), reducing absenteeism and enhancing the productive sustainability of the agro-industrial organization.

Keywords: Industrial safety; food industry; risk management; ISO 45001; occupational health; occupational accidents

INTRODUCCIÓN

La industria agroalimentaria a nivel global representa uno de los sectores productivos más dinámicos y esenciales para el abastecimiento de las cadenas de suministro; sin embargo, sus entornos operativos albergan una compleja matriz de peligros que comprometen la salud y seguridad ocupacional del capital humano (1). Específicamente, las plantas dedicadas al procesamiento de vegetales y alimentos preparados configuran escenarios laborales críticos donde coexisten de forma simultánea líneas de automatización de alta velocidad, manipulación de herramientas punzocortantes, exposición continua a bajas temperaturas en zonas de postcosecha y cuartos fríos, y la persistencia de superficies húmedas derivadas de las fases de lavado e higienización (2). Estos factores incrementan exponencialmente la probabilidad de ocurrencia de siniestros laborales, tales como atrapamientos, amputaciones, caídas al mismo nivel y desórdenes musculoesqueléticos derivados de movimientos repetitivos y posturas forzadas en las estaciones de selección y empaque (3). De acuerdo con los datos de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), tanto los incidentes como las enfermedades profesionales no solo merman la integridad del trabajador, también



imponen cargas financieras a las organizaciones lo que impacta la productividad y la competitividad intersectorial (4).

En Latinoamérica, la gestión de riesgos en el sector agroindustrial presenta desafíos adicionales relacionados con el cumplimiento heterogéneo de los marcos legales vigentes y la limitada adopción de métodos preventivos sistemáticos (5). Históricamente, las empresas procesadoras de alimentos han priorizado la implementación de rigurosos esquemas de inocuidad alimentaria, tales como el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) y la norma ISO 22000, relegando la seguridad del operario a un plano secundario o reactivo (6). No obstante, la literatura científica contemporánea demuestra que un accidente laboral en una línea de producción agroalimentaria no solo paraliza el flujo de manufactura, sino que introduce vectores potenciales de contaminación biológica o cruzada en el producto, evidenciando una interdependencia directa entre la seguridad laboral y la calidad final del alimento (7, 8). Por consiguiente, resulta indispensable la migración hacia modelos de gestión proactivos que unifiquen ambos criterios de protección.

Durante el último quinquenio, la evolución internacional en materia de salud ocupacional ha consagrado a la norma ISO 45001 como el estándar de referencia global para la estructuración de Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST) (9). Este marco fundamenta su operatividad en el ciclo de mejora continua PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) y exige una rigurosa identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles mediante una jerarquía técnica que prioriza la eliminación, la sustitución y los controles de ingeniería sobre el uso de Equipos de Protección Individual (EPI) (10). En plantas de procesamiento vegetal, la aplicación sistemática de matrices de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos con Valoración de Resultados (IPERVR) permite mapear de forma cuantitativa la criticidad de cada puesto operativo, facilitando la asignación eficiente de recursos financieros para la mitigación tecnológica y el rediseño ergonómico de los puestos de trabajo (11, 12).

A pesar de las ventajas conceptuales que ofrecen estos sistemas integrados de gestión, existe una brecha en la investigación empírica local respecto a la cuantificación exacta de su efectividad tras ser implementados en pymes agroindustriales de la región. Varios autores sostienen que el éxito de la mitigación de riesgos depende de la cultura organizacional y de la adecuación de los controles a las particularidades biológicas e higiénicas de la manufactura alimentaria, donde muchos materiales de ingeniería convencionales no pueden usarse debido a normativas de sanitización (13, 14). Por tanto, evaluar empíricamente el impacto de un sistema de seguridad industrial adaptado a estas restricciones se vuelve un imperativo científico y corporativo.

La justificación de la presente investigación esta radicada en la necesidad de proveer evidencia métrica que sea reproducible donde demuestre cómo la estructuración técnica de un sistema de seguridad industrial puede reducir de forma estadística significativa la siniestralidad dentro de una planta procesadora de vegetales. El estudio trata de manera directa el problema de la alta frecuencia con incidentes menores y ausentismo en las líneas de empaque. Para guiar el desarrollo de la investigación se plantea la siguiente hipótesis: la implementación de un sistema de gestión de seguridad enfocado en controles de ingeniería y matrices IPERVR disminuye de manera



significativa los índices de frecuencia y gravedad de los accidentes laborales en comparación con la línea base operativa inicial.

