

Improvements in Occupational Safety and Health for the Reduction of Workplace Risks in a Construction Sector Company, Cajamarca - 2025

Rodil Milser Barreto Rodríguez¹; Carlos Miguel Siesquen Gutierrez²; Guillermo Segundo Miñan Olivos³
1 Universidad Privada del Norte, Trujillo, N00051960@upn.pe
2 Universidad Privada del Norte, Trujillo, N00166952@upn.pe
3 Universidad Privada del Norte, Trujillo, guillermo.minan@upn.pe

Abstract– This research designed and evaluated an Occupational Health and Safety Management System (OHSMS), based on the regulations of law 29783, with the purpose of optimizing organizational performance and mitigating occupational risks in an industrial services company. For this, a descriptive, quantitative, and proactive approach was adopted, supported by diagnostic tools such as the IPERC matrix and the Ishikawa diagram, which evidenced a 22% compliance level with current occupational health and safety legislation, revealing an incipient safety culture and deficiencies in integrated risk management. This analysis allowed for the identification of physical and chemical hazards as critical factors, leading to the implementation of corrective measures—including systematic training programs, provision of personal protective equipment, and the establishment of a safety committee—aimed at strengthening incident prevention and enhancing the management's commitment to occupational health. Complementary tools such as FMEA and artificial intelligence were also applied to expand the range of analysis. Finally, it was concluded that a health and safety management system, based on law 29783 and supplemented with cutting-edge technological tools, could reduce occupational risks.

Keywords– safety, risk, accident, artificial intelligence

Mejoras en seguridad y salud en el trabajo para la reducción de riesgos laborales en una empresa del sector construcción, Cajamarca - 2025

Rodil Milser Barreto Rodríguez¹; Carlos Miguel Siesquen Gutierrez²; Guillermo Segundo Miñan Olivos³
1 Universidad Privada del Norte, Trujillo, N00051960@upn.pe
2 Universidad Privada del Norte, Trujillo, N00166952@upn.pe
3 Universidad Privada del Norte, Trujillo, guillermo.minan@upn.pe

Resumen— La presente investigación diseñó y evaluó un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST), fundamentado en la normativa de la ley 29783, con el propósito de optimizar el desempeño organizacional y mitigar los riesgos laborales en una empresa de servicios industriales; para ello, se adoptó un enfoque descriptivo, cuantitativo y propositivo, sustentado en herramientas diagnósticas como la matriz IPERC y el diagrama de Ishikawa, que evidenciaron un nivel de cumplimiento del 22% respecto de la legislación vigente en seguridad y salud ocupacional, revelando una cultura de seguridad incipiente y carencias en la gestión integral de riesgos. Dicho análisis permitió identificar peligros físicos y químicos como factores críticos, lo que condujo a la implementación de medidas correctivas —incluyendo programas de capacitación sistemática, dotación de equipos de protección personal y la conformación de un comité de seguridad— orientadas a fortalecer la prevención de incidentes y robustecer el compromiso de la dirección con la salud ocupacional. También se aplicaron herramientas complementarias como el AMFE y la inteligencia artificial para que de esa manera se pueda ampliar el rango de análisis. Finalmente, se pudo concluir que un sistema de seguridad y salud en el trabajo, basado en la ley 29783 y complementado con herramientas tecnológicas de vanguardia, permitiría reducir los riesgos laborales.

Palabras clave—seguridad, riesgo, accidente, inteligencia artificial

I. INTRODUCCIÓN

La seguridad y salud en el trabajo (SST) se ha consolidado como un pilar fundamental para proteger la integridad física, mental y social de los trabajadores, así como para garantizar la sostenibilidad y competitividad de las organizaciones [1][2]. A nivel global, las empresas que incumplen las normativas de SST enfrentan consecuencias graves, como multas, pérdida de productividad, daños a su reputación y, en casos extremos, el cierre de operaciones, además de poner en riesgo la vida de sus colaboradores Martínez y Yandún [3]. En el sector de la construcción, uno de los más propensos a accidentes laborales, estos riesgos se acentúan debido a la naturaleza de las actividades, que incluyen el uso de maquinaria pesada, trabajos en altura y exposición a condiciones peligrosas [4]. En este contexto, la empresa objeto de estudio, dedicada a este sector, ha reportado incidentes recurrentes, como cortes con amoladoras, caídas,

lesiones por mal uso de equipos y falta de señalización, lo que evidencia una gestión deficiente de los riesgos laborales. Estas situaciones no solo comprometen el bienestar de los trabajadores, sino que también generan pérdidas económicas significativas para la empresa, afectando su rentabilidad y eficiencia operativa. Ante este panorama, la implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) fundamentado en estándares internacionales, como la norma ISO 45001, se presenta como una solución integral para mitigar riesgos, mejorar las condiciones laborales y optimizar el desempeño organizacional [5]. Este artículo tiene como objetivo proponer un sistema de gestión que, mediante un diagnóstico situacional, la identificación de peligros y la aplicación de herramientas de SST, permita reducir los accidentes laborales, fomentar una cultura de prevención y contribuir al crecimiento sostenible de la empresa. Además, se busca evaluar el impacto económico de esta implementación, demostrando cómo la inversión en SST no solo protege a los trabajadores, sino que también se traduce en ahorros y mayor competitividad para la organización.

II. METODOLOGÍA

La metodología de esta investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo y con diseño propositivo, ya que busca caracterizar la situación actual de la empresa de estudio en materia de seguridad y salud ocupacional, medir el nivel de cumplimiento de los lineamientos normativos, proponer un sistema de gestión basado en los hallazgos y analizar las causas de los problemas identificados [6]. Para ello, se consideró como población todos los riesgos asociados a las actividades de la empresa. En el caso de la muestra, se tomó en cuenta solo aquellos riesgos circunscritos a las actividades productivas de la empresa, es decir, aquellas asociadas a un nivel de riesgo crítico [7]. Entre las técnicas de recolección de datos, se incluyeron la observación y la revisión documentaria, las cuales permitieron llevar a cabo un diagnóstico de línea base basado en la Ley N° 29783 y su respectivo reglamento. Se evaluaron aspectos como el compromiso de la dirección, la política de seguridad y salud en el trabajo, la identificación de peligros y la preparación para emergencias.

