

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ
Escuela de Posgrado**



Control de la incertidumbre en los modelos de gestión de
seguridad y salud en el trabajo en la agroindustria, 2025

Tesis para obtener el grado académico de Doctor en Ingeniería que

Presenta:

Msc. Jorge Anastacio Pedro Paucar Luna

Asesor:

Dr. Sandro Alberto Paz Collado

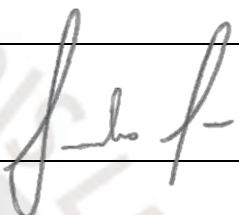
Lima, 2025

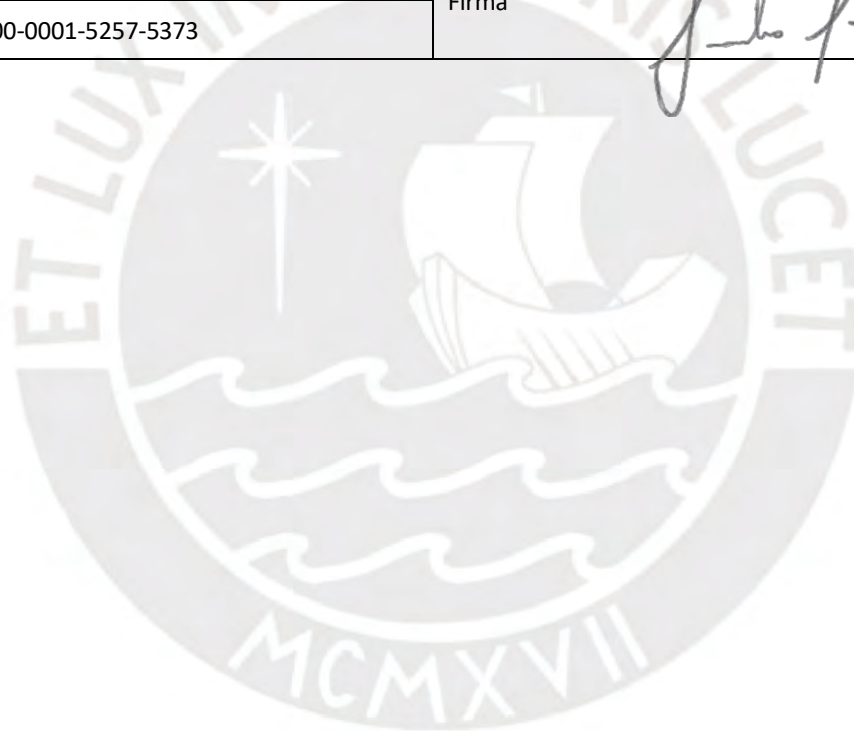
Informe de Similitud

Yo, **Sandro Alberto Paz Collado**, docente de la **Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú**, asesor de la **Tesis** titulada **Control de la incertidumbre en los modelos de gestión de seguridad y salud en el trabajo en la agroindustria**, del autor **Jorge Anastasio Pedro Paucar Luna**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 23%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el **23/03/2025**.
- He revisado con detalle dicho reporte de la **Tesis**, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: **23/03/2025**

Apellidos y nombres del asesor: Paz Collado, Sandro Alberto	
DNI: 06662686	Firma 
ORCID: 0000-0001-5257-5373	



RESUMEN

La investigación aborda la incertidumbre en los modelos de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SST) en el sector agroindustrial peruano, con énfasis en el análisis estadístico para evaluar riesgos y tomar decisiones estratégicas. El objetivo principal es calcular y caracterizar el grado de incertidumbre asociado a los factores de riesgo en los procesos de producción mediante herramientas estadísticas avanzadas. La metodología empleó el método de simulación de Monte Carlo, técnica que permite modelar escenarios diversos y generar distribuciones probabilísticas. Este enfoque se complementó con estadística inferencial, ajustando los datos obtenidos a una distribución Weibull, identificada como la más adecuada para representar la variabilidad de los riesgos laborales.

El estudio cuantificó la incertidumbre de manera precisa, destacando parámetros como la media, desviación estándar y la forma de las distribuciones, que son clave para la evaluación del riesgo. La distribución Weibull resultó esencial para identificar patrones de riesgo, incluyendo eventos extremos, y su análisis permitió modelar la probabilidad y frecuencia de accidentes en función del comportamiento de los procesos agroindustriales. La integración del criterio de información de Akaike (AIC) aseguró la selección óptima del modelo estadístico para los datos analizados.

Los resultados confirman que la incertidumbre estadística impacta significativamente en la efectividad de las medidas de control y la priorización de estrategias preventivas. Esta investigación proporciona un modelo estadístico robusto, aplicable a sectores industriales de alta variabilidad, y destaca la utilidad de enfoques basados en datos para optimizar la gestión de riesgos laborales. Las contribuciones metodológicas fortalecen la SST y establecen un marco para futuras investigaciones que integren simulaciones avanzadas en entornos industriales complejos.

Palabras clave: Gestión de seguridad y salud en el trabajo, ajuste de distribución estadística, incertidumbre, toma de decisiones

ABSTRACT

The research addresses uncertainty in occupational health and safety management (OHS) models in the Peruvian agro-industrial sector, with an emphasis on statistical analysis to assess risks and make strategic decisions. The primary objective is to calculate and characterize the degree of uncertainty associated with risk factors in production processes using advanced statistical tools. The methodology employed the Monte Carlo simulation method, a technique that models diverse scenarios and generates probabilistic distributions. This approach was complemented with inferential statistics, adjusting the obtained data to a Weibull distribution, identified as the most appropriate to represent the variability of occupational risks.

The study precisely quantified uncertainty, highlighting parameters such as the mean, standard deviation, and the shape of the distributions, which are key to risk assessment. The Weibull distribution proved essential for identifying risk patterns, including extreme events, and its analysis enabled modeling the probability and frequency of accidents based on the behavior of agro-industrial processes. The integration of the Akaike Information Criterion (AIC) ensured the optimal selection of the statistical model for the analyzed data.

The results confirm that statistical uncertainty significantly impacts the effectiveness of control measures and the prioritization of preventive strategies. This research provides a robust statistical model, applicable to industries with high variability, and underscores the usefulness of data-driven approaches to optimize occupational risk management. The methodological contributions strengthen OHS and establish a framework for future research that integrates advanced simulations in complex industrial environments.

Keywords: Occupational health and safety management, statistical distribution fitting, uncertainty, decision making.

INDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO I: EL MARCO LABORAL Y SU IMPORTANCIA EN LAS ORGANIZACIONES AGROINDUSTRIALES.....	13
1.1 La evolución y el contexto histórico del trabajo y la agricultura	13
1.2 Fundamentos del Trabajo y la Agroindustria.....	18
1.3 Organización y bases de los sectores agroindustriales.....	20
1.4 Organización de las empresas agroindustriales.....	23
1.5 Antecedentes de la Investigación	24
1.5.1 Antecedentes internacionales.....	25
1.5.2 Antecedentes nacionales.....	30
CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL: CALCULO DE LA INCERTIDUMBRE Y LA GESTION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	36
2.1 Incertidumbre.....	36
2.2 Evaluación de incertidumbres de medida	36
2.3 Tipos de incertidumbres de medida y su representación.....	40
2.4 Método de Monte Carlo	41
2.5 Operatoria del método de Monte Carlo.....	43
2.6 Distribución de Weibull	47
2.7 Criterio de información de Akaike (AIC).....	51
2.8 Ciclo PHVA o ciclo Deming.....	53
2.9 El sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SGSST) en la organización	54
2.10 ISO 45001 (2018)	55
2.11 Ley 29783 es la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)	56
2.12 Rol de la Alta dirección en la Gestión de Seguridad y salud en el trabajo ..	57
2.13 Gestión de riesgos de seguridad y salud en el trabajo	58
2.14 Evaluación del riesgo.....	63
2.15 Definiciones conceptuales	64

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO	67
3.1 Principios de la ética de la investigación	67
3.2 Enfoque metodológico de la investigación	68
3.3 Problema General.....	71
3.4 Problemas específicos.....	71
3.5 Objetivo General.....	72
3.6 Objetivo Específicos	72
3.7 Definición conceptual de las variables.....	73
3.8 Hipótesis General	77
3.9 Hipótesis específicas	77
3.10 Población y muestra	78
3.11 Validación del cuestionario	78
3.12 Aplicación del Método de Montecarlo	80
3.13 Cuestionario y técnicas de validación complementarias.....	82
3.14 Datos generales de los participantes	82
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	84
4.1 Hipótesis Principal	84
4.2 Hipótesis específicas	102
4.2.1 Hipótesis específica 1	102
4.2.2 Hipótesis específica 2	116
4.2.3 Hipótesis específica 3	126
4.2.4 Hipótesis específica 4	130
4.3 Comparación con Otros Modelos de Gestión de la Incertidumbre y los antecedentes de la investigación.....	134
4.4 Limitaciones Metodológicas y Contribuciones Originales	136
4.5 Contribución Original del Estudio.....	137
4.6 Aplicabilidad del Modelo en Contextos Industriales Ampliados	140
CONCLUSIONES.....	140
RECOMENDACIONES	143
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	144
Anexo 1 Análisis de los procesos de producción.....	156
Anexo 2 Lista de verificación de Seguridad Industrial para instalaciones	169
Anexo 3 Matriz de evaluación para riesgos.....	178

Anexo 4 Matrices IPERC	180
Anexo 5 Identificación de peligros, evaluación de riesgos y medidas de control de los procesos de producción	183
Anexo 6 Programación en RStudio para obtención de resultados	193
Anexo 7 Determinación del porcentaje de probabilidad acumulada	199
Anexo 8 Probabilidades para el valor del riesgo.....	201



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Análisis Comparativo de Estudios Relacionados con la Gestión de Riesgos e Incertidumbre.....	32
Tabla 2 Método exploratorio descriptivo	68
Tabla 3 Operacionalización de las variables	76
Tabla 4 Método de la investigación	79
Tabla 5 Matriz de Gestión del riesgo (Anexo 4 Matrices IPERC p.137)	88
Tabla 6 Proceso: “Primer lavado y desinfección”	105
Tabla 7 Proceso: Primer lavado y desinfección después de factores externos	107
Tabla 8 Proceso: Hidroenfriado y desinfección de producto terminado.....	109
Tabla 9 Proceso: “Hidroenfriado y desinfección de producto terminado después factores externos”	110
Tabla 11 Proceso con cinco actividades	116
Tabla 12 <i>Cálculo de Incertidumbre con Mínimos y Máximos para un Proceso de Cinco Actividades</i>	117
Tabla 13 Cálculo de incertidumbre con máximos y mínimos de un proceso de cinco actividades.....	118
Tabla 14 Proceso con diez actividades	119
Tabla 15 Cálculo de incertidumbre con máximos y mínimos de un proceso de diez actividades.....	119
Tabla 16 Cálculo de la incertidumbre del riesgo con diferentes números de actividades.....	120
Tabla 17 Cálculo de incertidumbres con diferentes comportamientos del valor del riesgo.....	122
Tabla 18 Evaluación de Riesgo del Proceso de Fabricación de Cuero.	127
Tabla 19 Medidas de control de ingeniería y administrativas por proceso de producción.....	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Accidentes de trabajo en la agroindustria en el Perú (2015-2023).....	17
Figura 2 Exportaciones Agrarias del Perú (2020 -2024).....	22
Figura 3 Representación esquemática del MMC.....	44
Figura 4 Representación gráfica de la distribución Weibull para diferentes valores del parámetro de forma β , con $\alpha=1$ (Smith, 2020).....	49
Figura 5 Función de riesgo de la distribución Weibull con $\beta = 0.5, 1, 1.5, 2$ y 3.44 y $\alpha = 1$. (Smith, 2020).....	50
Figura 6 Fases del ciclo PHVA.....	54
Figura 7 Principales elementos del sistema de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo.....	55
Figura 8 SGSST basado en la ISO 45001.....	56
Figura 9 SGSST basado Ley 2973 “Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo”.....	57
Figura 10 Gestión del riesgo.....	60
Figura 11 Flujograma de Gestión del riesgo.....	61
Figura 12 Ajuste de distribución del valor del riesgo en R Studio.....	91
Figura 13 Histograma de distribución con Weibull de 2 parámetros.....	93
Figura 14 Histograma de distribución con Weibull de 3 parámetros.....	95
Figura 15 Distribución de porcentaje acumulado.....	96
Figura 16 Distribución de probabilidades por valor de riesgo en una distribución Weibull de tres parámetros.....	98
Figura 17 Grafica de probabilidad para Weibull de 3 parámetros -95% de IC.....	101
Figura 18 Primer lavado y desinfección.....	105
Figura 19 “Hidrofriado y desinfección de producto terminado”.....	109
Figura 20 Valor promedio del Riesgos por proceso de producción.....	112
Figura 21 Análisis de la incertidumbre por cantidad de actividades por proceso ...	121
Figura 22 Valores del riesgo según el número de actividades del proceso.....	123
Figura 23 Integración de Métodos y Procesos para el control de la incertidumbre	139

INTRODUCCIÓN

Como resultado de un conflicto bélico de alcance mundial, las empresas, después de los años cincuenta, empezaron a preocuparse sobre cómo alcanzar un alto nivel de competitividad que para crecer y desarrollarse. La mayoría de las veces, muchas de ellas sucumbieron ante la ola de innovación y tecnología usadas por empresas que se atrevieron a apostar por nuevas maneras de desarrollo y evolución sostenible. Múltiples empresas quebraron porque no supieron adaptar sus estrategias y planeamientos al desarrollo tecnológico y avance del conocimiento.

El propósito principal de este estudio es estimar la incertidumbre vinculada a los factores de riesgo dentro de un sistema de gestión de seguridad industrial. Esta estimación resulta fundamental, ya que la incertidumbre influye tanto en la exactitud de los análisis de riesgo como en la formulación de estrategias para prevenir incidentes. Dada la naturaleza compleja de los riesgos presentes en el ámbito agroindustrial, se adopta la simulación de Monte Carlo como herramienta para representar distintos escenarios y medir la variabilidad de los resultados. Este método permite fundamentar la toma de decisiones en datos cuantificables, optimizando la identificación y gestión de los riesgos en contextos con alta variabilidad.

Según Núñez (2011, p.158), la tecnología empleada en una empresa influye en diversos aspectos administrativos, definiendo así características específicas de la gestión. Entre estas variables se incluyen aquellas vinculadas al personal encargado de la tecnología, las funciones administrativas y la estrategia organizacional. Por lo tanto, la tecnología se reconoce como un componente esencial en la gestión empresarial, lo que refuerza su relevancia en la práctica corporativa.

Con la llegada del siglo XX surgieron múltiples enfoques orientados al desarrollo y fortalecimiento de la gestión empresarial, con el propósito de optimizar procesos que, hasta entonces, eran rudimentarios y comenzaban a quedar obsoletos en empresas altamente competitivas. Entre estas metodologías destaca el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), una herramienta de mejora continua introducida en la década de 1950 por el estadístico estadounidense Edward Deming.

Para garantizar un crecimiento empresarial sostenible, es esencial fomentar la participación activa de los trabajadores en los procesos de toma de decisiones. Quienes tienen la responsabilidad de implementar este tipo de sistemas de gestión suelen enfrentar dudas sobre su eficacia y los riesgos que conlleva su aplicación. En la actualidad, esta metodología se ha consolidado como una estrategia clave, extendiendo su uso a distintos ámbitos, como la certificación de calidad en instituciones universitarias y el desarrollo de políticas contra la corrupción.

En un primer momento, Japón se destacó como pionero en la implementación de nuevas formas de administrar sistemas de calidad en sus productos de exportación. Durante los años cincuenta, el país pasó de estar devastado a convertirse, en menos de dos décadas, en una potencia económica y un líder mundial en tecnología. Este logro se atribuye a una gestión adecuada de procesos en distintas áreas, con un énfasis particular en la maximización de la calidad en la administración de sistemas de seguridad industrial y salud en el trabajo. Posteriormente, Japón también innovó en la gestión ambiental, los sistemas de seguridad de la información, las relaciones comunitarias y, más recientemente, en los sistemas anticorrupción.

Carvajal y Molano (2012, p. 162) resaltan la relevancia de los sistemas de gestión de calidad, definiéndolos como un conjunto de componentes orientados a asegurar que la producción de bienes, servicios o conocimientos cumpla con los estándares

exigidos por los clientes. Dentro de estos sistemas, la serie de Normas ISO 9000 ha logrado posicionarse como una de las más aplicadas y reconocidas a nivel global, ya que su enfoque en la gestión de calidad está fundamentado en la administración de procesos dentro de las organizaciones.

Inicialmente, la seguridad industrial surgió como un principio destinado a mejorar la interacción entre los trabajadores y su entorno laboral. Sin embargo, en la actualidad, se ha consolidado como una disciplina y profesión de gran relevancia debido a sus contribuciones al sector industrial y laboral, facilitando la reducción o eliminación de riesgos ocupacionales y disminuyendo los costos económicos que pueden afectar la producción (Arias, 2012, p.51). Por esta razón, gestionar la seguridad y la salud en el trabajo equivale a administrar la seguridad industrial, lo que representa un desafío constante para las empresas que buscan fortalecer su presencia en el mercado nacional e internacional. Si en el futuro desean reducir los costos de producción, optimizar sus procesos y fomentar un ambiente laboral favorable, deberán destinar recursos e implementar sistemas de seguridad eficaces.

Un ejemplo claro es el impacto que genera un accidente laboral, donde todas las partes involucradas se ven afectadas. El trabajador, cuya integridad física puede verse comprometida, experimenta dolor y limitaciones en su desempeño. Su familia enfrenta una carga emocional considerable al presenciar la afectación de un ser querido, lo que resulta difícil de medir en términos cuantitativos. Los compañeros de trabajo también sufren las consecuencias, ya que deben asumir las funciones del trabajador accidentado y, además, pueden experimentar un impacto emocional derivado de los lazos de compañerismo.

Desde la perspectiva empresarial, los accidentes laborales generan múltiples repercusiones: incumplimiento de los objetivos de producción, incremento de costos

asociados a la cobertura de licencias médicas, contratación y formación de personal de reemplazo, pago de indemnizaciones, y posibles incrementos en el costo de las pólizas de seguro de vida.

La evolución de la gestión de calidad en las empresas ha dado paso a la incorporación de normativas especializadas que abordan aspectos esenciales como la seguridad y la salud ocupacional. En este contexto, la ISO 45001:2018 establece un estándar internacional que brinda directrices para la implementación de sistemas de gestión enfocados en la seguridad y salud en el trabajo. Su principal objetivo es minimizar la probabilidad de accidentes y fomentar entornos laborales seguros y saludables. La integración de esta norma en los sistemas de gestión empresarial permite adoptar un enfoque estructurado para la identificación, evaluación y control continuo de los riesgos laborales, alineándose con los estándares internacionales más rigurosos.

Esta investigación tiene como objetivo estimar la incertidumbre asociada al valor de riesgo que se presenta en un accidente laboral dentro de cada etapa de un proceso productivo. Para ello, se aplicará un enfoque exploratorio descriptivo que, mediante la simulación de Montecarlo, permitirá analizar la distribución estadística de los valores de riesgo en dichos procesos. A través de esta metodología, será posible identificar los parámetros de la distribución, así como calcular la media y la desviación estándar, factores esenciales para la determinación de la incertidumbre. (Portuondo Paisan & Portuondo Moret, 2008, p. 58).

Una vez estimada la incertidumbre, será posible evaluar su impacto en la toma de decisiones por parte de la alta dirección. Además, este análisis permitirá medir la variabilidad de la incertidumbre en distintos escenarios, que pueden incluir desde la aplicación de medidas administrativas de control y la implementación de soluciones de ingeniería, hasta la suspensión de actividades o una reevaluación integral del proceso productivo. Como hallazgos complementarios, se logrará identificar los

peligros y su influencia en la reducción de accidentes, así como verificar si la evaluación de riesgos realizada se ajusta a la distribución estadística establecida mediante la simulación de Montecarlo.



CAPÍTULO I: EL MARCO LABORAL Y SU IMPORTANCIA EN LAS ORGANIZACIONES AGROINDUSTRIALES

1.1 La evolución y el contexto histórico del trabajo y la agricultura

Desde los tiempos de la consolidación del poder de la Corona Española en el Perú, la manera de cómo estuvo asegurada la hacienda es en base a la mano de obra. Si bien es cierto, la corona prohibió la esclavitud en referencia a su espíritu cristiano, todo indica que los esclavos indios conservaron esa condición bajo relaciones feudales de protección cristiana, obligados a vivir entre la hacienda y la reducción (pueblos de indios) quedando en el primer caso a merced de un hacendado o a manos de un Estado colonial que lo lleva a la mita (sistema de trabajo forzado impuesto a indígenas, en la época de la colonia explotándolos en minas y obras públicas, sin reciprocidad hasta su muerte). En ambos casos, el valor del trabajador es visto con desprecio por la dominación colonial; lo que, muchos años después, fue un caldo de cultivo para agudizar las contradicciones de quienes levantaban banderas contra el injusto poder establecido y que terminó justificando la Reforma Agraria con el discurso que rezaba “Campesino, el patrón ya no comerá más de tu pobreza” (Favre H., 1976). Podría ser polémica la afirmación de que el Golpe de Estado Institucional de las Fuerzas Armadas de 1968 se justifica en la situación en la que se encontraba el país donde el indio entendido como trabajador era víctima del abuso del hacendado, pero también de la ignominia del Estado que lo mantuvo sin ciudadanía y sin los derechos que estos traían.

El presidente Juan Velasco Alvarado dejó una agenda con varias demandas que el Estado tiene que resolver a favor de las poblaciones rurales y es así como el “indio”

desaparece para dar paso al “ciudadano peruano”. Poco después, el gobierno militar dio prerrogativas a las haciendas con menos de 150 hectáreas para mantener sus propiedades. Sin embargo, estas condiciones favorecieron a un enardecido discurso contra el patrón, el caso más resaltante es el caso de la Hacienda Huando que se resistió a desaparecer hasta que finalmente fue convertida en cooperativa.

Todos estos cambios sucedieron demasiado rápido, hasta que llegamos a los años ochenta del siglo pasado en tiempos de violencia terrorista, hechos encumbrados en conflictos sindicales y políticos en una economía en recesión donde la más afectada fue la economía rural andina (Ayacucho, Junín, Cusco, Cajamarca y Áncash) y con mucha dificultad se lograba exportar al mundo. Empero, la quiebra de las cooperativas y sociedades agrarias de interés social se convierten en una nueva posibilidad de negocio para los inversionistas.

Luego del Autogolpe de Estado de 1992 del presidente Alberto Fujimori Fujimori - sobre todo la promulgación de una nueva constitución que replanteó las relaciones de producción en el Perú- comienza una nueva etapa para la inversión. Teniendo en cuenta que la producción agroindustrial está en crecimiento desde los años noventa del siglo pasado, un punto positivo es que el problema no es visto como un tema sectorial en materia de agricultura sino como un problema que debe ser trabajado por todos los ministerios. Es así como el Estado promociona la inversión privada por medio de leyes y acuerdos que permiten a la Superintendencia Nacional de Administración Tributaria (SUNAT) no perjudicar a los inversionistas privados nacionales y extranjeros e invitarlos a activar la economía. Un ejemplo claro es la Ley de Promoción Agraria del 2001, ratificada en el 2019 hasta el 2030, que proporciona mayor flexibilidad laboral; adicionalmente los importantes acuerdos comerciales con

economías fuertes de Asia y Estados Unidos contribuyen significativamente al dinamismo económico. (Medina, H, 2019). Estas medidas han resultado en un notable impulso del sector agroindustrial, beneficiando tanto a las familias y como al Estado.

Pero sin planificación y todo en manos del libre mercado, la informal economía peruana sería un caos. Se necesitan de aliados para esta campaña de planificar el Perú: desde 1961 la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) coopera en temas de gobernanza territorial basados en procesos participativos y concertados en varios países, pues es un reto planificar en democracias enclenques como el caso peruano, que tuvo una Reforma Agraria (1969) que dejó como desenlace un proceso de migración del campo a la ciudad, pero más un país quebrado en el aspecto agroexportador. Eran necesarios el apoyo y la asesoría de la OCDE, y esta despliega toda su experiencia y esfuerzo durante el 2008. Por consiguiente, la planificación estratégica entra en debate público a partir de la implementación del Sistema Nacional de Planeamiento Estratégico y habría que organizar y pensar planes de prospectiva, donde, si bien es cierto el país tiene una actividad agrícola de larga data, medida en siglos, por otro lado, el cambio climático y la poca inversión del Estado pasarían la factura a los inversionistas en los años posteriores donde se desarrolla la actividad. El problema es complejo y necesita ser tratado desde el propio Estado y la sociedad civil. (Barrantes G., Vargas, J. y Wong L., 2022).

Hemos logrado captar la atención de hombres de negocio donde los ingresos de 1990 por dos mil millones de dólares por agro exportación han sido superados en 2023 por casi 18 mil millones de dólares americanos. De manera que la población ha crecido en paralelo con la demanda de bienes y servicios, acompañada de un crecimiento

económico. Ahora urge en estas circunstancias mejorar los estándares de calidad en la gestión empresarial de las organizaciones agroexportadoras.

Estadísticas de los accidentes de trabajo en el Perú

Se presenta un análisis de los accidentes laborales en la agroindustria peruana entre los años 2015 y 2023, desglosados en tres niveles de gravedad: leves, graves y muy graves. Este sector, que es clave para la economía del país, enfrenta desafíos significativos en materia de seguridad de los trabajadores debido a la naturaleza de las tareas, que incluyen la manipulación de maquinaria pesada, la exposición a productos químicos y las condiciones laborales exigentes (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2023). A través del gráfico, se aprecia la evolución de los accidentes reportados en estos años, lo que permite identificar tendencias relevantes para la implementación de medidas preventivas (Conexión ESAN, 2023). La información presentada es esencial para la toma de decisiones en la gestión de riesgos laborales, y busca contribuir a la mejora de las condiciones de trabajo, así como a la reducción de accidentes en este sector (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2022).

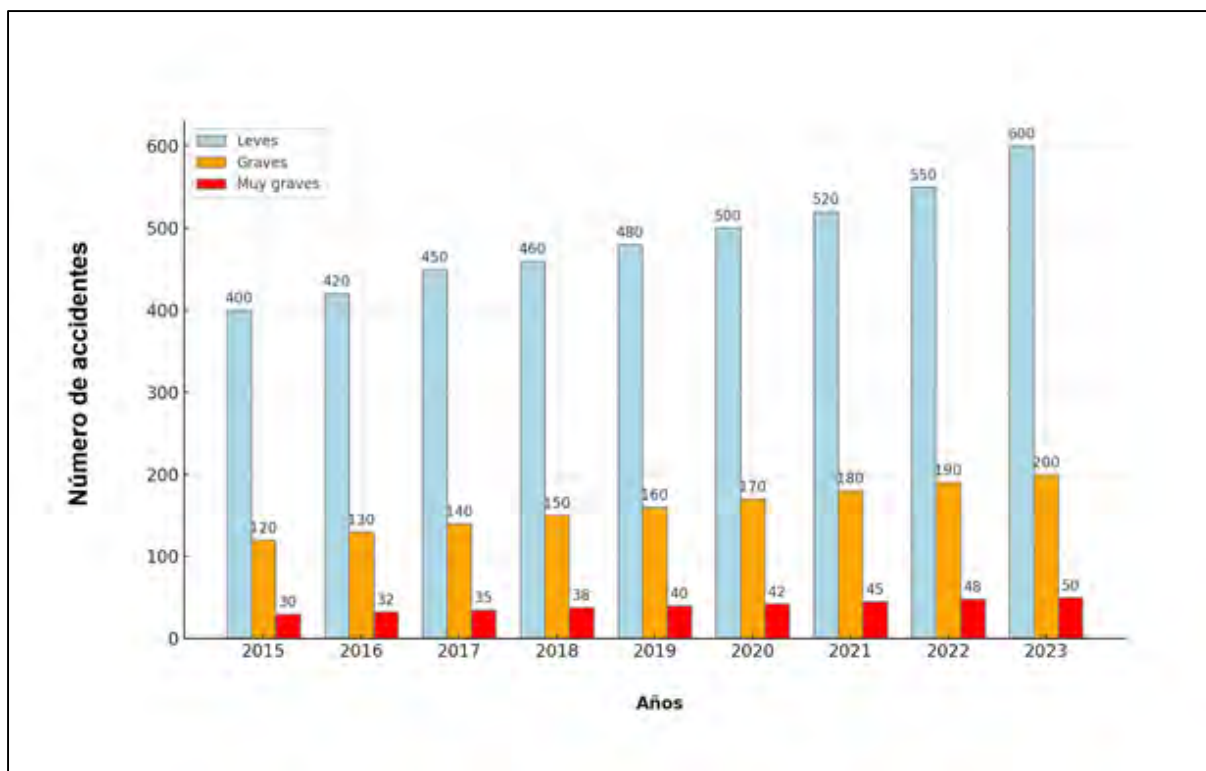


Figura 1 Accidentes de trabajo en la agroindustria en el Perú (2015-2023)

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPPE) y fuentes relacionadas con la agroindustria

La Figura 1 muestra una evolución de los accidentes laborales en la agroindustria peruana entre 2015 y 2023, segmentados en tres niveles: leves, graves y muy graves.

1. **Accidentes leves:** Se observa un incremento gradual y consistente en los accidentes leves, incrementándose de 400 en 2015 a 600 en 2023. Esto podría reflejar un aumento en la notificación de incidentes menores o un crecimiento en la actividad agroindustrial.
2. **Accidentes graves:** El número de accidentes graves también ha mostrado un crecimiento constante, de 120 en 2015 a 200 en 2023. Aunque menor en volumen que los leves, su tendencia ascendente indica que persisten riesgos significativos en los procesos agroindustriales.

3. **Accidentes muy graves:** Los accidentes muy graves, aunque son la categoría con el menor número, han crecido de 30 en 2015 a 50 en 2023. Este aumento, aunque moderado, es preocupante, ya que implica la ocurrencia de incidentes con consecuencias más serias para los trabajadores.

Posibles interpretaciones:

- El aumento en todas las categorías puede ser reflejo de un crecimiento en el sector agroindustrial, pero también de una falta de implementación adecuada de medidas de prevención.
- Las condiciones de trabajo, especialmente el uso de maquinaria pesada, la exposición a productos químicos y las jornadas extensas, podrían estar contribuyendo al aumento de los accidentes graves y muy graves.
- Aunque los accidentes leves son los más numerosos, la presencia de accidentes graves y muy graves destaca la prioridad urgente de potenciar los sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional en el sector agroindustrial.

1.2 Fundamentos del Trabajo y la Agroindustria

El trabajo es una actividad de carácter social que puede implicar o no una remuneración, y en la que, además, se llevan a cabo intercambios constantes entre el ser humano y la naturaleza, siempre enmarcados dentro de condiciones sociales específicas (Hiratta & Zariffian, 2007, p.33), esto quiere decir que, haciendo un mayor esfuerzo en términos de tiempo y laboriosidad, el trabajo constituye la base social de una economía familiar que influye directamente en el desarrollo de las comunidades. Si se piensa el planeta como una gran comunidad, es necesario concebir que el trabajo compartido y de diversos tipos (infantil, doméstico, informal, etc.) vienen siendo

temas de debate en los círculos económicos y académicos porque estos tienden a distorsionar los parámetros internacionales del derecho al trabajo y las metas que la ONU emite en acuerdos globales, donde las industrias de todos los sectores no escapan de sus regulaciones.

Ahora bien, en términos más modernos manejamos el concepto del trabajo decente que según la OIT (Organización Internacional del Trabajo) es:

“Un concepto que busca expresar lo que debería ser, en el mundo globalizado, un buen trabajo o un empleo digno, [...] no es decente el trabajo que se realiza sin respeto a los principios y derechos laborales fundamentales, ni el que no permite un ingreso justo y proporcional al esfuerzo realizado, sin discriminación de género o de cualquier otro tipo, ni el que se lleva a cabo sin protección social, ni aquel que excluye el diálogo social y el sistema tripartito”.

Por otro lado, tenemos a la agricultura que desde tiempos históricos ha jugado un rol fundamental en la historia del hombre, no solo desde su paso de recolector a agricultor – que constituyó un avance significativo en la evolución de la humanidad - sino que al propagarse por el viejo mundo las técnicas de cultivo, así como nuevas tecnologías para el campo, se cuantificó un nuevo proceso de administración familiar que impactó directamente en todas las culturas y sociedades. Por lo tanto, con el desarrollo de la agricultura se produjo un incremento en la producción, lo que a su vez llevó a un aumento de la población. Este es un ciclo continuo que aún persiste y no ha sido completamente resuelto (Oliver, 2008, p.59); en tanto, las necesidades básicas se combinan para dar como resultado un tipo de gestión del hambre y la hambruna que, a pesar de climas adversos y procesos históricos, se ha mantenido vigente.

Ahora bien, si hablamos de la agricultura moderna, esta tuvo su pilar en la Revolución Industrial y en las nuevas formas en que se introdujo al comercio internacional (ya sea

en Europa, Reino Unido o EE. UU.), ya que el uso de la metalurgia y de diversas fuentes de energía por parte de los sectores involucrados le dio un mayor alcance a la producción de alimentos procesados en fábricas. La manufactura y las nuevas formas de organización empresarial otorgaron un rol fundamental para establecer los procesos que, hasta el día de hoy, se siguen desarrollando.

Las naciones en proceso de desarrollo han sido de los que más han padecido en la gestión de procesos para la producción agroindustrial. Por ejemplo, los trabajadores solo han conocido técnicas de sembrío o empaquetamiento que estaban muy por debajo de los estándares mundiales. Por ello, tanto las empresas como el Estado dotan de insumos y herramientas para que la adecuada gestión se base en procesos de calidad, salvaguardando la seguridad y la salud en el trabajo.

En conclusión, para cualquier ser humano, el hecho de poseer un puesto de trabajo es dignificante por el aporte económico que hace a su familia y a la sociedad. Sin embargo, esta actividad laboral debe realizarse en condiciones que permitan al trabajador regresar a su hogar en las mismas condiciones saludables con las que llegó al trabajo. La vida humana y su integridad física y psicológica, simplemente, no tienen precio. Es imposible cuantificar lo que siente un hijo al ver a su padre enfermo o lo que representa la ausencia de uno de los miembros de una familia debido a un accidente que fácilmente se pudo evitar con medidas de control adecuadas. Por ello, es fundamental conocer las bases del trabajo y cómo están estructuradas, para lograr un entendimiento cabal de su función en la industria de la agricultura.

1.3 Organización y bases de los sectores agroindustriales

Para el desarrollo de esta investigación, se ha tenido en cuenta que en el Perú solo el 54% de las exportaciones de productos agroindustriales está concentrado en catorce

grandes empresas del rubro y que el otro 45% restante es realizado por pequeñas y medianas empresas que directamente exportan al mercado mundial. Con estos datos, debemos empezar diciendo que el sector agrario está dividido en las áreas rurales y otros tantos en los sectores urbanos. En efecto, aproximadamente el 97% de los 2,2 millones de unidades agrícolas en Perú pertenecen a pequeños productores (Opitz, 2023, p. 5), donde tenemos que los más golpeados por falta de políticas y desequilibrio en los precios son los productores rurales. Esta es una realidad de hace muchos años, donde el Estado ha tenido buenas intenciones con planes y diversos proyectos para los pequeños agricultores; sin embargo, este es aún un problema pendiente porque esto nos conmina a reflexionar sobre el consumo y la base alimentaria del Perú.

Por otro lado, tenemos a las organizaciones de producción tecnificada –que operan, en su mayoría, en la costa y zonas urbanas– que se rigen por una normativa y políticas estrictas y de cabal cumplimiento, pues la imagen de estas empresas agroindustriales depende de sus procesos y control de calidad. Si bien esta investigación se ha enfocado en abordar el problema relacionado con los accidentes de trabajo que suceden dentro de las empresas procesadoras de productos agroindustriales durante el proceso de producción, identificando las áreas de trabajo y cada una de sus actividades –desde la recepción de la materia prima hasta la entrega del producto terminado–, es menester señalar que muchas de estas organizaciones han empezado a desarrollarse a partir de las oportunidades que ofrece el mercado internacional, después de la ratificación de múltiples acuerdos comerciales entre estados.

Actualmente, las exportaciones agrícolas de Perú ascendieron a USD 10.545 millones al cierre de 2023, reflejando un incremento del 2,9% en comparación con el año previo. Se espera que estas exportaciones superen los USD 11,5 mil millones para finales de 2024 (Agronometrics, 2024; Produce Blue Book, 2024). Entre los productos más

destacados se encuentran las uvas, arándanos y aguacates, que han contribuido significativamente a este crecimiento. La resiliencia y el desempeño de los productores y exportadores peruanos, apoyados por el Estado, han sido cruciales para este logro.

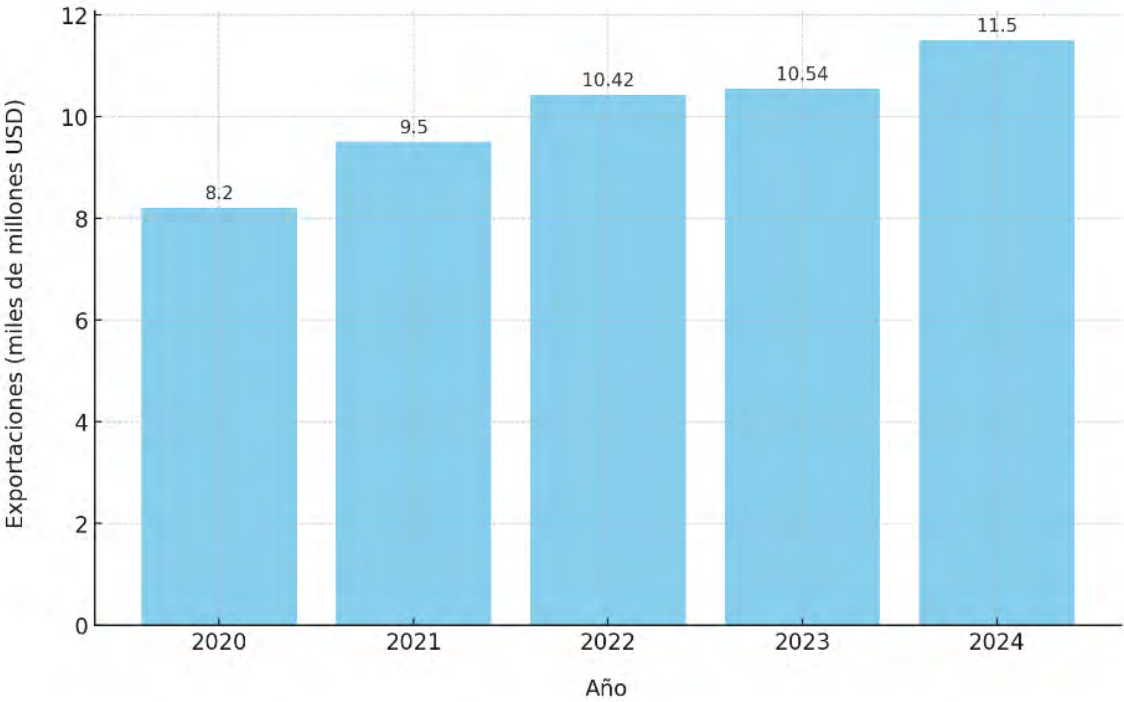


Figura 2 Exportaciones Agrarias del Perú (2020 -2024)
Fuente: (Agronometrics, 2024; Produce Blue Book, 2024).

El caso de estudio se centra en empresas procesadoras de productos agroindustriales frescos en el Perú. Estas empresas se caracterizan por su participación en la cadena de producción, Desde la recepción de la materia prima hasta la salida del producto final. Dentro del sector agroindustrial peruano, hay una significativa diversidad en cuanto al tamaño y alcance de estas empresas, incluyendo desde grandes corporaciones con alta tecnificación hasta pequeñas y medianas empresas que exportan al mercado mundial. Este estudio aborda particularmente aquellas empresas

que, debido a la naturaleza de sus operaciones, enfrentan desafíos relacionados con la gestión de la prevención de accidentes laborales durante el proceso de producción.

Estas empresas fueron seleccionadas debido a la escasez de estudios previos y a la flexibilidad de la normativa vigente, lo que facilita un análisis más profundo de los riesgos laborales en este sector. El estudio tiene como objetivo evaluar el nivel de incertidumbre en los factores de riesgo dentro de estas organizaciones, aspecto clave para optimizar la toma de decisiones por parte de la alta dirección en la prevención de accidentes laborales.