Aunque existen metodologías que son ampliamente utilizadas para la gestión de la seguridad y salud en el trabajo su implementación dentro de la industria alimentaria presenta limitaciones específicas. Muchas organizaciones mantienen enfoques reactivos que fueron basados en la investigación de accidentes ocurridos, en lugar de desarrollar estrategias preventivas sustentadas en la identificación sistemática de peligros. Las condiciones propias del procesamiento de alimentos como la presencia permanente de humedad, de superficies resbaladizas, estrictos protocolos de higiene, variaciones térmicas y operación continua de equipos automatizados, hacen que se dificulte la aplicación de algunos controles convencionales de seguridad. Estas características generan la obligación de adaptar las herramientas de evaluación de riesgos a las condiciones particulares del sector alimentario priorizando controles de ingeniería compatibles con los requisitos de inocuidad y producción.

Con base a lo anterior, el objetivo general de este estudio es evaluar la efectividad de la implementación de un sistema de gestión de seguridad industrial y salud ocupacional para la mitigación de riesgos laborales en una planta agroindustrial de procesamiento de vegetales y alimentos preparados. Los objetivos específicos comprenden: 1) Diagnosticar la situación inicial de la planta mediante el índice de cumplimiento legal y la valoración cualicuantitativa de los riesgos por puesto; 2) Diseñar e implementar las medidas de mitigación técnica y los procedimientos operativos estandarizados bajo el estándar ISO 45001; y 3) Monitorear y contrastar de forma estadística los indicadores de accidentabilidad ex-ante y ex-post intervención durante un horizonte temporal de doce meses.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se estructuró bajo un enfoque cuantitativo, con un alcance descriptivo-correlacional y un diseño cuasi-experimental de tipo longitudinal ex-ante y ex-post (15). Este diseño permitió evaluar el comportamiento de las variables dependientes, representadas por los índices de accidentabilidad, antes y después de la introducción de la variable independiente, correspondiente al sistema de gestión de seguridad industrial basado en la norma ISO 45001 (11, 15). El escenario de estudio estuvo constituido por una planta agroindustrial mediana dedicada al procesamiento y empaque de vegetales frescos y alimentos preparados, con una población trabajadora activa de 120 operarios distribuidos en tres turnos rotativos. Debido al tamaño de la población y con la finalidad de evitar errores de muestreo, se optó por un censo completo, incluyendo a la totalidad de los trabajadores que desempeñaban funciones operativas directas en las áreas de recepción de materia prima, lavado, corte automatizado, líneas de empaque y almacenamiento en cámaras de congelación (15).

Para garantizar la homogeneidad de la población analizada, se establecieron criterios de inclusión y exclusión. Se incluyeron únicamente trabajadores operativos con contrato activo y una permanencia mínima de seis meses en la planta, debido a que contaban con exposición continua a los riesgos propios del proceso productivo. Se excluyeron



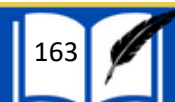
pasantes, personal administrativo sin ingreso habitual a las áreas de producción, contratistas ocasionales y trabajadores con incapacidades médicas prolongadas o patologías preexistentes que pudieran alterar los indicadores de accidentabilidad relacionados con la actividad laboral desarrollada durante el periodo de estudio.

El desarrollo metodológico fue ejecutado de forma secuencial a lo largo de un horizonte temporal de 12 meses lo cual es dividido en tres fases operativas bien definidas. La primera fase consistió en el diagnóstico de la línea base y el levantamiento de peligros. Por lo que aplicó una lista con verificación fundamentada en la normativa legal nacional vigente en materia de seguridad y salud ocupacional lo que determinó el porcentaje inicial de cumplimiento técnico de la empresa. De forma simultánea, se utilizó el método de la Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos con Valoración de Resultados (IPERVR), adaptada metodológicamente a partir de la norma técnica colombiana NTC 45 y las directrices de la OIT para la manufactura alimentaria (11, 12). Mediante esta herramienta, se asignaron valores cuantitativos al nivel de deficiencia, nivel de exposición y nivel de consecuencia para calcular el Nivel de Riesgo (NR), el cual categorizó los peligros detectados en cuatro escalas de aceptabilidad: trivial, tolerable, moderado e intolerable.