Para el análisis de riesgos, se aplicó la matriz IPERC, siguiendo el Método 2 del Anexo 3 de la R.M. N° 050-2013-TR, el cual permitió identificar peligros, evaluar riesgos y proponer medidas de control [8]. Los hallazgos de la matriz se muestran mediante tablas y gráficos estadísticos.

En una siguiente etapa de la investigación, se diseñaron los elementos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo. Se incluyeron políticas, reglamentos, planes de acción, señalización, capacitaciones y protocolos de emergencia, alineados con los estándares de la ley 29783. Esta metodología integró técnicas cuantitativas y cualitativas para garantizar un análisis exhaustivo y una propuesta sólida que contribuya a reducir los riesgos laborales, mejorar las condiciones de trabajo y optimizar el desempeño organizacional de la empresa.

Posteriormente, se aplicó una matriz AMFE para evaluar los efectos de fallas en procesos críticos. La matriz AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos) constituye una metodología rigurosa y estructurada para la detección, evaluación y mitigación de fallos potenciales en productos, procesos o servicios, especialmente relevante en el ámbito de la seguridad ocupacional, donde resulta esencial salvaguardar la integridad de las personas y la continuidad de las operaciones [9] [10]. En primer lugar, se identificaron y clasificaron los posibles fallos, examinando de manera minuciosa sus consecuencias y la magnitud de su impacto para, posteriormente, determinar las causas raíz que los originan. A continuación, se estimó la probabilidad de ocurrencia de dichos fallos y se valoró la detectabilidad antes de que puedan desencadenar incidentes más graves, para finalmente proceder al cálculo del Número de Prioridad de Riesgo (NPR) mediante la multiplicación de la severidad, ocurrencia y detección. Con base en este análisis cuantitativo, se definieron y priorizaron las acciones correctivas o preventivas, orientadas a minimizar los riesgos más críticos y proteger la salud y seguridad de los trabajadores.

Adicionalmente, se hizo uso de la inteligencia artificial para fortalecer la solidez en la evaluación de riesgos y darle un valor agregado para la predicción de accidentes mediante el análisis de imágenes. En ese sentido, la opción de “proyectos” en ChatGPT proporcionó una infraestructura de trabajo orientada a la elaboración de documentos extensos o el desarrollo de código a largo plazo, a través de una ventana lateral que admite la edición iterativa y la incorporación de mejoras graduales. Además, permitió conservar información relevante (imágenes de la empresa) y ofreció un conjunto de herramientas avanzadas, tales como análisis de datos, búsqueda web y generación de contenido visual. Esta funcionalidad se distingue de la modalidad de chat convencional, en la que las conversaciones suelen centrarse en consultas aisladas y carecen de continuidad; en cambio, “proyectos” posibilita la persistencia del contexto, la edición continua y el acceso a recursos especializados, convirtiéndose así en una alternativa idónea la presente investigación.

TABLA I.

Realiza un análisis especializado en seguridad y salud en el trabajo, enfocado en identificar riesgos y predecir posibles accidentes laborales. Evalúa el cumplimiento de la legislación peruana en materia de seguridad, en particular la Ley 29783 y sus normas complementarias, como resoluciones del Ministerio de Trabajo y de la Sunafil.

Identificación de riesgos: Analiza las imágenes proporcionadas para detectar condiciones inseguras, acciones subestándares por parte de los trabajadores y cualquier incumplimiento de las normas de seguridad. Considera incluso aquellas acciones improbables o imprudentes que, aunque parezcan ilógicas, puedan derivar en accidentes.

Predicción de accidentes: Basándote en la información disponible sobre accidentes ocurridos en contextos similares, predice posibles escenarios de riesgo y accidentes. Considera factores como el entorno, el comportamiento humano, el uso de equipos de protección personal (EPP) y las condiciones generales de trabajo. El análisis debe omitir observaciones simples u obvias a simple vista, es decir, se debe examinar aspectos más complejos.

Calcula la probabilidad de que el accidente ocurra analizando información histórica sobre escenarios similares o la frecuencia con la que suceden los tipos de accidentes identificados. El objetivo es identificar riesgos, accidentes o eventos probables que se pudieron omitir en un análisis previo de rutina.

Recomendaciones: Proporciona recomendaciones específicas para mitigar los riesgos identificados y prevenir los posibles accidentes. Incluye sugerencias para mejorar el cumplimiento de las normas de seguridad y salud en el trabajo.

Contexto adicional: Toma en cuenta que muchos accidentes son causados por acciones imprudentes o decisiones inesperadas de los trabajadores, incluso cuando estas acciones parecen contrarias a la lógica en seguridad. Asegúrate de evaluar estos escenarios con especial atención.

Clasificación: Debes clasificar los probables accidentes en tres niveles: bajo, medio y alto.

El análisis debe ser detallado, preciso y basado en evidencia visual, con el objetivo de prevenir accidentes y garantizar un entorno laboral seguro.

Como última etapa de la investigación, se llevó a cabo un análisis comparativo para determinar el impacto del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo sobre los riesgos laborales. Para esta evaluación se utilizó Minitab 19.

III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico de la Seguridad y Salud en el trabajo en la empresa de estudio.

El primer objetivo del proyecto de investigación se centra en diagnosticar el estado actual de la Seguridad y Salud en el Trabajo en la empresa, evaluando el cumplimiento de los lineamientos establecidos por la Ley 29783 y la R.M. N° 050-2013-TR, así como identificando los principales riesgos y peligros presentes en el entorno laboral.

El diagnóstico inicial de línea base realizado en la empresa reveló un cumplimiento general del 22% con los lineamientos de Seguridad y Salud Ocupacional establecidos por la Ley. Este bajo porcentaje indica una necesidad urgente

de mejorar las prácticas de SST en la empresa. Entre los ocho lineamientos evaluados (Tabla 1), el Control de Información y Documentos presentó el mayor cumplimiento (33%), mientras que la planificación y aplicación no registraron avances (0%).

TABLA II.