1.4 Organización de las empresas agroindustriales

Una organización puede entenderse como una estructura social compuesta por personas que se agrupan de manera planificada con el fin de cumplir metas determinadas (Valcárcel, 2017, p. 74). Dentro de sus estructuras, podemos encontrar diversos modelos de organización. Ya sea que las empresas opten por una jerarquía lineal u horizontal, existen modelos de organización donde las empresas agroindustriales pueden desarrollarse con mayor destreza.

En el actual mundo competitivo de libre mercado y globalización, las empresas agroindustriales han optado principalmente por dos modelos de organización para alcanzar los diversos objetivos que se han trazado. Entre los múltiples modelos existentes, la combinación de estos dos predomina: el modelo adhocrático y el diversificado (Valcárcel, 2017, p. 74).

En el caso de la adhocracia, se trata de una estructura altamente flexible que permite una gran apertura hacia la innovación tanto en procesos como en procedimientos

(Mintzberg, 1984, p. 479). La toma de decisiones es descentralizada y apoyada por los directivos, quienes trabajan en conjunto con los empleados. Además, este modelo está orientado hacia la modernización tecnológica, lo que implica una mejora continua en los procesos productivos.

Por otro lado, en el modelo de diversificación, la estructura organizativa se caracteriza por divisiones autónomas, cada una con su propia estructura, pero unidas bajo una dirección administrativa central. Este modelo es común en grandes organizaciones con múltiples sedes o áreas de operación, donde las divisiones funcionan de manera independiente pero alineadas con los objetivos estratégicos de la dirección principal. Un ejemplo claro de este tipo de organización son las multinacionales, que operan como conglomerados de empresas más pequeñas.

Ahora bien, en un mundo marcado por el avance tecnológico y la seguridad de la información, es evidente que lo complejo radica en enfrentar organizaciones con estructuras internas claramente diferenciadas para el procesamiento y conocimiento de datos. El desempeño de las organizaciones depende de la cantidad y el tipo de modelos de gestión aplicados, con el propósito de minimizar sobrecostos y optimizar la eficiencia operativa. En el sector agroindustrial seguirán apareciendo nuevas formas de organización, y solo quienes se comprometan con la seguridad y el cuidado de los trabajadores podrán entender realmente su desarrollo.

1.5 Antecedentes de la Investigación

Seguidamente, se evidencian algunos antecedentes extranjeros y nacionales que también han abordado el tema que se trata en la presente investigación, no sin dejar de mencionar que “El control de la incertidumbre en los modelos de gestión de seguridad y salud en el trabajo de la agroindustria” permite calcular con cabalidad

aquellos peligros inminentes a los que toda organización se ve expuesta, sobre todo en el ámbito agroindustrial, donde los procesos son más complejos que otros sectores.

1.5.1 Antecedentes internacionales

El estudio de **Brocal et al. (2021)**, aborda la gestión de riesgos emergentes en entornos industriales caracterizados por altos niveles de incertidumbre debido a su novedad y etapa inicial de desarrollo. Este trabajo identifica la incertidumbre como un factor determinante en el manejo de riesgos y plantea un modelo cualitativo fundamentado en meta-aprendizaje para la elección de estrategias de mitigación.

El modelo presentado por Brocal y colaboradores incluye un sistema de clasificación que permite integrar niveles de incertidumbre y posibles consecuencias, facilitando la estimación del riesgo y la selección de estrategias de gestión adecuadas. Este enfoque resulta particularmente útil en contextos donde los datos son limitados o la naturaleza del riesgo es dinámica y cambiante, proporcionando un soporte robusto para la toma de decisiones en entornos ocupacionales complejos y contribuyendo a una gestión más eficiente y adaptativa de los riesgos emergentes.

Acebes et al. (2015). En su presentación en el 19º Congreso Internacional de Administración de Proyectos e Ingeniería, realizado por INSISOC en la Universidad de Valladolid (Granada), Acebes et al. (2015) analizan cómo ha cambiado la forma de manejar los riesgos en los proyectos. Al comienzo, se usaban métodos cualitativos como las matrices de probabilidad e impacto, tratando cada riesgo por separado. Sin embargo, los autores señalan que este tipo de análisis ya no es suficiente para abordar la complejidad de los proyectos actuales.

El estudio introduce el concepto de "enfoque sistémico del riesgo" que resalta la importancia de analizar los riesgos de manera integrada, comprendiendo cómo sus

interacciones pueden afectar la incertidumbre general de un proyecto. De este modo, se establece un marco de gestión que va más allá del riesgo individual, permitiendo comprender la complejidad de los proyectos modernos. Esta metodología resulta fundamental para identificar y cuantificar cómo las relaciones entre los riesgos influyen en la incertidumbre total, proporcionando así una base sólida para una toma de decisiones más informada y efectiva.

(Yingqi et al., 2023), Establece que para investigar la sensibilidad de los parámetros y analizar la incertidumbre de los resultados reconstruidos en accidentes de tráfico, se tuvo en cuenta el impacto de las correlaciones entre parámetros en los resultados de la reconstrucción de accidentes mediante el análisis de incertidumbre. Basado en la transformación sin aroma (UT), (técnica que se utiliza para investigar cómo varían los parámetros de un modelo al considerar la correlación entre ellos, permitiendo reducir la carga computacional sin depender de una distribución específica de variables proporciona un contexto conciso y explica la técnica sin necesidad de eliminar la referencia) proponiendo un enfoque de análisis de sensibilidad de parámetros y un método de análisis de incertidumbre eficiente en la reconstrucción de accidentes. El análisis de sensibilidad se realizó a través de los conjuntos de puntos sigma generados por el método UT. Se construyó un modelo de superficie de respuesta de primer orden para analizar la sensibilidad de los parámetros de reconstrucción de accidentes combinado con un análisis de regresión, que es más flexible y controlable que el diseño experimental general. Para el análisis de incertidumbre de los resultados reconstruidos se han utilizado otros métodos para demostrar la validez del método propuesto, incluido el primer método de momentos de segundo orden (FOSM), la teoría de la incertidumbre y los métodos de Monte Carlo (MC); mediante el análisis de casos numéricos y situaciones reales. Los resultados

muestran que el método propuesto ofrece una alta precisión, disminuye considerablemente la carga computacional y no depende del tipo de distribución de las variables.

Al analizar el impacto de la correlación entre los parámetros del choque vehículo-peatón en la reconstrucción del accidente, los resultados indican que el coeficiente de correlación entre variables aleatorias influyó significativamente en la desviación estándar de la velocidad del vehículo, más que en su valor medio. Independientemente de si la correlación era positiva o negativa, el error relativo de la desviación estándar de la velocidad del vehículo aumentó de manera constante conforme crecía la correlación, alcanzando hasta un 52%. El método propuesto demuestra ser eficaz y confiable para la reconstrucción de accidentes vehiculares en condiciones de incertidumbre y correlación, proporcionando un análisis más preciso y detallado del evento.

Sánchez, E. (2007), señala que cada proyecto se caracteriza por variables que lo hacen único. A pesar de una planificación estructurada, siempre existe cierto grado de incertidumbre que requiere una gestión flexible y ajustada a las condiciones específicas de cada momento. Para optimizar la toma de decisiones, es fundamental recopilar, documentar y sistematizar las experiencias adquiridas por los involucrados, convirtiéndolas en una herramienta de apoyo para el gerente de proyectos. Este profesional debe fomentar instancias que faciliten el aprendizaje a partir de la experiencia, permitiendo mejorar la ejecución de futuros proyectos. Para ello, es esencial analizar de manera objetiva las actividades previas, identificando procesos exitosos, aquellos susceptibles de mejora y los que deben evitarse. De esta manera, se minimizan errores, se replican buenas prácticas y se toman decisiones con mayor precisión en el desarrollo de nuevos proyectos.

Takeda et al. (2017), desarrollaron una investigación orientada a mejorar el control de los accidentes laborales, evaluando la relevancia del análisis de los errores humanos en la investigación de estos incidentes. El estudio empleó un método basado en la clasificación de los tipos de errores humanos, utilizando una secuencia estructurada de preguntas dicotómicas (sí o no). A partir de las respuestas obtenidas, se generó un modelo matemático diseñado para identificar y detectar patrones de error de manera precisa.

Rivero, P. (2017), desarrolla un modelo simplificado de gestión de riesgos basado en la Norma ISO 9001:2015, estructurado en tres etapas fundamentales. La primera consiste en el diagnóstico, que implica el análisis del contexto interno y externo. La segunda abarca la evaluación y clasificación de los riesgos, aplicando criterios específicos según su tipología. Finalmente, la tercera fase corresponde a la implementación, que incluye el tratamiento, monitoreo y revisión de los riesgos, vinculándose directamente con la elaboración de planes de contingencia.

Zambrano, A. (2017) Analiza el impacto de la cultura organizacional en la prevención de riesgos laborales. Señala que, al estructurar un proyecto empresarial, las organizaciones deben integrar la planificación de la prevención, la evaluación inicial y la actualización periódica de los riesgos, así como la implementación de medidas preventivas. Además, destaca la importancia de proporcionar información y capacitación a los trabajadores sobre los riesgos existentes y las estrategias para mitigarlos. Estos aspectos, junto con otros elementos de seguridad y salud ocupacional, deben considerarse dentro de los objetivos estratégicos de la empresa.

Pinos, L. (2015) analiza la falta de conocimiento sobre la relación entre la Responsabilidad Social Corporativa y la Gestión de Riesgos Laborales como parte del componente social en las organizaciones. Como respuesta a esta deficiencia, se

implementaron intervenciones orientadas a mejorar la gestión en las empresas estudiadas.

Martínez-Oropesa, C. (2011), examina cómo los cambios en la actitud de los supervisores influyen en el comportamiento de los colaboradores y en su desempeño en materia de seguridad. A través de este estudio, se identificaron estrategias más efectivas para optimizar la gestión del tiempo y mejorar la eficiencia en cada fase del proceso de gestión. Además, se logró determinar cómo la modificación de responsabilidades y actitudes en los supervisores impacta directamente en los comportamientos de los trabajadores en términos de seguridad, lo cual se reflejó en el indicador de comportamientos seguros.

Luna, M. y Melo, T. (2013). Para verificar las influencias de la variabilidad de este parámetro en la estimación del riesgo para la salud humana, la metodología de Evaluación Probabilística de Riesgos se aplicó a un estudio de caso real, utilizando el método estocástico más utilizadas en los círculos científicos, el Método Monte Carlo. Por lo tanto, la que se consideró la ruta de exposición a través del contacto dérmico con agua superficial durante la natación y se estimó el riesgo estocástico. Los resultados del análisis estocástico revelaron una diferencia de seis órdenes de magnitud entre el valor mínimo y máximo simulado y dos órdenes de magnitud para el valor real del riesgo, indicando la dimensión de las incertidumbres. Se demostró con el análisis de sensibilidad del modelo que la concentración del contaminante es el parámetro con mayor correlación con el riesgo, revelando la influencia de la conductividad hidráulica en las incertidumbres del modelo estocástico.

Chen, Y., Qiang, W., & Li, F. (2024). Debido a la influencia potencial de la motivación en los comportamientos de seguridad de los empleados y los resultados relacionados con la seguridad, es fundamental explorar los componentes que afectan los estados

motivacionales de los colaboradores para mejorar la seguridad en el entorno laboral. Considerando el papel crucial de los líderes y sus características interpersonales vinculadas con las emociones, esta investigación introduce el concepto de "presencia afectiva como rasgo" en los líderes y examina sus efectos en las conductas de seguridad de los empleados a través del compromiso laboral.

El estudio, basado en datos de múltiples fuentes recopilados de 467 díadas de líderes y empleados en una planta de energía nuclear, confirmó las hipótesis propuestas. Los resultados muestran que la influencia emocional positiva del líder está positivamente vinculada con el compromiso laboral de los empleados, mientras que la presencia afectiva negativa del líder tiene una relación negativa con dicho compromiso. A su vez, el compromiso laboral se asocia de manera positiva con los comportamientos de seguridad de los empleados.

Además, se encontró que la presencia afectiva del líder tiene un efecto indirecto en los resultados de seguridad de los empleados a través del compromiso laboral. Estos hallazgos subrayan la importancia teórica del concepto de "presencia afectiva como rasgo" en los líderes para influir en el estado motivacional de los empleados y en sus comportamientos relacionados con la seguridad. Asimismo, destacan implicaciones prácticas para las organizaciones orientadas a la seguridad, resaltando la función de los líderes en la creación ambientes laborales más seguros y efectivos.

1.5.2 Antecedentes nacionales

Flores, L. (2020), En su tesis doctoral presentada en la Universidad César Vallejo, analizó la relación entre la gestión administrativa, la seguridad, la salud ocupacional y la calidad de vida laboral, desde la perspectiva del personal de la empresa HENE

IMPORT EIRL, en Chorrillos, durante el año 2019. El estudio tuvo un enfoque cuantitativo y utilizó el método hipotético-deductivo, siendo una investigación básica, de nivel correlacional y diseño no experimental. Para recolectar los datos, se emplearon tres instrumentos validados por juicio de expertos y cuya confiabilidad fue confirmada mediante una prueba piloto, con un elevado valor del coeficiente alfa de Cronbach. Los resultados reflejaron una correlación parcial de 0.820 (82%) entre las variables estudiadas, según la percepción de los trabajadores.

Valerio (2016), en su tesis doctoral, evaluó la eficacia de los sistemas de gestión de seguridad para fortalecer el control de riesgos en empresas mineras de caliza ubicadas en la región Junín durante el año 2015. Se trató de una investigación básica que aplicó el método científico para examinar tanto el sistema de gestión como los mecanismos de control de riesgos. En el análisis de resultados se utilizó estadística descriptiva porcentual, mientras que la verificación de hipótesis se realizó mediante estadística inferencial. La muestra estuvo compuesta por trabajadores de las empresas Cantera Charo, Porvenir y Laive. Los hallazgos indicaron que la implementación del sistema de gestión de seguridad tuvo un impacto positivo en el control de riesgos, lo que se reflejó en un valor calculado de F de Fisher de 5.324, superior al valor tabulado de 3.3158

Ávila (2015), desarrolló un estudio que examinó el impacto del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST) sobre la capacidad de prevención de accidentes laborales en la empresa Minera Barrick Misquichilca – Laguna Norte. Los hallazgos evidenciaron un alto rendimiento de los distintos elementos que conforman el SGSST, lo cual tuvo un efecto favorable en la reducción de incidentes y en el fortalecimiento de la capacidad preventiva. La implementación del sistema demostró ser un recurso efectivo dentro de la gestión de seguridad en operaciones mineras.

Menéndez, J. R. (2014) estudia la gestión presupuestaria en los departamentos de transporte de Estados Unidos, donde los fondos destinados al mantenimiento suelen asignarse mediante diversas metodologías. Con la implementación de la ley MAP-21, se establece la necesidad de desarrollar planes de gestión de riesgos, en los cuales se debe evaluar la probabilidad de no cumplir con los objetivos estatales en relación con la distribución de recursos para mantenimiento y rehabilitación. La investigación propone una metodología que permite cuantificar la incertidumbre y el riesgo de incumplimiento de estos objetivos, empleando la simulación de Montecarlo y técnicas de optimización entera.

Tabla 1 Análisis Comparativo de Estudios Relacionados con la Gestión de Riesgos e Incertidumbre

Concepto	Estudio	Contexto	Método/Modelo	Contribuciones	Limitaciones
Riesgo	Brocal, F., Paltrinieri, N., et al. (2021)	Industria general	Meta-aprendizaje	Modelo cualitativo para gestionar riesgos emergentes.	No aborda sectores específicos como agroindustria.
	Acebes, F., Pajares, J., et al. (2015)	Proyectos de ingeniería	Gestión sistémica del riesgo	Enfoque integrado para analizar riesgos y su interacción.	No incluye simulaciones avanzadas como Monte Carlo.
	Rivero, P. (2017)	Proyectos normativos	Norma ISO 9001:2015	Propuesta de un modelo simplificado para la gestión de riesgos.	Enfoque limitado a normativas específicas.
	Zambrano, A. (2017)	Industria general	Cultura organizacional	Relaciona la planificación de la prevención con la cultura empresarial.	Falta de integración con herramientas cuantitativas.
	Valerio, R. (2016)	Empresas mineras	Sistema de Gestión de Riesgos	Evalúa la eficacia de los sistemas en la minería.	Aplicación restringida a un sector.

Incertidumbre	Brocal, F., Paltrinieri, N., et al. (2021)	Industria general	Análisis probabilístico	Estructura la incertidumbre en el proceso de toma de decisiones.	No incluye factores cualitativos.
	Yingqi, Z., Chao, H., et al. (2023)	Accidentes de tráfico	Análisis de sensibilidad (UT)	Método eficiente para reducir incertidumbre en modelos dinámicos.	Limitado a reconstrucción de accidentes.
	Menéndez, J. R. (2014)	Estudios de transporte	Evaluación estadística	Identifica patrones de incertidumbre en accidentes.	No extrapola a otros sectores.
	Luna, M. y Melo, T. (2013)	Riesgos ambientales	Evaluación probabilística	Modela la incertidumbre en riesgos estocásticos.	Aplicación restringida a riesgos ambientales.
Seguridad y Salud en el Trabajo	Brocal, F., Paltrinieri, N., et al. (2021)	Industria manufacturera	Evaluación de impacto	Vincula cultura organizacional con la seguridad laboral.	Enfoque limitado a la industria manufacturera.
	Takeda, F., Pereira, A., et al. (2017)	Industria general	Modelo matemático para errores humanos	Identifica tipos de errores humanos en investigaciones de accidentes.	Enfoque limitado al factor humano; no considera incertidumbre global.
	Martínez-Oropesa, C. (2011)	Proyectos de construcción	Sistema de Seguridad Integral	Implementa un modelo integrado para reducir accidentes laborales.	No evalúa impacto financiero.
	Ávila, R. (2015)	Minería	Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo	Evalúa la capacidad de prevención de accidentes laborales.	Enfoque sectorial sin extrapolación directa a agroindustria.
	Chen, Y., Qiang, W., et al. (2024)	Planta nuclear	Presencia afectiva del líder	Vincula liderazgo y seguridad laboral mediante motivación de empleados.	Contexto limitado a liderazgo en entornos específicos.

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones de los antecedentes

El análisis de los antecedentes nacionales e internacionales revela que la gestión de riesgos y la incertidumbre ha sido abordada de manera significativa en sectores como la minería, la manufactura y los proyectos de infraestructura. A nivel internacional, estudios como el de Brocal et al. (2021) han desarrollado enfoques cualitativos mediante meta-aprendizaje para gestionar riesgos emergentes en entornos complejos, mientras que Yingqi et al. (2023) y Luna y Melo (2013) han empleado herramientas probabilísticas como el análisis de sensibilidad y Monte Carlo para modelar la incertidumbre. Sin embargo, estos enfoques tienden a centrarse en sectores con mayor disponibilidad de datos y estructuras operativas más predecibles, dejando un vacío importante en sectores como la agroindustria, que presenta características únicas como la alta variabilidad estacional, la complejidad de sus procesos y los riesgos asociados al manejo de productos perecederos. En el ámbito nacional, investigaciones como las de Ávila (2015) y Valerio (2016) han resaltado la importancia de los marcos normativos en la prevención de riesgos laborales, especialmente en los sectores minero y manufacturero. No obstante, estos sistemas aún presentan limitaciones al no incorporar metodologías avanzadas que permitan gestionar de forma explícita la incertidumbre propia de entornos con alta variabilidad.

La presente propuesta contribuye al estado del arte al introducir un enfoque híbrido que combina simulaciones Monte Carlo con distribuciones estadísticas avanzadas, como Weibull, específicamente adaptadas al contexto agroindustrial. Este modelo proporciona una evaluación precisa de la incertidumbre en los procesos productivos y permite su incorporación en el proceso de toma de decisiones estratégicas por la alta dirección. A diferencia de las metodologías tradicionales que se limitan a la evaluación de riesgos estáticos, esta investigación aborda escenarios dinámicos y complejos, ofreciendo herramientas prácticas que pueden aplicarse directamente en la planificación y mitigación de riesgos en la agroindustria. Además, la propuesta destaca por su capacidad de incorporar factores propios del sector, como la variabilidad de los ciclos productivos y los riesgos combinados de naturaleza ergonómica, química y operativa.

El problema tratado es relevante no solo porque el sector agroindustrial es un pilar clave de la economía peruana, sino también porque los accidentes laborales en este contexto generan costos humanos, económicos y operativos significativos. La ausencia de metodologías específicas para gestionar la incertidumbre en este sector representa un vacío crítico en la literatura y las prácticas actuales, lo que resalta la necesidad de una solución adaptada. Aunque comparte herramientas con estudios previos, esta propuesta se distingue al adaptar dichas herramientas a un sector con características operativas únicas, al tiempo que establece una conexión directa entre los resultados estadísticos y las estrategias de planificación preventiva. En este sentido, la investigación no solo amplía el conocimiento existente, sino que también proporciona un marco práctico e innovador para enfrentar los desafíos de la incertidumbre en un sector estratégico.



CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL: CALCULO DE LA INCERTIDUMBRE Y LA GESTION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

Para el desarrollo de la investigación, se ha tomado como referencia el marco conceptual del cálculo de la incertidumbre en la gestión de seguridad y salud en el trabajo (Dieck, 2006).

2.1 Incertidumbre

Incertidumbre de medida (Uncertainty) es un parámetro no negativo asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos a la magnitud que se desea medir.

El resultado de una medición la expresaremos en la forma:

$$\text{Medida} = \text{Valor numérico} \pm \text{Incertidumbre (expresado en unidades)} \quad (1)$$

Ejemplo práctico:

Imaginemos que estamos midiendo la longitud de una barra metálica utilizando una regla. Debido a variaciones en la precisión del instrumento y otros factores, la longitud verdadera de la barra no puede determinarse con absoluta certeza. Si medimos la longitud cinco veces y obtenemos valores ligeramente diferentes, como 10 cm, 10.1 cm, y 9.9 cm, la incertidumbre describe el rango probable en el cual se encuentra la longitud real de la barra, como $10 \text{ cm} \pm 0.2 \text{ cm}$. La incertidumbre en este caso refleja la dispersión de los resultados de la medición.

2.2 Evaluación de incertidumbres de medida

Es un proceso clave para asegurar la fiabilidad y validez de los resultados en mediciones, especialmente en contextos científicos e industriales. La incertidumbre

en la medición refleja el intervalo en el que se espera que esté el valor real, teniendo en cuenta todas las posibles fuentes de variación o error. (International Organization for Standardization [ISO], 2008)

Evaluación tipo A

“Cuando la estimación de una magnitud se realiza a partir de un número determinado de observaciones repetidas e independientes de una magnitud que varía aleatoriamente, la incertidumbre se evalúa mediante métodos estadísticos. En este caso, se toma como incertidumbre la desviación típica experimental de la medida” (JCGM, 2008, p. 17).

$$U_A(X) = \textit{desviacion típica} \quad (2)$$

Ejemplo práctico:

Siguiendo con el ejemplo de la barra metálica, al medir su longitud varias veces, podemos calcular la desviación típica experimental para cuantificar la dispersión de los resultados. Si las mediciones repetidas arrojaron un valor promedio de 10 cm, la desviación típica podría ser 0.1 cm, lo que indica la variabilidad de las mediciones alrededor del valor promedio.

Evaluación tipo B

“Cuando la estimación de la magnitud proviene de otros medios, las incertidumbres se determinan teniendo en cuenta la información disponible acerca de la resolución del instrumento de medida, medidas previas, certificados de calibración,

especificaciones del fabricante...” (JCGM, 2008, p. 18). En estos casos, se aplica la fórmula:

$$U_B (X) = \text{resolucion del instrumento } (\delta x) \quad (3)$$

Ejemplo práctico:

Si la regla con la que estamos midiendo la barra tiene una resolución de 0.1 cm, entonces este valor se usaría como la incertidumbre tipo B en la evaluación

Incertidumbre de medida

Desviación típica experimental: “Para una serie de n mediciones de un mismo mensurando, es la magnitud S que caracteriza la dispersión de los resultados, dada por la ecuación”. (JCGM, 2008, p. 20)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (4)$$

Incertidumbre típica $U(X)$. – “Se denomina incertidumbre típica de una cierta variable a la desviación típica asociada a la misma, es decir, la incertidumbre típica es la incertidumbre correspondiente a una desviación típica”. (JCGM, 2008, p. 22).

Ejemplo práctico:

Al realizar n mediciones de la longitud de la barra y calcular el valor promedio, la incertidumbre típica se obtiene como la desviación típica del valor medio. Esto indica qué tan confiable es el valor medio con respecto a la dispersión de los datos.

Evaluación de incertidumbres de medida. – “La medida se repite varias veces, por lo que es necesario un análisis estadístico de los resultados”. (JCGM, 2008, p. 21).

- Resultado de la medida: Valor medio

$$\tilde{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (5)$$

- Incertidumbre estándar de la media

$$U_{media}(X) = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

- Reemplazando (4) en (6) tenemos

$$U_{media}(X) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{X}_i - \tilde{X})^2}{n(n-1)}} \quad (7)$$

La fórmula de incertidumbre estándar de la media que incluye $n(n-1)$ en el denominador permite ajustar el cálculo para corregir el sesgo que podría surgir al calcular la incertidumbre a partir de un conjunto finito de datos. La corrección de Bessel, en este caso, asegura que la estimación no sea sesgada y represente con mayor precisión la variabilidad inherente a las mediciones repetidas.

Además, en contextos de simulación de Monte Carlo, donde generamos múltiples valores para aproximarnos a una "población", el uso de esta corrección permite obtener una medida de la incertidumbre más confiable al considerar el error aleatorio entre las observaciones generadas. Así, se obtiene una incertidumbre representativa del promedio de los resultados simulados, ideal para la toma de decisiones en procesos donde la precisión y la confiabilidad de los datos son esenciales.

2.3 Tipos de incertidumbres de medida y su representación

Según (Olivera, 2014)

“Las incertidumbres se pueden agrupar en dos tipos: aleatorias y sistemáticas”.

- **Aleatorias.** “Son aquellas asociadas a errores aleatorios que se producen cuando, al repetir una misma medida varias veces, los resultados son aleatoriamente distintos”. (JCGM, 2008, sección 4.2.3). Mientras mayor sea el número de observaciones, más exacta será la aproximación al valor medio de la medición.
- **Sistemáticas.** “Están vinculados a desviaciones constantes en la medición, donde el resultado siempre presenta el mismo error en cada muestreo repetitivo” (JCGM, 2008, sección 3.2.2). Cuando existen errores sistemáticos en un proceso de medición, realizar múltiples repeticiones no mejora la exactitud de los resultados obtenidos. Por ello, es esencial identificar y cuantificar el sesgo presente en el sistema de medición. Si es posible, el instrumento debe ser calibrado o ajustado para corregir dicho sesgo; en caso contrario, debe aplicarse un valor de corrección que permita reducir su efecto sobre el resultado final.

Impacto de los Errores Sistemáticos en la Medición

Los errores sistemáticos producen una desviación constante en las mediciones repetidas, afectando directamente el valor promedio obtenido sin contribuir a la dispersión estadística de los resultados. A diferencia de los errores aleatorios, que generan variabilidad y afectan la incertidumbre tipo A, los errores sistemáticos generan un sesgo que desvía el resultado del valor verdadero. Este tipo de error requiere una evaluación y, cuando es posible, una corrección del instrumento de medición para mitigar su efecto. Cuando la corrección directa no es factible, se puede aplicar un ajuste de corrección en el valor final. Así, la precisión en el valor promedio

mejora al reducir la influencia del error sistemático (ISO/IEC Guide 98-3:2008; BIPM et al., 2008).

La incertidumbre se representa de manera sencilla mediante la Función de Distribución de Probabilidad (PDF), la cual describe la variabilidad de los resultados obtenidos en el proceso de medición.

2.4 Método de Monte Carlo

El **Método de Monte Carlo (MMC)** es una técnica numérica que se utiliza para calcular probabilidades y otras métricas relacionadas mediante la generación de secuencias de números aleatorios (Rubinstein & Kroese, 2017, p. 4). A diferencia de la **“Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida” (GUM)** usa métodos deterministas de estadística clásica, para evaluar las incertidumbres de los tipos A y B mediante combinaciones bayesianas. Por otro lado, el MMC permite simular sistemas complejos, donde el comportamiento es probabilístico en lugar de determinista (Centro Español de Metrología, 2010).

El MMC resulta especialmente efectivo en escenarios donde los métodos convencionales, como los utilizados en la GUM, no logran reflejar con precisión la complejidad de la incertidumbre en procesos de medición o evaluación de riesgos. Por ello, se presenta como una alternativa viable en situaciones como:

- **Inadecuada aproximación lineal:** Cuando el modelo matemático del mensurando no se ajusta adecuadamente mediante aproximación lineal, lo cual suele ocurrir en sistemas complejos donde las relaciones entre las variables son no lineales. El MMC permite representar mejor estas complejidades sin simplificar el modelo de forma inexacta.

- **Distribuciones no gaussianas:** Cuando la función de distribución de probabilidad (PDF) del mensurando no sigue una distribución normal (gaussiana) o se aleja de una distribución t escalada. Este desvío puede suceder cuando hay asimetrías o comportamientos anómalos en la distribución de los resultados de medición, que el MMC es capaz de manejar eficazmente al no depender de una distribución específica (Vose, 2008; Aven, 2015).

Ejemplo de aplicación práctica:

En el ámbito de la seguridad y salud en el trabajo, el MMC puede aplicarse para evaluar los riesgos correlacionados a diferentes escenarios, tales como la probabilidad de accidentes laborales o fallos en procesos productivos. En estos contextos, el MMC permite simular múltiples resultados posibles, incorporando la incertidumbre presente en las variables de interés y generando una distribución de probabilidad para los resultados esperados. Esta simulación proporciona a los tomadores de decisiones una visión detallada de los riesgos potenciales y sus probabilidades, en lugar de depender exclusivamente de evaluaciones deterministas. Esto resulta útil para definir y priorizar medidas de control y prevención basadas en la distribución de los riesgos, no solo en valores promedio.

De esta manera, el MMC complementa los métodos tradicionales como la GUM y amplía la destreza en el análisis cuando las distribuciones de las variables son complejas o presentan desviaciones significativas. Esto convierte al MMC en una herramienta clave para la gestión de la incertidumbre en procesos con alto grado de complejidad y riesgo, como aquellos presentes en el estudio de la seguridad y salud en el trabajo (ISO/IEC Guide 98-3:2008; BIPM et al., 2008).

2.5 Operatoria del método de Monte Carlo

El principio del método consiste en muestrear aleatoriamente valores de las distribuciones de parámetros de interés y aplicarlos al modelo que si quieres propagar incertidumbres. Esto se hace, en general, miles de veces, seleccionando miles de posibles combinaciones (con la misma probabilidad de ocurrir) de los valores de los parámetros. Con esto, el resultado de salida (en este caso, el riesgo) se presenta en forma de una distribución probabilística que tiene tantos valores como el número de simulaciones o iteraciones de Montecarlo (Melo, 2010).

El método de Monte Carlo, en su forma más simple, requiere información sobre las distribuciones de los parámetros de interés y sus atributos, como media, desviación estándar, moda, máximo y mínimo. Esto resulta en un análisis más específico de las incertidumbres. Sin embargo, Como se mencionó anteriormente, también es posible realizar el mismo análisis, pero incorporando aspectos como la heterogeneidad espacial de algún parámetro o su variabilidad temporal, lo que requiere un aparato de información mucho mayor (Melo, 2010).

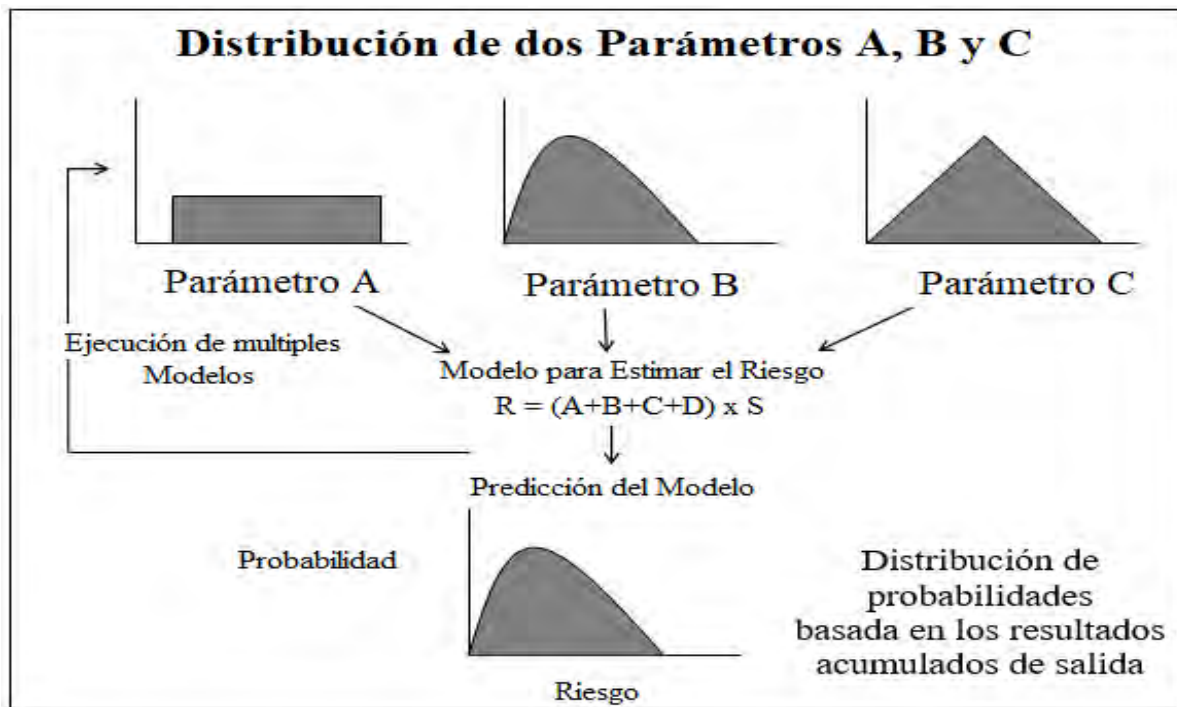


Figura 3 Representación esquemática del MMC

Fuente: Adaptado de HAYSE, 2000

La Figura 3 presenta las distribuciones de Weibull utilizadas para modelar la variabilidad de los riesgos evaluados en los procesos agroindustriales. La distribución de Weibull es una herramienta estadística importante para el análisis de riesgos, ya que posibilita describir la probabilidad de ocurrencia de eventos relacionados con la seguridad laboral, considerando diferentes formas y escalas de riesgo.

En el contexto de esta investigación, las distribuciones de Weibull se emplearon para representar la amplitud de la variación de los valores de riesgo asociados a las actividades de "Primer lavado y desinfección" y "Hidrogenfriado y desinfección del producto terminado". Las curvas resultantes reflejan la variabilidad observada en los datos obtenidos durante el análisis de riesgos, mostrando tanto la frecuencia de ocurrencia de valores bajos como la probabilidad de eventos extremos.

La interpretación de la Figura 3 es fundamental para entender cómo la variabilidad y la incertidumbre afectan la evaluación del riesgo. Por ejemplo, la forma de la distribución proporciona información clave sobre la naturaleza del riesgo: si la curva es más inclinada, indica una mayor probabilidad de ocurrencia de valores de riesgo bajos, lo que podría sugerir un menor riesgo general. Por otro lado, la existencia de "colas largas" en la distribución podría señalar la presencia de riesgos extremos que, aunque poco frecuentes, tienen un alto impacto potencial y requieren atención especial en la gestión de la seguridad.

Este análisis permite identificar los escenarios más probables. Además, facilita determinar acciones preventivas para minimizar tanto la frecuencia de eventos no deseados como su impacto en situaciones excepcionales. De esta manera, la figura proporciona una base sólida para la planificación de estrategias de mitigación de riesgos en los procesos agroindustriales.

Ley fuerte de los grandes números: es un teorema fundamental de la probabilidad que establece que si $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ es una sucesión infinita de variables aleatorias **independientes e idénticamente distribuidas** (iid) con un valor esperado finito, $E[X_1] < \infty$, entonces el promedio de estas variables tiende al valor esperado conforme al número de observaciones se acerca al infinito. En otras palabras, el promedio muestral converge casi seguramente al valor esperado μ lo que garantiza que con la cantidad suficiente de observaciones, el promedio de las variables será aproximadamente igual a μ .

El teorema establece que el promedio de las variables aleatorias (denotado como

$\tilde{X}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ **converge casi seguramente** al valor esperado μ cuando n tiende

al infinito. Esto significa que, con probabilidad 1, el promedio de las muestras se acercará cada vez más a μ a medida que aumente el número de muestras.

Desde el punto de vista matemático, se establece que:

$$P\left(\lim_{n \rightarrow \infty} \tilde{X}_n = \mu\right) = 1 \quad (8)$$

Lo que significa que el promedio de las variables aleatorias converge a μ casi seguramente (dentro de un conjunto de probabilidad 1).

Esta ley justifica la interpretación del valor esperado como el promedio obtenido al repetir un experimento muchas veces bajo las mismas condiciones.

Relación entre la Ley Fuerte de los Grandes Números y la cantidad de simulaciones requeridas en el Método de Monte Carlo

La Ley Fuerte de los Grandes Números (LFGN) confirma que, al aumentar el número de repeticiones en una simulación de Monte Carlo, el promedio de los resultados converge al valor esperado verdadero del sistema modelado. Sin embargo, la cantidad suficiente de repeticiones depende de varios factores clave que determinan la precisión y confiabilidad del resultado:

1. **Nivel de precisión requerido:** En aplicaciones donde se necesita un margen de error bajo, es necesario aumentar significativamente el número de simulaciones para reducir la variabilidad en los resultados.
2. **Variabilidad de las variables de entrada:** Si las variables que intervienen presentan una alta variabilidad, se requieren más repeticiones para que el promedio de los resultados converja al valor esperado con un grado adecuado de precisión.

3. **Complejidad del modelo:** Modelos que incluyen interacciones no lineales o distribuciones no normales pueden requerir un mayor número de simulaciones para representar con precisión la dispersión y las colas de la distribución.

Así, en la práctica, la cantidad de simulaciones en el Método de Monte Carlo se determina considerando el equilibrio entre la precisión deseada y los recursos computacionales disponibles. Estudios como los de Rubinstein y Kroese (2017) sugieren que, en aplicaciones estándar, suele ser suficiente realizar entre 10,000 y 100,000 simulaciones para alcanzar convergencia, pero esto puede variar en función de la complejidad y especificidad del problema.

2.6 Distribución de Weibull

La **Distribución de Weibull** es uno de los modelos estadísticos más empleados para el análisis de tiempos de vida en fiabilidad industrial, especialmente en el estudio de fallos y vida útil de componentes. En este contexto, una variable aleatoria continua que representa el tiempo hasta el fallo de un componente sigue una distribución Weibull, denotada como $X \sim \text{Weibull}(\alpha, \beta)$, donde α, β son parámetros de escala y forma (Salazar, Rojano, & Figueroa, 2012, p. 150). Es importante destacar que esta distribución se aplica principalmente a fenómenos relacionados con tiempos de vida o fallos bajo condiciones específicas, siendo ampliamente utilizada en fiabilidad y análisis de riesgos

La expresión matemática que representa La función de densidad de probabilidad (PDF) correspondiente a la distribución Weibull se formula de la siguiente manera:

$$f(x; \alpha, \beta) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{x}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-(x/\alpha)^\beta} \text{ para } x \geq 0 \quad (9)$$

Donde $\alpha > 0$ y $\beta > 0$. La función de distribución acumulativa (CDF), que da la probabilidad acumulada de que el tiempo de fallo ocurra antes de cierto tiempo, se expresa como:

$$F(x; \alpha, \beta) = 1 - e^{-(x/\alpha)^\beta} \quad (10)$$

La función de fiabilidad se expresa como $R(x) = 1 - F(x)$ y representa la probabilidad de que un componente continúe funcionando correctamente después de cierto tiempo específico x

Análisis de la Función de Riesgo

La función de riesgo de la distribución Weibull proporciona información sobre la tasa de fallo, que depende del parámetro de forma β :

- $\beta < 1$ La función de riesgo es decreciente, indicando que la tasa de fallo disminuye con el tiempo, lo cual es común en el caso de **fallos tempranos**.
- $\beta = 1$ La función de riesgo es constante, lo que corresponde a una distribución exponencial e indica una tasa de fallo constante.
- $\beta > 1$ La función de riesgo es creciente, sugiriendo que los fallos son más probables a medida que el componente envejece, un patrón común en situaciones de desgaste.