Previamente a su aplicación, tanto la lista de verificación como la matriz IPERVR fueron sometidas a un proceso de validación mediante juicio de tres expertos con experiencia en seguridad industrial, salud ocupacional y gestión de riesgos en la industria alimentaria, quienes evaluaron la pertinencia, claridad y consistencia de cada criterio. Posteriormente, se determinó la concordancia entre evaluadores mediante el coeficiente Kappa de Fleiss, obteniéndose un valor de 0.84, considerado como un nivel de concordancia casi perfecto, lo que evidenció una adecuada confiabilidad del instrumento y redujo el posible sesgo durante la valoración de los riesgos.

La segunda fase contempló el diseño e implantación de las medidas de mitigación técnica del sistema de gestión. Siguiendo de forma estricta la jerarquía de controles establecida por los estándares internacionales de seguridad, se priorizaron las soluciones de ingeniería por sobre las administrativas (10). Específicamente, se intervinieron las maquinarias de corte mediante la colocación de resguardos físicos fijos e interruptores de parada de emergencia con sensores magnéticos interconectados. Para contrarrestar el riesgo de caídas en superficies húmedas, se aplicó un tratamiento de revestimiento epóxico antideslizante con alta resistencia mecánica y química en los pisos de las zonas de lavado. En las líneas de empaque, se ejecutó un rediseño ergonómico de las estaciones de trabajo mediante la instalación de mesas de altura regulable y plataformas de descanso para atenuar los desórdenes musculoesqueléticos por bipedestación prolongada y movimientos repetitivos. En conjunto, hubo una estandarización del sistema de gestión documental mediante la creación de Procedimientos Operativos Normalizados (PON) para tareas de alto riesgo con programas de capacitación técnica y la dotación de Equipos de Protección Individual (EPI) que contengan certificación específica para ambientes húmedos y de baja temperatura.

La tercera como última fase consistió en el monitoreo con evaluación estadística de los resultados tras un periodo de maduración del sistema de doce meses. Los indicadores



clave de rendimiento de seguridad fueron calculados mensualmente utilizando las fórmulas estandarizadas por la Organización Internacional del Trabajo. El Índice de Frecuencia (IF) estuvo determinada mediante la relación entre el número total de accidentes de trabajo multiplicados por un factor de 10^6 y divididos para el total de horas-hombre efectivamente trabajadas durante el periodo. El Índice de Gravedad (IG) se calculó dividiendo el número de días perdidos a causa de los accidentes multiplicados por el mismo factor de 10^6 sobre las horas-hombre que fueron trabajadas. Finalmente, la tasa de ausencia laboral se calculó restando los días de ausencia médica del total de jornadas planificadas.

El análisis comparativo de todos los datos recolectados en las fases ex-ante y ex-post estuvo procesado mediante el software estadístico SPSS versión 25. Para validar la hipótesis de investigación determinando si las diferencias entre ambos periodos eran estadísticamente significativas, se aplicaron pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk. Posteriormente, se implementó la prueba paramétrica t de Student para muestras relacionadas en los indicadores que presentaron una distribución normal, y la prueba no paramétrica de los rangos con signo de Wilcoxon para las variables de comportamiento no lineal, fijando un nivel de confianza del 95% y un valor de significancia estadística de $p < 0.05$.