EVALUACIÓN INICIAL DEL SISTEMA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO		
Nº	Lineamientos del Sistema de Gestión de SST	Porcentaje (%)
1	Compromiso e involucramiento	20%
2	Política de Seguridad y Salud Ocupacional	23%
3	Planeamiento y aplicación	0%
4	Implementación y Operación	20%
5	Evaluación Normativa	30%
6	Verificación	29%
7	Control de Información y Documentos	33%
8	Revisión por la Dirección	20%
Porcentaje de cumplimiento general		22%

El análisis detallado mostró una cultura de seguridad débil, evidenciada por un bajo compromiso e involucramiento (20%) y políticas de SST que no se traducen en acciones concretas (23%). La falta de estrategias para gestionar riesgos (0%) y medidas prácticas insuficientes (20%) resaltan la necesidad de mejorar la implementación y operación. Aunque la Evaluación Normativa (30%) y la Verificación (29%)

muestran un conocimiento limitado de las normativas e inspecciones no exhaustivas, respectivamente, el Control de Información y Documentos (33%) y la Revisión por la Dirección (20%) indican áreas que requieren atención inmediata.

Además del diagnóstico de cumplimiento de los lineamientos de SST, se realizó un análisis de los factores que causan riesgos en la empresa. Para ello se elaboró un diagrama de Ishikawa (Figura 1). Este análisis categorizó las causas en seis áreas principales: Medio ambiente, Materiales, Mano de obra, Maquinaria, Medidas y Métodos.

En la categoría de Medio Ambiente, se destacaron problemas como la incorrecta manipulación de sustancias peligrosas y el control inadecuado de residuos, que contribuyen significativamente a los riesgos laborales. En Materiales, se identificaron químicos sin rotular, materiales mal ubicados y en mal estado, los cuales pueden ser fuentes de incidentes. La categoría de Mano de obra reveló una falta de capacitación adecuada y supervisión insuficiente, lo que puede derivar en prácticas laborales inseguras. En Maquinaria, se observó mantenimiento deficiente y falta de dispositivos de seguridad, aumentando el potencial de accidentes. Las Medidas se refieren a la ausencia de políticas y procedimientos claros, mientras que los Métodos incluyen la falta de normas operativas estandarizadas y el uso incorrecto de equipos.

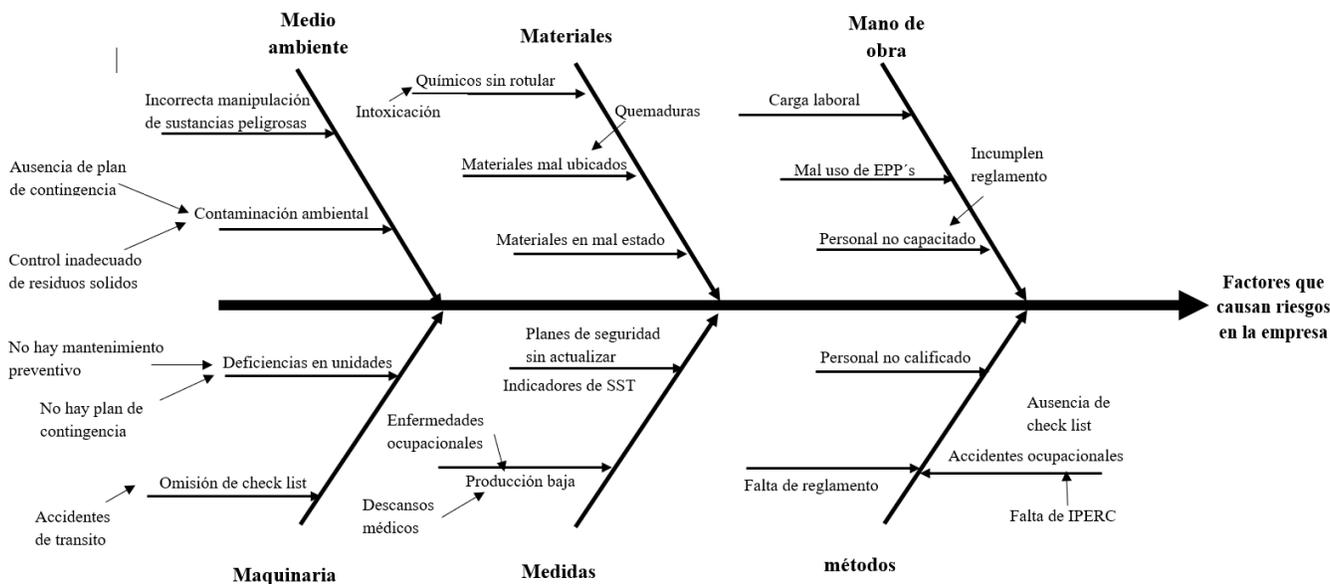


Fig. 1 Diagrama de Ishikawa para evaluar las causas de los riesgos laborales en la empresa

Para complementar el diagnóstico, se realizó una matriz IPERC que permitió identificar y evaluar los riesgos presentes en la empresa de estudios, clasificándolos según su tipo, frecuencia y nivel de riesgo. Los resultados se presentan en la Figura 2, que muestra la frecuencia de los peligros identificados. Según el análisis, los peligros físicos son los

más frecuentes, con una frecuencia de 15, seguidos por los peligros ergonómicos (frecuencia de 10). Los peligros locativos ocupan el tercer lugar con una frecuencia de 9, mientras que los peligros químicos tienen una frecuencia de 7. Los peligros biológicos se presentan con una frecuencia de 5, los peligros psicosociales con una frecuencia de 3, y

finalmente, los peligros geológicos son los menos frecuentes, con una frecuencia de 1.