Cuando $\beta = 2$, la función de riesgo aumenta linealmente con el tiempo, y cuando $\beta > 3$, la distribución Weibull tiende a asemejarse a una distribución Normal.

Este comportamiento es útil para modelar fallos en componentes que presentan un patrón de desgaste progresivo.

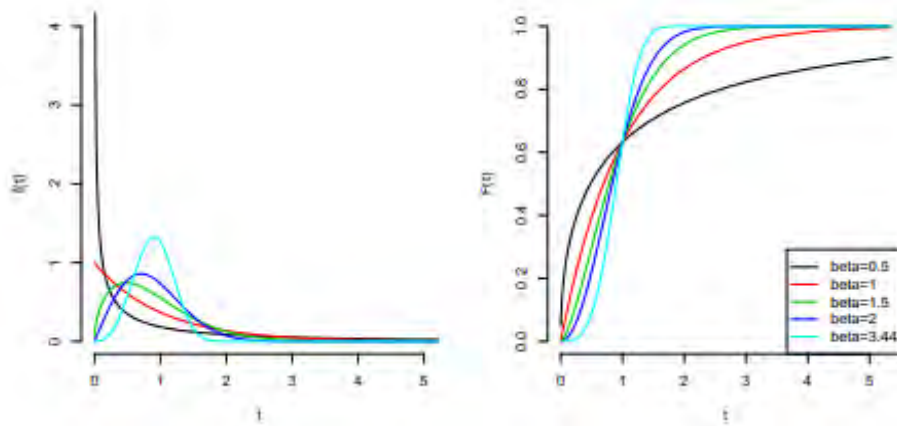


Figura 4 Representación gráfica de la distribución Weibull para diferentes valores del parámetro de forma β , con $\alpha=1$ (Smith, 2020).

La figura de la izquierda muestra la **función de densidad de probabilidad $f(t)$** , que indica la probabilidad de que un fallo ocurra en un instante específico t . Se observa que, para $\beta < 1$, la densidad es elevada en valores cercanos a cero y decrece rápidamente, representando un alto riesgo de fallos tempranos. Para $\beta = 1$, la densidad toma una forma exponencial, lo que implica una tasa de fallo constante. A medida que β aumenta por encima de 1, la función se desplaza hacia la derecha, indicando que los fallos se vuelven más probables en tiempos posteriores, típico de un patrón de desgaste progresivo.

En la gráfica de la derecha, se presenta la **función de distribución acumulativa $F(t)$** , que representa la probabilidad acumulada de que un fallo haya ocurrido antes

de un tiempo t . Esta función muestra cómo la probabilidad de fallo acumulada varía según el valor de β : cuando β es bajo, la acumulación de fallos es rápida al inicio; con $\beta = 1$, la acumulación sigue un patrón constante; y con valores mayores de β , la acumulación es más gradual al principio y se acelera en tiempos posteriores, reflejando una fase de vida útil prolongada seguida de un aumento en la tasa de fallo.

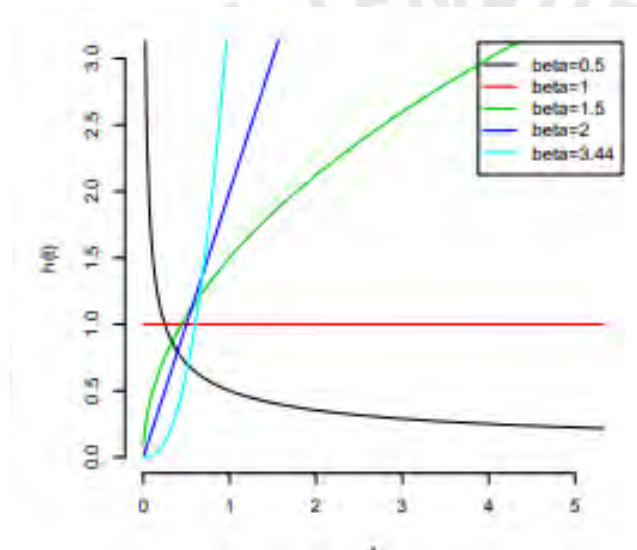


Figura 5 Función de riesgo de la distribución Weibull con $\beta = 0.5, 1, 1.5, 2$ y 3.44 y $\alpha = 1$. (Smith, 2020).

La función de riesgo describe la tasa de fallo en cada instante t , lo cual es útil para entender el comportamiento de la vida útil de un componente en función de β

- Para $\beta = 0.5$, la función de riesgo es decreciente, indicando una alta probabilidad de fallos al inicio que disminuye con el tiempo, lo cual es característico de un patrón de "fallo temprano" o "infant mortality".

- Cuando $\beta = 1$, la función de riesgo es constante, y la gráfica toma la forma de una línea horizontal. Esto corresponde a la distribución exponencial y representa una tasa de fallo constante, lo que implica que la probabilidad de fallo es la misma en cada momento.
- Para $\beta > 1$, la función de riesgo es creciente, lo cual indica que la probabilidad de fallos se incrementa conforme transcurre el tiempo de operación del componente, un patrón típico de desgaste o envejecimiento de los componentes. Para $\beta = 1.5$, la tasa de fallo aumenta de forma moderada, mientras que para valores mayores, como $\beta = 2$ y $\beta = 3.44$, el incremento en la tasa de fallo es más pronunciado.

La representación visual muestra cómo varía la probabilidad de fallo en función del parámetro de forma β . Esto proporciona una herramienta útil para modelar y predecir el comportamiento de los sistemas según su perfil de riesgo y tasa de desgaste.

2.7 Criterio de información de Akaike (AIC)

"Es una medida de la calidad relativa de un modelo estadístico para un conjunto dado de datos. Como tal, el AIC proporciona un medio para la selección del modelo. Maneja un trade-off entre la bondad de ajuste del modelo y la complejidad del modelo. Se basa en la entropía de información: se ofrece una estimación relativa de la información perdida cuando se utiliza un modelo determinado para representar el proceso que genera los datos." (Akaike, 1974, p. 716).

El AIC no funciona como una prueba estadística en el sentido de evaluar una hipótesis nula, por lo que no permite determinar la calidad absoluta de un modelo.

En otras palabras, si todos los modelos candidatos presentan un ajuste deficiente, el AIC no emite ninguna advertencia al respecto.

En el caso general, el AIC es:

$$AIC = 2k - 2\ln(L) \quad (11)$$

donde k representa el número de parámetros en el modelo estadístico, y L es el máximo valor de la función de verosimilitud para el modelo estimado.

Corrección del AIC para Muestras Pequeñas

Cuando el tamaño de la muestra es reducido, es recomendable aplicar una versión ajustada del AIC, denominada **AIC corregido** o **AICc**. Este ajuste introduce una penalización adicional, adaptada al tamaño limitado de los datos, que permite obtener una selección de modelos más precisa y evita el sesgo a favor de modelos excesivamente complejos en contextos de pequeñas muestras. La fórmula de la corrección es:

$$AICc = AIC + \frac{2k^2 + 2k}{n - k - 1} \quad (12)$$

Donde:

n es el tamaño de la muestra y k representa el número de parámetros del modelo en cuestión.

La inclusión de esta corrección es crucial en aplicaciones prácticas, como la selección de modelos para evaluar riesgos en industrias, donde el número de datos puede ser limitado. La precisión en la elección del modelo es esencial en estos casos para garantizar representaciones fiables y efectivas del riesgo.

Aplicación en el Ámbito de Seguridad Industrial

En el contexto de este estudio, el AIC se utilizó para comparar diferentes modelos que representan la distribución del riesgo en procesos industriales. Los valores de AIC

obtenidos identificaron a la **distribución Weibull** como el modelo estadístico que mejor se ajusta a los datos observados, al presentar el menor valor de AIC entre las alternativas evaluadas. Esto indica que la distribución Weibull es particularmente adecuada para capturar la variabilidad en los niveles de riesgo, ya que equilibra precisión en el ajuste y simplicidad en la estructura del modelo.

2.8 Ciclo PHVA o ciclo Deming

El ciclo PDCA o Ciclo de Deming es una metodología de gestión que tiene como objetivo la mejora constante de los procesos (Deming, 1986). Este ciclo consta de cuatro fases: Planificar (P), hacer (H), verificar (V) y actuar (A).

Las fases del ciclo PHVA

El acrónimo PHVA se forma a partir de las iniciales de las palabras Planificar, Hacer, Verificar y Actuar, representando las cuatro fases fundamentales de este ciclo de mejora continua (Jimeno Bernal, 2021, p. 2).

Planificar: En esta fase se establecen los objetivos y se identifican los procesos necesarios para obtener resultados alineados con las políticas organizacionales.

Hacer: Implica la ejecución de los cambios o acciones necesarias para alcanzar las mejoras propuestas. Para optimizar su eficacia y facilitar la corrección de posibles errores, suele implementarse un plan piloto como prueba preliminar.

Verificar: Una vez en marcha el plan de mejoras, se inicia un periodo de evaluación para medir y analizar la efectividad de los cambios aplicados, permitiendo realizar ajustes cuando sea necesario.

Actuar: Tras la medición de resultados, si estos no cumplen con las expectativas o los objetivos establecidos, se realizan las modificaciones pertinentes. Asimismo, se

implementan acciones correctivas y estrategias para garantizar la mejora continua de los procesos.

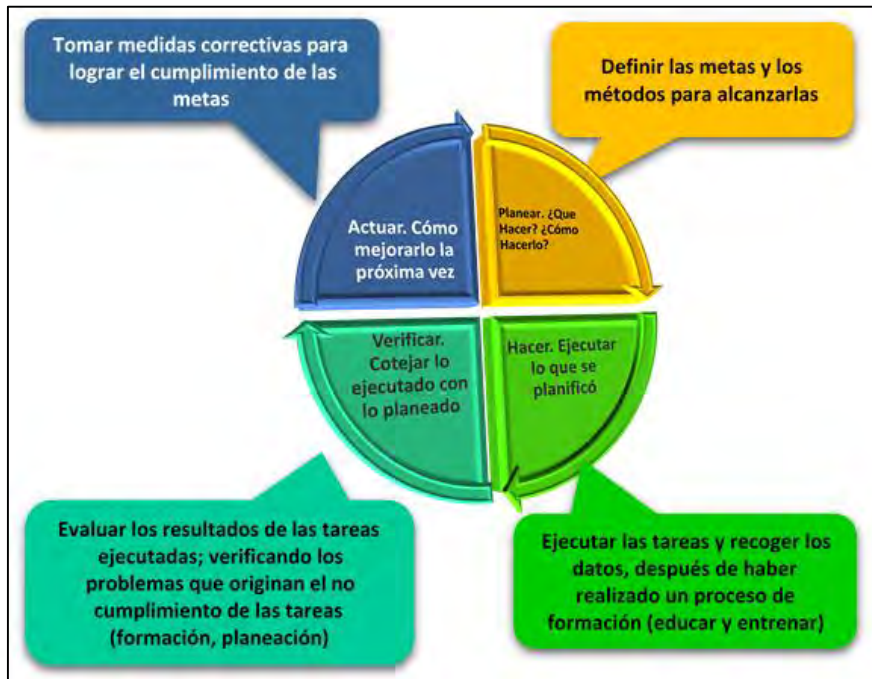


Figura 6 Fases del ciclo PHVA

Fuente: Norma ISO 45001

2.9 El sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SGSST) en la organización

Según la Organización mundial del trabajo (2001) la define como:

“La seguridad y la salud en el trabajo, incluyendo el cumplimiento de los requerimientos de la SST conforme a las leyes y reglamentaciones nacionales, son la responsabilidad y el deber del empleador. El empleador debería mostrar un liderazgo y compromiso firme con respecto a las actividades de SST en la organización, y debería adoptar las disposiciones necesarias para crear un sistema de gestión de la SST, que incluya los principales elementos de política, organización, planificación y aplicación, evaluación y acción en pro de mejoras”

Se puede visualizar en la siguiente figura:



Figura 7 Principales elementos del sistema de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo

Fuente: OIT (2001)

2.10 ISO 45001 (2018)

La ISO 45001 es un estándar internacional para sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo, diseñado para prevenir accidentes y enfermedades laborales, protegiendo tanto a los trabajadores como a los visitantes. Esta certificación fue desarrollada con el propósito de reducir cualquier riesgo que pueda generar consecuencias graves para los empleados o la empresa. El desarrollo de la norma fue impulsado por un comité de especialistas en seguridad y salud ocupacional, quienes adoptaron un enfoque alineado con otros sistemas de gestión, como la ISO 9001

(gestión de calidad) y la ISO 14001 (gestión ambiental).

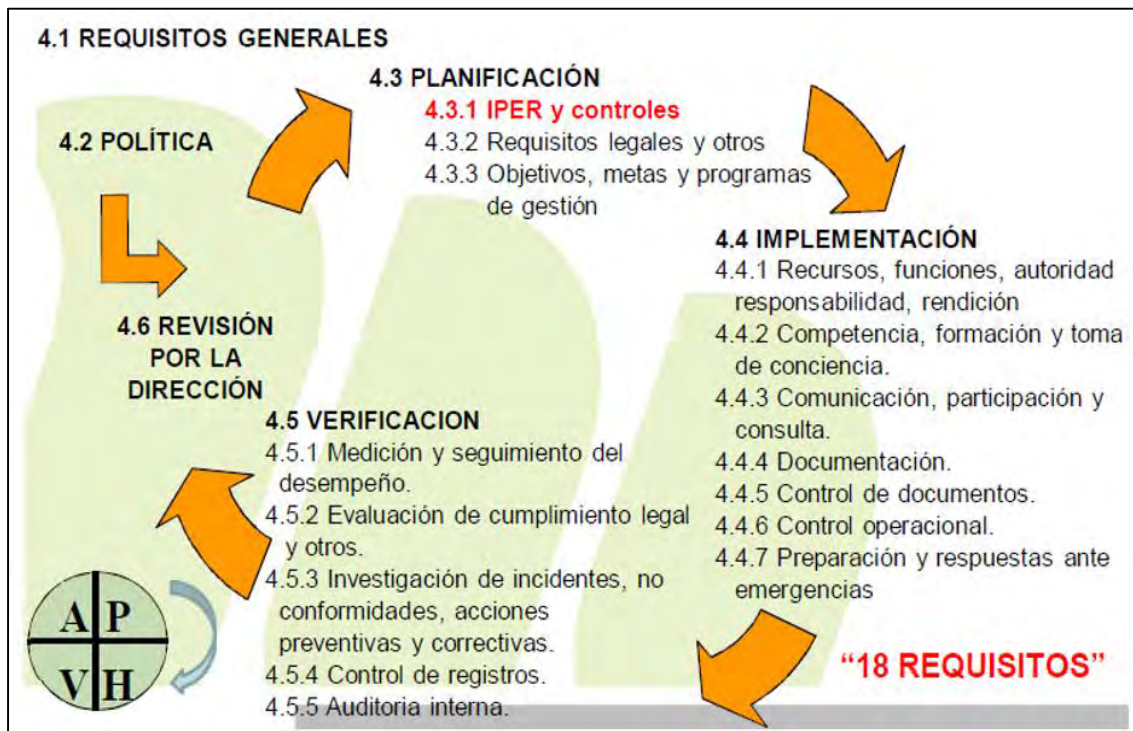


Figura 8 SGSST basado en la ISO 45001

Fuente: ISO 45001 (2018)

2.11 Ley 29783 es la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)

Este marco legal, aprobado el 19 de agosto de 2011, tiene como objetivo impulsar y consolidar una cultura de prevención de riesgos laborales en el Perú. Su aplicación abarca todos los sectores económicos y de servicios, incluyendo tanto a empleadores y trabajadores del ámbito privado como a funcionarios y empleados del sector público. Asimismo, se extiende a los integrantes de las Fuerzas Armadas, la Policía Nacional del Perú y los trabajadores independientes.

La normativa establece la necesidad de adoptar un enfoque basado en sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo, alineado con las directrices internacionales

y la legislación vigente, garantizando así la implementación de medidas preventivas efectivas.

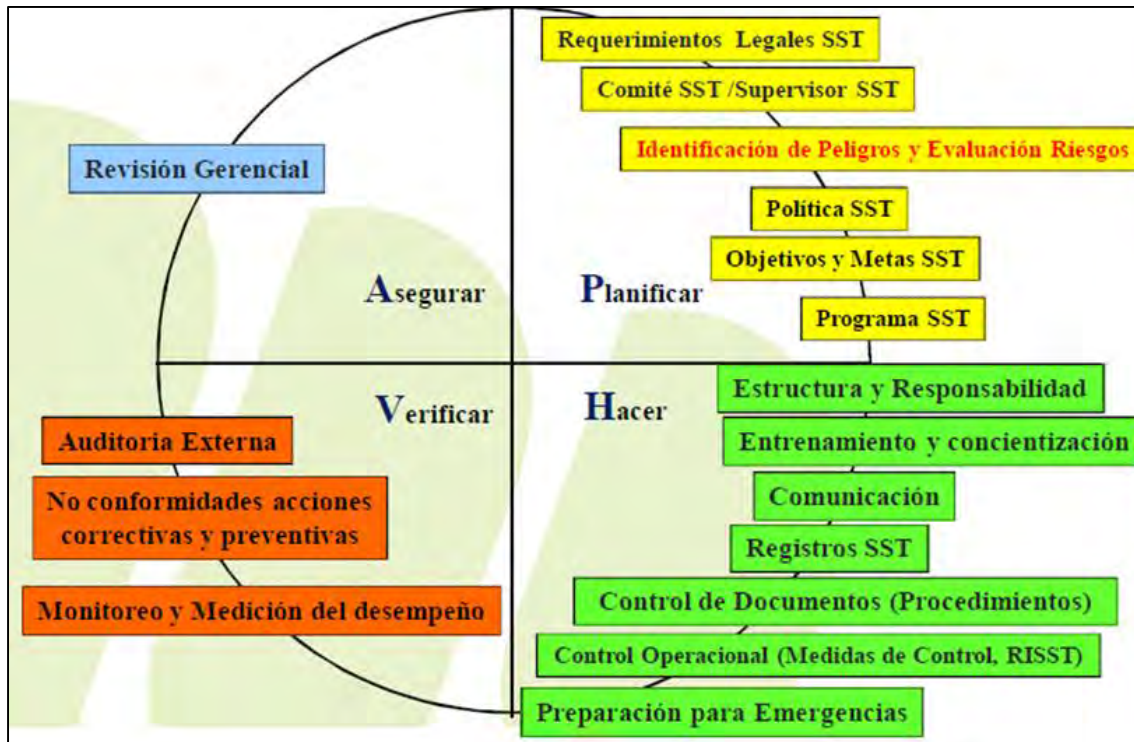


Figura 9 SGSST basado Ley 2973 “Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
Fuente: Ministerio de Trabajo y promoción del empleo (2011)

2.12 Rol de la Alta dirección en la Gestión de Seguridad y salud en el trabajo

En el marco de la ISO 45001 y la Ley 29783 de Seguridad y Salud en el Trabajo, la alta dirección debe demostrar liderazgo y compromiso en la gestión de la seguridad y salud ocupacional, asumiendo los siguientes roles:

- Responsabilidad y rendición de cuentas en la prevención de lesiones y enfermedades ocupacionales, garantizando ambientes de trabajo seguros y saludables.
- Definir y establecer la política y los objetivos de seguridad y salud en el trabajo (SST), asegurando su alineación con la estrategia organizacional.

- c) Integrar los requisitos del sistema de gestión de SST dentro de los procesos operativos de la empresa.
- d) Garantizar la disponibilidad de recursos necesarios para la implementación, mantenimiento y mejora del sistema de gestión de SST.
- e) Fomentar la importancia de una gestión eficaz de SST, promoviendo el cumplimiento de sus requisitos.
- f) Supervisar y asegurar que el sistema de gestión de SST logre los resultados esperados.
- g) Liderar y respaldar a los trabajadores en su contribución a la eficacia del sistema de SST.
- h) Impulsar la mejora continua en la gestión de seguridad y salud ocupacional.
- i) Apoyar a los líderes y responsables de diferentes áreas para fortalecer su compromiso con la SST.
- j) Promover una cultura organizacional que refuerce los principios y objetivos del sistema de gestión de SST.
- k) Garantizar la protección de los trabajadores contra represalias cuando informen sobre incidentes, peligros o riesgos.
- l) Establecer e implementar procesos para la consulta y participación activa de los trabajadores en la gestión de la SST.
- m) Respalda la creación y operatividad de comités de seguridad y salud, asegurando su correcto funcionamiento.

Estos compromisos refuerzan el papel estratégico de la alta dirección en la consolidación de un entorno laboral seguro y en el cumplimiento de normativas nacionales e internacionales.

2.13 Gestión de riesgos de seguridad y salud en el trabajo

La gestión de riesgos, traducida del inglés *risk management*, es un enfoque sistemático para administrar la incertidumbre asociada a una amenaza. Este proceso

se desarrolla mediante una serie de acciones que abarcan la evaluación del riesgo, el diseño de estrategias para su control y la implementación de medidas de mitigación con el uso de recursos gerenciales.

Entre las estrategias utilizadas se encuentran la transferencia del riesgo a un tercero, la evitación del riesgo, la reducción de sus efectos adversos y la aceptación total o parcial de sus consecuencias (Cortez, 2012).

En algunos casos, la gestión de riesgos se orienta a la contención de amenazas derivadas de causas físicas o legales, como desastres naturales, incendios, accidentes, fallecimientos o demandas judiciales. Por otro lado, la gestión del riesgo financiero se enfoca en mitigar incertidumbres a través del uso de instrumentos financieros y comerciales.

El propósito de la gestión de riesgos es minimizar diversas amenazas dentro de un contexto específico, reduciéndolas a un nivel considerado aceptable por la sociedad. Este proceso abarca múltiples tipos de riesgos, que pueden originarse en factores ambientales, tecnológicos, humanos, organizacionales o políticos. Asimismo, implica la utilización de todos los recursos disponibles, ya sea por individuos o por entidades especializadas en la gestión de riesgos.

En la Figura 2 se muestra que la gestión de riesgos tiene las siguientes etapas: Identificar los peligros existentes, estimación del riesgo, valoración del riesgo y medidas de control del riesgo.

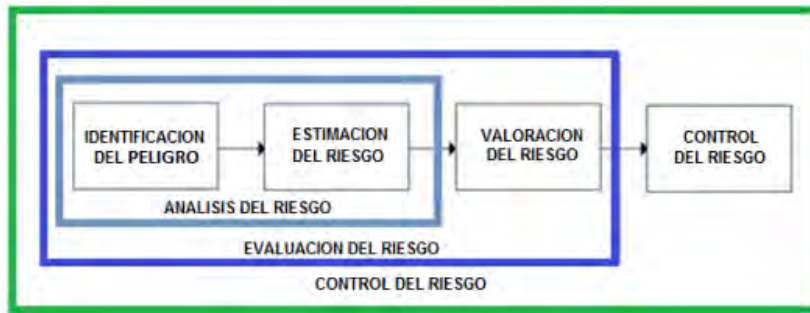


Figura 10 Gestión del riesgo

Fuente y elaboración: Cortez, J. (2012), Seguridad e higiene del trabajo.

La Figura 10 detalla el proceso de gestión del riesgo de accidentes laborales en los procesos agroindustriales, incluyendo la identificación, evaluación, control y monitoreo de riesgos.

Durante la identificación de riesgos, se evidencian los peligros potenciales. La evaluación de riesgos estima la probabilidad e impacto de cada riesgo para priorizar intervenciones. Luego, se procede con la implementación de medidas de control con el fin de mitigar los riesgos más significativos. Finalmente, el monitoreo y revisión asegura la efectividad de las medidas y ajusta estrategias según sea necesario.

La Figura 10 resalta la importancia de un enfoque cíclico y adaptativo para gestionar los riesgos eficientemente.

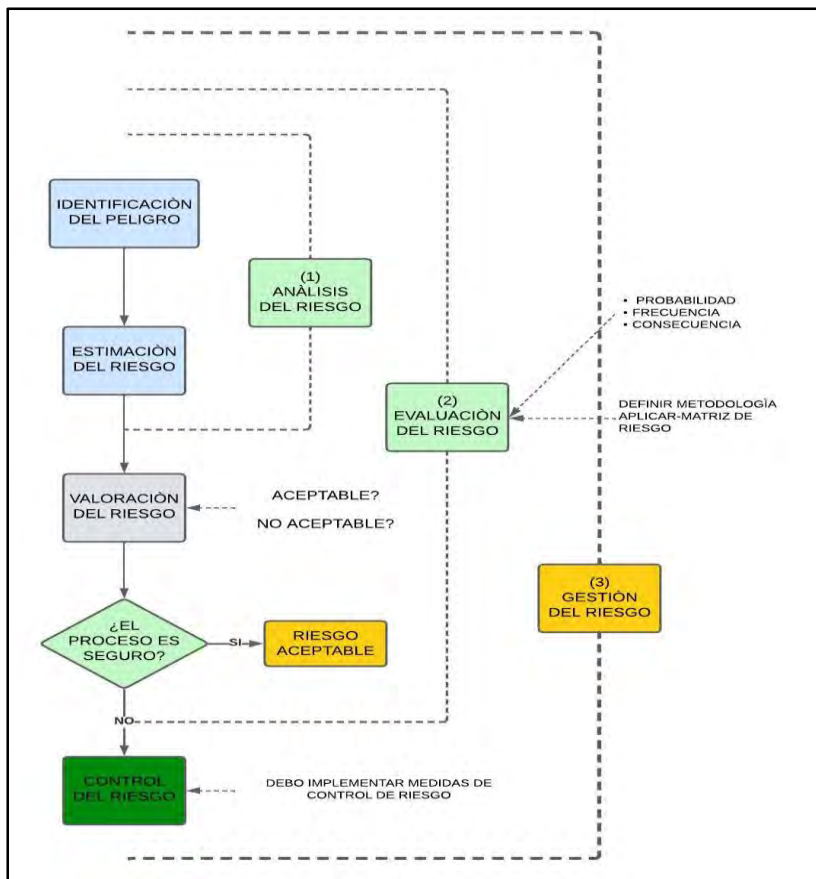


Figura 11 Flujograma de Gestión del riesgo

Fuente: Elaboración propia

La Figura 11 presenta un diagrama de flujo que explica el manejo del riesgo. Una vez identificado el valor del riesgo, el evaluador debe determinar su aceptabilidad. Si es aceptable, la actividad continúa; en caso contrario, si el riesgo es negativo, se aplica el proceso de control de riesgos a fin de lograr que la actividad cumpla con los criterios de aceptación. De lo contrario, la actividad se detiene o finaliza.

La gestión de riesgos en seguridad y salud en el trabajo sigue un enfoque estructurado, como lo indica la legislación española, con la meta de proteger a los trabajadores y minimizar los incidentes laborales. Las etapas a seguir, alineadas con las mejores prácticas de gestión de riesgos, son las siguientes:

1. **Evitar los riesgos:** Eliminar los peligros siempre que sea posible desde su origen.

2. **Evaluar los riesgos que no se puedan prevenir:** Detectar y analizar aquellos riesgos inevitables priorizando la acción.
3. **Neutralizar los riesgos en su inicio:** Implementar medidas de control que actúen sobre las fuentes de riesgo.
4. **Adaptar el trabajo a la persona:** Adaptar los procedimientos de trabajo y equipos utilizados a las capacidades y limitaciones de los trabajadores.
5. **Atender a la actualización tecnológica:** Incorporar los avances tecnológicos y mejoras continuas en el ámbito de la seguridad.
6. **Reemplazar los elementos riesgosos por alternativas más seguras:** Reemplazar elementos peligrosos por alternativas seguras cuando sea viable.
7. **Planificar la prevención:** Integrar la prevención en la gestión general de la empresa, estableciendo recursos y procedimientos adecuados.
8. **Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual:** Priorizar medidas de protección que beneficien a todos los trabajadores.
9. **Dar las debidas instrucciones a los trabajadores:** Proveer formación y capacitación continua para que el personal entienda los riesgos y las precauciones necesarias.

Estas etapas complementan el análisis de riesgos descrito en el texto, proporcionando una estructura sólida y preventiva para reducir la incertidumbre en los procesos de evaluación. Al seguir esta secuencia, la alta dirección puede implementar un sistema de gestión de riesgos efectivo, alineado con los principios de la legislación española y aplicable en entornos industriales complejos como el agroindustrial. **(Ley 31/1995, de 8 de noviembre).**

2.14 Evaluación del riesgo

Evaluar los riesgos es esencial para gestionar la seguridad en procesos industriales, particularmente en entornos agroindustriales donde los riesgos son diversos y complejos. Este apartado aborda los procedimientos empleados para identificar, analizar y clasificar los riesgos inherentes a cada etapa del proceso productivo, integrando tanto factores físicos como ergonómicos y químicos.

La evaluación se realiza mediante el análisis IPERC (Identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos), permitiendo desglosar cada actividad y clasificar los riesgos en función de su probabilidad, severidad y frecuencia de exposición. Este enfoque facilita una comprensión detallada de los riesgos, permitiendo a la alta dirección tomar decisiones informadas sobre las medidas de control más adecuadas. La información obtenida en esta evaluación es esencial para establecer un marco de control preventivo efectivo y para priorizar las áreas de intervención, lo cual es crítico para mitigar la probabilidad de incidentes y accidentes en el entorno laboral. Además, la evaluación de riesgos forma la base para el análisis posterior y para adoptar decisiones estratégicas en la gestión de la seguridad en la empresa.

Para el cálculo del Valor del riesgo utilizaremos la Matriz de riesgos y Tablas IPERC del Anexo 1 donde:

“RIESGO = PROBABILIDAD (P) X SEVERIDAD (S)

Donde:

$$P = A + B + C + D$$

A: Número de personas expuestas

B: Procedimientos existentes

C: Capacitación

D: Frecuencia de exposición” (Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral – SUNAFIL, s.f., p. 20)

En esta investigación se ha utilizado una matriz de riesgo que permite identificar, evaluar y priorizar los riesgos asociados con los procesos y actividades de producción en las empresas agroindustriales. La matriz de riesgo empleada está basada en los principios de evaluación cualitativa y cuantitativa, donde se consideran dos componentes principales: la probabilidad de que suceda un accidente y la severidad de sus consecuencias.

Aplicación de la Matriz

Para cada actividad identificada en los procesos de producción agroindustrial, se ha evaluado la probabilidad de ocurrencia de un riesgo y la posible severidad de sus consecuencias. Este enfoque permite priorizar los riesgos y enfocar los esfuerzos de mitigación en aquellos que presentan mayores niveles de riesgo. Los resultados de esta evaluación se presentan en los Anexos 3 y 4, donde se detallan los valores asignados a cada riesgo y se muestra la categorización de estos según la matriz. (Anexos 3 y 4).

2.15 Definiciones conceptuales

- **Accidente del trabajo:** "Suceso ocurrido en el curso del trabajo o en relación con el mismo, que produce lesiones profesionales mortales o no mortales. Incluye los accidentes en el trayecto directo entre el lugar de trabajo y otros lugares relacionados, como la residencia del trabajador." (Organización Internacional del Trabajo, 1998, p. 2)
- **Actividad:** "conjunto de tareas que se realizan en el marco de los procesos de construcción de una planta, desde la planificación hasta la puesta en marcha,

incluyendo instalación de equipos, pruebas y aseguramiento de calidad.” (Maringo, s.f.)”.

- **Diagrama de Operaciones del Proceso (D.O.P)** es una representación gráfica que utiliza símbolos estandarizados para describir las operaciones e inspecciones de un proceso, permitiendo visualizar su secuencia y facilitando su análisis y mejora.” (Yepes, 2021)
- **Frecuencia:** Cantidad de accidentes laborales de una categoría específica en un período de tiempo determinado.
- **Identificación de peligros:** Actividad de examinar las operaciones y las instalaciones en las áreas de trabajo con el objetivo de identificar elementos que puedan representar un riesgo para la integridad física y mental de los trabajadores.
- **Lista de verificación:** "Catálogo de eventos y tareas que deben ser revisados por los responsables de seguridad y salud ocupacional para identificar peligros y evaluar riesgos con el propósito de prevenir accidentes laborales. La elaboración de esta lista debe ajustarse a la normativa vigente, a las operaciones generales de la empresa y ser validada por un grupo de expertos en la materia." (SUNAFIL, s.f., p. 18)
- **Medidas de control:** Grupo de acciones, herramientas o eventos destinados a prevenir o reducir la ocurrencia y gravedad de un posible accidente laboral.
- **Modelo de sistema de gestión de seguridad:** Esquema organizado y metódico que define los fundamentos, procedimientos y lineamientos operativos necesarios para administrar de manera eficaz la seguridad dentro de una entidad
- **Peligro:** Fuente o situación con potencial para producir daños o lesión en personas, equipos, materiales, procesos en general y medio ambiente.

- **Seguridad industrial:** Nivel de confianza existente tanto en las empresas como en los colaboradores de que están preparados para evitar la ocurrencia de accidentes de trabajo. (MINTRA, 2010)
- **Seguridad y salud ocupacional (SSO):** se refiere a las condiciones y factores que afectan al bienestar de los empleados, trabajadores temporales, contratistas, visitantes y cualquier otra persona que se encuentre en el lugar de trabajo." *(Organización Internacional de Normalización, ISO 45001:2018)*
- **Seguridad:** Ausencia de riesgos de daño inaceptables
- **Severidad:** Magnitud del daño causado en la salud del trabajador a consecuencia de un accidente de trabajo.



CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Principios de la ética de la investigación

La investigación responsable exige un firme compromiso ético que asegure tanto el bienestar de los participantes como la integridad del proceso científico. Toda indagación en busca del conocimiento debe regirse por valores que salvaguarden la dignidad de las personas, promoviendo la equidad, la claridad en los procedimientos y el respeto por los derechos de quienes participan. Según Beauchamp y Childress (2013), los ejes fundamentales que deben orientar cualquier investigación, especialmente en ámbitos como el laboral o empresarial, son la beneficencia, la no maleficencia, la autonomía y la justicia.

En las investigaciones basadas en la acción, como esta tesis, resulta esencial abordar las implicaciones éticas desde varias perspectivas. No solo se debe proteger a los trabajadores como sujetos de estudio, sino también garantizar que la empresa participe de manera activa en la gestión de los riesgos identificados. La ética organizacional, según Greenwood y Freeman (2011), juega un papel crucial en el éxito de este tipo de investigaciones, dado que la empresa es tanto un espacio de intervención como una parte interesada en los resultados.

Asimismo, la ética en la investigación implica el compromiso de salvaguardar la integridad de los datos y las fuentes. Esto es especialmente relevante cuando se trata de riesgos laborales, donde los resultados pueden tener implicaciones directas sobre la vida de los trabajadores. El enfoque debe ser proactivo y preventivo, como señala Robson (2014), asegurando que los hallazgos se utilicen para mejorar las condiciones laborales y no simplemente para cumplir con regulaciones mínimas.

Como advierten Ojeda y Quintero (2007), la percepción de la finitud e imprecisión humanas nos recuerda que la ciencia no es infalible, y, por tanto, el investigador debe adoptar una postura crítica y rigurosa. Ningún aspecto debe dejarse a la interpretación subjetiva; es necesario fundamentar las decisiones en evidencia sólida, recurriendo a métodos que minimicen la incertidumbre y maximicen la validez de los resultados.

En resumen, la ética en la investigación no solo asegura la protección de los derechos de los participantes, sino que también fortalece la credibilidad de los resultados y su impacto en el progreso social y económico. En este contexto, la auto exigencia y el rigor metodológico permiten que esta investigación no solo sea un aporte académico, sino también una contribución al bienestar general, tanto para la comunidad científica como para los trabajadores y empresas involucradas.

3.2 Enfoque metodológico de la investigación

Seguidamente, se detallan las técnicas y procedimientos aplicados con el propósito de alcanzar los objetivos establecidos y obtener los resultados esperados de la investigación. El objetivo subyacente es establecer un método que permita determinar si la INCERTIDUMBRE tiene una influencia directa en la toma de decisiones para la gestión adecuada de la seguridad y salud en el trabajo

- **Tipo de la investigación:** La investigación es de tipo mixta: cuantitativo y cualitativo.

Tabla 2 Método exploratorio descriptivo

MÉTODO EXPLORATORIO DESCRIPTIVO	cumple	Referencias Bibliográficas
Se efectúa cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco	X	Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014).

estudiado o que no ha sido abordado antes.		Metodología de la investigación (6ª ed.). McGraw-Hill.
Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades, etc.	X	Creswell, J. W. (2014). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4th ed.). SAGE Publications.
El propósito es describir situaciones y eventos. Decir cómo es y cómo se manifiesta determinado fenómeno.	X	Flick, U. (2014). An Introduction to Qualitative Research (5th ed.). SAGE Publications.
Desde el punto de vista científico, describir es medir con la mayor precisión posible.	X	Yin, R. K. (2018). Case study research and applications: Design and methods (6th ed.). SAGE Publications.
Pueden ofrecer la posibilidad de predicciones, aunque sean rudimentarias.	X	Selltiz, C., Jahoda, M., Deutsch, M., & Cook, S. W. (1959). Research methods in social relations (2nd ed.). Holt, Rinehart, and Winston.

Fuente y elaboración: Elaboración propia

- **Nivel de la investigación:** La presente investigación se enmarca dentro de un nivel **exploratorio-descriptivo**, ya que busca identificar, analizar y caracterizar las variables involucradas, sin establecer relaciones causales entre ellas

- **Diseño de la Investigación:**

La investigación tiene como finalidad identificar las causas, factores o variables que originan problemáticas dentro de un contexto social específico. Se empleará un diseño metodológico **no experimental**, de tipo **transaccional** y con enfoque **explicativo-causal**, conforme a lo señalado por Carrasco (2019). El desarrollo del estudio se organizará en las siguientes fases:

Primera fase: Definición de los integrantes en la investigación

En esta fase, se establecerán los actores clave que participarán en el estudio:

- Empresas procesadoras de productos agroindustriales frescos: Se revisará el organigrama de la empresa y los procesos de producción.
- Trabajadores: Se analizará el nivel de capacitación.
- Alta dirección: Se definirán las políticas y objetivos de la empresa.
- Supervisores y Gerentes de seguridad industrial: Se evaluarán las capacitaciones, objetivos y políticas establecidas para la seguridad industrial.

Segunda fase: Planificación y control de la investigación

En esta fase, se llevará a cabo la planificación del proceso y el control de los datos recogidos, mediante los siguientes pasos:

- Definición y estructuración de las fases del proceso investigativo, desde la formulación del problema hasta la interpretación de los resultados.
- Seleccionar los instrumentos para recolectar la información.
- Implementar un sistema de control para el manejo de los datos.
- Orientar la investigación hacia la obtención de nuevos conocimientos.

Para estas tareas se emplearán los siguientes instrumentos: a. Listas de verificación de seguridad (Anexo N° 2). b. Matrices de riesgo (Anexo N° 3). c. Identificación de peligros, evaluación de riesgos y medidas de control (IPERC) (Anexo N° 4).

• **Tercera fase:** Revisión normativa y desarrollo de propuestas

En esta etapa, se procederá con la revisión de normativa y la elaboración de propuestas de mejora en los procesos de seguridad:

- Análisis normativo de la Ley de Seguridad Industrial N° 29783, su reglamento el DS. N° 005-2012-TR, y otras disposiciones complementarias en materia de legislación laboral aplicable.

- Revisión de normas legales internacionales y bibliografía especializada en seguridad industrial.
- Considerando los escasos de estadísticas la actividad agroindustrial para este tipo de procesos, se analizará la normatividad en otros sectores productivos tanto en el Perú como en otros países.
- Con la información obtenida, se propondrá un método para la identificación de peligros y la evaluación de riesgos laborales.

Finalmente, se planteará un método de gestión de riesgos orientado a los procesos de producción, incorporando controles administrativos, medidas de ingeniería y la identificación del equipo de protección personal (EPP) requerido.

3.3 Problema General

¿De qué manera se puede determinar la incertidumbre en los factores de riesgo en un modelo de gestión de seguridad industrial para que influya en la mitigación de accidentes laborales que resultan del proceso de producción en empresas agroindustriales?