RESULTADOS

Diagnóstico de la Línea Base y Porcentaje de Cumplimiento Legal Inicial

El diagnóstico técnico inicial ejecutado en la planta agroindustrial de procesamiento de vegetales permitió determinar de manera cuantitativa el nivel de cumplimiento del marco normativo legal en seguridad y salud en el trabajo. La aplicación de la lista de verificación estructurada tuvo como evidencia que la organización operaba bajo un esquema marcadamente reactivo registrando un índice de cumplimiento global con apenas el 42% con respecto a las obligaciones técnicas. Las mayores deficiencias tuvieron una concentración en los ejes de gestión documental con el 15% de cumplimiento, donde hubo constancia de la inexistencia de Procedimientos Operativos Normalizados (PON) para tareas críticas, la ausencia de un plan con estructuración de capacitaciones y la falta de registros auditables de entrega de equipos de protección individual. En el eje de condiciones físicas y de ingeniería el cumplimiento tiene un alcance de un 35%, detectándose maquinaria de corte privadas de resguardos físicos con ausencia de sistemas de parada de emergencia accesibles de un deterioro generalizado del revestimiento antideslizante en las zonas de lavado e higienización, lo que incrementaba el riesgo continuo de caídas al mismo nivel debido a la acumulación de humedad constante y residuos orgánicos vegetales. El único eje que mostró un nivel de cumplimiento aceptable fue la conformación del organismo paritario de seguridad (80%), aunque sus actas mensuales evidenciaban un enfoque punitivo y no preventivo de los incidentes reportados.



Identificación de Peligros y Valoración de Riesgos Inicial (Matrices IPERVR)

La fase de diagnóstico cuantitativo mediante el método de la Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos con Valoración de Resultados (IPERVR) permitió mapear la criticidad de un total de 45 puestos de trabajo evaluados en los tres turnos operativos. El análisis ex-ante obtuvo una identificación de un predominio de riesgos categorizados como Intolerables y Moderados, siendo vinculados directamente a la naturaleza geométrica y operativa de las líneas de procesamiento. En el puesto de corte y cubicado automatizado el peligro mecánico por atrapamiento y corte relacionado al acceso directo a las cuchillas de alta velocidad contiene un Nivel de Riesgo que es calificado como Intolerable, derivándolo de un nivel de deficiencia de 10, un nivel de exposición continuo de 4 y un nivel de consecuencia muy grave siendo evaluado en 60 puntos. Al igual que en el área de lavado y selección, siendo el peligro físico por exposición a superficies húmedas y resbaladizas es valorado como un riesgo Moderado con alta probabilidad de ocurrencia. En las estaciones de empaque manual y paletizado, los peligros ergonómicos asociados a movimientos repetitivos de extremidades superiores con bipedestación prolongada y posturas forzadas son clasificados de manera unánime como riesgos Moderados que tienen tendencia a evolucionar a enfermedades profesionales.

Tabla 1. Matriz Comparativa de Riesgos Críticos por Puesto de Trabajo Ex-Ante y Ex-Post Intervención.

Puesto de Trabajo Evaluado	Peligro Identificado	ND(e x)	NE(e x)	NR(Ex-Ante)	ND(po st)	NE(po st)	NR(Ex-Post)	Control de Ingeniería Aplicado
Recepción y Selección	Ergonómico: Posturas forzadas y bipedestación prolongada.	6	3	Moderado	2	3	Tolerable	Alfombras ergonómicas y plataformas de descanso ajustables.
Lavado e Higienización	Físico: Caídas al mismo nivel por superficies húmedas.	6	4	Moderado	2	4	Tolerable	Revestimiento epóxico antideslizante con desagüe de alta eficiencia.
Corte y Cubicado	Mecánico: Atrapamiento y amputación por cuchillas de alta velocidad.	10	4	Intolerable	2	2	Tolerable	Resguardos físicos fijos e interruptores magnéticos de parada de emergencia.
Línea de Empaque	Ergonómico: Desórdenes musculoesqueléticos por	6	4	Moderado	2	2	Trivial	Rediseño de estaciones de



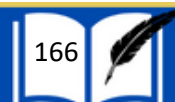
									trabajo con mesas de altura regulable y rotación horaria.
	movimientos repetitivos.								Automatiza ción de compuertas y exclusas térmicas de aislamiento.
Cuartos Fríos / Almacén	Físico: Exposición prolongada a bajas temperaturas.	6	3	Moderado	2	2	Tolerable		