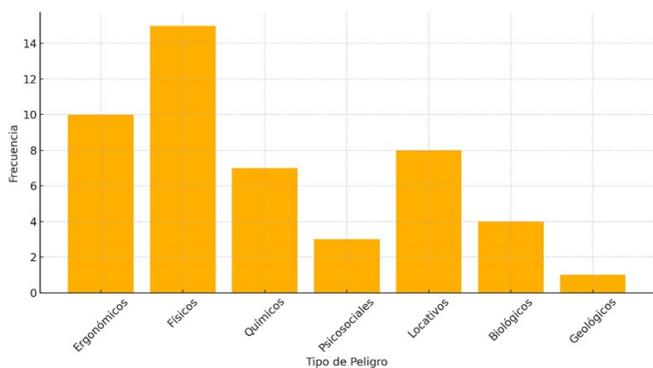


Fig. 2 Frecuencia de peligros identificados en la matriz IPERC

Además, se clasificaron los peligros según su nivel de riesgo en tres categorías: Tolerable, Moderado y Significativo (Figura 3). En el nivel Tolerable, los peligros ergonómicos eran los más frecuentes, seguidos por los físicos, químicos y psicosociales. En el nivel Moderado, los peligros ergonómicos también se mostraban como los más importantes, aunque con una frecuencia menor, seguidos por los físicos y químicos. En el nivel Significativo, los peligros físicos y químicos comparten la misma frecuencia, mientras que los peligros locativos tienen una menor representación.

Este análisis complementó los hallazgos previos sobre la frecuencia de peligros identificados (Figura 2) y refuerza la necesidad de priorizar acciones correctivas en los niveles de riesgo más críticos. Los resultados evidencian que, aunque los peligros ergonómicos y físicos son predominantes en los niveles Tolerable y Moderado, los peligros físicos y químicos representan un riesgo significativo que requiere atención inmediata.

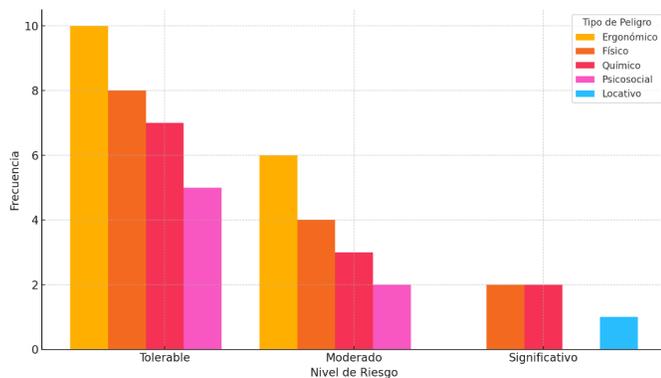


Fig. 3 Tipos de peligro por nivel de riesgo en la matriz IPERC

Para completar la evaluación de riesgos, se analizaron los valores de probabilidad multiplicados por severidad mediante un histograma, cuyos resultados se presentan en la Figura 4. Este análisis permitió identificar la distribución de los riesgos según su nivel de criticidad, lo que fue fundamental para priorizar acciones correctivas.

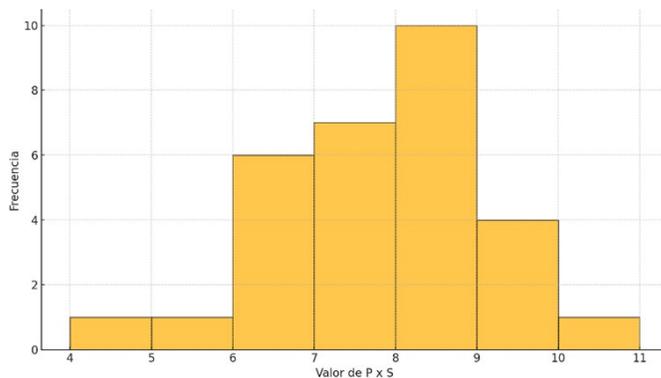


Fig. 4 Valores de Probabilidad x Severidad de la matriz IPERC

El histograma muestra que el valor más común es 8, con una frecuencia de 10, lo que indica que este nivel de riesgo es el más frecuente en la distribución. Otros valores notables son 6 y 7, con frecuencias de 6 y 7, respectivamente. Estos resultados se obtuvieron a partir de la Matriz de Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Medidas de Control (IPERC), que permitió verificar cada actividad y su respectivo proceso.

Este análisis complementa los hallazgos previos sobre la frecuencia de peligros identificados (Figura 2) y la clasificación de peligros por nivel de riesgo (Figura 3), proporcionando una visión más detallada de la criticidad de los riesgos presentes en la empresa. Los valores más altos de probabilidad x severidad resaltan la necesidad de implementar medidas de control específicas para reducir los riesgos más críticos.

En conjunto, estos hallazgos, junto con el diagnóstico de cumplimiento de los lineamientos de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) y el análisis de las causas de riesgo a través del diagrama de Ishikawa, resaltan la importancia de implementar un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST) efectivo. Esto incluye fortalecer la cultura de seguridad, mejorar la formación del personal, establecer políticas claras y llevar a cabo revisiones sistemáticas para disminuir los riesgos y asegurar un entorno laboral seguro.

3.2. Diseño del sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo

Para reducir los riesgos en la empresa se diseñó e implementó un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional que incluye registros obligatorios, la formación de un comité de seguridad, políticas claras, programas anuales y la entrega de Equipos de Protección Personal. A continuación, se resumen los componentes clave de esta implementación.

Se establecieron registros obligatorios conforme a la normativa legal. Estos registros incluyen:

- Registro de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Ocupacionales.

- Registro de Exámenes Médicos Ocupacionales.
- Registro de Monitoreo de Agentes Físicos, Químicos, Biológicos, Psicosociales y Factores de Riesgo Disergonómicos.
- Registro de Inspecciones Internas de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Registro de Estadísticas de Seguridad y Salud.
- Registro de Equipos de Seguridad o Emergencia.
- Registro de Inducción, Capacitación, Entrenamiento y Simulacros de Emergencia.
- Registro de Auditorías.

Estos registros proporcionan una base estructurada para el seguimiento y gestión de la seguridad y salud ocupacional en la empresa.

Asimismo, se estableció un Comité de Seguridad y Salud Ocupacional conforme a la Ley 29783 y el Reglamento de

Seguridad y Salud en el Trabajo. El proceso de implementación y funcionamiento del comité incluye documentos como cartas de convocatoria, listas de candidatos, actas de elección y reuniones, y agendas para las reuniones del comité. Este enfoque colaborativo promueve la participación de los trabajadores en la gestión de su propia seguridad.

La empresa adoptó una Política de Seguridad y Salud Ocupacional que se enfoca en fomentar una cultura de seguridad, prevenir lesiones y enfermedades, y cumplir con los requisitos legales. Esta política incluye compromisos como la participación y consulta de los colaboradores, revisiones periódicas del sistema de gestión, y la difusión de la política a todos los niveles de la organización.