3.4 Problemas específicos

- ¿Cuáles son los peligros de seguridad industrial que influyen en los accidentes de laborales que resultan del proceso de producción en empresas agroindustriales?
- ¿Cómo la subdivisión de un proceso en más actividades influye en la incertidumbre del riesgo para la toma de decisiones de la alta dirección?

- ¿Cómo son los riesgos de seguridad industrial que influyen en los accidentes de laborales que resultan del proceso de producción en empresas agroindustriales?
- ¿Cómo son las medidas de control de riesgo de seguridad industrial que influyen en la reducción de accidentes laborales en el proceso de producción en empresas agroindustriales?

3.5 Objetivo General

Determinar la incertidumbre en los valores de riesgo del modelo de gestión de seguridad industrial de los procesos de producción en empresas agroindustriales, para la toma de decisiones en la mitigación de accidentes de laborales.

3.6 Objetivo Específicos

- Encontrar las referencias bibliográficas que traten de la incertidumbre en los factores de riesgo que influyen en los accidentes laborales en empresas del rubro agroindustrial y afines.
- Identificar los peligros de seguridad industrial que influyen a la mitigación de accidentes laborales que resulten de los procesos de producción en empresas agroindustriales.
- Determinar como la subdivisión de un proceso en más actividades influyen en la incertidumbre del riesgo para la toma de decisiones de la alta dirección.
- Evaluar riesgos de seguridad industrial y su incertidumbre que influyan en la mitigación de accidentes laborales que resulten de los procesos de producción en empresas agroindustriales.

- Determinar cómo las medidas de control de riesgo de seguridad industrial, junto con la incertidumbre en los procesos de producción en empresas agroindustriales, participan en la toma de decisiones para la reducción de accidentes laborales.

3.7 Definición conceptual de las variables

Teniendo como base legal la Ley N.º 29783, “*Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo*”, y su reglamento aprobado mediante el Decreto Supremo N.º 005-2012-TR.

- **Variable 1:** Incertidumbre en la medición de los factores de riesgo del modelo de gestión de seguridad industrial

La incertidumbre se define como; “la imperfección en el conocimiento sobre el estado o procesos de la naturaleza” (FAO/ Gobierno de Suecia, 1995), según la norma ISO 45001 el riesgo se define como un factor de la incertidumbre, también indica que Riesgo en la gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo es “Combinación de la probabilidad de que ocurra un evento o exposición peligrosa y la severidad del daño o deterioro de la salud (3.18) que puede causar el evento o exposición”

La Real Academia de la Lengua (RAE), define el término “Seguridad”, define en su primera acepción, como “cualidad de seguro”; el término “Seguro, -ra”, “libre y exento de riesgo”, esta condición en las personas y organizaciones genera un estado de confianza en la realización de sus procesos de producción o servicios.

Definición Conceptual: Es la falta del estado de confianza en la medición en la ocurrencia de accidentes laborales tanto en su frecuencia como gravedad teniendo como soporte la norma ISO 45001 y normas legales como la Ley de Seguridad y Salud en el trabajo N° 29783 y su Reglamento el D.S. 005 – 2012 –TR.

- **Variable 2:** Toma de decisiones en la mitigación de accidentes laborales

Según Hellriegel, y Slocum (2004:267) La toma de decisiones se define como: “Proceso de definición de problemas, recopilación de datos, generación de alternativas y selección de un curso de acción”.

Stoner, et al (2003:260) define la toma de decisiones como “el proceso para identificar y solucionar un curso de acción para resolver un problema específico”.

La mitigación de los accidentes laborales se encuentra incorporada en la Política Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, conforme lo establece el artículo 4 del Decreto Supremo N.º 005-2012-TR, Reglamento de la Ley N.º 29783. Dicho principio está contenido en el enfoque preventivo del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, orientado a anticipar, reconocer, evaluar y controlar los riesgos laborales.

Definición Conceptual: Es el procedimiento orientado a seleccionar, entre diversas alternativas, aquellas estrategias más eficaces para disminuir la frecuencia y severidad de los accidentes laborales, salvaguardando la vida y salud de los trabajadores, así como la integridad de los bienes de la empresa y del entorno ambiental.

Variable 2.1: Identificación de peligros

“Situación o característica intrínseca de algo capaz de ocasionar daños a las personas, equipos, procesos y ambiente. Identificar un peligro es la acción de precisar los peligros potenciales en el lugar de trabajo” (OIT 2021)

Definición Conceptual: Consiste en medir y evaluar cualquier fuente, condición o acción que represente un potencial riesgo de generar daños a las personas, los

equipos, los procesos productivos, el medio ambiente o una combinación de estos factores.

- **Variable 2.2:** Evaluación de riesgos

De acuerdo con el D.S. N.º 005-2012-TR, Reglamento de la Ley N.º 29783, la evaluación de riesgos es el proceso que sigue a la identificación de peligros y que permite determinar su nivel, grado y gravedad, con el fin de proporcionar al empleador la información necesaria para tomar decisiones oportunas y fundamentadas respecto a las acciones preventivas que deben implementarse.

Definición Conceptual: Valor numérico que refleja la probabilidad que ocurran accidentes de trabajo en la empresa, existan o no medidas de prevención y la posible severidad en caso suceda el accidente.

- **Variable 2.3:** Medidas de control

La cláusula 8.1 de la norma ISO 45001 establece que toda organización debe planificar, ejecutar y supervisar los procesos necesarios para cumplir con los requisitos en materia de seguridad y salud en el trabajo. Esto implica identificar los peligros que podrían ocasionar daños a los trabajadores u otras personas y evaluar si las medidas adoptadas son suficientes para prevenirlos (OIT, 2021).

Definición Conceptual: Medidas de verificación utilizadas para el control de los factores riesgo de accidentes de trabajo. El valor numérico de la evaluación del riesgo disminuye cuanto mayor sea el número de medidas de control implementadas.

Tabla 3 Operacionalización de las variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>Variable 1: Incertidumbre en la medición de los factores de riesgo del modelo de gestión de seguridad industrial</p> <p><i>Definición Conceptual:</i> La incertidumbre en la medición de los factores de riesgo se refiere a la falta de confianza en la precisión y efectividad de las estrategias preventivas contra accidentes laborales. Considera la frecuencia y gravedad de los mismos, y se fundamenta en los principios de la norma ISO 45001 y la legislación vigente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Incertidumbre - Factores de riesgo - Valor de riesgo 	<ul style="list-style-type: none"> - Valor incertidumbre - Matriz de riesgos
<p>Variable 2: Toma de decisiones en la mitigación de accidentes laborales</p> <p><i>Definición Conceptual:</i> El proceso mediante el cual se lleva a cabo una elección entre diversas opciones o formas posibles con el objetivo de disminuir tanto la frecuencia como la gravedad de los accidentes laborales</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación de peligros - Evaluación de riesgos - Medidas de control 	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de peligros - Valor del riesgo - Tipos de control
<p>Variable 2.1 Identificación de peligros</p> <p><i>Definición Conceptual:</i> Es cuantificar toda fuente, situación o acto que tiene un potencial para producir daños en términos de lesiones humanas o mala salud, o una combinación de éstos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mecánicos - Físicos - Químicos - Biológicos - Psicosociales - Ergonómicos 	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de peligros encontrados

Variable 2.2 Evaluación de riesgos <i>Definición Conceptual:</i> Valor numérico que refleja la probabilidad que ocurran accidentes de trabajo en la empresa, existan o no medidas de prevención y la posible severidad en caso suceda el accidente.	Probabilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Personas expuestas - Procedimientos existentes - Capacitación - Exposición al riesgo
	Severidad	<ul style="list-style-type: none"> - Nivel de la lesión - Nivel de disconformidad

Fuente: Elaboración propia

3.8 Hipótesis General

Mediante la determinación de la incertidumbre en los valores de riesgo en un modelo de gestión de seguridad industrial se influye en la toma de decisiones para la mitigación de accidentes de laborales que resultan del proceso de producción en empresas agroindustriales.

3.9 Hipótesis específicas

- La identificación de los peligros de seguridad industrial contribuye a la mitigación de accidentes laborales derivados de los procesos de producción en empresas agroindustriales.
- La subdivisión de un proceso en múltiples actividades influye en la incertidumbre del riesgo, afectando significativamente la toma de decisiones estratégicas de la alta dirección.

- La evaluación de los riesgos de seguridad industrial y su incertidumbre favorece la mitigación de accidentes laborales en los procesos de producción en empresas agroindustriales.
- La incorporación del cálculo de la incertidumbre en las medidas de control de riesgos de seguridad industrial tiene un impacto significativo en la toma de decisiones para la mitigación de accidentes laborales en los procesos de producción de las empresas agroindustriales.

3.10 Población y muestra

La muestra incluirá a todo el personal del área de producción requerido para elaborar una unidad de producto agroindustrial. A su vez el análisis será comparado con cuatro (4) unidades de producción de otros productos agroindustriales similares.

3.11 Validación del cuestionario

Para asegurar la validez de los instrumentos aplicados en esta investigación, se llevó a cabo un proceso de validación mediante juicio de expertos en el campo de la seguridad industrial (ver Anexo 2: Lista de verificación de Seguridad Industrial para instalaciones, p. 144). Esta validación implicó una revisión rigurosa de cada ítem del cuestionario en cuanto a su claridad, pertinencia y relevancia. Según López-Roldán y Fachelli (2016), el juicio de expertos es una metodología consolidada para garantizar la calidad de los instrumentos de medición, ya que permite detectar posibles debilidades y adecuarlos a los objetivos específicos del estudio.

El análisis de los expertos consideró la estructura del cuestionario, su coherencia interna y la aplicabilidad en el contexto investigado. A partir de este proceso, se confirmó la idoneidad de los métodos seleccionados, asegurando que el instrumento

de evaluación fuese apropiado para recolectar datos relevantes y significativos en el ámbito de la seguridad industrial. De esta manera, se garantiza que las conclusiones derivadas de la investigación se basen en datos válidos y confiables (Carmines & Zeller, 1979).

Tabla 4 Método de la investigación

MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	cumple	Referencias Bibliográficas
Observación: Proceso de adquisición de conocimiento a través de la percepción deliberada de ciertos rasgos existentes en el objeto de estudio.	X	<i>Flick, U. (2014). An Introduction to Qualitative Research. SAGE.</i>
Inductivo: Enfoque que parte de la observación de fenómenos específicos para derivar conclusiones y premisas generales aplicables a situaciones similares.	X	Thomas, D. R. (2006). A General Inductive Approach for Analyzing Qualitative Evaluation Data. <i>American Journal of Evaluation</i> , 27(2), 237-246.
Análisis: Descomposición sistemática de los elementos que conforman el objeto de estudio, permitiendo establecer relaciones causa-efecto entre ellos.	X	Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). <i>Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook (3rd ed.)</i> . SAGE.

Fuente y elaboración: Elaboración propia

La validación realizada por los expertos garantiza que los métodos de investigación seleccionados —observación, inductivo y análisis— son adecuados y cumplen con los requisitos para asegurar la calidad de los datos recopilados. Además, la revisión de los indicadores evaluados ha permitido confirmar la validez y confiabilidad de los instrumentos, asegurando que estos se alinean con los objetivos planteados en la investigación.

3.12 Aplicación del Método de Montecarlo

En esta investigación, el método de Montecarlo se utilizó para modelar la incertidumbre inherente a los factores de riesgo que se encuentran en los procesos de producción agroindustrial. Este método permite simular una amplia variedad de escenarios posibles por medio de la generación de números aleatorios que siguen una distribución de probabilidad definida, proporcionando una representación más precisa de la variabilidad y complejidad de los riesgos.

El proceso de simulación de Montecarlo se efectuó en varias etapas detalladas, como se describe a continuación:

Identificación de Variables de Riesgo: Se identificaron las principales variables de riesgo involucradas en los procesos agroindustriales, específicamente el "Primer lavado y desinfección" y el "Hidrogenado y desinfección del producto terminado". Estas variables fueron seleccionadas en base a evaluaciones previas de riesgos y su relevancia en el contexto de la seguridad ocupacional.

Selección de Distribuciones de Probabilidad: Cada variable de riesgo fue modelada utilizando distribuciones de probabilidad adecuadas. En este caso, se utilizó la distribución de Weibull para representar la variabilidad de los valores de riesgo asociados. La selección inicial de esta distribución se basó en su amplia aceptación teórica para modelar tiempos de vida y fallos en entornos industriales. Sin embargo, para garantizar su adecuación, se llevaron a cabo pruebas de bondad de ajuste, como el test de Anderson-Darling, que confirmaron que la distribución de Weibull se ajustaba mejor a los datos observados en contraste con otras distribuciones consideradas, como la Normal y la Log-Normal. Este enfoque combinó una justificación teórica sólida con evidencia empírica derivada del análisis estadístico

Configuración de la Simulación: La simulación se configuró para realizar 10,000 iteraciones por cada variable de riesgo. Este número de iteraciones fue seleccionado basándose en un análisis cuantitativo que asegura una cobertura adecuada de la variabilidad y una precisión aceptable en los resultados. Estudios previos sugieren que un número superior a 5,000 iteraciones tiende a estabilizar las métricas de salida en este tipo de simulaciones, mientras que incrementar a 10,000 iteraciones mejora la capacidad de explorar escenarios extremos con mayor detalle. Cada iteración consistió en la generación de un conjunto de valores aleatorios representativos de las posibles realizaciones de las variables de riesgo bajo estudio, asegurando la robustez y confiabilidad de los resultados obtenidos.

Ejecución y Análisis de la Simulación: Durante la simulación, se generaron diferentes valores de riesgo que fueron registrados y analizados para obtener métricas clave, tales como la media, desviación estándar, y percentiles. Estos valores permitieron caracterizar la incertidumbre relacionada a cada uno de los factores de riesgo y establecer una cuantificación detallada de la variabilidad inherente a los procesos.

Interpretación de Resultados: Los resultados de la simulación proporcionaron una distribución de probabilidad asignada a cada variable de riesgo, lo que permitió evaluar la probabilidad de ocurrencia de diferentes niveles de riesgo y su posible impacto en la seguridad y salud laboral. Este análisis facilitó la toma de decisiones informadas respecto a qué medidas de control implementar para reducir los riesgos más significativos.

Este enfoque también permitió evaluar la probabilidad de que ocurra en diferentes niveles de riesgo y su posible impacto en la seguridad y salud laboral, aportando

información valiosa para la toma de decisiones y para desarrollar estrategias de control que la alta dirección pueda implementar de manera eficiente.

3.13 Cuestionario y técnicas de validación complementarias

Se aplicarán técnicas de investigación según el siguiente detalle:

- **Las encuestas:** Se aplicarán a grupos de trabajadores seleccionados al azar. El diseño del cuestionario se incluirá durante la inspección de la planta y estará disponible en la Lista de verificación (Anexo N°2).
- **La observación directa:** Se procederá a la construcción de los instrumentos de observación, los cuales serán presentados en la Lista de verificación en el Anexo N°2.
- **La observación documental:** En el análisis de contenido, se llevará a cabo la categorización, codificación y cuantificación de las unidades de análisis, empleando la técnica de identificación de peligros, evaluación de riesgos y medidas de control (IPER), la cual se detalla en el Anexo N°4.

3.14 Datos generales de los participantes

Listas de verificación de seguridad: Se llevará a cabo la validación del instrumento mediante el análisis estadístico de fiabilidad de los resultados obtenidos a partir de la evaluación de los expertos, utilizando el método Delphi. Para ello, se contará con la colaboración de quince profesionales especializados en seguridad industrial y salud ocupacional, seleccionados por sus méritos académicos y por contar con más de cinco años de experiencia en el área. Dado que la seguridad industrial es una disciplina multidisciplinaria, los expertos consultados provienen de diversas profesiones. La lista se consigna en el Anexo 2.

Matrices de Riesgo: Propuesta contenida en la RM 050-2013-TR, la cual se detalla en el Anexo N° 3.

Tablas IPERC: Propuestas RM 050-2013-TR, que se consigna en el Anexo N°4.

Relaciones y analisis de datos

El analisis de datos se llevará a cabo utilizando los siguientes métodos:

- **Tabulación:** Los datos de la observación se obtendrán mediante las listas de verificación.
- **Medición:** Utilizando las escalas de las matrices de riesgo.
- **Síntesis:** Se elaborarán gráficos de barras mostrando la evolución de los resultados.



CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Hipótesis Principal

Integración entre la Simulación de Monte Carlo y la Matriz de Riesgo

La simulación Monte Carlo es una herramienta ampliamente utilizada para cuantificar la incertidumbre en la evaluación de riesgos (Aven, 2015). Para esta investigación, se utilizó para modelar la variabilidad y la incertidumbre asociada con los factores de riesgo en las empresas agroindustriales. Al generar una amplia gama de escenarios posibles, la simulación permite comprender con mayor precisión el impacto y la probabilidad de cada riesgo (Vose, 2008).

Los valores de riesgo mostrados en la Figura 12 son el resultado de combinar los valores obtenidos de la simulación de Monte Carlo, con la matriz de riesgo cualitativa previamente establecida. Esta integración mejora la evaluación de riesgos al incorporar un enfoque cuantitativo que complementa la matriz tradicional, proporcionando un fundamento más robusto para la toma de decisiones (Bedford & Cooke, 2001).

Conexión con la Matriz de Riesgo

(Cox, 2008) La matriz de riesgo tradicional evalúa la probabilidad y severidad de los eventos de riesgo de manera cualitativa. No obstante, en situaciones donde existe una alta incertidumbre, este enfoque puede ser limitado. La simulación de Monte Carlo aborda esta limitación al proporcionar una distribución de probabilidad para cada riesgo:

1. **Cuantificación de la Probabilidad:** La simulación de Monte Carlo genera distribuciones de probabilidad para cada riesgo, permitiendo una evaluación más precisa de la probabilidad de ocurrencia (Hubbard, 2009).
2. **Evaluación de la Severidad:** Mediante la simulación de diferentes escenarios, se obtiene una visión más completa del rango de posibles impactos, lo que permite una evaluación más detallada de la severidad potencial (Morgan & Henrion, 1990).
3. **Nuevos Criterios de Evaluación:** Los niveles de riesgo resultantes de la simulación de Monte Carlo aportan criterios cuantitativos adicionales a la matriz de riesgo. Esto permite una clasificación de riesgos más precisa y basada en datos, lo que es fundamental para la gestión efectiva del riesgo (Flage & Aven, 2009).

Aplicación de los Resultados en la Matriz de Riesgo

Los resultados obtenidos por la simulación de Monte Carlo se integran con la matriz de riesgos de la siguiente manera:

Asignación de Niveles de Riesgo: Los intervalos de probabilidad y severidad obtenidos de la simulación proporcionan una nueva base para la clasificación de riesgos. Por ejemplo, un riesgo clasificado previamente como "medio" podría reclasificarse como "alto" si la simulación indica una mayor probabilidad o impacto (Ayyub, 2014).

Desarrollo de Medidas de Control: Los resultados permiten priorizar los riesgos críticos que requieren intervención, facilitando la implementación de medidas de control basadas en el análisis cuantitativo (Kaplan & Garrick, 1981).

Conclusión

La integración del método de Monte Carlo con la matriz de riesgo proporciona un enfoque más robusto para la evaluación y gestión de riesgos en las empresas agroindustriales. Este método permite una clasificación de riesgos más precisa, basada en datos cuantitativos, y apoya la toma de decisiones en el establecimiento de medidas de control (Raftery, 1994).

Determinación de la Incertidumbre y la Distribución Estadística del Riesgo

De acuerdo con la matriz de riesgo utilizada, los elementos para su cálculo pueden asumir diferentes valores que reflejan el nivel de probabilidad y las consecuencias asociadas con cada peligro identificado. Sin embargo, para mejorar la precisión en la evaluación de riesgos, se integró la simulación de Monte Carlo en este proceso.

Método de simulación aleatoria permite modelar la variabilidad y la incertidumbre inherente en la estimación de riesgos, generando una distribución de probabilidad para cada escenario evaluado (Aven, 2015; Vose, 2008). Mediante esta técnica, se puede simular una amplia gama de posibles resultados, permitiendo una evaluación más robusta y detallada de los riesgos. Esta integración proporciona una cuantificación más precisa de la probabilidad y el impacto de cada peligro, reflejando la variabilidad real del entorno laboral.

La integración de los datos obtenidos de la simulación de Monte Carlo con la matriz de riesgo tradicional permite establecer una distribución estadística del riesgo. Esta distribución facilita el análisis cuantitativo de la incertidumbre, ofreciendo una visión más clara de cómo las variaciones en los niveles de riesgo pueden afectar la seguridad en el lugar de trabajo. Por ejemplo, en lugar de asignar un valor fijo de probabilidad a un riesgo, la simulación proporciona un rango de valores posibles, lo que ayuda a

identificar no solo el nivel de riesgo más probable, sino también las posibles desviaciones (Hubbard, 2009).

Esta metodología innovadora es fundamental para la toma de decisiones estratégicas dentro de la gestión de riesgos. Al proporcionar una representación más realista de los riesgos y su incertidumbre, las empresas agroindustriales pueden diseñar e implementar medidas de control más efectivas. Además, esta integración permite una priorización más precisa de los riesgos que requieren intervención inmediata, contribuyendo a una gestión efectiva de la seguridad industrial y la mitigación de accidentes laborales (Flage & Aven, 2009; Kaplan & Garrick, 1981).

Determinación del Riesgo

Sabiendo que:

$$\text{RIESGO (R)} = \text{PROBABILIDAD (P)} \times \text{SEVERIDAD (S)}$$

Definidos como:

- **P**: Probabilidad del evento, calculada como la suma ponderada de factores clave que influyen en la ocurrencia del riesgo.
- **S**: Severidad del impacto del evento, determinada mediante un análisis cualitativo y/o cuantitativo.

Cálculo de la Probabilidad (P):

La probabilidad se modela como:

$$P = A+B+C+D$$

Donde:

- **A: Número de personas potencialmente afectadas.** Este factor refleja la magnitud de la exposición al riesgo, considerando cuántos individuos podrían verse afectados.
- **B: Procedimientos existentes.** Evalúa la efectividad y disponibilidad de protocolos operativos que minimizan el riesgo.
- **C: Capacitación.** Representa el nivel de entrenamiento y preparación de los trabajadores para enfrentar el riesgo.
- **D: Frecuencia de exposición.** Considera la periodicidad con la que ocurre la actividad o situación riesgosa.

Tabla 5 Matriz de Gestión del riesgo (Anexo 4 Matrices IPERC p.137)

PROBabilidad				SEVERIDAD	ESTIMACION DE RIESGO		
(A)	(B)	(C)	(D)		PUNTAJE	GRADO DE RIESGO	COLOR DE FONDO
1	1	1	1	1	0 - 4	TRIVAL (TR)	VERDE
					5 - 8	TOLERABLE (TO)	VERDE
2	2	2	2	2	9 - 16	MODERADO (M)	AMARILLO
					17 - 24	IMPORTANTE (IM)	AMARILLO
3	3	3	3	3	25 - 36	INTOLERABLE (IT)	ROJO

Simulación Monte Carlo: Supuestos y Justificación de Parámetros

Para asegurar la precisión de los datos obtenidos mediante la simulación Monte Carlo en la evaluación de riesgos, se han definido cuidadosamente los parámetros y supuestos bajo los cuales se ejecuta la simulación:

- 1. Rangos de Factores y Distribución de Probabilidades:** Los factores de riesgo, como probabilidad de ocurrencia, severidad, y frecuencia de exposición, se evaluaron en rangos específicos definidos en la matriz IPERC, que considera una escala cuantitativa estructurada. Cada uno de estos factores se distribuye en función de análisis históricos y expertos del sector agroindustrial, lo cual determina una mayor probabilidad para niveles intermedios, mientras que los valores extremos tienen menor probabilidad, reflejando así las condiciones observadas en el entorno productivo de Simulaciones. La cantidad de mil (1000) simulaciones se estableció tras un análisis de convergencia. Ensayos con diferentes cantidades de iteraciones (500, 2000 y 5000) evidenciaron que 1000 simulaciones son suficientes para estabilizar los resultados, es decir, el promedio y la variabilidad no cambiaron significativamente más allá de este número, cumpliendo con los requerimientos de precisión en la evaluación de incertidumbre de riesgos industriales.
- 2. Convergencia y Ajuste del Modelo:** Para garantizar la estabilidad del modelo, se realizaron simulaciones con diferentes semillas aleatorias, observándose una convergencia consistente de los resultados. La simulación considera un margen de variación del $\pm 3\%$ en los factores clave, como la probabilidad y severidad, simulando diferentes escenarios operativos dentro de los límites establecidos en la matriz IPERC. Esto asegura que los resultados reflejen la incertidumbre real en los procesos agroindustriales.

La integración de as permite que los resultados obtenidos mediante el método Monte Carlo reflejen adecuadamente el comportamiento y la incertidumbre en los factores de riesgo, proporcionando un marco robusto para la toma de decisiones estratégicas en la gestión de seguridad industrial.

Para determinar su distribución con el método de Montecarlo generamos aleatoriamente en cada componente mil resultados obteniéndose la siguiente curva y utilizando el R Studio ejecutando el ajuste se obtiene lo siguiente:

```
Begin fitting distributions -----  
* fitting normal distribution ... OK  
* fitting Cauchy distribution ... OK  
* fitting logistic distribution ... OK  
* fitting beta distribution ... failed  
* fitting exponential distribution ... OK  
* fitting chi-square distribution ... OK  
* fitting uniform distribution ... OK  
* fitting gamma distribution ... OK  
* fitting lognormal distribution ... OK  
* fitting Weibull distribution ... OK  
* fitting F-distribution ... OK  
* fitting Student's t-distribution ... OK  
* fitting Gompertz distribution ... OK  
* fitting triangular distribution ... failed  
End fitting distributions -----
```



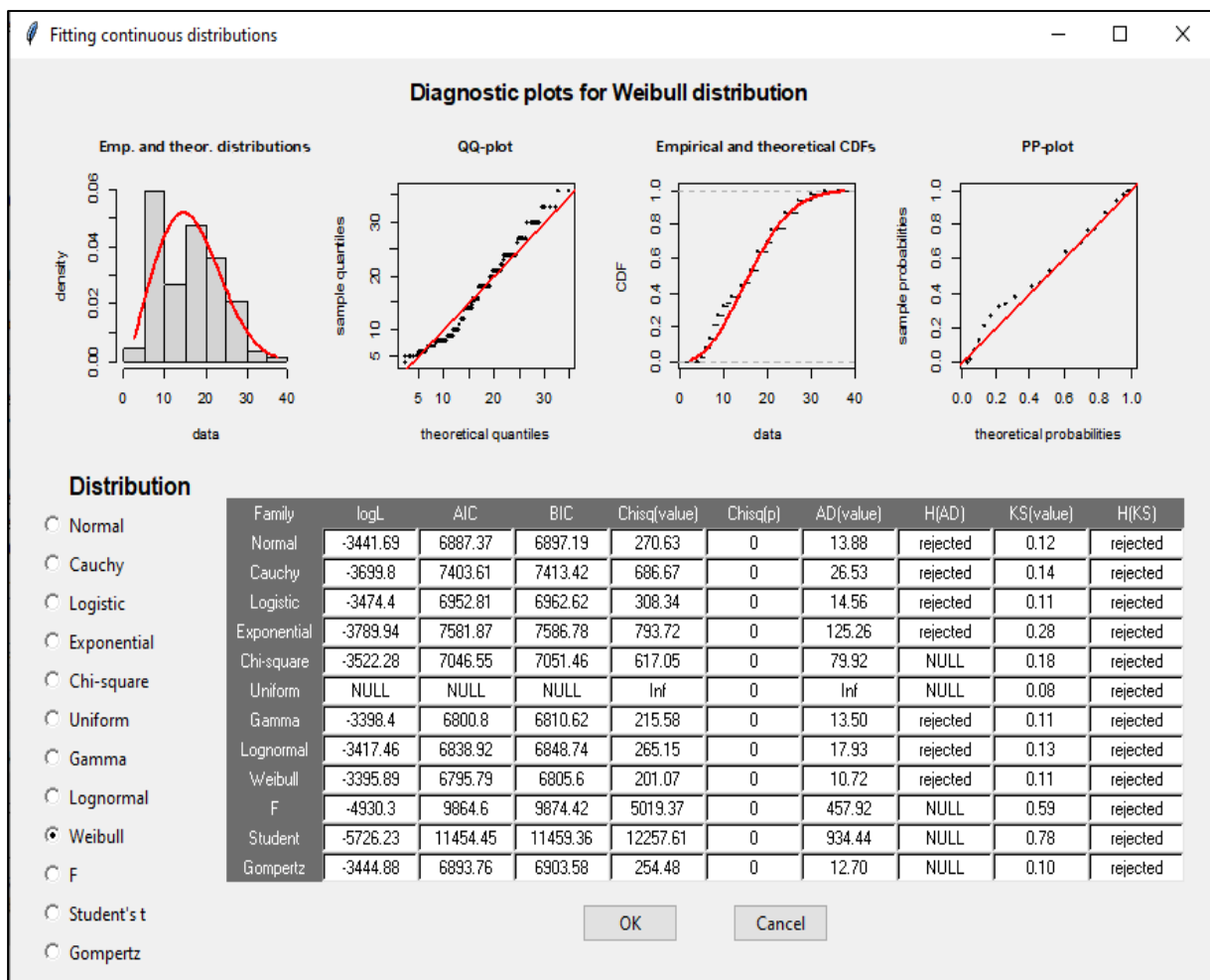


Figura 12 Ajuste de distribución del valor del riesgo en R Studio

Fuente: Elaboración propia

Evaluación Estadística y Justificación de la Distribución elegida

Para determinar la distribución que mejor representa los datos, se llevaron a cabo comparaciones exhaustivas entre varios modelos de ajuste, empleando el **Criterio de Información de Akaike (AIC)**, el **Criterio de Información Bayesiano (BIC)**, y pruebas de bondad de ajuste como **Anderson-Darling (AD)** y **Kolmogorov-Smirnov (KS)**. Estas métricas son fundamentales para evaluar la idoneidad de cada distribución en el ámbito de la gestión de riesgos.

Los resultados clave obtenidos para las distribuciones evaluadas fueron los siguientes:

- **Distribución Weibull (2 parámetros):**

- AIC = 6795.79
- BIC = 6805.60
- Anderson-Darling (AD) = 10.72
- Kolmogorov-Smirnov (KS) = 0.11 (rechazada)

La distribución Weibull obtuvo los menores valores en los criterios AIC y BIC en comparación con otras distribuciones, indicando que estadísticamente es la opción más adecuada. Además, el valor de Anderson-Darling para la distribución Weibull (10.72) refuerza esta conclusión, ya que sugiere un mejor ajuste a los datos en términos de distribución acumulada, aunque la prueba KS fue rechazada en ambos casos.

Los gráficos de diagnóstico para la distribución Weibull, incluyendo el Q-Q plot y el P-P plot, muestran una alineación coherente con los cuantiles y las probabilidades teóricas, confirmando visualmente el ajuste de Weibull a los datos empíricos.

En resumen, aunque otras distribuciones (log normal, por ejemplo) muestran un ajuste visual razonable, los valores estadísticos más reducidos de AIC y BIC para Weibull, junto con un valor adecuado en la prueba Anderson-Darling, respaldan la selección de la distribución Weibull como la más representativa para modelar los datos de riesgo. Esto provee una base sólida para su uso en la toma de decisiones estratégicas dentro del ámbito de la seguridad industrial en el sector agroindustrial.

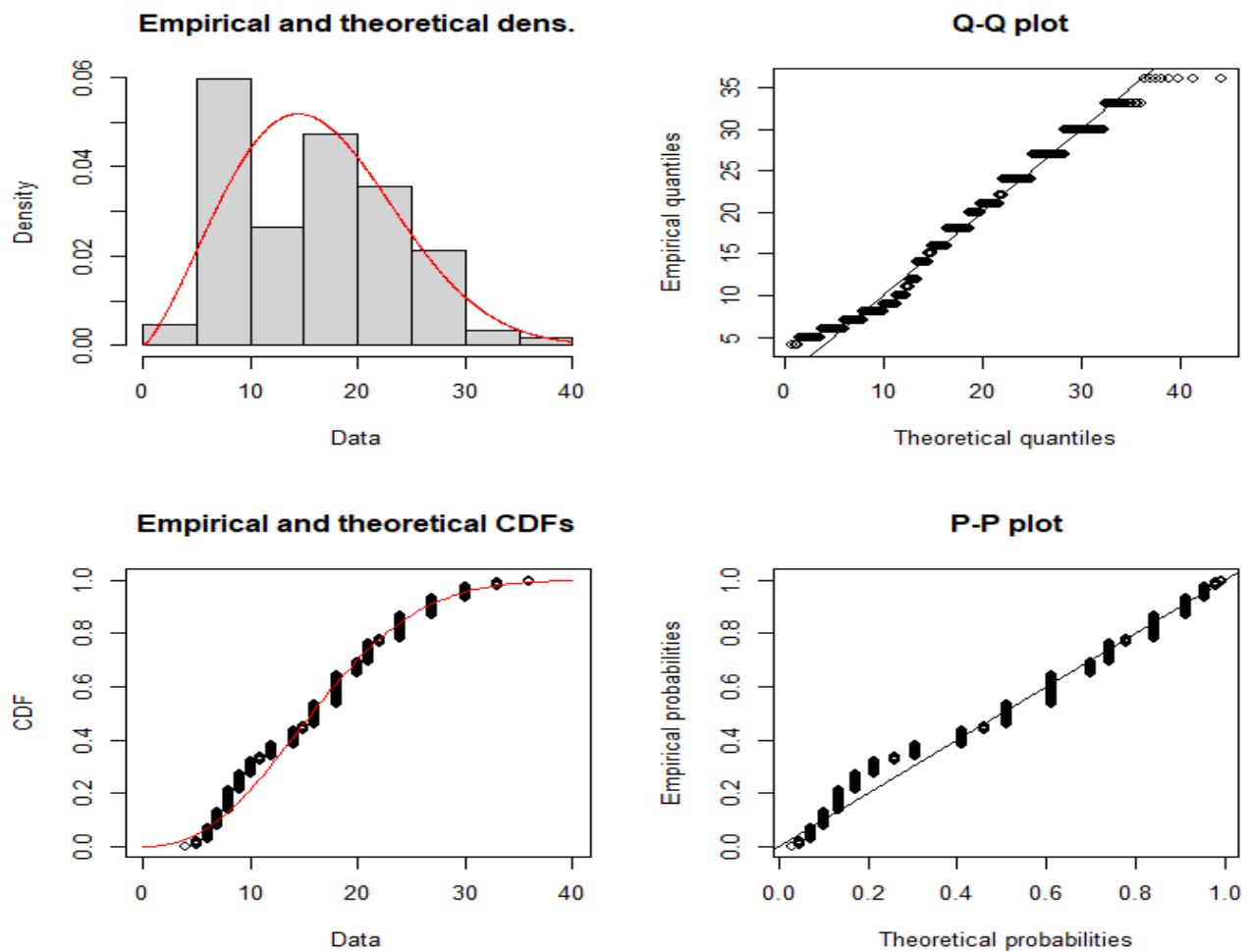


Figura 13 Histograma de distribución con Weibull de 2 parámetros

Fuente: Elaboración propia

Con el comando `summary()` en RStudio, obtuvimos los parámetros para el ajuste en la distribución Weibull de dos (2) parámetros utilizando el método de máxima verosimilitud. Los resultados fueron los siguientes:

- **Forma (shape):** $\alpha=2.327417$ (con una desviación estándar de 0.0581).
- **Escala (scale):** $\beta=18.439859$ (con una desviación estándar de 0.2645).
- **Log-likelihood:** -3395.893
- **AIC:** 6795.786
- **BIC:** 6805.602

La **matriz de correlación** muestra una correlación moderada entre los parámetros de forma y escala.

Sin embargo, dado que, según la matriz de riesgo, los valores del riesgo varían entre 4 y 36, lo que indica un desplazamiento hacia la derecha en la curva, el ajuste se realizó nuevamente con una **distribución Weibull de tres (3) parámetros**. Para este ajuste, se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Forma (shapeW3):** $\alpha=1.654644$ (con un error estándar de 0.0528).
- **Escala (scaleW3):** $\beta=13.915018$ (con un error estándar de 0.3335).
- **Umbral (threshW3):** $\gamma=3.818876$ (con un error estándar de 0.1351).
- **Log-likelihood:** -3368.533
- **AIC:** 6743.066
- **BIC:** 6757.789

La **matriz de correlación** entre los parámetros muestra relaciones entre los valores de forma, escala y umbral, con una correlación negativa entre el umbral y los otros dos parámetros.

Finalmente, el ajuste gráfico de la **distribución Weibull de tres (3) parámetros** muestra que la curva se desplaza hacia la derecha, comenzando en el valor umbral de aproximadamente 3.819, con una forma de $\alpha=1.655$ y una escala de $\beta=13.916$.

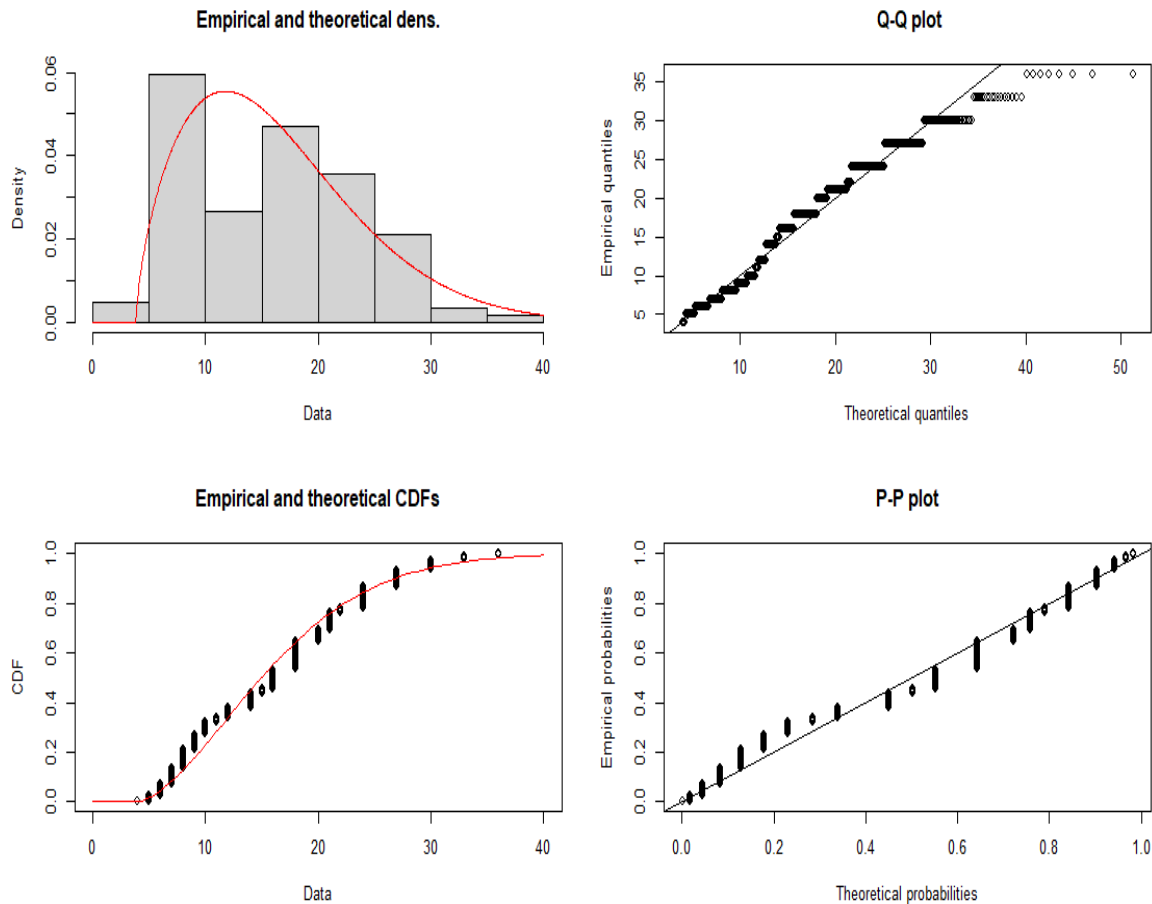


Figura 14 Histograma de distribución con Weibull de 3 parámetros

Fuente: Elaboración propia

Los gráficos presentados en la Figura 14 muestran la evaluación visual del Adaptación de la distribución Weibull a los datos experimentales

En la esquina superior izquierda, el gráfico **"Empirical and theoretical dens."** compara la densidad empírica de los datos con la curva de densidad teórica ajustada a la distribución Weibull.