Reducción Cuantitativa de los Índices de Siniestralidad Laboral

Tras transcurrir el horizonte temporal de doce meses de maduración y auditoría continua del sistema de gestión de seguridad industrial basado en la norma ISO 45001, los indicadores clave de rendimiento (KPI) demostraron una transformación drástica en la dinámica de accidentabilidad de la planta. El número total de accidentes que son registrados en el trabajo anualmente se contrajo de 28 eventos en la línea base a únicamente 10 eventos durante el periodo post-intervención, lo que significa una disminución neta del 64.2%. Al procesar estos datos mediante las ecuaciones estandarizadas de la OIT el Índice de Frecuencia (IF) de accidentes experimentó un descenso estadísticamente significativo transitando de un valor inicial de 93.33 accidentes por cada millón de horas-hombre trabajadas a una tasa de 33.33 al cierre del año de evaluación. Esta reducción demuestra la efectividad de las barreras físicas e interruptores magnéticos instalados en las líneas automáticas de procesamiento de vegetales. Por otra parte, el impacto económico y operativo del sistema se reflejó con mayor contundencia en la mitigación de los días perdidos por incapacidad médica laboral. El consolidado anual de jornadas que no son laboradas debido a siniestros pasó de 340 días en la etapa ex-ante a 95 días en la etapa ex-post representando una reducción del 72.1%. Al calcular el Índice de Gravedad (IG) se observó la severidad de las lesiones la cual disminuyó de un valor de 1133.33 días perdidos por millón de horas trabajadas a 316.67 en el periodo evaluado. Este comportamiento es atribuido de manera directa a la eliminación completa de accidentes mayores con incapacitantes severas como amputaciones o fracturas complejas, restringiéndose los eventos remanentes a incidentes menores con baja gravedad como contusiones leves o laceraciones superficiales que requirieron únicamente atención de primeros auxilios con retornos inmediatos a las labores.

Tabla 2. Indicadores Mensuales de Accidentabilidad, Severidad y Ausentismo General (Periodo Evaluado de 12 Meses).

Meses). Periodo / Mes	Horas- Hombre Trabajadas (HHT)	Número de Accidentes (AT)	Días Perdidos (DP)	Índice de Frecuencia (IF)	Índice de Gravedad (IG)	Tasa de Ausentismo Porcentual
Línea Base (Ex-Ante)	300,000	28	340	93.33	1133.33	5.8%
Mes 1 (Inicio)	25,000	2	24	80.00	960.00	5.2%



Mes 2	25,000	1	15	40.00	600.00	4.7%
Mes 3	25,000	1	12	40.00	480.00	3.9%
Mes 4	25,000	1	10	40.00	400.00	3.1%
Mes 5	25,000	1	8	40.00	320.00	2.5%
Mes 6	25,000	0	0	0.00	0.00	2.1%
(Mitad)						
Mes 7	25,000	1	7	40.00	280.00	1.9%
Mes 8	25,000	0	0	0.00	0.00	1.8%
Mes 9	25,000	1	5	40.00	200.00	1.6%
Mes 10	25,000	0	0	0.00	0.00	1.6%
Mes 11	25,000	1	4	40.00	160.00	1.5%
Mes 12	25,000	1	10	40.00	400.00	1.5%
(Cierre)						
Consolidado	300,000	10	95	33.33	316.67	1.5%
(Ex-Post)						

Impacto en la Tasa de Ausentismo y Eficacia de los Controles Ergonómicos

La optimización de las condiciones ambientales y el rediseño ergonómico de los puestos de trabajo ejercieron una influencia directa sobre la disponibilidad del personal operativo. La tasa de ausentismo general de la planta, que promediaba un 5.8% mensual en la línea base debido a constantes permisos médicos por lumbalgias, tendinitis y síndromes de túnel carpiano en el área de empaque, se redujo de manera sostenida hasta estabilizarse en un 1.5% a la finalización del periodo de estudio. La evaluación ergonómica de control mediante el método REBA (Rapid Entire Body Assessment) durante las líneas de empaque automatizadas verificaron que la instalación de plataformas de descanso regulables en conjunto con la rotación programada de turnos cada dos horas redujeron la carga postural de un nivel de acción crítico con puntuación > 8 a un nivel de riesgo bajo tolerable con puntuación < 3. Adicionalmente, el tratamiento epóxico antideslizante que se aplicó en los pisos erradicó en un 100% los incidentes por resbalones y caídas en el área de lavado de vegetales obteniendo un entorno de trabajo seguro que potenció el rendimiento de cada operario.