Programa Anual de Capacitación: Incluye actividades como inducción, reinducción, y capacitaciones específicas en normatividad legal, identificación de riesgos, e investigación de accidentes tal como se evidencia en la Tabla III.

TABLA III
PLAN DE CAPACITACIÓN ANUAL

ACTIVIDADES	RESPONSABLE	META	HORAS POR SESION	HORAS AÑO
INDUCCION Y REINDUCCION				
Inducción en Seguridad y Salud Ocupacional SG-SST	Gerencia General	100% del personal	2	4
Re- Inducción en Seguridad y Salud Ocupacional SG-SST	Gerencia General	100% del personal	2	4
FORMACION				
Capacitación en funciones y responsabilidades del comité	Gerencia General	100% miembros principales	2	4
Capacitación en normatividad Legal vigente para ECN SA	Gerencia General	100% miembros principales	2	4
Capacitación en identificación de riesgos y peligros	Gerencia General	100% miembros principales	2	4
Capacitación en Investigación de Accidentes, Incidentes y enfermedades ocupacionales.	Gerencia General	100% miembros principales	3	6

Se implementó un sistema para la entrega y renovación de equipos de protección personal, basado en la identificación de peligros y la evaluación de riesgos. El proceso se ilustra en el Diagrama de Flujo de Entrega de equipos de protección

personal (Figura 5), que incluye pasos como la evaluación de peligros, la implementación de medidas preventivas, y el monitoreo continuo.

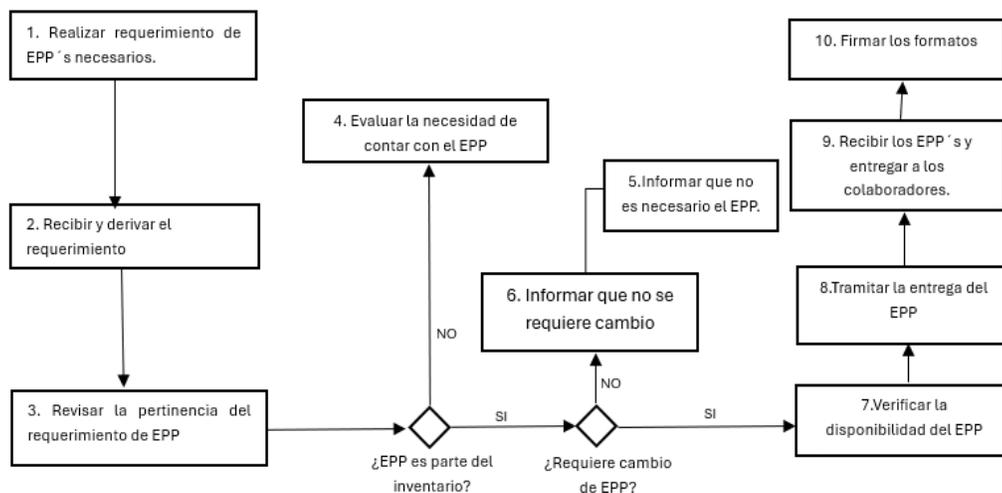


Fig. 5 Diagrama de flujo de entrega de equipos de protección personal

Por otro lado, se desarrolló un Análisis Modal de Fallos y Efectos (Tabla IV) con un enfoque detallado en los procesos operativos de la empresa, priorizando los riesgos identificados en la matriz IPERC. Se han evaluado procesos críticos como mantenimiento en obra, soldadura, trabajo en altura, manipulación de productos químicos y transporte de materiales, alineándose con los riesgos más relevantes. Cada proceso contiene fallos específicos, efectos, causas, controles actuales y nuevas acciones preventivas. Se han utilizado tres criterios para evaluar el riesgo: Frecuencia (F), Gravedad (G) y Detectabilidad (D). El IPR se ha calculado multiplicando estos valores, lo que permite priorizar acciones correctivas. Los valores altos de IPR (cerca de 160) indican fallos de alto riesgo que requieren atención inmediata.

En el caso de la caída de herramientas (IPR 140) se han propuesto inspecciones periódicas y protocolos de

almacenamiento, para el uso inadecuado de herramientas (IPR 160) se sugiere reforzar capacitaciones y estandarizar herramientas seguras, en cuanto a la exposición a radiación UV en soldadura (IPR 120): Se exige un control riguroso del uso de gafas de protección, para el derrame de sustancias tóxicas (IPR 160) se recomienda la implementación de sistemas de contención y protocolos de emergencia, finalmente para el volcamiento de carga (IPR 160) se indica mejora en la verificación del balanceo y sujeción de carga antes del transporte.

Para la optimización de controles se ha priorizado el uso de controles administrativos y EPPs, dado el alcance inmediato de la empresa, asimismo, se han propuesto inspecciones periódicas, capacitaciones y protocolos de seguridad como principales estrategias de mitigación.

TABLA IV.

MATRIZ AMFE APLICADO AL ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS LABORALES