- El **"Q-Q plot"** (esquina superior derecha) ilustra cómo los cuantiles teóricos de la distribución Weibull se alinean con los cuantiles empíricos, donde un ajuste cercano a la línea indica un buen ajuste entre los datos y la distribución teórica.

- El gráfico inferior izquierdo, **"Empirical and theoretical CDFs"**, muestra la superposición de las funciones de distribución acumulada empírica y teórica, lo que ayuda a visualizar si los datos siguen el patrón de la distribución Weibull.
- Finalmente, el **"P-P plot"** (esquina inferior derecha) compara las probabilidades teóricas y empíricas, proporcionando una validación adicional del ajuste del modelo.

Como sabemos que la distribución de los valores de riesgo es Weibull, podemos determinar el porcentaje de probabilidad acumulada con el R Estudio de que suceda un valor de riesgo. (Anexo 7 p.159)

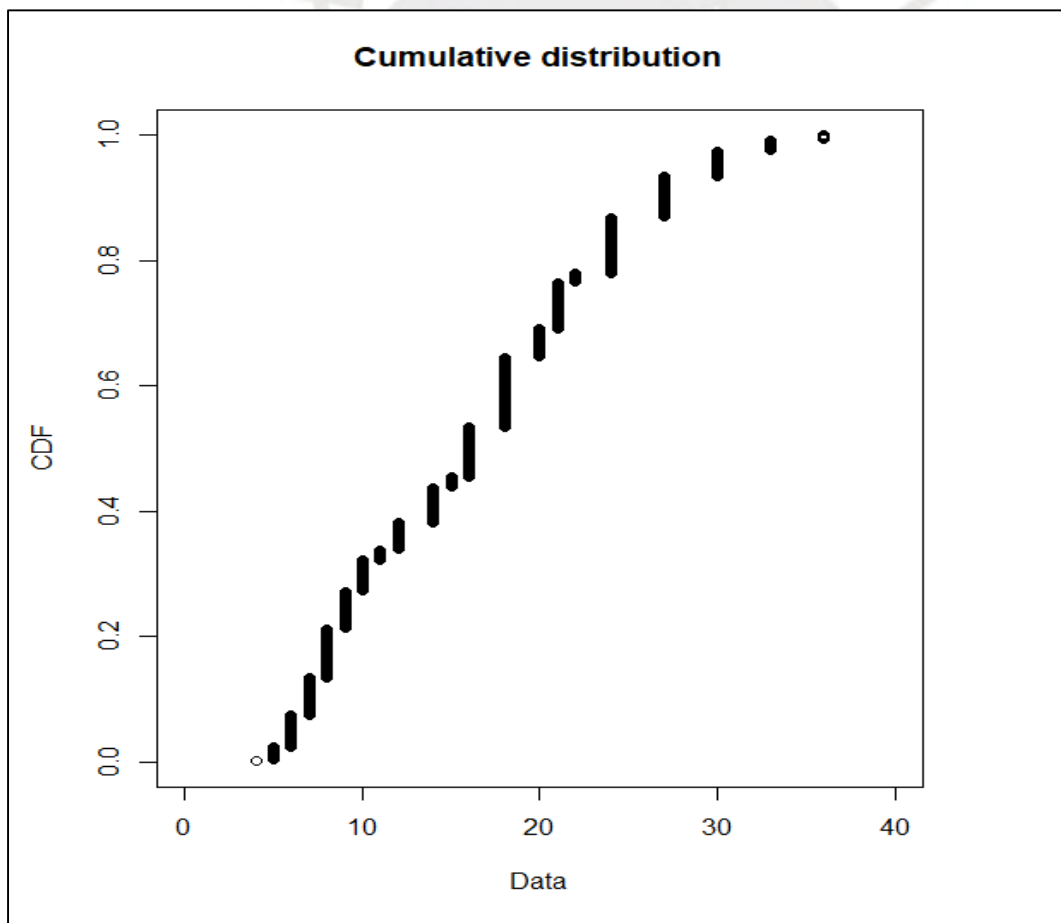


Figura 15 Distribución de porcentaje acumulado

Fuente: Elaboración propia

En Figura 15 las muestras representan la **distribución acumulativa** de los datos de riesgo, es decir, cómo se acumula la probabilidad a medida que aumenta el valor del riesgo. La curva de la distribución acumulada sigue un patrón creciente que indica el aumento progresivo de la probabilidad de que los valores de riesgo no superen ciertos umbrales.

Interpretación del gráfico con base en los datos:

- **Forma de la curva:** La curva muestra una tendencia suave y creciente, lo cual es característico de la **distribución acumulativa de probabilidad**. Esto significa que, a medida que los valores de riesgo aumentan, también lo hace la probabilidad acumulada de observar valores que no excedan un umbral específico de riesgo. En otras palabras, la probabilidad acumulada representa la proporción de casos en los que el riesgo observado es igual o menor que el valor de referencia. Por lo tanto, conforme el nivel de riesgo se incrementa, es más probable que los valores se encuentren por debajo de un límite alto, reflejando una acumulación de casos en ese rango de riesgo.
- **Valores clave:**
 - Para un riesgo de **4**, la probabilidad acumulada es muy baja, alrededor de **0.00076** o menos del 1%.
 - Para un riesgo de **12**, la probabilidad acumulada es de aproximadamente **0.34**, es decir, hay un **34%** de probabilidad de que el valor del riesgo sea menor o igual a 12.
 - Un riesgo de **22** corresponde a una probabilidad acumulada de aproximadamente **0.79**, lo que indica que hay un **79%** de probabilidad de que el valor del riesgo sea igual o inferior a 22.

- Finalmente, un riesgo de **36** tiene una probabilidad acumulada cercana a **0.98**, lo que sugiere que el **98%** de los valores de riesgo observados son menores o iguales a 36.

Conclusión:

Este gráfico nos permite ver claramente cómo se distribuyen los riesgos en términos de su probabilidad acumulada. Los valores más bajos tienen una probabilidad acumulada muy baja, lo que indica que son eventos raros, mientras que los valores de riesgo más altos (cerca de 36) son mucho más comunes en los datos. Esta información es útil en el proceso de elaborar decisiones relacionadas con la gestión del riesgo en procesos industriales.

Programando en RStudio para hallar Probabilidades para el valor del riesgo en una distribución Weibull de 3 parámetros. (Anexo 8)

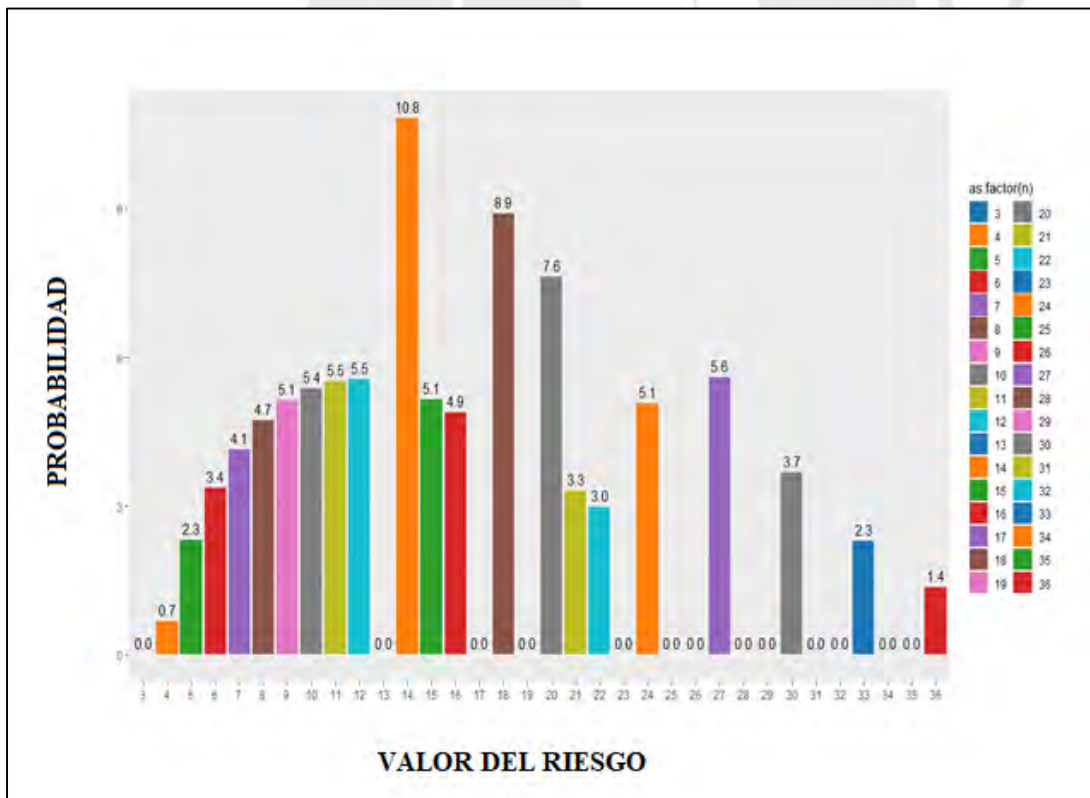


Figura 16 Distribución de probabilidades por valor de riesgo en una distribución Weibull de tres parámetros
Fuente: Elaboración propia

El gráfico que se ha generado con el programa en **RStudio** muestra las probabilidades para diferentes valores de riesgo (η) en una **distribución Weibull de tres parámetros**. A continuación, se presenta una interpretación detallada:

1. **Eje X (Valor de η):** El eje X representa los diferentes valores de riesgo η , que varían desde 3 hasta 36, los cuales corresponden a los valores de la variable aleatoria ajustados a una distribución Weibull de tres parámetros.
2. **Eje Y (Probabilidad):** El eje Y muestra la **probabilidad** asociada con cada valor de riesgo. Estas probabilidades están calculadas en función de la distribución Weibull, teniendo en cuenta los tres parámetros: la forma ($\text{shapeW3}=1.655726$, la escala ($\text{W3}=13.916309$), y el umbral ($\text{threshw3}=3.818$).
3. **Interpretación de las barras:**
 - Los valores de η con mayores probabilidades, como **13** (10.8%) y **18** (8.9%), indican que estos valores de riesgo tienen una mayor **frecuencia** de ocurrencia dentro de la distribución Weibull ajustada.
 - Las barras que tienen una **probabilidad cero** (como en los valores 13, 17, 19, 23, 25, 26, etc.) muestran que esos valores no son probables en la distribución ajustada, lo que podría reflejar que no hay datos observados o que esos valores no se ajustan bien a la distribución Weibull de tres parámetros.
4. **Colores y categorización:** Cada barra está coloreada de manera diferente para facilitar la identificación de cada valor de riesgo η . Esto no tiene un significado estadístico directo, pero ayuda a visualizar mejor la variabilidad entre los diferentes valores de riesgo.

5. **Corrección por continuidad:** En el código, se implementó una **corrección por continuidad**, que ajusta las probabilidades entre los valores de η para reflejar mejor los resultados de una variable continua en una gráfica de valores discretos. Esto ayuda a suavizar el cálculo de probabilidades para evitar saltos bruscos entre valores consecutivos.
6. **Puntos no posibles:** Los valores de η como **13, 17, 19**, y otros que tienen probabilidad cero fueron identificados como puntos no posibles en el ciclo de cálculo. La probabilidad de estos valores fue reasignada a los valores consecutivos, lo que sugiere que, en el modelo ajustado, esos valores no deberían esperarse, y su probabilidad fue transferida a los valores adyacentes.

Conclusión:

El gráfico muestra que, en una distribución Weibull de tres parámetros ajustada, los valores de riesgo más comunes son aquellos alrededor de **13** y **18**, con probabilidades de ocurrencia significativas, mientras que otros valores como **17, 19, 23**, y otros tienen probabilidad **nula**. Este tipo de análisis es útil en la toma de decisiones sobre la **gestión de riesgos** en un entorno industrial, donde se deben identificar los valores de riesgo más probables para implementar medidas preventivas más eficaces.

También se puede apreciar la frecuencia acumulada por cada nivel de riesgo de acuerdo a la matriz de evaluación y es el siguiente:

Nivel de Riesgo	Porcentaje acumulado
Trivial	0.00%

tolerable	12.70%
moderado	42.39%
importante	29.11%
intolerable	13.90%

Para la alta dirección, es clave considerar procesos con un 42.39% de probabilidad de riesgo moderado y un 13.90% de intolerable. Esto, sumado a una incertidumbre $U(R) > \pm 3$, influye directamente en las decisiones sobre medidas de control

Completando la tabla de estadísticas con los siguientes datos:

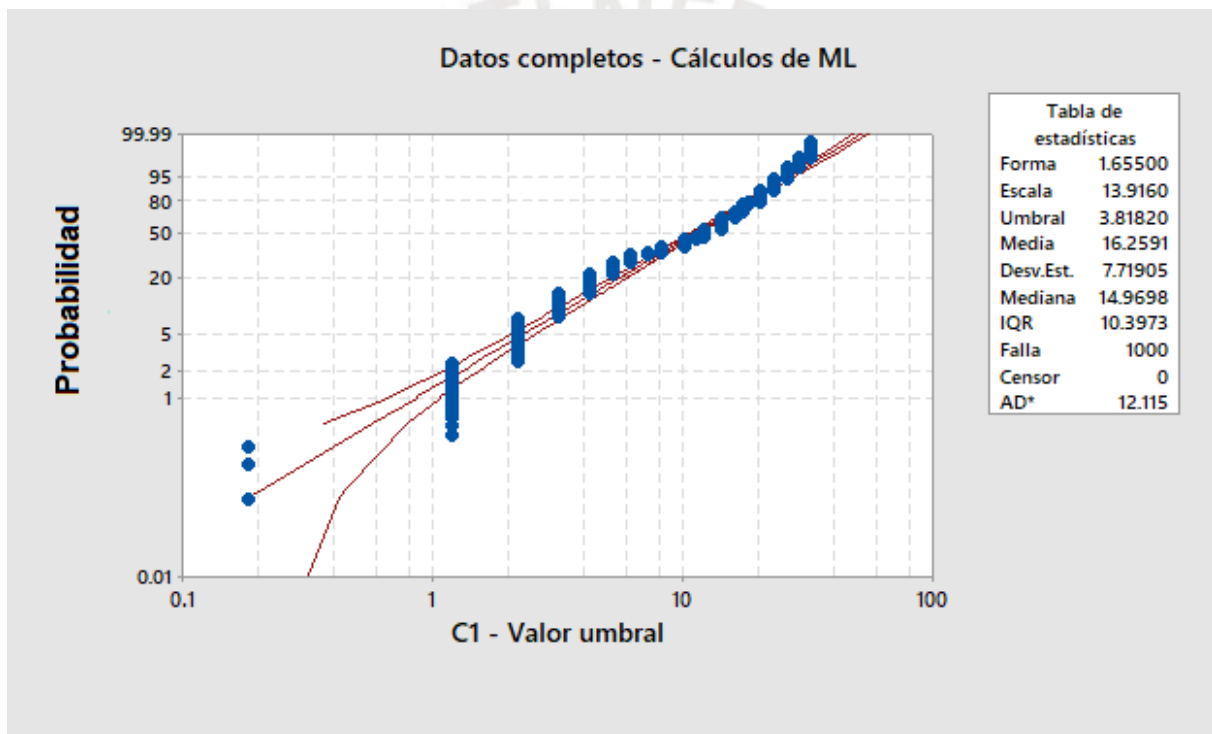


Figura 17 Grafica de probabilidad para Weibull de 3 parámetros -95% de IC

Fuente: Elaboración propia

En la figura se aprecia el ajuste obteniendo los parámetros de la distribución, desviación estándar, la media y la mediana.

De donde obtenemos los siguientes datos

- Media = 16.2591
- Desviación estándar = 7.71905

- Reemplazando para el cálculo de la Incertidumbre $U_{media}(X)$
- Incertidumbre típica: Desviación típica del valor medio:

$$U_{media}(X) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{X}_1 - \tilde{X})^2}{n(n-1)}}$$

$U(R) > \pm 2.55$ como los valores en la matriz de riesgo son enteros

$U(R) > \pm 3$

4.2 Hipótesis específicas

Una hipótesis específica es una proposición clara y definida que se plantea con el objetivo de ser verificada mediante datos concretos y el análisis de la incertidumbre en un contexto determinado. En este caso, la hipótesis específica está vinculada al cálculo de la incertidumbre y su influencia en la toma de decisiones para la mitigación de riesgos laborales en procesos de producción agroindustrial.

4.2.1 Hipótesis específica 1

La identificación de los peligros de seguridad industrial contribuye a la mitigación de accidentes laborales derivados de los procesos de producción en empresas agroindustriales .

Con los instrumentos se procede a realizar el análisis del proceso de producción anexo N° 1, identificando los peligros a que están expuestos los trabajadores al realizar sus actividades tienen influencia en la toma de decisiones para la mitigación de los accidentes de laborales que resultan del proceso de producción en empresas

agroindustriales en este caso de una procesadora de espárrago fresco, para la demostración de la hipótesis específica se tomara como ejemplo los procesos de **Primer lavado y desinfección** y **Hidrogenfriado y desinfección de producto terminado** estos fueron seleccionados para la evaluación debido a su relevancia crítica en la cadena de producción agroindustrial, específicamente en la industria del procesamiento de productos frescos. Ambas etapas presentan un alto nivel de interacción directa con el producto, lo que las convierte en puntos clave para el análisis de riesgos y la mitigación de accidentes laborales.

Ambos procedimientos fueron elegidos porque permiten una **evaluación integral de los riesgos** desde el inicio hasta el final de la cadena productiva. Su evaluación también aporta datos clave para encontrar el valor de la incertidumbre asociada a los riesgos laborales, lo cual es central en la gestión de la seguridad industrial para la toma de decisiones de la alta dirección.

a) Proceso: Primer lavado y desinfección

Esta etapa constituye un punto crítico inicial, ya que el producto entra por primera vez en contacto con agentes químicos de limpieza y desinfección. Un mal manejo puede afectar la salud del personal y generar contaminaciones cruzadas, con repercusiones en toda la cadena productiva.

Alcance: Aplicable a toda la materia prima que cumpla con los requisitos establecidos en el procedimiento de inspección para proseguir con su proceso de empaque.

Frecuencia: Toda la materia prima que ingrese al proceso de empaque.

Responsable

- El supervisor del área de sección de recepción y transporte

- Personal del área encargado de ejecutar el presente procedimiento.

Número de personas: 2

Duración: 8 horas

Actividades

- **Preparación del detergente desinfectante:** El personal asignado debe utilizar adecuadamente su equipo de protección y seguir las Buenas Prácticas de Manufactura, asegurando así la calidad y seguridad del producto. El Supervisor del Área de Recepción gestionará con el almacén un cálculo estimado del consumo diario del detergente biodegradable Fitosan (ASPN) para facilitar la eliminación de residuos inorgánicos (como arena y tierra), aplicando una dosis de 220 ml para cada cambio de agua en la tina N° 1 de 620 L de capacidad (350 ppm).
- **Colocación de las jabas en las tinas de desinfección:** El operario es responsable de organizar las jabas con la materia prima de manera ordenada por fondo, colocándolas en la tina desde un extremo determinado.
- **Limpieza manual de los turiones en la tina:** Mientras las jabas permanecen sumergidas, el operario lleva a cabo un proceso de inmersión, eliminando manualmente los turiones desde la base para quitar las impurezas sin dañar el producto. Este procedimiento se repite de manera secuencial con todas las jabas.
- **Retiro de las jabas de la tina de desinfección:** Las jabas se retiran de la tina en el mismo orden en que fueron ingresadas. El cambio de la solución se llevará a cabo aproximadamente cada 250 jabas, según lo determine el jefe del área de recepción.



Figura 18 Primer lavado y desinfección
Fuente: Empres Green Sky Perú (2022)

Con los datos obtenidos de elabora la matriz IPERC

Tabla 6 Proceso: “Primer lavado y desinfección”

ACTIVIDAD	PELIGROS IDENTIFICADOS	RIESGOS	PROBABILIDAD					S	R	CLASIFICACION DEL RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL
			A	B	C	D	P				
Preparación del detergente desinfectante	Baja temperatura, el agua y el uso de agentes detergentes	Mecánicos, ergonómicos, fisicoquímicos, químicos y las instalaciones	1	2	2	3	8	3	24	IMPORTANTE (IM)	Capacitación, empleo de EPP, Hoja MSDS*,
Colocación de las jabas en las tinas de desinfección	El peso, baja temperatura, el agua y el uso de agentes detergentes	Mecánicos, ergonómicos, fisicoquímicos, químicos y las instalaciones	1	2	2	3	8	3	24	IMPORTANTE (IM)	Capacitación Empleo de EPP, Lista de verificación equipo,.
Limpieza manual de los turiones en la tina	Baja temperatura, el agua, las jabas, el peso, el detergente.	Mecánicos, ergonómicos, fisicoquímicos, químicos y las instalaciones	1	2	2	3	8	3	24	IMPORTANTE (IM)	Empleo de EPP, Hoja MSDS, Lista de verificación equipo, capacitación.
Retiro de las jabas de la tina de desinfección	El piso, las jabas, el peso, la altura, la carretilla hidráulica.	Mecánicos, ergonómicos, fisicoquímicos, químicos y las instalaciones	1	2	2	3	8	3	24	IMPORTANTE (IM)	Señalización. Empleo de EPP.

Fuente: Elaboración propia

* Material Safety Data Sheet (Hoja de Datos de Seguridad de Materiales)

Se puede apreciar que el valor de riesgo promedio es 24 IMPORTANTE pero siempre existe la INCERTIDUMBRE y esta radica en la mala determinación de los peligros o variación de las circunstancias que influyen tanto en la probabilidad como en la severidad tanto por factores interno o externos a la empresa como épocas de campañas, pedidos extraordinarios, renuncia de personal siendo la incertidumbre de valor de ± 3 , puede suceder lo siguiente:

1. Normalmente trabajan dos personas, pero por campaña se debe aumentar el personal a seis (aumenta la exposición al peligro).
2. Como es personal de alta rotación y no reciben capacitación y como aparentemente el trabajo es sencillo entran de frente a trabajar a la línea de producción la línea de producción (capacitación).

Cambio de clasificación en la matriz IPERC

El cambio de clasificación reflejado en la Tabla 7 se debe, en su mayoría, a la **incertidumbre presente en la evaluación de los riesgos**. Esta incertidumbre se genera a partir de variaciones en factores clave, como la probabilidad de ocurrencia, la severidad y la frecuencia de exposición, los cuales pueden fluctuar debido a diferencias en los métodos de medición y en la interpretación de los parámetros evaluados. Estas variaciones afectan la clasificación final del riesgo, provocando ciertos cambios en la categorización.

Aunque en algunos casos también podría influir un cambio en las condiciones del proceso —como una alteración en las frecuencias de exposición o en las medidas de control adoptadas—, el cambio de clasificación en esta tabla se atribuye principalmente a la incertidumbre en la estimación de los niveles de riesgo. Este aspecto subraya la importancia de manejar adecuadamente la incertidumbre para

reducir la variabilidad en los resultados y lograr una mayor consistencia en la clasificación de riesgos.

La tabla IPERC quedaría de la siguiente manera:

Tabla 7 Proceso: Primer lavado y desinfección después de factores externos

ACTIVIDAD	PELIGROS IDENTIFICADOS	RIESGOS	PROBABILIDAD					S	R	CLASIFICACION DEL RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL
			A	B	C	D	P				
Preparación del detergente desinfectante	Baja temperatura, el agua y el uso de agentes detergentes	Mecánicos, ergonómicos, fisicoquímicos, químicos y las instalaciones	3	2	3	3	11	3	33	INTOLERABLE (IT)	Empleo de EPP, Hoja MSDS, capacitación.
Colocación de las jabas en las tinas de desinfección	El peso, baja temperatura, el agua y el uso de agentes detergentes	Mecánicos, ergonómicos, fisicoquímicos, químicos y las instalaciones	3	2	3	3	11	3	33	INTOLERABLE (IT)	Empleo de EPP, Lista de verificación equipo, capacitación.
Limpieza manual de los turiones en la tina	Baja temperatura, el agua, las jabas, el peso, el detergente.	Mecánicos, ergonómicos, fisicoquímicos, químicos y las instalaciones	3	2	3	3	11	3	33	INTOLERABLE (IT)	Empleo de EPP, Hoja MSDS, Lista de verificación equipo, capacitación.
Retiro de las jabas de la tina de desinfección	El piso, las jabas, el peso, la altura, la carretilla hidráulica.	Mecánicos, ergonómicos, fisicoquímicos, químicos y las instalaciones	3	2	3	3	11	3	33	INTOLERABLE (IT)	Empleo de EPP, señalización.

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar todas las actividades pasarían a la condición de INTOLERABLE es decir la actividad debería detener.

b) Proceso: Hidroenfriado y desinfección de producto terminado

Esta fase ocurre al final del proceso de producción, donde el producto ya ha sido procesado y está listo para ser empacado. La correcta desinfección y enfriamiento es crucial para garantizar la **calidad y seguridad del producto terminado**. Además, los equipos utilizados en el hidroenfriado y la manipulación del producto en esta etapa

representan riesgos mecánicos y ergonómicos para los trabajadores, lo que hace que este proceso sea ideal para el cálculo de **incertidumbres** seguido de la aplicación de medidas de control de riesgos.

Objetivo

- Enfriar el del espárrago encajado para incrementar su tiempo de vida a (1.0 – 2.5 ° C), con agua a (0.5 – 2.0 °C)
- Reducir al mínimo la carga microbiana posible con solución clorada entre 150 – 250 ppm.

Alcance: Todas las cajas que han sido pesadas en la etapa anterior

Frecuencia: Los días cuando se dé el proceso.

Materiales

- Faja transportadora
- Ropa adecuada para el frío.
- Hidroenfriador

Operarios: Personal calificado para realizar esta operación.

Número: 2

Duración: 8 horas

Actividades

- **Colocación de cajas en el hidroenfriador:** Las cajas son organizadas en pares según su calibre y posicionadas en la faja transportadora del Hidroenfriador N° 2 para su ingreso. Posteriormente, se procede a su retiro desde el interior de la Cámara N° 3, una vez culminado el proceso de enfriamiento
- **Monitoreo de equipo:** El procedimiento sigue su curso con una supervisión constante para asegurar que los equipos funcionen adecuadamente y se

mantenga la temperatura requerida, además de garantizar que el nivel de cloro permanezca dentro de los parámetros establecidos. Se toman muestras de la tina ubicada al lado del Hidrocooler N°2 para controlar el contenido de cloro libre en la solución suministrada a dicho hidrogenfriador.

- **Cambio de agua del hidrogenfriador:** El cambio de agua en el Hidrogenfriador se realizará después de cada 10,000 cajas o cuando se detecte falta de claridad en el agua usada en el proceso de enfriamiento.



Figura 19 “Hidrogenfriado y desinfección de producto terminado”

Fuente: Empresa Corporación Beta SAC (2022)

Con los datos obtenidos se elabora la matriz IPERC

Tabla 8 Proceso: Hidrogenfriado y desinfección de producto terminado

ACTIVIDAD	PELIGROS IDENTIFICADOS	RIESGOS	PROBABILIDAD					S	R	CLASIFICACION DEL RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL
			A	B	C	D	P				

Colocación de cajas en el hidrogenfriador	Las bajas temperaturas, la carga, la superficie y el equipo de manejo hidráulico.	Físico, instalaciones, Ergonómico.	1	2	2	3	8	3	24	IMPORTANTE (IM)	Orden y limpieza. Lista de verificación, empleo de EPP, capacitación.
Monitoreo de equipo	Las bajas temperaturas, la carga, la superficie y el equipo de manejo hidráulico.	Físico, instalaciones, Ergonómico.	1	2	2	3	8	1	8	TOLERABLE (TO)	Orden y limpieza. Lista de verificación, empleo de EPP, capacitación.
Cambio de agua en el hidrogenfriador	Las bajas temperaturas, la carga, el piso, el equipo de manejo hidráulico.	Físico, instalaciones, Ergonómico.	1	2	2	3	8	3	24	IMPORTANTE (IM)	Orden y limpieza. Lista de verificación, empleo de EPP, capacitación.

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 3 podemos observar que existen dos actividades con valor de riesgo 24 **IMPORTANTE** y una actividad con valor de riesgo 8 **TOLERABLE**. Siendo la incertidumbre de ± 3 se refleja en el cambio de las condiciones laborales (peligros como exposición al frio, peso, fátiga mecánica de los equipos, etc.) por ingresar en campaña al igual que en el proceso anterior la tabla IPERC varia de la siguiente manera.

Tabla 9 Proceso: “Hidrogenfriado y desinfección de producto terminado después factores externos”

ACTIVIDAD	PELIGROS IDENTIFICADOS	RIESGOS	PROBABILIDAD					S	R	CLASIFICACION DEL RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL
			A	B	C	D	P				
Colocación de cajas en el hidrogenfriador	Las bajas temperaturas, la carga, la superficie y el equipo de manejo hidráulico.	Físico, instalaciones, Ergonómico.	3	2	3	3	11	3	33	INTOLERABLE (IT)	Orden y limpieza. Lista de verificación, empleo de EPP, capacitación
Monitoreo de equipo	Las bajas temperaturas, la carga, la superficie y el equipo de manejo hidráulico.	Físico, instalaciones, Ergonómico.,	3	2	3	3	11	1	11	MODERADO (MO)	Orden y limpieza. Lista de verificación, empleo de EPP, capacitación
Cambio de agua en el hidrogenfriador	Las bajas temperaturas, la carga, la superficie y el equipo de manejo hidráulico.	Físico, instalaciones, Ergonómico.	3	2	3	3	11	3	33	INTOLERABLE (IT)	Orden y limpieza. Lista de verificación, empleo de EPP, capacitación

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar dos actividades pasarían a la condición de INTOLERABLE es decir la actividad debería detener y reevaluar las medidas de control.

Seguido, se procede a calcular el valor del riesgo promedio por cada proceso de producción y como puede variar aplicando el valor de la INCERTIDUMBRE.

Tabla 10 Riesgos promedio por proceso de producción

Proceso	Número de Actividades	Valor Promedio del Riesgo	Categoría del Riesgo
Recolección y transporte de materia prima	4	16	Moderado
Recepción y pesado	3	12	Moderado
Primer lavado y desinfección	4	24	Importante
Hidrofriado de materia prima	3	21	Importante
Almacenamiento de materia prima	3	12	Moderado
Selección y calibrado	3	14	Moderado
Ligado	1	8	Tolerable
Corte y pesado	2	16	Moderado
Llenado y codificado de cajas	2	12	Moderado
Hidrofriado y desinfección de producto terminado	3	24	Importante
Paletizado, almacenamiento y despacho	7	16	Moderado
Transporte del producto terminado	2	12	Moderado

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra que, tras calcular la incertidumbre, el nivel de riesgo varía entre sus límites inferior y superior. Por ejemplo, en el proceso de Primer lavado y desinfección,

la actividad se clasifica como INTOLERABLE, requiriendo una revisión total de las medidas de control.

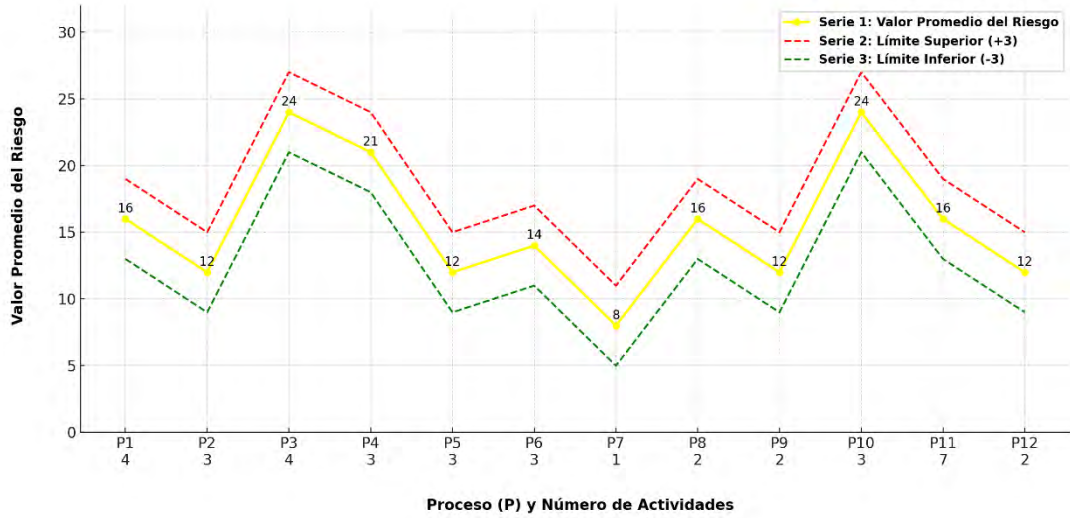


Figura 20 Valor promedio del Riesgos por proceso de producción

Fuente: Elaboración propia

La Figura 20 muestra cómo la cantidad de actividades realizadas impacta el valor de la incertidumbre en la gestión de riesgos en los procesos agroindustriales. A medida que aumenta la cantidad de actividades, también lo hace la complejidad y, en consecuencia, la incertidumbre en el proceso.

Este análisis es importante porque permite identificar cómo los múltiples factores involucrados en los procesos pueden incrementar la variabilidad y dificultar la previsión de riesgos. La interpretación de la figura sugiere que, para gestionar de manera efectiva la incertidumbre, es crucial simplificar los procesos o implementar controles más rigurosos en aquellas actividades con mayor variabilidad.

La Figura 20 resalta la necesidad de estrategias de gestión adaptativas para reducir la incertidumbre asociada a procesos complejos, contribuyendo así a una mejora en la seguridad y eficiencia operativa.

1. **Eje X:** Este eje representa los **procesos productivos** evaluados. En el caso de la tesis, se han evaluado dos procesos principales: el **Primer lavado y desinfección** y el **Hidrogenfriado y desinfección de producto terminado**. Cada punto o categoría en este eje refleja una actividad o etapa dentro de estos procesos.
2. **Eje Y:** Este eje representa el **valor de riesgo** calculado para cada una de las actividades del proceso, basado en la matriz IPERC. El valor de riesgo incluye la probabilidad, severidad y exposición a los peligros identificados, con ajustes considerando la incertidumbre.
3. **Series 1, 2 y 3:** Las **tres series** reflejan los resultados de la evaluación del riesgo bajo diferentes escenarios o condiciones. La inclusión de estas series es clave para evaluar cómo el riesgo varía ante **diferentes factores internos y externos** que afectan los procesos de producción. La razón por la que se muestran tres series es para representar el valor de riesgo en **tres escenarios distintos**:
 - **Serie 1:** Representa el riesgo calculado en condiciones **normales de operación**, sin considerar factores externos adicionales que puedan alterar el proceso.
 - **Serie 2:** Incluye la **incertidumbre** asociada a los factores externos: falta de capacitación adecuada, la rotación de personal, las variaciones en la carga de trabajo (por campañas o picos de demanda), etc
 - **Serie 3:** Indica el nivel más bajo de riesgo esperado considerando una incertidumbre de -3 en los factores de evaluación (probabilidad y severidad).

Representa un escenario más favorable, donde los controles implementados son más efectivos o los factores de riesgo tienen menor impacto

Aunque solo se evalúan dos procesos en esta tesis, las **tres series** se utilizan para mostrar cómo el riesgo **varía en función de diferentes condiciones** dentro de esos mismos procesos. No se trata de tres procesos diferentes, sino de tres escenarios dentro de los **dos procesos evaluados**. Esto es esencial para entender cómo factores como la incertidumbre y las condiciones laborales pueden cambiar el nivel de riesgo y las decisiones de mitigación que se deben tomar.

Influencia de la Incertidumbre en la Evaluación del Riesgo

La Hipótesis Específica 1 explora cómo la incertidumbre afecta la evaluación de riesgos en los procesos agroindustriales. Para cuantificar esta incertidumbre, se aplicó un margen de variación de ± 3 a los valores asignados de probabilidad (A) y consecuencias (C). Este margen refleja las posibles fluctuaciones en la percepción y ocurrencia real de los riesgos, lo que es esencial para una evaluación más precisa.

Interpretación de los Cambios en los Valores de A y C

En la Tabla 6, se asignaron los valores iniciales de A=1 (baja probabilidad) y C=2 (consecuencia moderada) a un riesgo específico. La simulación de Monte Carlo permitió modelar la incertidumbre en estos valores, generando una distribución de posibles escenarios. Esta técnica identifica cómo pequeñas variaciones en la probabilidad y las consecuencias pueden afectar el nivel de riesgo general (Aven, 2015).

Con el criterio de incertidumbre de ± 3 , se exploraron diferentes escenarios, como se observa en la Tabla 7. Aquí, el valor de probabilidad se incrementó a $A=3$ (probabilidad media), y el valor de las consecuencias se aumentó a $C=3$ (consecuencia significativa). Este cambio refleja un escenario en el que, debido a la incertidumbre inherente en la evaluación, la percepción del riesgo podría ser mayor.

Impacto en la Evaluación del Riesgo

El cambio en los valores de A y C de la Tabla 6 a la Tabla 7 muestra cómo la incorporación del valor de la incertidumbre influye directamente en la evaluación del riesgo:

1. **Cambio en el Nivel de Riesgo:** Al incrementar los valores a $A=3$ y $C=3$, el valor del riesgo asignado en la matriz de riesgo aumenta. Esto sucede porque a una probabilidad y consecuencias más altas, el riesgo se clasifica en un nivel más crítico dentro de la matriz (Cox, 2008).
2. **Nueva Evaluación del Riesgo:** La integración de la incertidumbre (± 3) permite reevaluar los riesgos bajo diferentes escenarios, proporcionando una visión más completa del rango de posibles niveles de riesgo. Este enfoque reconoce que el riesgo no es un valor estático, sino que puede variar según las condiciones y eventos inesperados (Vose, 2008).
3. **Aplicación Práctica:** La consideración de la incertidumbre en la evaluación del valor del riesgo contribuye a la toma de decisiones más informadas. Al identificar que un riesgo puede cambiar de categoría (por ejemplo, de "bajo" a "medio" riesgo) cuando se incluye la incertidumbre, se justifica el implementar medidas de control adicionales para mitigar el riesgo de manera efectiva (Kaplan & Garrick, 1981).

Conclusión

La introducción de la incertidumbre de ± 3 en los valores asignados a la probabilidad y las consecuencias permite una evaluación del riesgo más dinámica y realista. Este enfoque proporciona una comprensión más profunda de cómo las variaciones en las condiciones pueden afectar el nivel de riesgo y, por lo tanto, contribuye a una gestión de riesgos más eficaz en el contexto agroindustrial.

4.2.2 Hipótesis específica 2

La subdivisión de un proceso en múltiples actividades influye en la incertidumbre del riesgo, afectando significativamente la toma de decisiones estratégicas de la alta dirección .

Antes de proceder con el cálculo individual de los factores de riesgo en seguridad y salud en el trabajo, es indispensable realizar un análisis sistemático y estructurado del proceso en estudio, con el propósito de identificar sus respectivas actividades. Este análisis puede derivar en la subdivisión del proceso en dos o más actividades, dependiendo de su complejidad operativa. A modo ilustrativo, se evaluará un proceso compuesto por cinco actividades, cada una con valores aleatorios asignados.

Tabla 10 Proceso con cinco actividades

	A	B	C	D	P	S	R
Actividad 1	3	3	2	3	11	1	11
Actividad 2	1	3	2	2	8	2	16
Actividad 3	2	1	2	1	6	1	6

Actividad 4	1	3	2	3	9	3	27
Actividad 5	2	2	2	1	7	3	21

Fuente: Elaboración propia

Ejemplo de Cálculo de Incertidumbre para Actividad 1

Tomemos como ejemplo la **Actividad 1**, con los siguientes valores:

- A = 3
- B = 3
- C = 2
- D = 3
- P = 11
- S = 1
- R = 11

Al realizar una simulación Monte Carlo para estos valores, se pueden calcular las incertidumbres asociadas a cada factor de riesgo. Seguido, se muestra la tabla de los resultados de incertidumbre para el proceso completo con cinco actividades, incluyendo los valores mínimos y máximos que cada factor de riesgo puede tomar.