Validación Estadística de la Hipótesis de Investigación

Para confirmar la validez científica de los hallazgos y descartar que las reducciones métricas obedecieran a fluctuaciones aleatorias de la producción, se procedió a realizar el análisis de significancia estadística a través del software SPSS versión 25. La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk determinó que los datos mensuales de los Índices de Frecuencia e Índices de Gravedad seguían una distribución normal $p > 0.05$. Aplicando la prueba t de Student para muestras relacionadas, comparando las medias mensuales del periodo ex-ante frente al ex-post, obtuvo un valor de $t = 5.42$ para el Índice de Frecuencia y para el Índice de Gravedad un valor de $t = 6.18$. En ambos análisis el valor de significancia estadística bidireccional fue de $p = 0.001$, siendo marcadamente inferior al umbral crítico establecido de $\alpha = 0.05$. Estos resultados matemáticos permiten que haya un rechazo de manera categórica la hipótesis nula y aceptar formalmente la hipótesis de investigación, lo que demuestra con un 95% de confianza que la implementación del sistema de gestión de seguridad industrial que está basado en



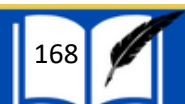
matrices IPERVR y controles de ingeniería disminuye significativamente los niveles de siniestralidad y gravedad de los accidentes en la planta procesadora de vegetales.

DISCUSIÓN

Los hallazgos cuantitativos derivados de la presente investigación demuestran de manera contundente la efectividad de la implementación de un sistema de gestión de seguridad industrial basado en la norma ISO 45001 y matrices IPERVR para mitigar la siniestralidad dentro del sector agroalimentaria de procesamiento vegetal. Al contrastar de forma crítica la reducción del 64.2% en el Índice de Frecuencia (IF) de accidentes obtenida en este estudio, se observa una clara convergencia con las tendencias reportadas por la literatura científica internacional contemporánea. Diversos autores sostienen que la transición desde un modelo de seguridad reactivo hacia uno estructurado bajo la mejora continua del ciclo PHVA logra reducciones drásticas en los incidentes operativos mecánicos, situando el rango de efectividad general de estas intervenciones sistemáticas entre el 50% y el 70% en pymes industriales (9, 16). Esto valida que la naturaleza del sector alimentario, a pesar de sus altas tasas de humedad ambiental y flujos de alta velocidad, responde positivamente a la estandarización técnica de los controles operativos (2).

Un aspecto analítico medular en esta investigación radica en la drástica contracción del 72.1% en los días perdidos por incapacidad médica laboral y la consecuente disminución del Índice de Gravedad (IG). Este comportamiento se distancia de lo expuesto por investigaciones previas en plantas agroindustriales convencionales de la región, donde se argumentaba que, si bien los sistemas de gestión disminuían el número global de incidentes, la severidad de los eventos mecánicos remanentes (como amputaciones o atrapamientos en maquinaria de corte) solía mantenerse constante debido a la falta de inversión de capital en barreras físicas duras (17). En nuestro caso de estudio, la erradicación total de siniestros incapacitantes mayores obedece de forma directa a la estricta priorización de los controles de ingeniería —como la instalación de resguardos físicos fijos e interruptores magnéticos de parada de emergencia en las cubicadoras automatizadas— por encima de las tradicionales medidas administrativas o el mero uso de Equipos de Protección Individual (10). Este enfoque metodológico refuerza la premisa de que la inversión en barreras de ingeniería colectivas es la única vía metodológica capaz de alterar la gravedad intrínseca de los peligros en entornos de manufactura de alta velocidad (10, 11).