PROCESO	FALLO	EFECTO	CAUSA	CONTROLES	F	G	D	IPR	ACCIONES PREVENTIVAS
Mantenimiento en obra	Caída de herramientas	Golpes, heridas, fracturas	Mala sujeción, almacenamiento inadecuado	Señalización, uso de estantería adecuado	4	7	5	140	Implementar inspección periódica y procedimientos de almacenamiento
Mantenimiento en obra	Uso inadecuado de herramientas	Cortes, amputaciones, lesiones graves	Falta de capacitación y uso inadecuado de EPP	Uso de guantes de seguridad, capacitaciones	5	8	4	160	Reforzar capacitación y estandarizar herramientas seguras.
Mantenimiento en obra	Exposición a polvo y humos	Enfermedades respiratorias, irritación ocular	Falta de ventilación, no uso de mascarilla	Uso de mascarillas, ventilación parcial	5	6	4	120	Mejorar sistemas de ventilación y control de polvo.
Soldadura y corte de metales	Proyección de chispas	Daños en la piel, incendios	Falta de uso de ropa ignífuga	Uso de EPP parcial, pantallas de soldadura	7	7	4	112	Uso obligatorio de ropa ignífuga y pantalla de seguridad
Soldadura y corte de metales	Exposición a radiación	Daño ocular, quemaduras en la piel	No uso de protección visual adecuada	Gafas de protección, pantallas de soldadura	5	8	3	120	Implementar control riguroso del uso de protección visual
Trabajo en altura	Caída de altura	Fracturas, lesiones graves, muerte	Falta de uso adecuado de arnés	Uso de arnés y líneas de vida	3	9	3	81	Capacitación intensiva de trabajos en altura
Trabajo en altura	Perdida de equilibrio	Caída, golpes, lesiones internas	Falta de puntos de anclaje seguros	Uso de líneas de vida y anclajes móviles	4	9	4	113	Revisión estructural periódica de puntos de anclaje
Manipulación de productos químicos	Contacto con sustancias peligrosas	Quemaduras, intoxicación	Falta de uso de guantes, lentes y ventilación	Uso de EPP adecuado, fichas de seguridad	3	7	4	84	Implementar ventilación forzada y capacitación
Manipulación de productos químicos	Derrame de sustancias tóxicas	Contaminación ambiental, intoxicación	Almacenamiento inadecuado, falta de bandejas de contención	Uso de recipientes seguros, almacenamiento controlado	4	8	5	160	Implementar sistemas de contención y protocolo de emergencia
Transporte de materiales	Golpes y atrapamientos	Fracturas, contusiones	Falta de señalización en áreas de paso	Señalización adecuada, delimitación de áreas	4	7	4	112	Capacitación en manejo seguro de cargas y uso de EPP
Transporte de materiales	Volcamiento de carga	Aplastamiento, daño estructural	Sobrecarga, mala sujeción	Uso de eslingas y fajas de sujeción	4	8	5	160	Verificación de carga antes de transporte y balanceo de peso

En el caso del análisis con inteligencia artificial, se puede apreciar en la Tabla V la imagen analizada según el PROMPT establecido. La evaluación de seguridad en la imagen reveló riesgos tanto por condiciones inseguras como por acciones inseguras. Entre las condiciones inseguras, se identificaron terrenos irregulares con escombros sueltos, excavaciones sin delimitación clara, almacenamiento desordenado de materiales y falta de señalización, factores que aumentan la probabilidad de tropiezos, caídas y golpes por impacto con estructuras o herramientas. La probabilidad de ocurrencia de estos eventos varía entre 40% y 75%, con niveles de riesgo moderados a altos dependiendo de la severidad de las consecuencias. En cuanto a acciones inseguras, se observó que los trabajadores pueden manipular materiales sin guantes adecuados, usar

herramientas de forma incorrecta, moverse en la excavación sin evaluar obstáculos o intentar levantar cargas pesadas sin equipo apropiado, lo que eleva el riesgo de lesiones musculoesqueléticas, cortes y caídas. Estas acciones presentan probabilidades de ocurrencia entre 50% y 85%, destacando la necesidad de capacitación, supervisión y uso adecuado del equipo de protección para mitigar los riesgos.

Este procedimiento demuestra ser efectivo para considerar aspectos que pudieron omitirse en análisis posteriores. Se debe tener en cuenta que una matriz IPERC o AMFE, son análisis estáticos de una situación mientras que el uso de inteligencia artificial permitiría una evaluación in situ y más dinámica, incluso se podría considerar un sistema de monitoreo de actividades en tiempo real.

TABLA V
ANÁLISIS DE RIESGOS Y PREDICCIÓN DE ACCIDENTES MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Análisis de las condiciones inseguras					Análisis de las acciones inseguras				
Condición Insegura	Posibles Accidentes	Nivel de Riesgo	Probabilidad de Ocurrencia	Recomendaciones	Acción Insegura	Posibles Accidentes	Nivel de Riesgo	Probabilidad de Ocurrencia	Recomendaciones
Terreno irregular con acumulación de escombros y materiales sueltos	Resbalones, tropiezos y caídas.	Medio	60-75% (Mayor si hay humedad o tránsito frecuente)	Limpiar el área y compactar el terreno en las zonas de circulación.	Trabajar dentro de la excavación sin verificar la estabilidad del suelo	Posibles resbalones y torceduras debido a suelo suelto o mojado.	Medio	55-70% (Mayor si hay humedad o suelos inestables)	Evaluar las condiciones del suelo y mejorar el drenaje si es necesario.
Excavación sin delimitación de área de trabajo	Riesgo de caídas accidentales dentro de la excavación.	Medio	50-65% (Si hay distracciones o desplazamiento de trabajadores)	Implementar cintas de señalización y delimitar el perímetro de la excavación.	Manipular estructuras metálicas sin guantes adecuados	Cortes, heridas y lesiones en las manos.	Alto	60-80% (Si se manipulan piezas filosas o pesadas sin protección)	Exigir el uso obligatorio de guantes resistentes.
Materiales almacenados sin orden o cercanos a la excavación	Riesgo de caída de materiales sobre los trabajadores o tropiezos.	Medio	55-70% (Si hay manipulación constante o viento fuerte)	Establecer un área de almacenamiento segura y alejada de la zona de trabajo.	Uso inadecuado de herramientas manuales (martillos, sierras, cortadoras, etc.)	Golpes, heridas profundas o pérdida de control de la herramienta.	Medio	50-70% (Si no hay una técnica correcta o herramientas en mal estado)	Capacitar en el uso correcto y revisar periódicamente las herramientas.
Falta de señalización y control de acceso a la zona de excavación	Ingreso de personal no autorizado, posibles incidentes con herramientas o estructuras en construcción.	Medio	40-55% (Si la obra tiene flujo constante de trabajadores y visitas)	Colocar señalización clara y restringir el acceso solo a personal autorizado.	Desplazamiento dentro de la excavación sin evaluar obstáculos	Caídas, torceduras o impactos con estructuras en construcción.	Medio	50-65% (Mayor si hay materiales sueltos en el área)	Mantener orden y establecer rutas seguras dentro de la excavación.
Herramientas dispersas en el área de trabajo	Tropiezos, cortes o golpes con herramientas mal ubicadas.	Medio	50-65% (Si no hay un espacio designado para herramientas)	Establecer un área exclusiva para almacenamiento de herramientas en uso.	Intentar mover materiales pesados sin equipo o técnica adecuada	Lesiones musculares, caídas por esfuerzo excesivo.	Alto	65-85% (Mayor si el trabajador no está capacitado en manipulación manual de cargas)	Capacitar en técnicas de levantamiento seguro y usar equipos de ayuda.
					No respetar las rutas de tránsito en la obra	Posibles colisiones entre trabajadores y materiales en movimiento.	Medio	50-70% (Si hay múltiples frentes de trabajo simultáneos)	Implementar señalización de tránsito y delimitar caminos de circulación.