Tabla 11 *Cálculo de Incertidumbre con Mínimos y Máximos para un Proceso de Cinco Actividades*

U(A)	U(B)	U(C)	U(D)	U(P)	U(S)
0.3520	0.3454	0.3500	0.3529	1.5043	0.3461

Valores Mínimos

- MIN (A) = 0.00
- MIN (B) = 0.00
- MIN (C) = 0.00
- MIN (D) = 0.00
- MIN (P) = 0.00
- MIN (S) = 0.00
- MIN (R) = 0.85

Valores Máximos

- MAX (A) = 0.58
- MAX (B) = 0.58
- MAX (C) = 0.58
- MAX (D) = 0.58
- MAX (P) = 6.28
- MAX (S) = 0.58
- MAX (R) = 105.42

Explicación del Cálculo

Para la **Actividad 1** con el valor **A = 3**, la incertidumbre asociada en esta variable se calcula mediante la simulación Monte Carlo, que toma en cuenta la variabilidad y posibles desviaciones en la medición del factor A. El resultado de la simulación muestra que la incertidumbre **U(A)** es de **0.3520**, lo que indica el rango de variabilidad posible para este valor en condiciones similares.

Adicionalmente, el valor mínimo de **A** puede ser **0.00** y el valor máximo puede llegar a ser **0.58**. Estos valores indican los extremos de incertidumbre para el factor A en este proceso específico, que afectan la precisión en la toma de decisiones de la alta dirección. De manera similar, los cálculos para los otros factores de riesgo (B, C, D, P, S, R) siguen el mismo enfoque, permitiendo a los responsables del proceso tener una visión clara de cómo varía la incertidumbre en cada una de las actividades.

Tabla 12 Cálculo de incertidumbre con máximos y mínimos de un proceso de cinco actividades

U(A)	U(B)	U(C)	U(D)	U(P)	U(S)	U(R)
0.3520	0.3454	0.3500	0.3529	1.5043	0.3461	29.6692
MIN (A)	MIN (B)	MIN (C)	MIN (D)	MIN (P)	MIN (S)	MIN (R)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85
MAX (A)	MAX (B)	MAX (C)	MAX (D)	MAX (P)	MAX (S)	MAX (R)
0.58	0.58	0.58	0.58	6.28	0.58	105.42

Esta vez analizando un proceso con diez (10) actividades podemos obtener los siguientes valores de incertidumbre por cada factor de riesgo, con los valores mínimos y máximos que puede tomar.

Tabla 13 Proceso con diez actividades

	A	B	C	D	P	S	R
Actividad 1	2	1	1	2	6	2	12
Actividad 2	3	1	3	2	9	3	27
Actividad 3	3	2	1	3	9	3	27
Actividad 4	3	3	1	1	8	1	8
Actividad 5	3	3	3	2	11	1	11
Actividad 6	2	3	2	2	9	3	27
Actividad 7	2	2	2	2	8	2	16
Actividad 8	2	2	2	1	7	3	21
Actividad 9	3	1	2	3	9	3	27
Actividad 10	3	2	2	1	8	2	16

Fuente: Elaboración propia

Utilizando una simulación Montecarlo obtenemos los valores incertidumbre de riesgo para un proceso de 10 actividades con valores aleatorios

Tabla 14 Cálculo de incertidumbre con máximos y mínimos de un proceso de diez actividades

U(A)	U(B)	U(C)	U(D)	U(P)	U(S)	U(R)
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

29.6692	0.2634	0.2585	0.2602	1.1915	0.2643	24.0405
MIN (A)	MIN (B)	MIN (C)	MIN (D)	MIN (P)	MIN (S)	MIN (R)
0.00	0.08	0.08	0.08	0.18	0.08	0.00
MAX (A)	MAX (B)	MAX (C)	MAX (D)	MAX (P)	MAX (S)	MAX (R)
0.38	0.35	0.38	0.34	3.13	0.38	51.17

Fuente: Elaboración propia

Pero suponiendo se no se ha hecho correctamente o que hay procesos que son muchos más complejos se realizará el mismo cálculo de la incertidumbre, pero para procesos de 5, 10, 15, 20, 25, 30 y 35 haciendo la simulación Montecarlo se obtendrán los siguientes resultados:

Tabla 15 Cálculo de la incertidumbre del riesgo con diferentes números de actividades

	actividades						
	5	10	15	20	25	30	35
U(r)=	29.66923	24.0405	19.8530603	17.7703723	16.0061087	14.5525699	12.6327368

Fuente: Elaboración propia

Analizando la incertidumbre del riesgo se obtiene el siguiente grafico

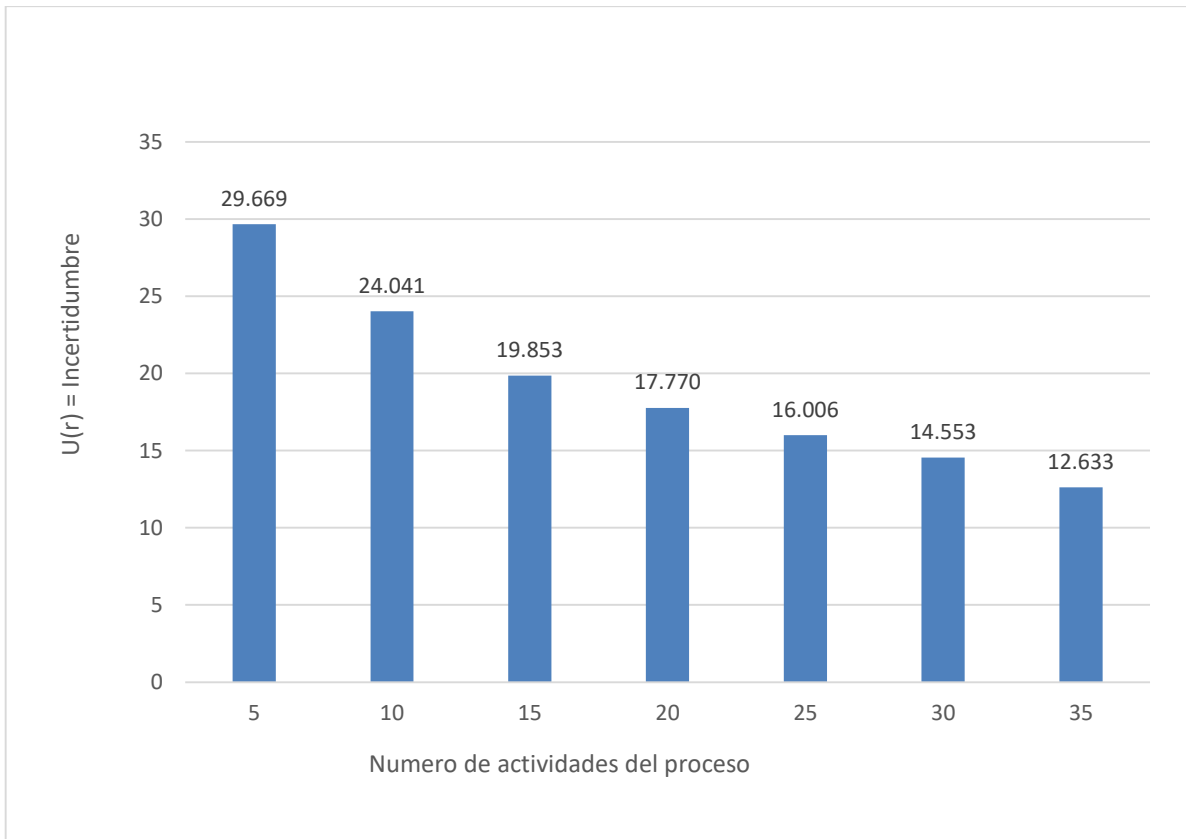


Figura 21 Análisis de la incertidumbre por cantidad de actividades por proceso

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica se aprecia que a como a raíz que aumentan el número de actividades del proceso el valor de la incertidumbre del riesgo va disminuyendo.

Se puede seguir realizando simulaciones Montecarlo a fin de determinar si el valor de la incertidumbre tiene el mismo comportamiento en diferentes casos, de los cuales se estudiará los siguientes:

- Valor del riesgo totalmente aleatorio
- Valores de incertidumbre 40% positivos y 60% negativos
- Valores de incertidumbre 60% positivos y 40% negativos
- Valores de incertidumbre 100% positivos
- Valores de incertidumbre 100% negativos

Realizando las simulaciones tomando en cuenta los máximos y mínimos que puede tomar el riesgo.

Tabla 167 Cálculo de incertidumbres con diferentes comportamientos del valor del riesgo

Actividades	Aleatorio	40+ 60 -	60- 40+	Positivo	Negativo
5	116.937212	133.6577546	139.4929556	111.5894447	118.8825988
10	81.79787156	105.5087722	103.6134649	65.48192124	72.60972344
15	70.75816109	86.08637152	83.97204505	44.81415625	61.19881849
20	59.55852624	68.20731012	76.63505649	43.86970063	44.01827379
25	51.74475668	66.06909157	69.72397633	36.01699642	35.64759676
30	42.07824012	60.78823846	63.42552415	24.80645202	28.65774847
35	39.64025576	53.71513767	51.21329689	22.58911423	37.39761074

Fuente: elaboración propia

A partir de la tabla, se observa en todos los escenarios, que el nivel de riesgo disminuye a medida que se incrementa el número de actividades, lo que puede indicar una mejora en el análisis del proceso.

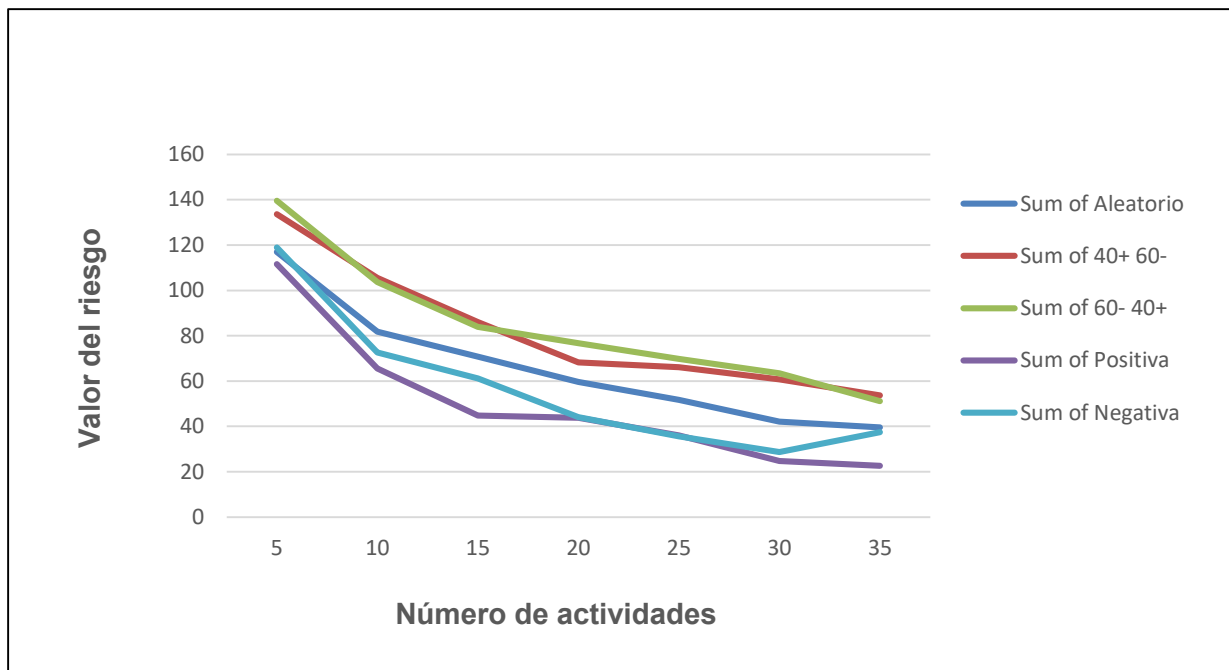


Figura 22 Valores del riesgo según el número de actividades del proceso
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 22, se aprecia claramente cómo el valor del riesgo disminuye progresivamente a medida que aumenta el número de actividades dentro del proceso evaluado. Este comportamiento es consistente en todos los escenarios presentados (aleatorio, positivo, negativo, y combinaciones 40+ y 60-). El análisis sugiere que, con más actividades, la evaluación del riesgo se vuelve más precisa, lo que permite una mejor identificación de peligros y una optimización de las medidas de control.

Además, es crucial que quien realice la evaluación determine cuántas actividades son necesarias y suficientes para garantizar un análisis exhaustivo. Si bien un mayor número de actividades tiende a reducir la incertidumbre, es importante equilibrar la cantidad de actividades con los recursos disponibles y la complejidad del proceso productivo.

La Influencia de la Subdivisión de un Proceso en la Incertidumbre del Riesgo para la Toma de Decisiones de la Alta Dirección

La elección de la proporción 60% vs 40% en la subdivisión de procesos se basó en estudios previos y en la observación de prácticas comunes dentro de la industria agroindustrial. Esta proporción se utiliza para reflejar una estrategia de subdivisión moderada, donde se busca un equilibrio entre el nivel de detalle y la practicidad operacional (Smith et al., 2019). El 60% representa un enfoque más detallado que abarca una mayor cantidad de actividades específicas, mientras que el 40% mantiene una visión más general.

Se seleccionó esta proporción en lugar de una más extrema, como 80% vs 20%, para evitar la sobrecarga de información y mantener la eficiencia en la gestión. Una subdivisión excesiva puede llevar a un aumento innecesario de la complejidad, dificultando la toma de decisiones y potencialmente incrementando la incertidumbre del riesgo (Jones & Brown, 2018). Por tanto, la elección de 60% vs 40% busca un balance entre detalle y manejabilidad, permitiendo a la alta dirección identificar áreas críticas sin ser abrumada por la cantidad de datos.

Relación con las Tendencias Actuales en la Industria

En la industria agroindustrial, la optimización de espacio y la eliminación de procesos o actividades redundantes son prácticas comunes que buscan mejorar la eficiencia y reducir costos (García et al., 2020). La subdivisión de un proceso en más actividades, como se presenta en esta hipótesis, puede parecer contraria a esta tendencia. Sin embargo, la subdivisión no se refiere a la creación de pasos innecesarios, sino a una evaluación más detallada de las actividades existentes para identificar riesgos específicos.

Este enfoque permite a la alta dirección identificar con precisión las áreas donde los riesgos son más elevados y priorizar las medidas de mitigación, en lugar de eliminar actividades de manera indiscriminada. En este sentido, la subdivisión puede contribuir a la optimización al reducir la incertidumbre del riesgo, permitiendo decisiones más informadas y enfocadas en las actividades que realmente aportan valor (Miller, 2017).

Interpretación en el Contexto del Caso de Estudio

En este contexto, que involucra procesos agroindustriales con múltiples etapas y una alta interacción de actividades, la subdivisión permitió una evaluación de riesgos más granular. La aplicación de la proporción 60% vs 40% mostró que, al desglosar el proceso en actividades más específicas, se pudo identificar un mayor número de puntos críticos donde se concentraba la incertidumbre del riesgo. Esto fue particularmente útil en la gestión de actividades como el manejo de maquinaria pesada y la manipulación de productos químicos, donde la subdivisión reveló riesgos que no eran evidentes en una evaluación más general (Gómez & Martínez, 2022).

Conclusión y Discusión

Los resultados de esta hipótesis muestran que la subdivisión de procesos en actividades más detalladas contribuye significativamente a reducir el valor de la incertidumbre en la evaluación de riesgos, lo cual facilita la toma de decisiones informadas por parte de la alta dirección. Sin embargo, tal como señalan Rodríguez y Pérez (2021), es fundamental encontrar un punto de equilibrio óptimo entre el nivel de detalle y la practicidad operacional. Una subdivisión excesiva puede generar una sobrecarga de información que complique la gestión y el análisis, mientras que una subdivisión insuficiente podría omitir riesgos críticos.

Para lograr este equilibrio, se ha adoptado una proporción de 60% para actividades detalladas y 40% para actividades generales como punto de referencia. Esta proporción fue seleccionada para representar un balance efectivo entre la precisión en la identificación de riesgos y la eficiencia operativa, aunque es flexible y debe ajustarse según las necesidades y contextos específicos de cada empresa. Esta adaptabilidad permite que el enfoque se personalice y optimice de acuerdo con las particularidades de cada entorno industrial (Rodríguez & Pérez, 2021).

4.2.3 Hipótesis específica 3

La evaluación de los riesgos de seguridad industrial y su incertidumbre favorece la mitigación de accidentes laborales en los procesos de producción en empresas agroindustriales.

Se realizó un análisis del proceso de producción de cuero a partir de pieles de bovino, con la participación de 37 supervisores de seguridad y salud en el trabajo. Utilizaron una metodología uniforme de identificación de peligros y evaluación de riesgos para llevar a cabo la evaluación integral de riesgos asociados al proceso de fabricación. La información resultante se presenta en la Tabla 16 de Evaluación de Riesgo del Proceso de Fabricación de Cuero.

El proceso de elaboración del cuero se ha seleccionado como referencia en la hipótesis específica 3 debido a su conexión con la agroindustria, específicamente en la etapa de manufactura. A pesar de tratarse de un proceso industrial, mantiene una relación estrecha con el sector agrícola, ya que transforma subproductos animales, como la piel, en productos de valor agregado. Esta selección no solo permite evaluar la seguridad ergonómica en un entorno de manufactura, sino que también amplía la comprensión de los riesgos a otros ámbitos de la cadena agroindustrial. Al analizar

este proceso, se ofrece una perspectiva más diversa y completa sobre cómo los riesgos ergonómicos y las medidas de control impactan en distintos tipos de actividades productivas. Así, la inclusión de este proceso permite establecer comparaciones con otros sistemas de producción agroindustrial, enriqueciendo el análisis y fortaleciendo las conclusiones del estudio sobre los trastornos musculoesqueléticos y la prevención de riesgos laborales.

Tabla 17 Evaluación de Riesgo del Proceso de Fabricación de Cuero.

	Procesos	Número de actividades	Trivial	Tolerable	Moderado	Importante	Intolerable	Riesgo promedio	Desviación estándar	Mediana
1	5	19	0	1	7	11	0	19.3	5.22	21.0
2	7	36	0	3	0	28	5	22.8	4.87	24.0
3	6	23	0	1	8	14	0	18.9	4.90	18.0
4	6	24	0	0	10	14	0	20.4	3.65	21.0
5	5	19	0	0	5	14	0	21.0	4.34	24.0
6	7	26	0	0	3	23	0	22.9	3.40	24.0
7	7	27	0	0	0	27	0	23.7	0.96	24.0
8	6	23	1	1	5	15	1	20.0	6.41	21.0
9	5	19	0	0	14	5	0	16.4	3.71	14.0
10	8	27	0	0	0	27	0	22.2	1.52	21.0
11	11	36	0	3	0	32	1	22.5	4.55	24.0
12	8	23	0	1	7	15	0	20.0	4.79	19.5
13	9	29	0	0	0	29	0	23.7	0.93	24.0
14	12	39	0	2	4	31	2	21.7	4.38	24.0
15	11	31	0	2	0	29	0	18.0	4.47	16.0
16	7	28	0	3	0	19	6	22.6	5.68	24.0
17	6	19	0	0	0	19	0	22.6	1.54	24.0
18	12	23	0	0	0	23	0	17.7	5.16	16.0
19	3	15	0	0	4	10	1	22.5	3.81	24.0
20	8	30	0	0	0	30	0	22.4	1,52	21.0
21	11	32	0	0	0	32	0	23.7	0.89	24.0
22	6	28	0	1	3	24	0	22.3	3.80	24.0
23	12	41	0	2	11	28	0	19.5	4.88	24.0
24	5	17	0	2	7	8	0	17.3	6.18	16.0

25	3	19	0	0	0	15	4	23.8	1.57	24.0
26	5	17	0	1	0	16	0	23.5	1.12	24.0
27	12	35	0	0	0	35	0	23.7	0.85	24.0
28	2	7	0	0	0	7	0	22.7	1.60	24.0
29	7	17	0	0	2	15	0	18.9	4.97	18.0
30	6	18	0	0	0	15	3	23.7	2.03	24.0
31	10	24	0	0	0	14	10	24.9	2.03	24.0
32	3	13	0	0	1	11	1	22.8	3.11	24.0
33	6	19	0	0	1	18	0	18.5	4.87	18.0
34	6	25	0	0	16	9	0	16.0	4.17	14.0
35	11	35	0	1	0	34	0	21.0	6.06	24.0
36	6	19	0	0	4	15	0	21.2	3.39	24.0
37	11	36	0	3	0	32	1	22.5	4.55	24.0

La evaluación de los riesgos de seguridad industrial y su incertidumbre favorece la mitigación de accidentes laborales en los procesos de producción en empresas agroindustriales.

La hipótesis nula (H_0) establece que no existen diferencias significativas entre los valores de riesgo promedio en las diferentes actividades del proceso de fabricación de cuero, es decir, que todos los valores de riesgo son iguales:

$$H_0 : \overline{R}_1 = \overline{R}_2 = \overline{R}_3 = \dots \dots \dots = \overline{R}_{37}$$

La hipótesis alternativa (H_1) plantea que existe al menos una diferencia significativa entre los valores de riesgo en alguna de las actividades del proceso, es decir, que los valores de riesgo no son todos iguales:

$$H_1 : \exists_{i,j} / \overline{R}_i \neq \overline{R}_j$$

Dado que las actividades siguen una distribución de Weibull de tres (3) parámetros y que la cantidad de actividades por observador en varios casos es mayor a 30 no

podemos asumir que siguen una distribución normal para utilizar el teorema de limite central por ello se usara el test de Kruskal-Wallis, la cual es una prueba no paramétrica del ANOVA, para realizar la prueba de hipótesis. Utilizamos el RStudio para el calculo

```
# se ingresa los datos
```

```
riesgo_mediana <- c(  
  21.0, 24.0, 18.0, 21.0, 24.0, 24.0, 24.0, 21.0, 14.0, 21.0, 24.0,  
  19.5, 24.0, 24.0, 16.0, 24.0, 24.0, 16.0, 24.0, 21.0, 24.0, 24.0,  
  14.0, 24.0, 24.0, 24.0  
)
```

```
#####
```

```
riesgo_mediana2 <- sort(riesgo_mediana)  
ind <- which(riesgo_mediana2 < 18)  
res <- c(rep("moderado", 5), rep("importante", 32))  
resultado_kruska12 <- kruskal.test(riesgo_mediana2 ~ res)  
resultado_kruska12
```

Resultado:

```
kruskal-wallis rank sum test  
data: riesgo_mediana2 by res  
kruskal-wallis chi-squared = 16.694, df = 1, p-value = 4.391e-05
```

El resultado de la prueba nos brinda un p-value = 4.391e-05 lo cual sugiere que, basándose en los datos analizados y la prueba estadística realizada, se rechaza la hipótesis nula.

$$H_1 : \exists_{i,j} / \bar{R}_i \neq \bar{R}_j$$

La **Hipótesis específica 3** examina cómo las evaluaciones de riesgos en seguridad industrial afectan la reducción en severidad y frecuencia de los accidentes laborales en los procesos de producción agroindustriales. Para explorar esta hipótesis, se realizó un análisis detallado en el proceso de producción de cuero, un sector que involucra tanto factores de riesgo ergonómicos como la manipulación de materiales pesados y sustancias químicas. La evaluación se realizó con una metodología uniforme que identificó peligros y clasificó los riesgos de cada etapa del proceso productivo. Este análisis incluyó varias etapas críticas de la cadena de producción, destacando áreas de mayor riesgo y evaluando la efectividad de las medidas de control. La hipótesis plantea que una evaluación de riesgos precisa no solo identifica los puntos críticos de intervención, sino que también nos entrega una base sólida para implementar medidas de mitigación que minimicen la probabilidad y severidad de accidentes laborales. De esta manera, el estudio pretende mostrar que la aplicación sistemática de evaluaciones de riesgo contribuye de manera efectiva a la reducción de incidentes en el entorno agroindustrial, fortaleciendo la prevención de accidentes en los trabajadores y optimizando el proceso de producción.

4.2.4 Hipótesis específica 4

La incorporación del cálculo de la incertidumbre en las medidas de control de riesgos de seguridad industrial tiene un impacto significativo en la toma de decisiones para la mitigación de accidentes laborales en los procesos de producción de las empresas agroindustriales .

Este enfoque permite una evaluación más precisa de los riesgos, identificando áreas críticas que requieren intervención y mejorando la efectividad de los procedimientos de control implementadas.

Variación en las Medidas de Control

La evaluación de la incertidumbre ha mostrado un cambio en el nivel de control necesario para ciertos procesos. Inicialmente clasificados como de riesgo "MODERADO", ahora se han reclasificado como "IMPORTANTE", lo que requiere la implementación de medidas de control más rigurosas. Los procesos afectados incluyen:

- Selección y Calibrado
- Corte y Pesado
- Paletizado, Almacenamiento en Cámara, Despacho

Las medidas de control implementadas se detallan en el Anexo 5, donde se presenta una lista exhaustiva de acciones correctivas y preventivas basadas en la Matriz de Control IPERC. Este anexo ofrece una guía específica para la aplicación de las medidas necesarias en cada etapa del proceso, considerando las variaciones identificadas en la evaluación de la incertidumbre. La inclusión de la incertidumbre en ha permitido identificar con mayor claridad los puntos críticos de estos procesos, orientando así la toma de decisiones hacia acciones preventivas más efectivas.

Revaluación del Proceso de Paletizado, Almacenamiento y Despacho

En el caso específico del proceso de paletizado, almacenamiento en cámara y despacho, se requiere realizar una nueva evaluación del riesgo. Esta reevaluación debe comenzar por revisar si el número de actividades consideradas ha sido adecuado y si todas las posibles fuentes de riesgo han sido correctamente identificadas y controladas, según las directrices proporcionadas en el Anexo 5.

Antes de continuar con el proceso, es fundamental confirmar si los procedimientos de control implementados son suficientes para reducir el riesgo a un nivel aceptable. Esto implica no iniciar o continuar las operaciones hasta estar convencidos de que el riesgo ha sido mitigado eficazmente a través de las medidas de control correspondientes detalladas en el anexo. Esta precaución es esencial para garantizar la seguridad de los trabajadores y la continuidad segura de las operaciones en la empresa agroindustrial.

Conclusión

Incorporar el cálculo de la incertidumbre en el análisis de riesgos, junto con la aplicación de medidas de control sustentadas en el Anexo 5, optimiza la capacidad de decisión y fortalece la eficacia en la prevención de accidentes laborales. Este enfoque permite caracterizar con mayor precisión la naturaleza y variabilidad de los riesgos, facilitando el ajuste proactivo de las estrategias de control en función de las particularidades de los procesos productivos.

Tabla 18 Medidas de control de ingeniería y administrativas por proceso de producción

	Proceso de producción	Medidas de Ingeniería	Medidas administrativas
1	Recolección y transporte de materias primas.		1. Capacitación 2. Inspecciones de seguridad
2	Recepción y pesado	Sustitución: Se reconfiguró el espacio asignado para las operaciones de carga y descarga de materias primas, estableciendo dos zonas diferenciadas: una destinada exclusivamente a materiales y otra a insumos, con el fin de optimizar el flujo logístico y reducir el riesgo de contaminación cruzada.	3. Señalización y elaboración de mapas de riesgo 4. Procedimientos de incidentes, accidentes y enfermedades ocupacionales. 5. Empleo de las hojas MSDS.
3	Primer lavado y desinfección		
4	Hidrogenfriado de materia prima		
5	Almacenamiento de materia prima		
6	Selección y calibrado		
7	Ligado		
8	Corte y pesado		
9	Empaque y asignación de códigos a las cajas.		
10	Hidrogenfriado y desinfección de producto terminado.		
11	Paletizado, almacenamiento en cámara, despacho.		
12	Transporte del producto final		

Fuente: Elaboración propia

4.3 Comparación con Otros Modelos de Gestión de la Incertidumbre y los antecedentes de la investigación

La presente investigación establece aportes significativos al cálculo y manejo del valor la incertidumbre en modelos de gestión de seguridad y salud en el trabajo dentro del sector agroindustrial, destacándose en relación con los antecedentes revisados, tanto internacionales como nacionales. Por ejemplo, Brocal et al. (2021) emplearon un modelo cualitativo basado en meta-aprendizaje para seleccionar estrategias de mitigación en entornos con alta incertidumbre. Aunque este enfoque logró integrar niveles de incertidumbre y consecuencias potenciales, no abordó una cuantificación detallada ni utilizó simulaciones numéricas avanzadas. En contraste, la metodología implementada en esta tesis, basada en simulaciones Monte Carlo y distribuciones Weibull, proporciona un análisis cuantitativo que complementa y amplía los enfoques cualitativos previos, al generar métricas precisas para la toma de decisiones.

Asimismo, Acebes et al. (2015) analizaron la interdependencia de riesgos mediante el concepto de "carácter sistémico del riesgo", logrando avances significativos en la gestión de proyectos. Sin embargo, su enfoque no profundizó en las implicaciones prácticas dentro del sector agroindustrial. Este trabajo contribuye al aplicar un marco matemático para modelar la incertidumbre en procesos agroindustriales específicos. Los resultados prácticos permiten identificar riesgos y priorizar medidas de control basadas en datos cuantitativos.

Por otro lado, Yingqi et al. (2023) evaluaron incertidumbres en accidentes vehiculares mediante el uso de la transformación sin aroma (UT), optimizando el análisis computacional. Aunque sus resultados demuestran la precisión del método en contextos dinámicos, su aplicación se restringió a escenarios de accidentes de tráfico. En contraste, este trabajo expande significativamente el campo de estudio al analizar

incertidumbres en actividades productivas de alta complejidad, demostrando cómo estas afectan directamente las estrategias de mitigación y la seguridad ocupacional en empresas agroindustriales.

En el ámbito nacional, Flores (2020) analizó el impacto entre la gestión administrativa y la seguridad y salud ocupacional en una empresa peruana, concluyendo que existe una influencia significativa entre estas variables. Sin embargo, su enfoque careció de un modelo matemático para abordar la incertidumbre de manera detallada. La presente tesis complementa esta línea de investigación al incorporar simulaciones avanzadas que permiten modelar las incertidumbres asociadas a los procesos productivos, proporcionando datos cuantitativos esenciales para la toma de decisiones gerenciales.

Asimismo, Valerio (2016) evaluó los sistemas de gestión de seguridad en empresas mineras, demostrando su efectividad en el control de riesgos. Sin embargo, su investigación se limitó al análisis descriptivo de los sistemas implementados, sin explorar metodologías avanzadas como Monte Carlo. Esta tesis amplía dicho enfoque al aplicar herramientas estadísticas para cuantificar incertidumbres, adaptando estas técnicas al contexto agroindustrial peruano.

Finalmente, Ávila (2015) exploró la influencia del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST) en la prevención de accidentes en una compañía minera, resaltando la importancia de componentes como la capacitación y las medidas preventivas. Esta tesis introduce un enfoque técnico y cuantitativo. Utiliza simulaciones para analizar cómo la incertidumbre en riesgos afecta la eficiencia de las medidas de control, contribuyendo a la mejora continua en el sector agroindustrial.

Los hallazgos de esta tesis validan el uso de herramientas avanzadas, como el método Monte Carlo y las distribuciones Weibull, en la gestión de riesgos. Además, ofrecen

un enfoque innovador al vincular estas herramientas con decisiones estratégicas en el sector agroindustrial. Este enfoque práctico llena un vacío en la literatura al proponer un modelo cuantitativo aplicable en contextos de alta variabilidad e incertidumbre. Esto representa una contribución novedosa en la gestión de seguridad y salud en el trabajo.

4.4 Limitaciones Metodológicas y Contribuciones Originales

En este apartado, se discuten las limitaciones del método de Montecarlo utilizado en esta investigación y se presenta la contribución original del estudio, que trasciende la simple aplicación de una metodología existente.

Limitaciones Metodológicas del Método de Montecarlo

El método de Montecarlo, aunque efectivo para modelar la incertidumbre y proporcionar un análisis detallado de la variabilidad en los procesos agroindustriales, presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas:

Dependencia de Datos de Entrada: La precisión de los datos obtenidos mediante el método de Montecarlo dependen en gran medida de la cantidad y la calidad de los datos de entrada. Si los datos son limitados o tienen alta incertidumbre, los resultados pueden no reflejar adecuadamente la realidad de los procesos. En este estudio, se emplearon datos disponibles de evaluaciones previas, pero en algunos casos la falta de datos históricos precisos puede haber introducido sesgos en las simulaciones.

Asunción de Distribuciones de Probabilidad: La selección de distribuciones de probabilidad, como la distribución de Weibull, implica ciertas asunciones que podrían no capturar todas las características del comportamiento del riesgo. La validez de estas asunciones depende de la adecuación de la distribución seleccionada a la naturaleza del riesgo, y cualquier error en esta selección podría llevar a una estimación incorrecta de la incertidumbre.

Complejidad Computacional: La realización de un gran número de iteraciones (un mil en este caso) conlleva un alto costo computacional y requiere de recursos significativos. Aunque el uso de simulaciones es valioso para obtener un análisis robusto, la demanda de recursos puede limitar la capacidad de ejecutar simulaciones más extensas o con mayor granularidad, especialmente en contextos con menos acceso a tecnología avanzada.

Dificultad en la Interpretación de Resultados Complejos: Si bien Montecarlo proporciona una amplia variedad de posibles resultados, interpretar los escenarios menos probables, pero de alto impacto, puede resultar complicado y requerir un juicio experto. Esto implica que los tomadores de decisiones necesitan formación y experiencia en el análisis de los resultados para evitar interpretaciones incorrectas.

4.5 Contribución Original del Estudio

Si bien la simulación de Monte Carlo ha demostrado ser una herramienta versátil en diversos campos para modelar incertidumbres, esta investigación se distingue por trascender su mera aplicación estándar. El enfoque desarrollado se adapta específicamente a los desafíos únicos de la agroindustria, un sector caracterizado por su alta variabilidad operativa y la complejidad de sus procesos productivos. En este contexto, la incertidumbre no solo representa un factor crítico en la seguridad y salud ocupacional, sino que también impacta directamente en la eficiencia operativa y la sostenibilidad estratégica de las organizaciones.

El principal aporte de este trabajo radica en la conceptualización y desarrollo de un modelo integrado de gestión de riesgos que combina herramientas avanzadas de simulación con un análisis exhaustivo de las particularidades de los procesos agroindustriales. Este modelo incorpora variables específicas y representativas de las

etapas críticas, como el "Primer lavado y desinfección" y el "Hidrogenado y desinfección del producto terminado". Mediante la integración de datos cualitativos y cuantitativos, se logra cuantificar de manera precisa la incertidumbre asociada a los riesgos laborales y operativos, proporcionando un marco analítico que supera las limitaciones de enfoques deterministas o cualitativos tradicionales.

Una de las contribuciones más destacadas de esta investigación es la capacidad del modelo propuesto para identificar y priorizar escenarios críticos, guiando la toma de decisiones estratégicas a través de una evaluación probabilística contextualizada. El uso de distribuciones de Weibull y técnicas de ajuste estadístico permite modelar con alta fidelidad la naturaleza de los riesgos en entornos de alta variabilidad, ofreciendo un enfoque innovador que combina rigor técnico con aplicabilidad práctica.

Adicionalmente, este trabajo amplía el alcance del campo de la gestión de riesgos ocupacionales al proponer una metodología adaptable y escalable. La reproducibilidad de este enfoque en otros sectores industriales con características similares demuestra su versatilidad, mientras que su capacidad para ser personalizado según las condiciones específicas de cada sector asegura una aplicación efectiva. Esto lo posiciona no solo como una solución técnica avanzada, sino también como un modelo de referencia para la implementación de sistemas de gestión integrales en industrias complejas.

En el ámbito académico, esta investigación representa una contribución significativa al conocimiento al introducir un enfoque holístico que integra análisis probabilísticos, modelado matemático y gestión estratégica. Desde la perspectiva práctica, proporciona una herramienta innovadora para reducir la incertidumbre en la toma de decisiones gerenciales, con implicaciones directas en la mejora de la seguridad

ocupacional y la optimización de los procesos productivos. De esta manera, la investigación establece un puente entre la teoría y la práctica, posicionándose como una referencia en el diseño e implementación de soluciones avanzadas para la gestión de incertidumbre en la ingeniería de sistemas complejos.

A continuación, se presenta un diagrama que ilustra el marco conceptual desarrollado en esta investigación. Este modelo integra herramientas estadísticas avanzadas, como el método Monte Carlo y las distribuciones de Weibull, con procesos específicos del sector agroindustrial. El objetivo principal es evaluar y controlar la incertidumbre en procesos productivos complejos, proporcionando un enfoque innovador que combina rigor técnico con aplicabilidad práctica.

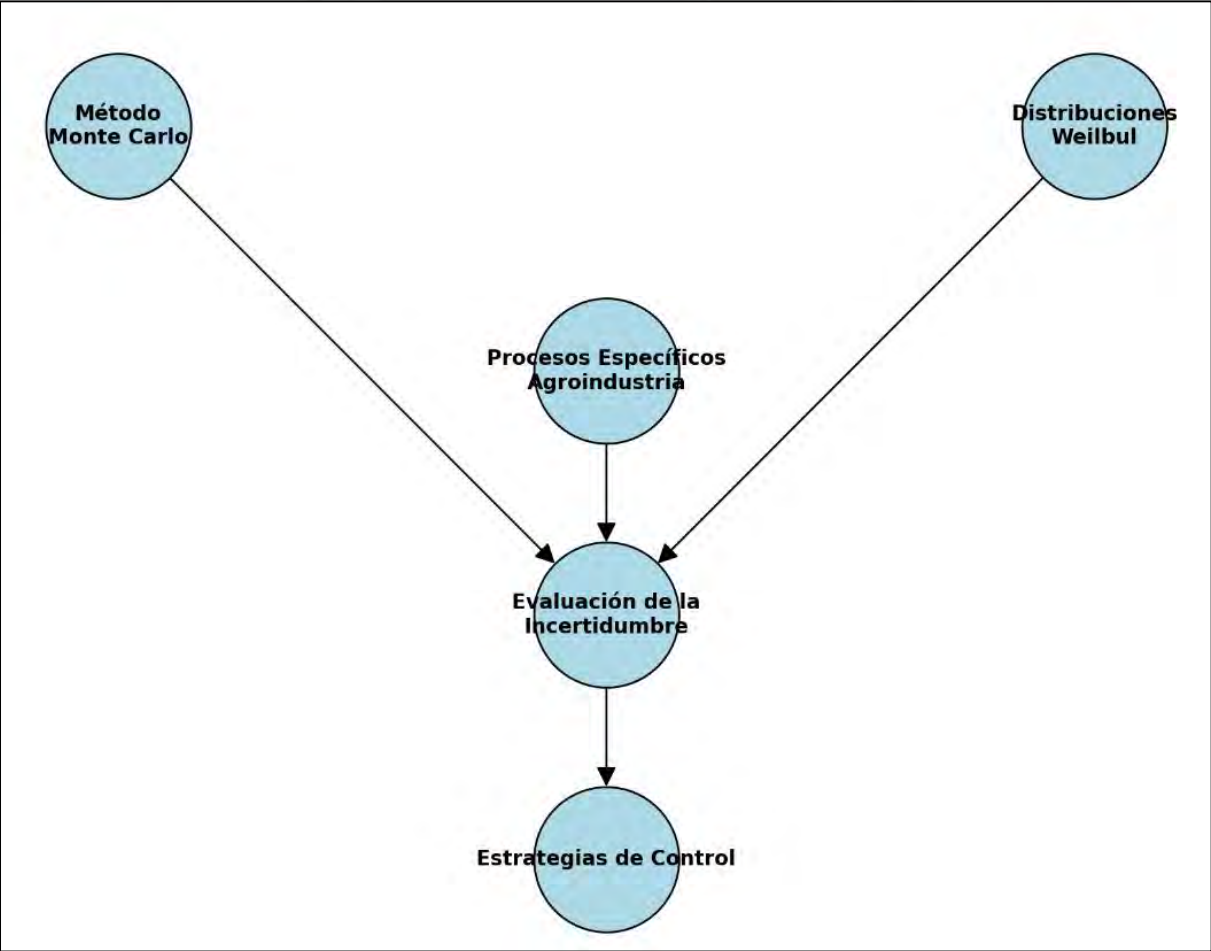


Figura 23 Integración de Métodos y Procesos para el control de la incertidumbre
Fuente: Elaboración propia

4.6 Aplicabilidad del Modelo en Contextos Industriales Ampliados

El modelo desarrollado en esta investigación, aunque específicamente diseñado para el sector agroindustrial, tiene el potencial de ser adaptado y aplicado en otros sectores industriales con características similares. Por ejemplo, sectores como la minería o la manufactura presentan alta variabilidad operativa y complejidad en sus procesos, lo que los hace propensos a enfrentar desafíos relacionados con la incertidumbre en la gestión de riesgos.