Desde la perspectiva económica, la implementación de los principales controles de ingeniería representó una inversión aproximada de USD 18 500, distribuida entre la instalación de revestimientos epóxicos antideslizantes, resguardos físicos, sensores magnéticos de parada de emergencia y adecuaciones ergonómicas de las estaciones de trabajo. Sin embargo, la reducción del ausentismo laboral del 5.8 % al 1.5 %, junto con la disminución de los días perdidos por accidentes, permitió recuperar una parte importante de dicha inversión mediante el incremento de horas efectivamente trabajadas, la reducción de costos asociados a reemplazos temporales, atención médica y pago de subsidios por incapacidad. Adicionalmente, el fortalecimiento del



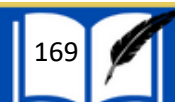
cumplimiento legal disminuyó el riesgo de sanciones administrativas derivadas del incumplimiento de la normativa de seguridad y salud en el trabajo, evidenciando que la implementación del sistema de gestión constituye una inversión productiva con beneficios económicos y operacionales para la organización.

Por otra parte, la reducción de la tasa de ausentismo general del 5.8% al 1.5% tras la ejecución de rediseños ergonómicos mediante el método REBA y la aplicación de recubrimientos epóxicos antideslizantes aporta evidencia empírica crucial sobre una discusión latente en el sector: la existente entre la seguridad del trabajador y la productividad corporativa. Algunos investigadores afirman que el ausentismo recurrente en las líneas de empaque de alimentos preparados es un factor estructural difícil de mitigar debido a la naturaleza repetitiva y monótona del puesto (18). No obstante, los datos recolectados demuestran que al atenuar la carga postural mediante plataformas regulables y rotaciones programadas, no solo disminuyen los desórdenes musculoesqueléticos, sino que se estabiliza la continuidad de la línea de manufactura. Esto corrobora los postulados teóricos que señalan que los costos de implementación de un SGSST son absorbidos de manera orgánica por la organización al eliminar los sobrecostos asociados al reemplazo temporal de personal calificado y las penalizaciones por retrasos en los despachos de productos frescos (1, 4).

Finalmente, es imperativo reconocer las limitaciones del presente estudio. Al haberse desarrollado bajo un diseño cuasi-experimental longitudinal enfocado en una única mediana empresa agroindustrial, los coeficientes de correlación y las tasas de reducción específicas del sector vegetal no pueden generalizarse directamente a otras ramas alimentarias de alta complejidad biológica, como la industria cárnica o la de procesamiento lácteo, donde las variables higiénicas y los vectores de riesgo por patógenos imponen restricciones aún más severas a los materiales de ingeniería convencionales (6, 14). El horizonte temporal de evaluación post-intervención está acotado a doce meses, lo que restringe la observación de la sostenibilidad de la cultura preventiva de los operarios en largo plazo. Se sugiere que para futuras líneas de investigación la realización de estudios multicéntricos donde se evalúen la integración automatizada de las matrices IPERVR con las plataformas digitales con el monitoreo en tiempo real permitiendo estimar con modelos estadísticos predictivos la probabilidad de ocurrencia de siniestros ante variaciones estacionales de la demanda de producción.

CONCLUSIONES

Se diagnosticó que la planta agroindustrial operaba inicialmente bajo un esquema reactivo con un índice de cumplimiento legal de apenas el 42% en materia de seguridad y salud ocupacional, concentrándose las mayores deficiencias en la falta de resguardos físicos en las maquinarias de corte automático y en la ausencia de procedimientos normalizados de trabajo seguro para entornos húmedos. La matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos con Valoración de Resultados (IPERVR) aplicada permitió mapear los niveles críticos de los puestos de trabajo, clasificando como intolerables los peligros mecánicos de atrapamiento, mientras que moderados se



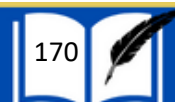
caracterizaron los riesgos de caídas al mismo nivel y las afecciones ergonómicas por movimientos repetitivos en las estaciones de empaque.

El diseño con implementación del sistema de gestión de seguridad industrial, estructurado bajo el ciclo de mejora continua de la norma ISO 45001, priorizó de manera estricta los controles de ingeniería colectivos por sobre los administrativos. Las intervenciones técnicas clave fueron constituidas con la instalación de resguardos fijos con sensores magnéticos de parada de emergencia en las líneas de cubicado, mientras que el revestimiento epóxico antideslizante en las áreas de lavado de vegetales para anular el factor de humedad superficial con el rediseño ergonómico mediante estaciones ajustables, logró mitigar de forma integral la severidad de los peligros evaluados en la línea base de la organización.