3.3. Evaluación del sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo

A partir de las mejoras diseñadas en el sistema de seguridad y salud en el trabajo, se procedió a realizar un nuevo cálculo de los riesgos laborales. En la Figura 6 se puede observar una reducción en los niveles de riesgo ubicándose en un rango final de 4.848 ± 0.5658 , según la escala de la matriz IPERC.

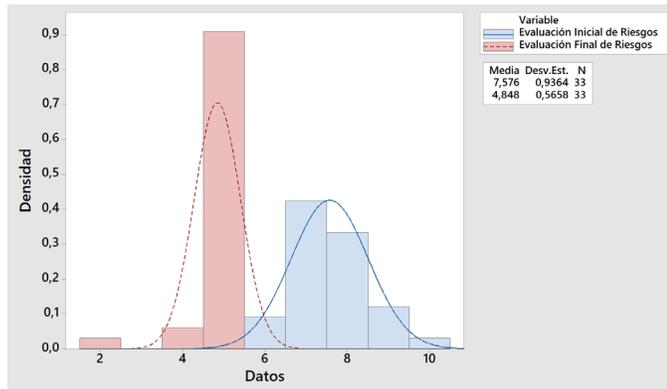


Fig. 6 Evaluación comparativa de los niveles de riesgo

Para determinar si la reducción era estadísticamente significativa, se aplicó la prueba de Mann-Whitney a partir de las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$
 Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Donde:
 η_1 : mediana de Evaluación Inicial de Riesgos
 η_2 : mediana de Evaluación Final de Riesgos
 Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

La prueba de Mann-Whitney comparó las medianas de la evaluación inicial de riesgos frente a la evaluación final y se obtuvo un resultado estadísticamente significativo ($p = 0.000$). El valor de $p < 0.05$ (concretamente 0.000) rechaza la hipótesis nula de igualdad entre grupos y confirma que esta diferencia de medianas (2 puntos menos en la evaluación final) es estadísticamente significativa. En otras palabras, hay evidencia sólida para concluir que la evaluación de riesgos al final es menor que al inicio.

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$
 Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	1650,00	0,000
Ajustado para empates	1650,00	0,000

Fig. 7 Prueba de Mann-Whitney para evaluar la diferencia estadística entre los niveles de riesgo

Los hallazgos obtenidos a partir de la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST) evidencian mejoras sustanciales en la identificación, evaluación y control de riesgos laborales. El diagnóstico inicial reveló un cumplimiento del 22% respecto a la Ley N.º 29783, un valor significativamente bajo que coincide con estudios que demuestran cómo la falta de compromiso organizacional y cultura preventiva representan obstáculos recurrentes en entornos de construcción [11]. Este nivel de incumplimiento inicial sustentó la necesidad de intervenciones estructuradas, como la implementación de programas de capacitación, mejora documental y establecimiento de comités de seguridad. La reducción del índice promedio de riesgo de 7.576 a 4.848 tras la implementación del SGSST es estadísticamente significativa ($p = 0.000$), lo que valida la efectividad del enfoque aplicado. Resultados similares fueron reportados en estudios donde el uso combinado de IPERC y AMFE permitió priorizar riesgos críticos y definir estrategias preventivas adaptadas al contexto laboral [12]. En particular, los peligros físicos y químicos, que alcanzaron las frecuencias más elevadas en la evaluación inicial, fueron abordados mediante controles administrativos, entrega de EPP y rediseño de procedimientos operativos. Estos resultados se alinean con investigaciones previas que destacan la importancia de medidas combinadas para abordar riesgos de alta severidad en obras civiles [13]. La aplicación del AMFE en actividades como trabajo en altura, soldadura y manipulación de sustancias químicas permitió identificar fallos potenciales con IPRs cercanos a 160, lo cual justificó intervenciones inmediatas. Este tipo de análisis ha demostrado ser una herramienta eficaz no solo para prevenir accidentes, sino también para optimizar procesos y reducir costes indirectos asociados a incidentes laborales [14]. Asimismo, la incorporación de inteligencia artificial para el análisis de imágenes representó una innovación destacada. La identificación de condiciones inseguras —como terreno irregular, materiales dispersos o falta de señalización— mediante algoritmos de visión computacional permitió un enfoque proactivo en la gestión del riesgo. Investigaciones recientes respaldan el uso de IA en entornos laborales complejos como el de la construcción, destacando su capacidad para reducir errores humanos y aumentar la eficiencia de los controles [15]. Por tanto, se confirma que la integración de herramientas tradicionales (IPERC, Ishikawa, AMFE) con tecnologías emergentes como la inteligencia artificial potencia la capacidad diagnóstica y predictiva de los SGSST. Además, se refuerza la evidencia de que la gestión sistemática de la seguridad laboral contribuye a la sostenibilidad empresarial, no solo por la reducción de accidentes, sino también por su impacto en la productividad y la reputación organizacional [16].

VI. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en la presente investigación se puede concluir la eficacia de las mejoras

REFERENCIAS

diseñadas en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST). Las mejoras se basaron en la normativa de la Ley 29783, complementada con metodologías avanzadas de análisis de riesgos, tales como la matriz IPERC, el diagrama de Ishikawa y el Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE), así como con herramientas tecnológicas innovadoras, como la inteligencia artificial, para la identificación, evaluación y prevención de riesgos laborales. En primer lugar, el diagnóstico situacional inicial, que reveló un nivel de cumplimiento de apenas el 22% respecto a los lineamientos legales vigentes en materia de seguridad y salud ocupacional, puso en evidencia la necesidad imperante de establecer políticas claras, procedimientos estandarizados y programas de capacitación sistemáticos, orientados a fortalecer la cultura de seguridad dentro de la organización. Este análisis permitió identificar los principales factores de riesgo, entre los cuales destacaron los peligros físicos y químicos, los cuales fueron priorizados mediante la aplicación de la matriz IPERC y el AMFE, lo que facilitó la implementación de medidas correctivas y preventivas específicas.