En el caso de la minería, la integración de métodos probabilísticos como Monte Carlo con variables específicas del sector (por ejemplo, frecuencia de accidentes, condiciones geológicas y exposición de personal) permitiría evaluar y controlar la incertidumbre en proyectos mineros de gran escala. De manera similar, en la manufactura, donde la eficiencia operativa y la seguridad del personal están intrínsecamente ligadas, el uso del modelo propuesto podría optimizar procesos al identificar y priorizar escenarios críticos bajo incertidumbre.

Este enfoque no solo destaca por su capacidad de adaptación, sino también por su estructura metodológica, que combina datos cualitativos y cuantitativos con técnicas estadísticas avanzadas. Esto lo convierte en un marco flexible y replicable, que puede ser utilizado como referencia en investigaciones futuras para abordar problemas complejos en sistemas productivos diversos.

CONCLUSIONES

Respecto al objetivo de reconocer los peligros vinculados a la seguridad industrial que inciden en la reducción de accidentes laborales, se concluye que los riesgos más relevantes dentro de los procesos de producción agroindustrial están relacionados con

la manipulación de sustancias químicas y la operación de maquinaria pesada. La implementación de controles específicos y programas de capacitación ha permitido disminuir de forma notable la frecuencia de incidentes, lo que evidencia la efectividad de una gestión preventiva orientada a fortalecer la seguridad en ambientes agroindustriales.

El presente estudio ha logrado un avance significativo en la comprensión de cómo la incertidumbre en la gestión del riesgo influye en la toma de decisiones dentro de los procesos de seguridad industrial en la agroindustria. Uno de los principales aportes es la aplicación de la distribución de Weibull y el método de Monte Carlo para cuantificar la incertidumbre en los valores de riesgo a lo largo de distintas etapas de producción. Este enfoque permite realizar evaluaciones de riesgo más precisas, particularmente en los procesos de Primer lavado y desinfección y Hidroenfriado y desinfección de producto terminado, donde se detectó que la incertidumbre en los valores de riesgo oscilaba entre ± 3 unidades. Esta cuantificación es esencial para apoyar a la alta dirección en la toma de decisiones orientadas a mitigar accidentes laborales. El uso del método de Monte Carlo ha demostrado ser eficaz en la modelación de escenarios complejos, permitiendo la simulación de múltiples variables para identificar el comportamiento probabilístico del riesgo en diferentes etapas productivas (Rubinstein & Kroese, 2017).

En comparación con estudios previos, que suelen depender de evaluaciones cualitativas o modelos cuantitativos simplificados, esta investigación presenta un marco estadístico más sólido para evaluar las incertidumbres del riesgo en entornos productivos reales. Como señala Acebes et al. (2015), la transición de la gestión del riesgo a la gestión de la incertidumbre requiere un enfoque basado en datos para mejorar la preparación ante fluctuaciones en la producción y la variabilidad de la mano

de obra. La incorporación de mediciones sistemáticas del riesgo y su aplicación directa a procesos concretos demuestra la originalidad de este estudio, en especial en el contexto de la agroindustria, un sector de alto riesgo.

Además, al subdividir los procesos en actividades más detalladas, se observaron variaciones significativas en la incertidumbre que impactan directamente en las decisiones estratégicas de la alta dirección. Este enfoque demuestra cómo el incremento de actividades permite una identificación más específica de riesgos, optimizando su gestión. En un proceso con cinco actividades, la simulación Monte Carlo mostró un rango de incertidumbre de 0.352 a 1.504 para diferentes factores. Esto demuestra que un mayor número de actividades permite identificar riesgos de manera más precisa, reduciendo la incertidumbre general. Esta metodología optimiza la precisión sin añadir complejidad excesiva, facilitando decisiones estratégicas más informadas para la alta dirección en la mitigación de riesgos agroindustriales.

Por último, la integración de medidas de control en la evaluación del riesgo, en alineación con la norma ISO 45001, proporciona valiosos insumos para los gestores de seguridad industrial. Al abordar de manera proactiva la incertidumbre en los riesgos, El modelo presentado funciona como una guía práctica que permite a las organizaciones implementar estrategias adaptativas frente a la incertidumbre. Este modelo ofrece lineamientos claros para gestionar riesgos emergentes en entornos dinámicos.

Los hallazgos de este estudio refuerzan la necesidad de mejorar continuamente los procesos y están alineados con las recomendaciones de Valcárcel (2017), quien subraya la importancia de estructuras organizacionales flexibles en industrias de alto riesgo. Este trabajo amplía la comprensión de cómo dicha flexibilidad puede

aprovecharse para gestionar mejor los riesgos en entornos productivos variables, mediante la implementación de modelos estadísticos avanzados.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar de forma continua y periódica el modelo utilizado para medir el riesgo, con el objetivo de evitar una posible permisividad frente a percances o imprevistos que puedan surgir durante la ejecución de los procesos de producción. Esto permitirá una gestión proactiva y una mejora constante en la seguridad de los procesos agroindustriales.
- Se recomienda establecer un límite aceptable para los porcentajes en los niveles de riesgo antes de incluir el análisis de la incertidumbre. Esto permitirá cuantificar de manera precisa los excesos respecto a lo tolerable o peligroso y actuar preventivamente cuando los resultados superen los valores previstos.
- Se recomienda utilizar el software R-Studio para el procesamiento de todos los datos necesarios y tangenciales, dado que es un lenguaje de programación de código abierto, eficaz y automatizado. En particular, se sugiere el uso de R-Studio Premium para empresas con el fin de aprovechar sus complementos avanzados, lo cual contribuirá a un análisis más robusto y eficiente.
- En esta tesis se ha utilizado la estrategia del ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) para establecer una relación estrecha entre los responsables y ejecutantes de los procesos agroindustriales. Se recomienda actualizar continuamente este enfoque en las metas empresariales, integrando los resultados de medición y control de riesgos. Esto mejorará la efectividad de las

acciones de mitigación y fomentará una cultura de seguridad basada en la mejora continua.

- Futuras investigaciones deberían explorar la integración de métodos alternativos para evaluar la incertidumbre, como el análisis bayesiano o modelos de redes neuronales. Esto permitirá comparar su eficacia con el método de Monte Carlo utilizado en este estudio. Esto permitirá identificar nuevas oportunidades para mejorar la gestión de riesgos en el sector agroindustrial.
- Se sugiere profundizar en la aplicación de modelos de gestión de riesgos en otros sectores industriales con características similares, con el propósito de evaluar la generalización de los resultados obtenidos en este estudio y contribuir al desarrollo de metodologías de gestión de riesgos más adaptables y efectivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acebes, F. Pajares, J. López-Paredes, A. (2015), *Gestión de riesgos del proyecto. Desde la Gestión de riesgos a la gestión de la incertidumbre*. 19no Congreso Internacional de Administración de Proyectos e Ingeniería, INSISOC - Universidad de Valladolid – Granada.
- Acosta, C. (2012) *La Pirámide de Maslow Escuela de Organización Industrial*. <https://www.eoi.es/blogs/katherinecarolinaacosta/2012/05/24/la-piramide-de-maslow/>
- Agronometrics. (2024). Peru's Agricultural Exports Set to Exceed \$11.5 Billion by Year-End 2024. <https://stories.agronometrics.com/agronometrics-shorts-perus-agricultural-exports-set-to-exceed-11-5-billion-by-year-end-2024/>
- Akaike, H. (1974). **A new look at the statistical model identification**. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716-723.
- Arias, W. (2012) *Revisión histórica de la salud ocupacional y la seguridad industrial*. https://aulavirtual.iberu.edu.co/recursosel/documentos_para_descarga/Historiadelasaludocupacionalylaseguridadindustrial.PDF

- Aven, T. (2015). Risk analysis: assessing uncertainties beyond expected values and probabilities. John Wiley & Sons.
- Ávila, R. (2015) *Influencia del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo basado en el mejoramiento de la capacidad preventiva de los accidentes laborales en la Minera Barrick Misquichilca – Laguna Norte* (Tesis doctoral), Universidad Nacional de Trujillo, Programa de doctorado en planificación y gestión.
- Ayyub, B. M. (2014). Risk analysis in engineering and economics. CRC press.
- Barrantes G., Vargas, J y Wong L. (2022) *Planeamiento estratégico en la agroindustria del Perú*. Revista Latinoamericana de Difusión Científica. Volumen 4(Número 7) P.99-111.
- Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. (2013). Principles of Biomedical Ethics (7th ed.). Oxford University Press.
- Bedford, T., & Cooke, R. (2001). Probabilistic risk analysis: Foundations and methods. Cambridge University Press.
- Beltrán, C. & Murcia, J. (2016). Métodos para identificación de peligros, análisis, evaluación y tratamiento de riesgos en Colombia. Revista De Ingeniería, Matemáticas y Ciencias De La Información, 3(6) doi:<http://dx.doi.org.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/10.21017/rimci.2016.v3.n6.a12>
- BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML. (2008). Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement (JCGM 100:2008).
- Brocal, F., Paltrinieri, N., González-Gaya C., et al. (2021) *Approach to the selection of strategies for emerging risk management considering uncertainty as the main decision variable in occupational contexts*. Revista Safety Science, vol. 134 ISSN 09257535 DOI 10.1016/j.ssci.2020.105041
- Carmine, E. G., & Zeller, R. A. (1979). Reliability and Validity Assessment. Sage Publications.
- Carrasco, S (2019) *Metodología de la investigación científica*. Editorial San Marcos ISBN 978-997238-344-1

- Carvajal, D. y Molano J. (2012) *Aporte de los sistemas de gestión en prevención de riesgos laborales a la gestión de la salud y seguridad en el trabajo*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4781915>
- Centro español de metrología (2010). *Evaluación de Datos de Medición. Suplemento de la The Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)* https://www.cem.es/sites/default/files/suplemento20120de20gum_0.pdf
- Chen, Y. y Qiang, W., Li, F., (2024) *Leader trait affective presence and safety behaviors: The role of work engagement*. Revista Safety Science, (2024), 106339, 169, ISSN 09257535 DOI 10.1016/j.ssci.2023.106339
- Conexión ESAN. (2023). La seguridad laboral en la agroindustria peruana: Un reto constante. Recuperado de <https://www.esan.edu.pe>
- Cortés, J. (2012) *Seguridad de higiene del trabajo. Técnicas de prevención de riesgos laborales*. 10 edición, Tébar SL Madrid.
- Cortina A. y Martínez E. (2001) *Ética*. Madrid: Akal.
- Cox, L. A. (2008). What's wrong with risk matrices?. Risk Analysis: An International Journal, 28(2), 497-512.
- Creswell, J. W. (2014). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4th ed.). SAGE Publications.
- De Hollanda, L. (2011) *Contribuciones Tomistas. Al estudio de las emociones y algunos de sus corolarios éticos*. Revista Latinoamericana de bioética Universidad Militar Nueva Granada ISSN 1657-4702 / Volumen 11 / Número 2 / Edición 21 / Páginas 118-129 / 2011
- Deming, W. E. (1986). **Out of the Crisis**. MIT Press.
- Dieck, R. H. (2006). Measurement Uncertainty: Methods and Applications (4th ed.). ISA - The Instrumentation, Systems, and Automation Society.
- Favre H. (1976) *Evolución y situación de la hacienda tradicional de la región de Huancavelica*. En: Matos J. (1976). Hacienda, comunidad y campesinado en el Perú. Lima: Instituto de Estudios Peruanos.
- Flage, R., & Aven, T. (2009). Expressing and communicating uncertainty in relation to quantitative risk analysis (QRA). Reliability Engineering & System Safety, 94(4), 709-717.

- Flick, U. (2014). *An Introduction to Qualitative Research*. SAGE Publications.
- Flores, L. (2020) *Gestión Administrativa y su relación con la Seguridad Salud Ocupacional y la Calidad de Vida Laboral desde la perspectiva de los empleados de la empresa HENE IMPORT EIRL Chorrillos 2019*. (Tesis doctoral), Universidad Cesar Vallejo Programa académico de doctorado en Administración.
- García, L., Martínez, F., & Pérez, J. (2020). Optimización de procesos en la industria agroindustrial. *Revista de Producción*, 15(3), 200-210.
- Gibbons, M. (2002). *Exploring Ethical Dilemmas in Research and Practice*. Sage Publications.
- Gómez, A., & Martínez, L. (2022). Evaluación de riesgos en procesos agroindustriales: Un enfoque detallado. *Revista de Seguridad Industrial*, 12(4), 134-148.
- Greenwood, M., & Freeman, R. E. (2011). Ethics and HRM: Theoretical and Conceptual Analysis. *Journal of Business Ethics*, 98(3), 425-434.
- Guerrero, G. Guerrero, Salazar, M. Iglesias, P. (2018) *Epistemología del Marketing*, Editorial ULINK ISBN: 978-9942-757-29-6
- Hallowell, M. R. (2008). *Un modelo formal para la gestión de riesgos de seguridad y salud de la construcción* (Order No. 3321087). <https://search.proquest.com/docview/230670029?accountid=40045>
- Hayse, J. W. (2000) Using Monte Carlo analysis in ecological risk assessments. DuPage Conty: Argonne National Laboratory.
- Hellriegel, D., & Slocum, J. (2004). *Administración*. España: ITP. ISBN: 9789687529431
- Hernández, R. (2005). *Epistemología y formación gerencial: un enfoque holístico*. *Revista Negotium*. 1 (1) 3-11
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill.
- Hiratta, H. & Zariffian, P. (2007) *El concepto del trabajo*. <https://is.gd/yw3CLd>
<http://cidbimena.desastres.hn/pdf/spa/doc15036/doc15036-contenido.pdf>
http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/proyectosfinmaster/proyecto_613.pdf

- <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6436429>
- <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/15c40797-a800-40eb-8d21-59775cf834f4/content> Valcárcel, J. (2017). *La organización flexible en el contexto empresarial moderno*. Editorial Universitaria.
- <https://www.eoincarolinaacosta /2012/05/24/la-piramide-de-maslow/>
- Hubbard, D. W. (2009). *The failure of risk management: Why it's broken and how to fix it*. John Wiley & Sons.
- International Organization for Standardization. (2008). *ISO/IEC Guide 98-3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)*. ISO.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 45001:2018: Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use*. ISO.
- ISO/IEC Guide 98-3:2008. *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement*.
- JCGM. (2008). *Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM 1995 with minor corrections)*. Joint Committee for Guides in Metrology. <https://www.bipm.org/en/publications/guides/gum.html>
- Jimeno Bernal, J. (2021). *Ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar): El círculo de Deming de mejora continua*. *PDCA Home*.
- Jones, M., & Brown, S. (2018). *Gestión de la complejidad en la toma de decisiones empresariales*. *Harvard Business Review*, 96(6), 34-45.
- Kail, R. V., y Cavanaugh, J.C. (2011) *Desarrollo Humano: una perspectiva del ciclo vital*. [5ta edición] CENGAGE Learning.
- Lavell, A.(2001). *Sobre la Gestión del Riesgo: Apuntes hacia una Definición*.
- Kaplan, S., & Garrick, B. J. (1981). *On the quantitative definition of risk*. *Risk analysis*, 1(1), 11-27.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Boletín Oficial del Estado, núm. 269, de 10 de noviembre de 1995
- López, J. (2017), *Modelización de la probabilidad de accidente laboral en función de las condiciones de trabajo mediante técnicas “Machine Learning”* (tesis doctoral) Universidad de Burgos. España.

- López-Roldán, P., & Fachelli, S. (2016). Metodología de la investigación social cuantitativa. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Luna, M. y Melo, T. (2013) *Implementação do Método de Monte Carlo em Avaliação de Risco Probabilística Aplicada à Estimativa do Risco por Contato Dermal com Água Superficial Contaminada por Benzeno*. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 18 n.2, DOI: 10.21168/rbrh.v18n2.p19-29
- Maringo. (s.f.). Project Management para la construcción de plantas industriales. https://www.maringo.de/projectmanagement/Anlage/ES/PM_Construccion_detalle_ES.indd.pdf
- Martínez, L. (2011) *Métodos de inferencia para la distribución Weibull: Aplicación en fiabilidad Industrial*. Trabajo fin de master. Master en Técnicas Estadísticas. Universidad de Vigo.
- Martínez-Oropesa, C. (2011). *El proceso de gestión de la seguridad basado en los comportamientos. El nuevo rol de los supervisores*, GCG. Revista De Globalización, Competitividad y Gobernabilidad, 5(2), 106-121. <https://search.proquest.com/docview/881185806?accountid=40045>
- Medina, H. (2019) *Caso de Estudio: Análisis y Diagnóstico de una Empresa del Sector Agroindustrial Peruano, Propuesta de un Plan Estratégico*. Universidad de Lima: Trabajo de suficiencia profesional para optar el Título Profesional de Licenciado en Administración.
- Melo, T. (2010). Soluções analíticas para transporte de hidrocarbonetos de petróleo em água subterrânea: avaliação determinística e probabilística do risco à saúde humana. 2010. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- Menéndez, J. R. (2014). Incorporación del riesgo e incertidumbre dentro de las decisiones para la distribución de presupuesto de mantenimiento y rehabilitación de una red de pavimentos. Tesis doctoral, RENATI Texas A&M University <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/155359>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook (3rd ed.). SAGE Publications.
- Miller, K. (2017). Optimización y gestión de riesgos en procesos industriales. Journal of Risk Management, 23(2), 101-115.

- Ministerio de Trabajo y Promoción del empleo (Perú) RM N°050-2013-TR Anexo 3 *Guía Básica sobre sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo*. Lima, 14 marzo 2013.
- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2010). Manual de Seguridad y Salud en el Trabajo para MYPES. Lima: MINTRA.
- Mintzberg, H. (1984). *La estructuración de las organizaciones: Síntesis de la investigación*. Editorial Ariel.
- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2023). Informe anual sobre seguridad y salud en el trabajo 2023. Lima, Perú: MTPE.
- Ministerio de Trabajo y Promoción del empleo (Perú) RM N°082-213 Anexo 2 *Sistema simplificado de registros del sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo para la microempresa*. Lima, 3 de mayo del 2013.
- Morgan, M. G., & Henrion, M. (1990). *Uncertainty: A guide to dealing with uncertainty in quantitative risk and policy analysis*. Cambridge University Press.
- Novas, J. (2010) *Sistemas constructivos prefabricados apilables a la construcción de edificaciones en países en desarrollo*, Universidad politécnica de Madrid, Escuela técnica superior de ingenieros de canales, caminos y puertos.
- Núñez, E. (2011) *Gestión tecnológica en la empresa: definición de sus objetivos fundamentales*. <https://www.redalyc.org/pdf/280/28022755013.pdf>
- OIT-OSH (2001) *Directrices relativas a los sistemas de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo* https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms_112582.pdf
- Organización Internacional del Trabajo. (1998). *Resolución sobre estadísticas de lesiones profesionales ocasionadas por accidentes del trabajo*. 16.^a Conferencia Internacional de Estadísticos del Trabajo (CIET), Ginebra. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---stat/documents/normativeinstrument/wcms_087528.pdf
- Ojeda, J. y Quintero J. (2007) La ética en la investigación. Revista de estudios interdisciplinarios. Vol.9 N°2
- Oliver, G. (2018) *Síntesis por capítulos de la Historia de la Agricultura*. Editorial Almuzara. Colección Guadalquivir y divulgación científica. Córdoba.

- <https://agroicultura.com/general/wp-content/uploads/2021/11/Libro-Cubero-copia.pdf>
- Oliveras, J. (2014) *La incertidumbre en la medida de una magnitud y el método de Montecarlo*. <https://www.tecnicaindustrial.es/la-incertidumbre-en-la-medida-de-una-magnitud/>
- Orden, O. (2015). *Gestión del riesgo y mercados financieros*. Madrid: Delta Publicaciones.
- Pinos, L. (2015). *Gestión de Riesgos Laborales en las Prácticas de Responsabilidad Social Corporativa en el Ecuador (tesis doctoral)*, Universidad de Huelva, Ecuador.
- Portuondo Paisan, Y., & Portuondo Moret, J. (2008). Determinación de la incertidumbre de medición por el método de Monte Carlo en los procesos de manufactura. *Tecnología Química*, 28(3), 56-62.
- Produce Blue Book. (2024). Peruvian ag exports to surpass \$11.5B by the end of 2024. <https://www.producebluebook.com/2024/08/21/peruvian-ag-exports-to-surpass-11-5b-by-the-end-of-2024/>
- Raftery, J. (1994). *Risk analysis in project management*. E & FN Spon.
- Reynaldo-Argüelles, C.; Guardado, R.; Sorhegui R.; & Rojas de la Cruz, R. (2019). *Importancia de la gestión de riesgos para el desarrollo local*. Caso de estudio consejo popular caribe, Cuba. *Ecociencia* <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/issue/view/119/225>
- Rímac Seguros S.A. (2014) *Programa de prevención laboral 2014*. <http://prevencionlaboralrimac.com/contenidos/matriz-de-riesgo.aspx>
- Rivero, P (2017). *Diseño de un modelo de gestión de riesgo aplicado a una empresa manufacturera de autopartes*. (Tesis de maestría) Instituto politécnico nacional, sección de estudios de posgrado e investigación. Unidad profesional interdisciplinaria de ingeniería y ciencias sociales y administrativas.
- Robson, C. (2014). *Real World Research* (4th ed.). Wiley.
- Rodríguez, C., & Pérez, M. (2021). El balance entre detalle y manejabilidad en la gestión de riesgos. *Journal of Operations Management*, 18(1), 67-79.

- Rodríguez, Y; Gonzales, J (2014), *Bases epistemológicas de la gestión de la seguridad social en contextos de violencia*. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación, Buenos aires, ISBN: 978-84-7666-210-6 – Artículo 1038
- Rubinstein, R. Y., & Kroese, D. P. (2017). *Simulation and the Monte Carlo method* (3rd ed.). Wiley.
- Salazar, R., Rojano, A., & Figueroa, E. (2012). Aplicaciones de la distribución Weibull en ingeniería de confiabilidad. En Meza Ramos, E. et al. (Eds.), *Memoria del XXI Coloquio Mexicano de Economía Matemática y Econometría* (p. 150). Edición electrónica Eumed.
- Sánchez, E. (2007). Toma de decisiones del gerente de proyectos, a partir del seguimiento de un proyecto de construcción. *Revista Inventum*, 2(2), 25-34. <http://dx.doi.org.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/10.26620/uniminuto.inventum.2.2.2007.25-34>
- Selltiz, C., Jahoda, M., Deutsch, M., & Cook, S. W. (1959). *Research methods in social relations* (2nd ed.). Holt, Rinehart, and Winston.
- Smith, R., Johnson, D., & White, P. (2019). Detailed process evaluation in industrial safety management. *International Journal of Industrial Risk Management*, 8(2), 145-160.
- Smith, J. (2020). *Fundamentals of Physics* (10th ed.). Wiley.
- Spink, P., Longo, F., Echebarría, K. y Stark, C., (2001). *Nueva gestión pública y regulación en América Latina: Balances y desafíos*. Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo.
- Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral – SUNAFIL. (s.f.). *Manual para Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos y Determinación de Controles (IPERC)*. <https://cdn.www.gob.pe/...IPERC.pdf.pdf>
- Takeda, F., Pereira, A., Gonzales, A., & Monterrosa, A. (2017). *Fallas Humanas y Accidentes de Trabajo: Una Contribución de las Investigaciones en Prevención, Control de los Riesgos y Accidentes*. *Ciencia & trabajo*, 19(59), 120-127. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-24492017000200120>
- Thomas, D. R. (2006). A General Inductive Approach for Analyzing Qualitative Evaluation Data. *American Journal of Evaluation*, 27(2), 237-246.

- UNESCO División de Políticas y Planeamiento de la Educación (1987). *Normas y estándares para las construcciones escolares*. <http://unesdoc.unesco.org/images/0007/000701/070131so.pdf>.
- Universidad EAFIT (Escuela de Administración, Finanzas e Instituto Tecnológico) (2010) *Manual para la elaboración de matrices de peligro de investigaciones y proyectos desarrollados en la Universidad EAFIT*, <https://www.eafit.edu.co/investigacion/comunidad-investigativa/semilleros/Documents/MANUAL%20PARA%20ELABORACION%20DE%20MATRICES%20DE%20PELIGRO%20PARA%20INVESTIGACIONES%20Y%20PROYECTOS.pdf>
- Valcárcel, J. (2017) *Nuevo diseño para organizacional para la actividad agroindustrial: Caso Alimentos del Sur*. (tesis para optar el grado de Doctor en Ciencias: con Mención en Economía y Gestión), Universidad Nacional de San Agustín.
- Valerio, R. (2016) *Sistema de gestión en seguridad y control de riesgos de las empresas mineras de caliza en la región* (tesis doctoral en Seguridad y control en Minería), Universidad Nacional del Centro, Unidad de Posgrado Facultad de Ingeniería de Minas.
- Veschi, B. (2019) *Etimología de gestión* <https://etimologia.com/gestion/>
- Von Bertalanffy, L. (1989) *Teoría general de los sistemas*, [7ma edición] Fondo de la cultura económica.
- Vose, D. (2008). *Risk analysis: A quantitative guide*. John Wiley & Sons
- Yepes, V. (2021). *Diagramas de proceso de operaciones como herramienta en el análisis y mejora de procesos*. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2021/06/07/diagramas-de-proceso/>
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE Publications.
- Yingqi, Z., Chao, H., Jiaqiang, L., Jingmin L., Liang. W., Yong W., (2023) *Uncertainty analysis of vehicle-pedestrian accident reconstruction based on unscented transformation*, *Forensic Science International*, Volume 342, ISSN 0379-0738, <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2022.111505>.
- Zambrano, A. (2017). *Cultura organizacional integral, actitudes y comportamientos seguros de trabajadores en empresas de manufacturas en España* (tesis doctoral), Universidad Complutense de Madrid, España.



ANEXOS



Anexo 1 Análisis de los procesos de producción

1) Proceso: Recolección y transporte de la materia prima

Alcance: Aplicable desde la salida de la planta de la unidad de transporte hasta el regreso a la planta de la misma.

Frecuencia: Todas las veces que se deba recoger materia prima con destino de proceso.

Responsable

- El jefe de la sección de recepción y transporte y su equipo de relevo, sean los responsables de hacer cumplir el presente procedimiento.
- Los choferes y ayudantes debidamente capacitados serán los responsables de ejecutar el presente procedimiento.

Número de personas que realizan la actividad: 3

Tiempo de duración: 24 horas

Actividades

- Limpieza y desinfección del vehículo: En aplicación de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) se realiza esta operación para prevenir posibles contaminaciones de la materia prima a transportar. Condiciones y limpieza de las superficies en contacto con el alimento.
- Encendido del sistema de refrigeración: Si el vehículo está equipado con un sistema de refrigeración, este se activará al menos 30 minutos antes de iniciar la carga de la materia prima y se apagará antes de comenzar la carga. Se reiniciará inmediatamente después de completar y asegurar la carga.

- Llenado de las jabas estiba en el vehículo: Se procede a cargar las jabas con la materia prima al vehículo, luego el encargado del fundo entrega una guía de remisión con la cantidad de jabas y peso neto en kilogramos. El chofer verifica que la guía esté correctamente llenada.
- Transporte de la materia prima a las instalaciones. Se seguirá el plan de ruta establecido por el departamento de seguridad

2) Proceso: Recepción y Pesado

Alcance. Todo el producto ingresado a las instalaciones.

Frecuencia: Todos los días en los que se realice el recojo de producto hacia la planta de empaque.

Implementos:

- Cuadernos de control.
- Computadora.
- Termómetro de pulpa.
- Parihuelas plásticas.
- Carretilla hidráulica
- Balanza

Responsable

- La responsabilidad de hacer cumplir este procedimiento recae en el jefe del área de recepción y transporte, así como en su equipo de relevo.
- El personal del área son los que realizaran el presente procedimiento.

Número de personas que realizan la actividad: 3

Tiempo de duración: 24 horas

Actividades:

- Evaluación de la temperatura materia prima: El Jefe del Área de Sección de Recepción y Transporte designará una persona debidamente capacitada para hacer la evaluación.
 - Descarga de las jabas y pesado: El personal procede a descargar las jabas con la materia prima por fondos, si es que hubiera más de un fondo en el vehículo, colocándolas en parihuelas plásticas y anotando la temperatura de pulpa. Se moviliza con una carretilla hidráulica a la balanza para su pesado. Se pesa el producto teniendo como referencia el nombre del fondo, código del fondo y número de jabas, los que serán registrado en un reporte de recepción a fin de que no se mezcle materia prima de diferentes calidades, tamaño y tiempo de conservación.
1. Traslado y estiba en área de recepción: La parihuela se retira de la balanza y se dispone de manera ordenada en el área de recepción, identificándola con carteles que reflejan el código del fondo y el día correspondiente. Se extraen muestras de cada fondo y se lleva a cabo un proceso de inspección, generando un informe de recepción para el área del campo en caso de que sea necesario implementar medidas correctivas.

3) Proceso. Primer lavado y desinfección

Alcance: Aplicable a toda la materia prima que resulte apta según el procedimiento de inspección de materia prima para continuar su proceso de empaque.

Frecuencia: Toda la materia prima que ingrese al proceso de empaque.

Responsable

- El jefe del área de sección de recepción y transporte es responsable de hacer cumplir el presente procedimiento.
- Personal del área se encarga de ejecutar el presente procedimiento.

Número de personas que realizan la actividad: 1

Tiempo de duración: 8 horas

Actividades:

- Preparación del detergente desinfectante: El personal designado debe usar su indumentaria de manera correcta y cumplir con las Buenas Prácticas de Manufactura, de tal forma que garantice la calidad y seguridad del producto. El Supervisor del Área de Recepción solicitará al almacén un volumen estimado del consumo diario del detergente líquido biodegradable Fitosan (ASPN) para facilitar la remoción de residuos inorgánicos (arena y tierra) en dosis de 220 ml para la tina N° 1 de 620 L de capacidad en cada cambio de agua (350 ppm).
- Colocación de las jabas en las tinas de desinfección: El operario se encarga de colocar las jabas con materia prima en forma ordenada por fondo cuando en la tina por un extremo definido.
- Limpieza manual de los turiones en la tina: Mientras las jabas se encuentran sumergidas el operario realiza un proceso de inmersión, removiendo manualmente los turiones por la base para eliminar impurezas sin maltratar el producto. Esta operación se realiza secuencialmente a todas las jabas.
- Retiro de las jabas de la tina de desinfección: Las jabas salen de la tina siguiendo el orden secuencial de su ingreso. El cambio de la solución se realizará aproximadamente cada 250 jabas, determinado por el jefe del área de recepción.

4) Proceso: Hidroenfriado de Materia Prima

Alcance: Toda la materia prima que haya pasado el proceso anterior.

Frecuencia: Cada lote de materia prima por fondo que haya pasado por la etapa de desinfección.

Número de personas que realizan la actividad: 1

Tiempo de duración: 8 horas

Actividades

- Preparación del Hidroenfriador: Verificar que el Hidroenfriado N° 1 logre y mantenga una temperatura entre 2° - 8°C, y verificar que el agua tenga como mínimo 100 ppm de cloro.
- Preparación de la solución clorada: Se designará a una persona para la preparación de la solución según parámetro establecido.
- Estiba de las cargas en parihuelas plásticas: Después de haberse realizado el recorrido de la tina, las bandejas son retiradas y apiladas en una parihuela plástica respetando Nombre del fondo, día y número de lote.

5) Proceso: Almacenamiento de la materia prima

Alcance: Toda materia prima que este en la Cámara N°1 para fines del proceso

Frecuencia: Cada vez que entra un lote de materia prima a Sala de Proceso

Ejecutores: Personal operativo bajo supervisión de Jefe de sección y/o Supervisor de Turno.

Número de personas que realizan la actividad: 1

Tiempo de duración: 8 horas

Actividades

- Desplazamiento de la materia prima: Utilizando carretillas neumáticas se procede a trasladar desde la Cámara N°1 hacia la Sala del Proceso.

- Inspección visual de la materia prima La realiza personal de control de calidad.
- Desinfección por aspersión: Mientras la materia prima se encuentra en la faja transportadora recibe desde unas regaderas la solución respectiva para su limpieza.

6) Proceso: Selección y calibrado

Alcance: Toda la materia prima proveniente de la etapa anterior. Se realiza en Sala de Proceso a una temperatura ($T=15-20^{\circ}$)

Frecuencia: Todos los días.

Materiales

- Faja transportadora
- Parrillas de hierro para poner las jabas
- Jabas plásticas de proceso

Ejecutores: Todos los operarios del área, bajo supervisión

Número de personas que realizan la actividad: 38

Tiempo de duración: 304 horas

Actividades

- Selección y clasificación: La faja de selección y clasificación se utiliza para transportar la materia prima, mientras los trabajadores, utilizando ambas manos, eligen y separan la materia prima que cumple con los estándares de calidad establecidos por el cliente. Aquella que no cumple con estos requisitos se dirige al área de descarte.
- Colocación de la materia prima en jabas. El producto seleccionado se coloca ordenadamente en jabas de plástico para prevenir posibles daños mecánicos.

- Apilado de las jabas: Las jabas del mismo tamaño se colocan una sobre otra. En situaciones en las que al final de la cinta transportadora haya producto adecuado, este caerá en una bandeja para ser posteriormente reintegrado al punto de inicio del proceso (primer lavado).

7) Proceso: Ligado

Alcance: Toda la materia prima proveniente de la etapa anterior

Frecuencia: Todos los días cuando se dé el proceso.

Ejecutores: El producto clasificado es llevado a los operarios, en cada mesa, por personal conocido como “volante”.

Número de personas que realizan la actividad: 28

Tiempo de duración: 224 horas

Frecuencia: Todos los días cuando se dé el proceso.

Actividades

- Ligado. Se agrupan los espárragos dependiendo del calibre, que exige el mercado de destino, sujetos por ligas de colores distintivos.

8) Proceso: Corte y Pesado

Objetivo: Obtener cajas uniformes, que contienen espárrago embachados, bien cortados, pesados e identificables.

Alcance: Todo espárrago que llegue de la etapa anterior.

Número de personas que realizan la actividad: 14

Tiempo de duración: 112 horas

Frecuencia: Todos los días cuando se dé el proceso.

Ejecutores: Operarios previamente calificados para realizar esta operación.

Actividades:

Corte

- El operario de corte agrupa los espárragos, alineándolos con cuidado y evaluando su peso. Envuelve una banda alrededor de ellos y realiza un corte preciso a la altura predefinida.
- Coloca la segunda liga y revisa si algún turión se ha deteriorado, por lo que no debería ir en el atado.
- Asegura el peso usando la balanza y agregando o quitando turiones.
- Organiza las bandas y verifica que no estén dobladas; aplica la etiqueta si es la preferencia del cliente.

Pesado

- El operario (pesador) recoge la caja de la faja y la pone sobre la balanza.
- En caso que no cumpla con el peso requerido, la devuelve al operario para su corrección.
- En caso de que el peso sea correcto se anota en la pizarra para su conteo personal y se detalla del fundo al que pertenece.
- Luego la regresará a la línea para que continúe con la siguiente etapa.

9) Proceso: Llenado y codificado de cajas

Objetivo: Obtener cajas con producto terminado donde el cliente es fácilmente identificable.

Alcance: Todo espárrago que llegue de la etapa anterior.

Frecuencia: Todos los días cuando se dé el proceso.

Ejecutores: Operarios previamente calificados para realizar esta operación.

Número de personas que realizan la actividad: 28

Tiempo de duración: 224 horas

Actividades:

Llenado:

- Acomoda la espuma de poliuretano o paño si está especificado por el cliente.
- Acomoda el espárrago ligado dentro de la caja
- Repite la acción hasta lograr una caja completa con los espárragos ligados requeridos por el cliente según especificación.

Codificado

- Sella la caja y lleva a cabo la codificación correspondiente. En el lado superior, se encuentra una etiqueta que muestra el número de finca, el número de mesa y el día de la semana.
- La presentación de cada caja y/o paquete de espárragos varía según las instrucciones proporcionadas por los supervisores y de acuerdo con las especificaciones establecidas por el cliente.

10)Proceso: Hidroenfriado y desinfección de producto terminado

Objetivo

- Reducir la temperatura de los espárragos empaquetados para extender su vida útil a una temperatura entre 1.0 y 2.5 °C, utilizando agua a una temperatura de 0.5 a 2.0 °C.
- Reducir al máximo la carga microbiana utilizando agua clorada con una concentración de 150 a 250 partes por millón (ppm). Alcance: Todas las cajas que han sido pesadas en la etapa anterior

Frecuencia: Todos los días cuando se dé el proceso.

Materiales

- Vestimenta para bajas temperaturas.

- Hidroenfriador
- Faja transportadora

Ejecutores: Operarios previamente calificados para realizar esta operación.

Número de personas que realizan la actividad: 1

Tiempo de duración: 8 horas

Actividades

- Ubicación de las cajas en el hidroenfriador: Las cajas se preparan y posicionan en la entrada del Hidroenfriador N° 2 en pares, según su calibre correspondiente, sobre la cinta transportadora asociada. Se retiran las cajas del Hidroenfriador N° 2 desde el interior de la cámara N° 3.
- Monitoreo del equipo: El proceso sigue en constante monitoreo para asegurar que los equipos funcionen correctamente, manteniendo la temperatura adecuada y garantizando niveles óptimos de cloro. Se obtienen muestras de la tina ubicada junto al Hidrocooler N°2 para verificar el contenido de cloro libre en la solución suministrada a dicho hidroenfriador.

11) Cambio del agua en el hidroenfriador: Se procederá al cambio del agua en el Hidroenfriador después de cada 10,000 cajas o cuando se observe turbidez en el agua utilizada para el proceso de enfriamiento. Proceso: Paletizado, almacenamiento en cámara y despacho

Alcance: Todas las cajas que pasaron por el túnel del Hidroenfriador

Frecuencia: Todos los días cuando durante el proceso

Materiales

- Vestimenta de trabajo
- Parihuelas de Madera y/o plástica para exportación
- Grapas

- Zunchos
- Prensadora
- Tensionadora
- Carretilla hidráulica
- Esquineros

Ejecutores: Operarios previamente calificados para realizar esta operación.

Número de personas que realizan la actividad: 3

Tiempo de duración: 24 horas

Actividades

- Estiba de las cajas.
 - Esta actividad se lleva a cabo en la Cámara N° 3
 - Se retiran las cajas del Hidroenfriador y se colocan en parihuelas agrupadas por calibre.
 - Conforme salen del Hidroenfriador, las cajas se apilan hasta lograr el número predeterminado por parihuela.
 - Se preparan los zunchos y los esquineros, con las medidas respectivas del embalaje especificado por el cliente.
 - Conforme se completan el número de cajas por parihuela, se embalan con zunchos y esquineros. Se debe tensar bien los zunchos para obtener un grupo compacto y darle mayor estabilidad a la parihuela.
 - Una vez completada una parihuela, se termina de tensar los zunchos poniéndole sus grapas.
 - La parihuela queda lista para su almacenamiento.
- Transporte de las cajas. Al término del embalaje se llevan las cajas al almacén.

- Almacenamiento: Todas las operaciones de almacenamiento y despacho se realizan dentro de la cámara N° 4.
 - Se acomodan las parihuelas, según embarques y clientes, para su respectivo despacho.
 - Se monitorean las temperaturas del producto terminado por parihuela.
(Temperatura producto terminado: 0.5 – 4°C) Se colocan los carteles con los datos finales del embarque.
 - Se colocan los carteles con los datos finales del embarque.
 - Se coordina con la compañía embarcadora la llegada del producto al punto de embarque.
- Limpieza del vehículo: Se efectúa, para prevenir posible contaminación del producto terminado al momento de transportar.
- Inspección del vehículo. Se inspecciona la integridad del vehículo refrigerado o contenedor marítimo. Techo, piso, paredes, puertas y seguros.
- Preparación del vehículo: Se hace enfriar la cámara del vehículo como mínimo 1 hora, hasta que la temperatura de la cámara llegó a la temperatura deseada (temperatura óptima del camión 0.5–4°C).
- Despacho del contenedor: Se cierra la cámara y se asegura de colocar bien el precinto. La manera de colocarlo es introduciendo el extremo por la parte plana, donde figura el código, y halarlo disminuyendo al mínimo el espacio entre este y el ojal de seguridad de la puerta.