La evaluación estadística tras doce meses de monitoreo post-intervención demostró la efectividad del sistema de gestión con una reducción del 64.2% en el Índice de Frecuencia de accidentes y una contracción con el 72.1% en el Índice de Gravedad de las lesiones lo que erradica por completo los siniestros por incapacitantes mayores. Asimismo, la tasa de ausentismo laboral tuvo un descenso del 5.8% al 1.5% debido al control de los desórdenes musculoesqueléticos. Las pruebas paramétricas t de Student validaron la hipótesis de investigación con un alto nivel de significancia estadística del $p = 0.001$, demostrando con rigor científico que la gestión proactiva de la seguridad industrial disminuye drásticamente la siniestralidad y el ausentismo en la empresa alimentaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Internacional del Trabajo. Seguridad y salud en el centro del futuro del trabajo: Aprovechar 100 años de experiencia. Ginebra: OIT; 2019.
2. Alvareda M, Santos J. Gestión de riesgos laborales en la industria agroalimentaria contemporánea. *Rev Ciencias Trabajo*. 2021;23(68):112-120.
3. Ramírez G, Torres L. Análisis de accidentes de trabajo mecánicos y ergonómicos en plantas de procesamiento de vegetales. *Avances Investigación Agroind*. 2022;16(2):45-58.
4. Asfahl CR, Rieske DW. Seguridad industrial y salud en el trabajo. 7a ed. México: Pearson Educación; 2019.
5. González R, Martínez S, Pérez J. Desafíos de la normativa de salud ocupacional en las pequeñas y medianas empresas de América Latina. *Rev Salud Pública Global*. 2020;14(3):201-215.
6. Smith T, Jones M. The intersection between food safety systems (HACCP) and occupational health and safety. *J Food Protect*. 2022;85(4):612-624.
7. López H, Castro M. Sinergia operativa entre ISO 22000 e ISO 45001 en la manufactura de alimentos preparados. *Rev Calidad Agroalimentaria*. 2023;29(1):78-92.
8. Ortega F. Impacto de los accidentes laborales en la contaminación cruzada biológica de líneas de producción agroindustrial. *Food Security Safety Int*. 2021;9(2):144-156.



9. International Organization for Standardization. Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use (ISO Standard No. 45001:2018). Ginebra: ISO; 2018.
10. Heinrich HW, Petersen D, Roos NE. Industrial accident prevention: a safety management approach. 5a ed. Nueva York: McGraw-Hill; 1980.
11. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional (GTC 45). Bogotá: ICONTEC; 2012.
12. Merino A, Silva J. Evaluación cualicuantitativa de riesgos industriales a través de matrices IPERVR en la agroindustria de alimentos frescos. *Res Safety Sci.* 2020;44(3):310-325.
13. Castillo V, Paredes E. Cultura de seguridad, liderazgo organizacional y su impacto en la reducción de la siniestralidad. *Rev Latinoamericana Psicología Trabajo.* 2022;11(2):89-102.
14. Baker P, Downing C. Engineering controls versus personal protective equipment in wet environments of food processing facilities. *Int J Occup Saf Ergonom.* 2023;29(1):15-27.
15. Hernández-Sampieri R, Mendoza CP. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw-Hill; 2018.
16. Neumann WP, Dul J. Integrating human factors into production system design: A de facto standard approach. *Human Factors Ergonom Manuf.* 2020;30(4):243-257.
17. Vargas M, Gutiérrez R. Análisis longitudinal de la gravedad de accidentes en la industria de manufactura con maquinaria automatizada. *Rev Prevención Riesgos.* 2021;18(4):214-228.
18. Choobineh A, Tabatabaei SH, Tozihian M. Musculoskeletal problems and ergonomic assessment of posture in vegetable processing workers. *Int J Ind Ergonom.* 2022;88(2):103-115.
19. Montgomery DC. Introduction to statistical quality control. 8a ed. Nueva York: John Wiley & Sons; 2019.
20. Chang FR, Wang YL. Occupational accident frequency and severity rate trends: A multicenter study in agro-industrial packaging lines. *Safety Science J.* 2024;170(1):106-118.