La aplicación de estas metodologías permitió una reducción significativa en los niveles de criticidad de los riesgos identificados, evidenciada por la disminución del nivel promedio de riesgo de 7.576 a 4.848, según la escala de la matriz IPERC. Esta reducción fue validada estadísticamente mediante la prueba de Mann-Whitney, la cual arrojó un valor de $p = 0.000$, confirmando que la diferencia entre las evaluaciones inicial y final era estadísticamente significativa. Este resultado no solo respalda la eficacia de las acciones emprendidas, sino que también subraya la importancia de adoptar un enfoque sistemático y basado en evidencia para la gestión de riesgos laborales.

Asimismo, la incorporación de soluciones tecnológicas avanzadas, en particular el análisis computarizado de imágenes mediante inteligencia artificial permitió una evaluación más dinámica e integral de las condiciones y actos inseguros en el entorno laboral. Esta herramienta facilitó la identificación de riesgos que podrían haber sido pasados por alto en análisis tradicionales, lo que contribuyó a la toma de decisiones más informadas y oportunas, así como a la implementación de controles preventivos más efectivos. La capacidad de la inteligencia artificial para analizar datos en tiempo real y predecir escenarios de riesgo representa un avance significativo en la gestión proactiva de la seguridad ocupacional, permitiendo a las organizaciones anticiparse a posibles incidentes y mitigar sus consecuencias.

Tomando en cuenta todo lo mencionado, se puede afirmar que estos resultados respaldan la pertinencia de adoptar un enfoque de mejora continua en la gestión de la seguridad y salud en el trabajo, en el que la integración de metodologías tradicionales con herramientas tecnológicas de vanguardia, junto con un compromiso firme por parte de la dirección y los trabajadores, se traduzca en una reducción sostenida de la siniestralidad laboral y en un incremento en la competitividad y sostenibilidad de la organización.

- [1] Moran-Fuentes, J. J., Carlos-Ornelas, C. E., & Soto-Morones, H. (2022). Prácticas de gestión de seguridad y salud en el trabajo: Una revisión sistemática de la literatura. *Ciencias Administrativas Teoría y Praxis*, 18(1), 1-15.
- [2] L.A. Serrano Díaz, B. Torres García, and S. M. Cavero López, "Soluciones innovadoras para entornos laborales seguros y saludables", *Laborem*, vol.22, no. 29, pp. 19-38, 2024.
- [3] Martínez, L., y Yandún, P. (2017). "Análisis de riesgos laborales en el sector construcción: Un enfoque práctico". *Revista de Ingeniería y Seguridad Laboral*, 10(1), 45-60.
- [4] J. Garay, A. J. Faya Salas, and C. O. Venturo Orbegoso, "Factores de riesgos y accidentes laborales en empresas de construcción, Lima," *Espíritu Emprendedor TES*, vol. 4, no. 1, pp. 50-61, 2020
- [5] S. Molina-Reyes, J. Cervera-Cárdenas, and A. Pulido-Rojano, "Implementación de una metodología para la integración de sistemas de gestión basada en las normas NTC-ISO 14001:2015 y NTC-ISO 45001:2018: Un caso de estudio en el sector de la construcción," *Ingeniería*, vol. 30, no. 4, pp. 769-784, 2022.
- [6] Carvajal Peláez, G. I., & Pellicer Armiñana, E. (2009). Tendencias en investigación sobre seguridad y salud laboral: Propuesta metodológica aplicada al sector de la construcción. *Revista de Ingeniería de la Universidad de Medellín*, 8(15), 1-15.
- [7] Mendoza, R., & Tapia, L. (2022). Gestión de riesgos del trabajo aplicado a las actividades de producción de la finca Saquifranicia. *Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo*, 3(4), 45-59.
- [8] López, A., & Ramírez, J. (2023). Manual para la Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Determinación de Controles (IPERC). *Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo*, 4(2), 78-92.
- [9] Arafat Amador Esquivel, J., Salazar Medina, M., Aguirre y Hernández, F., & Cortés Robles, G. (2020). Análisis AMFE y Matriz IPER en una bomba centrífuga de la industria del café. *Revista Ingenierantes*, 7(1), 45-59.
- [10] Garcia, M. (2016). Análisis modal de efectos y efectos (AMFE). *Revista de Calidad y Seguridad en Salud*, 2(3), 45- 58.
- [11] D. A. Guevara et al., "Análisis de cultura organizacional en empresas constructoras y su influencia en la gestión de la SST," *Revista de Seguridad y Ambiente*, vol. 9, no. 1, pp. 56-68, 2023.
- [12] M. C. Morales, J. J. Dávila, and P. H. Ramos, "Aplicación combinada de IPERC y AMFE en entornos industriales para la reducción de riesgos laborales," *Revista de Ingeniería Industrial*, vol. 20, no. 3, pp. 112-125, 2021.
- [13] A. F. Zúñiga and L. E. Contreras, "Gestión de seguridad en proyectos de construcción: enfoque basado en análisis de riesgos críticos," *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 38, no. 2, pp. 89-101, 2020.
- [14] C. D. Peñaranda and M. S. Barrios, "Evaluación de fallos potenciales en procesos industriales mediante análisis AMFE: caso práctico en empresa metalmecánica," *Revista Colombiana de Ingeniería*, vol. 37, no. 1, pp. 73-84, 2022.
- [15] R. Takács, A. Kiss, and B. Jakab, "Artificial intelligence-based hazard recognition in construction environments using image processing," *Safety Science*, vol. 158, Art. no. 105974, 2023.
- [16] J. R. Gómez and M. R. Sánchez, "El valor económico de la seguridad y salud en el trabajo: análisis desde la gestión integral de riesgos," *Economía y Sociedad*, vol. 15, no. 2, pp. 33-46, 2022.