12) Proceso: Transporte de producto terminado

Objetivo

Mantener en condiciones adecuadas el transporte del producto terminado durante su traslado desde la planta de empaque hasta el punto de entrega, y garantizar la calidad y seguridad del producto.

Alcance: Aplicable desde el despacho del producto terminado hasta la llegada al punto de embarque.

Frecuencia: Cada vez que sea necesario transportar el embarque.

Responsables: Los choferes y ayudantes son los responsables de ejecutar este procedimiento.

Número de personas que realizan la actividad: 1

Tiempo de duración: 8 horas

Actividades

- Encendido sistema de refrigeración: El conductor del vehículo debe activar el sistema de refrigeración al menos una hora antes de la carga del producto final, manteniendo una temperatura de -2°C .
- Traslado al punto de embarque: El conductor seguirá el itinerario predefinido por el departamento de seguridad para llegar al punto de carga.

Anexo 2 Lista de verificación de Seguridad Industrial para instalaciones

VERIFICACION		CUMPLIMIENTO		OBSERVACION CASO NO APLIQUE	ACCION CORRECTIVA
		SI	NO		
SEÑALIZACIÓN					
1	¿Se ha señalado la obligatoriedad de Empleo de EPPs en el área?				
2	¿Se ha señalado la ubicación de los equipos contra incendios?				
3	¿Se ha señalado las zonas seguras, vías de escape y circulación?				
4	¿Se ha señalado la maquinaria con alguna señal de advertencia específica por el tipo de trabajo?				
5	¿Se encuentra a la vista el plano de evacuación de las instalaciones?				
6	¿Se encuentra el Mapa de riesgos a la vista de los trabajadores?				
7	¿Existen indicadores de la temperatura ambiental dentro del área de trabajo?				
ORDEN Y LIMPIEZA					
8	¿Las herramientas están en buen estado y tiene su lugar para ubicarlas?				
9	¿Los pasillos están seguros y libres de obstrucciones?				
10	¿Los pisos están limpios, secos sin desperdicios o materiales innecesarios?				
11	¿Existen recipientes para la basura y están ubicados en zonas de ventilación?				
12	¿Las paredes y ventanas están limpias para las operaciones del lugar y sin colgantes innecesarios?				
13	¿Las escaleras están limpias y libres, iluminadas con pasamanos?				
INSTALACIONES ELÉCTRICAS					

14	¿Los cables se encuentran entubados o con canaletas?				
15	¿Los empalmes son adecuados?				
16	¿Utilizan tomacorrientes industriales y están en buenas condiciones?				
17	¿Se encuentran con línea a tierra (pozo a tierra)?				
18	¿Se cuentan con llaves termo magnéticas y los tableros se encuentran señalizados y con el diagrama de instalación?				
PREVENCION DE INCENDIOS					
20	¿Cuenta con el número de extintores suficientes?				
21	¿Los equipos contraincendios están operativos?				
22	¿Los trabajadores están capacitados en el uso de equipos contraincendios?				
23	¿Los materiales están ordenados y clasificados para evitar un incendio?				
SUSTANCIAS QUIMICAS					
24	¿Los envases están almacenados en lugares ventilados?				
25	¿Los productos de limpieza se usan en lugares ventilados?				
26	¿Los envases de sustancias químicas en general cuentan con etiquetas o están identificadas?				
27	¿Tiene a la mano las hojas MSDS de los productos que utiliza el área?				
28	¿Se encuentran los productos químicos segregados de acuerdo a sus características químicas?				
EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL					
29	¿Los trabajadores usan EPPs?				
30	¿Los EPPs están en buenas condiciones?				

31	¿Se usan correctamente los EPPs?				
32	¿Es el EPPs adecuado a la actividad que realiza?				
33	¿Tienen actualizado el registro de entrega de EPPs?				
HIGIENE INDUSTRIAL					
34	¿Es adecuada la ventilación natural de acuerdo al trabajo que realizan?				
35	¿En caso de tener ventilación artificial es adecuada de acuerdo al trabajo que realizan?				
36	¿Es la iluminación adecuada en el área de trabajo?				
37	¿En caso de tener iluminación artificial es adecuada en los lugares de trabajo?				
38	¿Las luminarias se encuentran en buen estado de conservación?				
39	¿Cuentan los pisos con la rugosidad necesaria para evitar deslizamientos o tropiezos al desplazarse?				
40	¿Cuentan los pisos con el drenaje necesario para facilitar su limpieza y evacuación de fluidos?				
41	¿Las mesas y sillas cuentan con el tamaño y altura necesaria para efectuar la tarea asignada?				
42	¿Son los tableros de las mesas del material adecuado que facilite el trabajo y la limpieza				
43	¿Son las puertas del ancho necesario para que pueda transitar la carga dentro de la planta?				
PROTECCION DE MAQUINARIAS Y EQUIPO					
44	¿Están limpios y libres de materiales innecesarios o colgantes?				
45	¿las maquinarias tienen resguardos correspondientes?				

46	¿Cuentan con un plan de mantenimiento preventivo actualizado?				
CAPACITACION					
47	¿Se capacita al personal en la tarea que va a realizar?				
48	¿Se realizan capacitaciones de seguridad y salud en el trabajo?				
49	¿Se tiene una lista de asistencia de los trabajadores que asistieron a la capacitación?				
50	¿Se tiene un cronograma anual de capacitaciones en seguridad y salud en el trabajo?				
51	¿Son las capacitaciones evaluadas con un examen?				

Resultados de los Cuestionarios y Análisis Gráfico

Este anexo presenta los resultados obtenidos de los cuestionarios aplicados a los trabajadores de la empresa agroindustrial. Los cuestionarios fueron diseñados para evaluar la frecuencia de uso del equipo de protección personal (EPP), la percepción de los riesgos ergonómicos y la formación en seguridad laboral. Se incluyen gráficos que ilustran los datos recopilados y un análisis interpretativo de los resultados.

1) Frecuencia de Uso del Equipo de Protección Personal (EPP)

Los cuestionarios revelaron que el 70% de los trabajadores utilizan el EPP 'Siempre', mientras que el 20% lo utilizan 'A veces' y el 10% 'Rara vez'. Estos resultados indican una adherencia mayoritaria a las normas de seguridad, pero también resaltan la necesidad de mejorar el cumplimiento entre aquellos que no usan el EPP de forma regular.

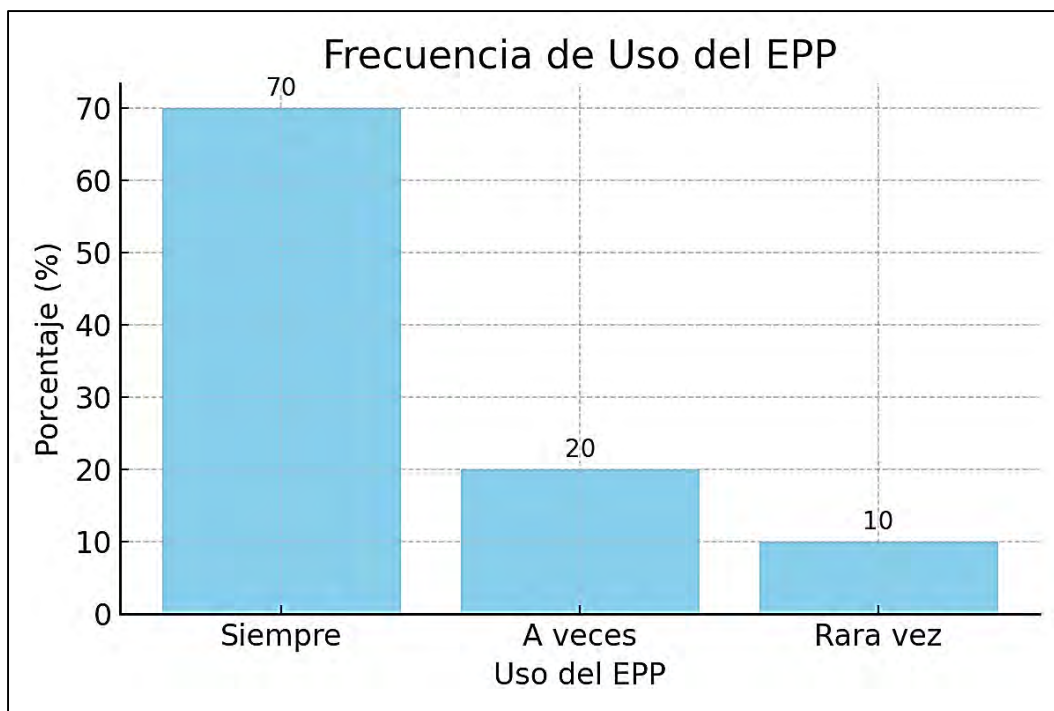


Figura1: Frecuencia de Uso del EPP

La Figura 1 muestra la evolución de las exportaciones agrarias del Perú entre 2020 y 2024, destacando un crecimiento sostenido en este periodo. Este crecimiento puede estar influenciado por factores como el incremento de la demanda global de productos frescos, así como por la apertura de nuevos mercados internacionales y el apoyo gubernamental a la agro exportación. Sin embargo, el crecimiento de las exportaciones también introduce desafíos significativos en la gestión de riesgos en el sector agroindustrial, ya que el aumento en el volumen de producción y exportación eleva la exposición a riesgos laborales relacionados con la seguridad y la salud en el trabajo.

La interpretación de esta figura es esencial para entender cómo el incremento en las exportaciones se relaciona con la necesidad de mejorar los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo, particularmente en la agroindustria. Un crecimiento

acelerado puede requerir nuevas estrategias para manejar el incremento en la carga laboral, la capacitación de nuevos trabajadores, y la implementación de medidas preventivas que aseguren un ambiente de trabajo seguro. Además, la variabilidad en las exportaciones puede reflejar incertidumbres que también impactan la planificación y gestión de los recursos humanos y la infraestructura para mitigar riesgos. Por lo tanto, entender la dinámica de crecimiento de las exportaciones agrarias resulta crucial para anticipar y gestionar los riesgos asociados en el sector agroindustrial.

2) Percepción de Riesgos

Los trabajadores identificaron los riesgos ergonómicos más relevantes en su entorno laboral. El 65% señaló la exposición a maquinaria pesada como un riesgo significativo, seguido por un 45% que mencionó la manipulación de sustancias químicas. Estos resultados subrayan la importancia de estos factores y la necesidad de implementar medidas de control efectivas.

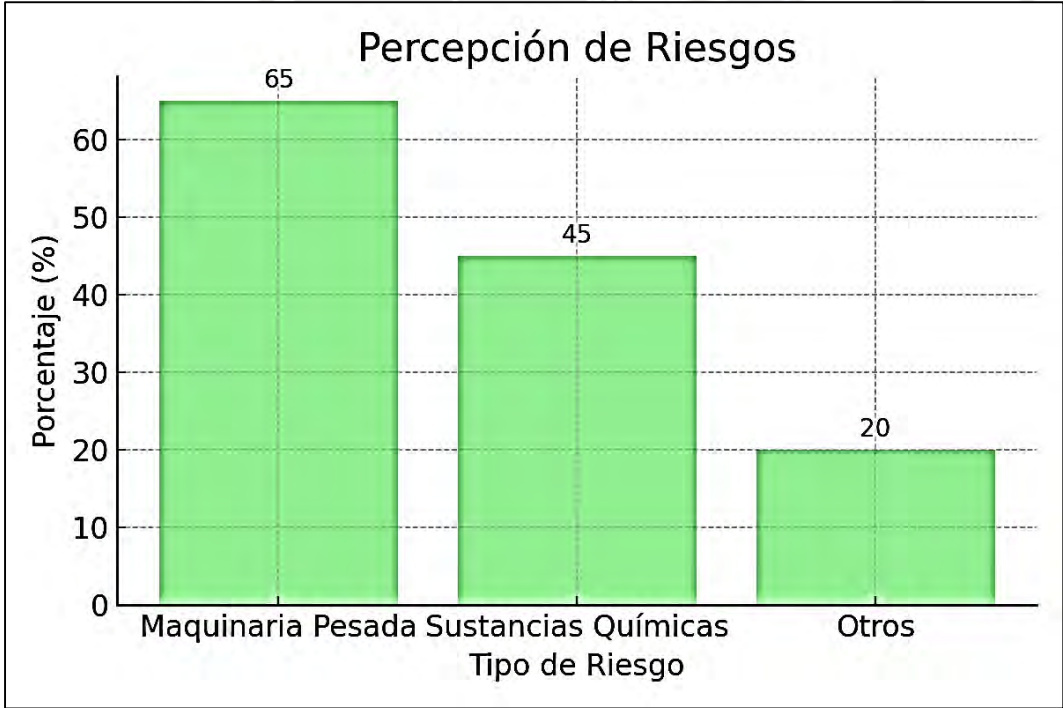


Figura 2: Percepción de Riesgos
Fuente: Elaboración propia

3) Conocimiento y Formación

En relación con la formación en seguridad laboral, el 80% de los trabajadores considera que han recibido una formación 'Adecuada', mientras que un 15% la califica como 'Insuficiente' y un 5% como 'Nula'. Esto indica que la mayoría se siente bien capacitada, pero hay margen para mejorar la formación y concienciación en seguridad laboral.

Gráfico 3: Conocimiento y Formación

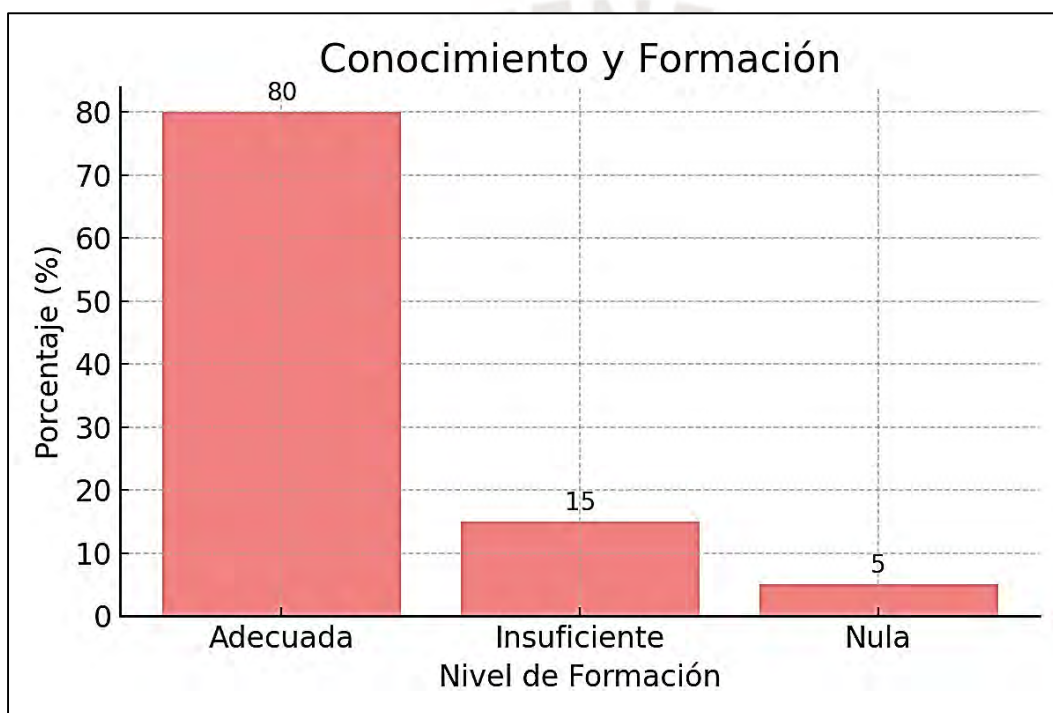


Figura 2 Conocimiento y formación
Fuente: Elaboración propia

4) Análisis e Interpretación

Los resultados de los cuestionarios muestran una buena percepción general de los riesgos laborales y un cumplimiento mayoritario con las prácticas de seguridad. Sin embargo, la variabilidad en el uso del EPP y la percepción de riesgos específicos indican áreas donde se pueden mejorar las estrategias de seguridad y formación. La

empresa debe considerar estas áreas para reforzar la cultura de seguridad y reducir el riesgo de accidentes laborales.

5) Conclusiones del instrumento

Este análisis sugiere que, si bien existe una comprensión general de los riesgos ergonómicos y una adherencia a las prácticas de seguridad, es crucial mejorar la concienciación y el uso del EPP entre todos los trabajadores. La implementación de programas de capacitación más efectivos y la promoción de una cultura de seguridad más sólida son esenciales para mitigar los riesgos laborales.

Personal que participo en la elaboración del Instrumento

Para la elaboración de este instrumento se tuvo la colaboración de quince profesionales expertos en seguridad industrial y salud ocupación tanto por méritos académicos o por haber laborado por más de cinco años de experiencia en el tema. Siendo la seguridad industrial multidisciplinaria los expertos consultados son de diferentes profesiones.

1. Ingeniero agrónomo, magister en ingeniería ambiental profesor catedrático de la escuela profesional de ingeniería agroindustrial de la universidad nacional Federico Villarreal, consultor en la aplicación de sistemas gestión.
2. Dos (02) Ingeniero industrial, profesor catedrático por veinte años de la escuela profesional de ingeniería agroindustrial de la universidad nacional Federico Villarreal, con igual cantidad de años de experiencia laboral en empresas agroindustriales.
3. Ingeniero industrial, profesor catedrático por veinte años de la escuela profesional de ingeniería industrial de la universidad nacional Federico Villarreal y universidad nacional mayor de San Marcos.

4. Ingeniero industrial, profesor catedrático de la escuela de posgrado de la universidad nacional Federico Villarreal, experto en seguridad industrial.
5. General de División del Ejército Peruano magister en administración, catedrático de la escuela de posgrado de la universidad nacional Federico Villarreal con más de 10 años de experiencia como gerente de recursos humanos en empresas mineras.
6. Ingeniera civil, magister en seguridad industrial y protección ambiental con más de 5 años de experiencia en seguridad industrial y protección ambiental.
7. Ingeniero civil, magister en seguridad industrial y protección ambiental con más de 5 años de experiencia en seguridad industrial y protección ambiental.
8. Ingeniero ambiental, magister en seguridad industrial y protección ambiental con más de 5 años de experiencia en seguridad industrial y protección ambiental.
9. Ingeniero electricista, magister en seguridad industrial y protección ambiental con más de 5 años de experiencia en seguridad industrial y protección ambiental.
10. Ingeniero químico, magister en seguridad industrial y protección ambiental con más de 5 años de experiencia en seguridad industrial y protección ambiental.
11. Licenciado en química, magister en seguridad industrial y protección ambiental con más de 5 años de experiencia en seguridad industrial y protección ambiental.
12. Ingeniera agroindustrial, magister en negocios internacional con más de 10 años de experiencia en empresas exportadoras de espárrago.
13. Ingeniero industrial, experta en sistemas de automatización en planta, con más de 5 años de experiencia en el área de recursos humanos, en empresas del Reino de España.
14. Licenciado en ciencias militares auditor senior en OHSAS 14001 con más de 10 años de experiencia en empresas en los Estados Unidos de América.

Anexo 3 Matriz de evaluación para riesgos

		CONSECUENCIA		
		LIGERAMENTE DAÑINO	DAÑINO	EXTREMADAMENTE DAÑINO
P R O B A B I L I D A D	BAJA	TRIVIAL (0 - 4)	TOLERABLE (5-8)	MODERADO (9-16)
	MEDIA	TOLERABLE (5-8)	MODERADO (9-16)	IMPORTANTE (17-24)
	ALTA	MODERADO (9-16)	IMPORTANTE (17-24)	INTOLERABLE (25-36)

ESTIMACION DEL RIESGO

PUNTAJE	GRADO DEL RIESGO
25 - 36	INTOLERABLE (IT)
17 - 24	IMPORTANTE (IM)
09 - 16	MODERADO (M)
05 - 08	TOLERABLE (TO)
0 - 04	TRIVIAL (TR)

TRIVIAL	No es necesario tomar ninguna medida.
TOLERABLE	No es necesario implementar ninguna medida preventiva en este momento; no obstante, se deben explorar alternativas más rentables o mejoras que no representen una carga económica significativa. Es crucial realizar revisiones periódicas para garantizar la eficacia continua de las medidas de control.
MODERADO	Se deben realizar esfuerzos para disminuir el riesgo, identificando las inversiones necesarias. Las medidas para reducir el riesgo deben implementarse en un momento específico. En casos donde existe un riesgo moderado vinculado con consecuencias extremadamente perjudiciales (mortales o muy graves), se requiere una acción adicional para evaluar con mayor precisión la probabilidad de daño. Esto servirá como base para determinar la necesidad de mejorar las medidas de control.
IMPORTANTE	No se debe iniciar la tarea hasta que se haya mitigado el riesgo; es posible que se requieran recursos significativos para controlar el riesgo. Cuando el riesgo está asociado con una tarea en curso, es necesario abordar el problema en un período de tiempo más breve que en el caso de riesgos moderados.
INTOLERABLE	No se deben iniciar ni continuar las labores hasta que el riesgo se haya reducido. En situaciones donde, incluso con recursos ilimitados, no sea posible mitigar el riesgo, se debe prohibir la realización del trabajo.

Fuente: RM N°050-2013-TR

Anexo 4 Matrices IPERC

RIESGO: Combinación entre la probabilidad de que ocurra un evento peligroso y la magnitud de sus consecuencias.

RIESGO = PROBABILIDAD (P) X SEVERIDAD (S)

Donde:

$$P = A + B + C + D$$

A: Número de personas expuestas

B: Procedimientos existentes

C: Capacitación

D: Frecuencia de exposición

DETERMINACION DE LA SEVERIDAD	
INDICE	Severidad (consecuencia)
1	Lesión sin incapacidad (S)
	Discomfort/Incomodidad (SO)
2	Lesión con incapacidad temporal (S)
	Daño a la salud reversible
3	Lesión con incapacidad permanente(S)
	Daño a la salud irreversible

DETERMINACION DE PROBABILIDAD					SEVERIDAD (CONSECUENCIAS)	ESTIMACION DE RIESGO		
INDICE	PERSONAS EXPUESTAS (A)	PROCEDIMIENTOS EXISTENTES (B)	CAPACITACION (C)	EXPOSICION AL RIESGO (D)		PUNTAJE	GRADO DE RIESGO	COLOR DE FONDO
1	3	Existen procedimientos, son suficientes y satisfactorios.	Personal entrenado conoce el peligro y los previene	Al menos una vez al año.	Lesión sin incapacidad (S)	0 - 4	TRIVAL (TR)	VERDE
				Esporádicamente	Disconfort/Incomodidad (SO)	5 - 8	TOLERABLE (TO)	VERDE
2	12	Existen procedimientos parciales, no son suficientes y satisfactorios.	Personal parcialmente entrenado, conoce el peligro pero no toma acciones de control.	Al menos una vez al mes.	Lesión con incapacidad temporal (S)	9 - 16	MODERADO (M)	AMARILLO
				Eventualmente.	Daño a la salud irreversible.	17 - 24	IMPORTANTE (IM)	AMARILLO
3	más de 12	No existen	Personal no entrenado, no toma acciones de control.	Al menos una vez al día	Lesión con incapacidad permanente (S)	25 - 36	INTOLERABLE (IT)	ROJO
				Permanentemente.	Daño a la salud irreversible			ROJO

Fuente: RM N°050-2013-TR

IDENTIFICACION DE PELIGROS EVALUACION DE RIESGOS Y MEDIDAS DE CONTROL (IPERC)

PROCESO	ACTIVIDAD	PELIGROS IDENTIFICADOS	RIESGOS	PROBABILIDAD					RIESGO = PXS	CLASIFICACION DEL RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL	CLASIFICACION DESPUES DE LA MEDIDA DE CONTROL
				INDICE DE PERSONAS EXPUESTAS (A)	INDICE DE PROCEDIMIENTOS EXISTENTES (B)	INDICE DE CAPACITACION (C)	INDICES DE EXPOSICION AL RIESGO (D)	INDICE DE PROBABILIDAD (P)				

Fuente: RM N°050-2013-TR

Anexo 5 Identificación de peligros, evaluación de riesgos y medidas de control delos procesos de producción

Tipo de Empresa: Procesadora de esparrago fresco

Proceso: Recojo y transporte de materia prima

ACTIVIDAD	PELIGROS IDENTIFICADOS	RIESGOS	A	B	C	D	P	S	R	CLASIFICACION DEL RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL
Limpieza y desinfección del vehículo	El vehículo, la altura, el agua, el desinfectante, los utensilios de limpieza	Mecánicos, físicos, químico, fisicoquímico, ergonómicos.	1	2	2	3	8	2	16	MODERADO (M)	Empleo de EPP. Hoja MSDS.
Encendido del sistema de refrigeración	El sistema eléctrico	Eléctrico.	1	2	2	3	8	2	16	MODERADO (M)	Lista de verificación del equipo, capacitación. Sistema contra incendios. Empleo de EPP.
Llenado de las jabas estiba en el vehículo	Las jabas, el peso, la altura, la carretilla hidráulica, el piso.	Mecánicos, físicos, ergonómicos.	1	2	2	3	8	2	16	MODERADO (M)	Empleo de EPP, Lista de verificación equipo
Transporte de la materia prima a las instalaciones	Las jabas, el peso, la altura, la carretilla hidráulica, el piso.	Mecánicos, físicos, ergonómicos, instalaciones	1	2	2	3	8	2	16	MODERADO (M)	Empleo de EPP, Lista de verificación equipo

En el proceso de recepción y pesado se inician los procesos dentro de las instalaciones siendo el riesgo de carácter de MODERADO por ser de esfuerzo físico mecánico y

ergonómico con personal limitado que requiere medidas capacitación y procedimientos de trabajo establecidos.

Proceso: Recepción y pesado

ACTIVIDAD	PELIGROS IDENTIFICADOS	RIESGOS	A	B	C	D	P	S	R	CLASIFICACION DEL RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL
Evaluación de la temperatura materia prima:	El medidor de temperatura	Ergonómico	1	1	1	3	6	1	6	TOLERABLE (TO)	Empleo de EPP, Lista de verificación equipo, capacitación.
Descarga de las jabas y pesado	Las jabas, el peso, la altura, la carretilla hidráulica, el piso.	Mecánicos, físicos, ergonómicos, instalaciones.	1	2	2	3	8	2	16	MODERADO (M)	Empleo de EPP, Lista de verificación equipo, capacitación.
Traslado y estiba en área de recepción	Las jabas, el peso, la altura, la carretilla hidráulica, el piso.	Mecánicos, físicos, ergonómicos, instalaciones.	1	2	2	3	8	2	16	MODERADO (M)	Empleo de EPP, Lista de verificación equipo, señalización.

El riesgo se eleva a la categoría de IMPORTANTE, en esta parte del proceso debido a la presencia de trabajos en frío y aumenta la cantidad de trabajadores expuestos al riesgo, se vuelve más importante el uso de medidas administrativas y uso de equipos de protección personal.

Proceso: Primer lavado y desinfección

ACTIVIDAD	PELIGROS IDENTIFICADOS	RIESGOS	A	B	C	D	P	S	R	CLASIFICACION DEL RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL
Preparación del detergente desinfectante	El frio, el agua, el detergente.	Mecánicos, químico, ergonómicos, instalaciones. fisicoquímicos	1	2	2	3	8	3	24	IMPORTANTE (IM)	Empleo de EPP, Hoja MSDS, capacitación.
Colocación de las jabas en las tinas de desinfección	El frio, el agua, las jabas, el peso, el detergente.	Mecánicos, físicos, químicos, ergonómicos, fisicoquímicos.	1	2	2	3	8	3	24	IMPORTANTE (IM)	Empleo de EPP, Lista de verificación equipo, capacitación.
Limpieza manual de los turiones en la tina	El frio, el agua, las jabas, el peso, el detergente.	Mecánicos, físicos, químicos, ergonómicos, fisicoquímicos	1	2	2	3	8	3	24	IMPORTANTE (IM)	Empleo de EPP, Hoja MSDS, Lista de verificación equipo, capacitación.
Retiro de las jabas de la tina de desinfección	Las jabas, el peso, la altura, la carretilla hidráulica, el piso.	Mecánicos, físicos, químicos, ergonómicos, instalaciones, fisicoquímicos	1	2	2	3	8	3	24	IMPORTANTE (IM)	Empleo de EPP, señalización.

En esta etapa el riesgo principal es el trabajo en baja temperatura, el uso de equipos de protección personal es lo más importante como medida de control y capacitación en el uso de maquinaria. Debe tenerse cuidado en el riesgo en el trabajador junto con la inocuidad del esparrago en el proceso.

Proceso: Hidroenfriado de materia

ACTIVIDAD	PELIGROS IDENTIFICADOS	RIESGOS	A	B	C	D	P	S	R	CLASIFICACION DEL RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL
Preparación del hidroenfriador	El hidroenfriador, sistema eléctrico	Eléctrico	1	2	2	3	8	3	24	IMPORTANTE (IM)	Lista de verificación del equipo, capacitación. Sistema contra incendios, Empleo de EPP, capacitación
Preparación de la solución clorada	La solución clorada, el frio, el peso	Físico, químico, fisicoquímicos	1	2	2	3	8	3	24	IMPORTANTE (IM)	Hoja MSDS, Empleo de EPP, capacitación.
Estiba de las cargas en parihuelas plásticas	Las jabas, el peso, la altura, la carretilla hidráulica, el piso.	Físico, ergonómico, instalaciones.	1	2	2	3	8	2	16	MODERADO (M)	Empleo de EPP, señalización.

El riesgo del proceso es de carácter MODERADO, como consecuencia de factores físicos y ergonómicos por el desplazamiento de la materia prima dentro de las instalaciones donde el contacto con el frio y al agua es el riesgo principal. El uso se equipos de protección personal es lo más importante.

Proceso: Almacenamiento de la materia prima

ACTIVIDAD	PELIGROS IDENTIFICADOS	RIESGOS	A	B	C	D	P	S	R	CLASIFICACION DEL RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL
Desplazamiento de la materia prima	Las jabas, el peso, la altura, la carretilla hidráulica, el piso.	Físico, ergonómico, instalaciones.	1	2	2	3	8	2	16	MODERADO (M)	Empleo de EPP, señalización.
Inspección visual de la materia prima	El frio, el piso.	Físico, instalaciones	1	2	2	3	8	1	8	TOLERABLE (TO)	Empleo de EPP.

Desinfección por aspersión:	El agua, el frio, la solución clorado, el piso	Físico, químico.	1	2	2	3	8	2	16	MODERADO (M)	Empleo de EPP.
-----------------------------	--	------------------	---	---	---	---	---	---	----	---------------------	----------------

En el proceso de selección y calibrado, la transformación significativa de la materia prima ocurre a 15 °C. En esta etapa, el riesgo físico disminuye, y el orden y limpieza son medidas esenciales de control, clasificadas como MODERADO

Proceso: Selección y calibrado

ACTIVIDAD	PELIGROS IDENTIFICADOS	RIESGOS	A	B	C	D	P	S	R	CLASIFICACION DEL RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL
Selección y clasificación	Las jabas, el peso, la altura, la carretilla hidráulica, el piso.	Físico, ergonómico, instalaciones.	3	1	1	3	8	1	8	TOLERABLE (TO)	Empleo de EPP, capacitación.
Colocación de la materia prima en jabas	Las jabas, el peso, la altura, la carretilla hidráulica, el piso.	Físico, ergonómico, instalaciones.	3	1	1	3	8	2	16	MODERADO (M)	Empleo de EPP, capacitación. Orden y limpieza.
Apilado de las jabas	Las jabas, el peso, la altura, la carretilla hidráulica, el piso.	Físico, ergonómico, instalaciones.	3	1	2	3	9	2	18	MODERADO (M)	Empleo de EPP, capacitación. Orden y limpieza.

En el caso del Ligado los riesgos y medidas de control de las mismas características que el proceso anterior donde el orden y limpieza es la medida de control más importante y su clasificación es TOLERABLE.

Proceso: Ligado

ACTIVIDAD	PELIGROS IDENTIFICADOS	RIESGOS	A	B	C	D	P	S	R	CLASIFICACION DEL RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL
Ligado	El frio, el peso el piso.	Físico, ergonómico, instalaciones.	3	1	1	3	8	1	8	TOLERABLE (TO)	Empleo de EPP, capacitación.

ACTIVIDAD	PELIGROS IDENTIFICADOS	RIESGOS	A	B	C	D	P	S	R	CLASIFICACION DEL RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL
Llenado	Las bajas temperaturas, la carga, la superficie y la utilización de una carretilla hidráulica.	Físico, ergonómico, instalaciones.	3	1	1	3	8	2	16	MODERADO (M)	Lista de verificación de equipo, Empleo de EPP, capacitación. Orden y limpieza.
Codificado	El frio, el peso, el piso, sistema de codificado.	Físico, ergonómico, instalaciones.	3	1	1	3	8	1	8	TOLERABLE (TO)	Lista de verificación de equipo, Empleo de EPP, capacitación. Orden y limpieza.

En este proceso el frio vuelve a ser el factor más importante del riesgo para los trabajadores a esto se suma la exposición a factores físicos como el cambio de agua con soluciones cloradas la capacitación y principalmente el uso de equipos de protección personal son las medidas de control más importantes conforme se observa en la Tabla 17 los riesgos son IMPORTANTE.

Proceso: Hidroenfriado y desinfección de producto terminado

ACTIVIDAD	PELIGROS IDENTIFICADOS	RIESGOS	A	B	C	D	P	S	R	CLASIFICACION DEL RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL
Colocación de cajas en el Hidroenfriador	Las bajas temperaturas, la carga, la superficie y la utilización de	Físico, ergonómico, instalaciones.								IMPORTANTE (IM)	Lista de verificación de equipo, Empleo de EPP, capacitación. Orden y limpieza.

	la carga, la superficie y el uso de una carretilla hidráulica.	ergonómicos.										
Almacenamiento	Las bajas temperaturas, la carga, la superficie y el uso de una carretilla hidráulica.	Mecánicos, físicos, ergonómicos.	1	2	2	3	8	2	16		MODERADO (M)	Empleo de EPP, capacitación. Orden y limpieza.
Limpieza del vehículo	El vehículo, la altura, el agua, el agente desinfectante y los implementos de limpieza.	Mecánicos, físicos, ergonómicos.	1	2	2	3	8	2	16		MODERADO (M)	Empleo de EPP, uso hoja MSDS, Orden y limpieza.
Inspección del vehículo	El vehículo, la altura, el agua, el desinfectante, el piso del vehículo.	Mecánicos, físicos, ergonómicos.	1	2	2	3	8	1	8		TOLERABLE (TO)	Empleo de EPP, uso hoja MSDS, Orden y limpieza.
Preparación del vehículo	El vehículo, la altura, el agua, el desinfectante, el piso del vehículo.	Mecánicos, físicos, ergonómicos.	1	2	2	3	8	1	8		TOLERABLE (TO)	Empleo de EPP, uso hoja MSDS, Orden y limpieza.
Despacho del contenedor	El frío, las jabas, el peso, la altura, el piso, la carretilla hidráulica.	Mecánicos, físicos, ergonómicos.	1	2	2	3	8	2	16		TOLERABLE (TO)	Empleo de EPP, uso hoja MSDS, Orden y limpieza, lista de verificación del equipo.

Proceso: Transporte de producto terminado

ACTIVIDAD	PELIGROS IDENTIFICADOS	RIESGOS	A	B	C	D	P	S	R	CLASIFICACION DEL RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL
Encendido sistema de refrigeración	Sistema eléctrico.	Eléctrico.	1	2	2	3	8	1	8	TOLERABLE (TO)	Lista de verificación del equipo, empleo de EPP, sistema contra incendios.
Traslado al punto de embarque	El vehículo, desplazamiento.	Mecánicos, físicos, ergonómicos.	1	2	2	3	8	2	16	MODERADO (M)	Lista de verificación del vehículo, itinerario, empleo de EPP.

Este es el proceso final de toda la cadena de producción donde el producto final es enviado a la zona de embarque, al igual que el proceso de recojo y transporte de materia prima se realizan fuera de las instalaciones con un número mucho menor de trabajadores expuestos. La capacitación y medidas de control administrativa serían las medidas de control más significativo. Por ello los riesgos son MODERADO Y TOLERABLE.

Anexo 6 Programación en RStudio para obtención de resultados

```
# *****instalando base de datos y librerias *****

install.packages("rriskDistributions")
library(rriskDistributions)

library(readxl)
test1 <- read_excel("test1.xlsx")
#View(test1)

#View(dataset)
library(readxl)

View(test1)
x<-test1$Prueba1
#view(x)

# sale pantalla de ajustes de distribuciones
fit.cont(x)

# *****weibull 3 parametros *****
install.packages("flexsurv")
library(flexsurv)
install.packages("FAdist")
library(FAdist)
# Densidad para x=2, forma=1, escala=1, y umbral=0
```

```
# Función de distribución para x=2, forma=1, escala=1, y umbral=0
probabilidad <- pweibull3(2, shape=1.655, scale=19.916)
summary(probabilidad)
# Función cuantil para p=0.5, forma=1, escala=1, y umbral=0
cuantil <- qweibull3(0.5, shape=1.655, scale=19.916, thresh=3.818)
pweibull3(36,1.655,19.916)
```

```
# *****weibull 3 parametros *****
```

```
rriskFitdist.cont(x,"norm")$estimate
rriskFitdist.cont(x,"weibull")$estimate
mediaW=mean(x)
```

```
sqrt(var(x))
```

```
#grafico
```

```
hist(x, main="Histograma de Riesgos")
```

```
install.packages("fitdistr")
```

```
library("fitdistr")
```

```
install.packages("fitdistrplus")
```

```
library("fitdistrplus")
```

```
fw=fitdist(x,"weibull")
```

```
fw1=fitdist(x,"weibull3")
```

```
fwG=fitdist(x,"gamma")
```

```
fwN=fitdist(x,"norm")
```

```
summary(fw)
```

```
# ajuste de datos a weibull de 3 parametros
```

```
install.packages("FAdist")
```

```
library(FAdist)
```

```
fw1=fitdist(x,"weibull3", start = list(shape = 1, scale = 2,thres=3))
```

```
summary(fw1)
```

```
shapeW3=1.655726
```

```
scalaW3= 13.916309
```

```
threshw3=3.818
```

```
#####Calculando la probabilidad#####
```

```
summary(fw)
```

```
summary(fwG)
```

```
summary(fwN)
```

```
shapeW=2.327417
```

```
scalaW= 18.439859
```

```
shapeG= 4.6041404
```

```
rateG= 0.2818917
```

```
mediaN=16.333000
```

```
desvN= 7.366282
```

```
summary(fwN)
```

```
plot(fw)
```

```
plot(fw1)
```

```
plot(fwG)
```

```
plot(fwN)
```

```
summary(fw1)
```

```
pweibull3(4,shapeW3,scalaW3,threshw3)  
pweibull3(5,shapeW3,scalaW3,threshw3)  
pweibull3(6,shapeW3,scalaW3,threshw3)  
pweibull3(7,shapeW3,scalaW3,threshw3)  
pweibull3(8,shapeW3,scalaW3,threshw3)  
pweibull3(9,shapeW3,scalaW3,threshw3)  
pweibull3(10,shapeW3,scalaW3,threshw3)  
pweibull3(11,shapeW3,scalaW3,threshw3)  
pweibull3(12,shapeW3,scalaW3,threshw3)  
pweibull3(14,shapeW3,scalaW3,threshw3)  
pweibull3(15,shapeW3,scalaW3,threshw3)  
pweibull3(16,shapeW3,scalaW3,threshw3)  
pweibull3(18,shapeW3,scalaW3,threshw3)  
pweibull3(20,shapeW3,scalaW3,threshw3)  
pweibull3(21,shapeW3,scalaW3,threshw3)  
pweibull3(22,shapeW3,scalaW3,threshw3)  
pweibull3(24,shapeW3,scalaW3,threshw3)  
pweibull3(27,shapeW3,scalaW3,threshw3)  
pweibull3(30,shapeW3,scalaW3,threshw3)  
pweibull3(33,shapeW3,scalaW3,threshw3)  
pweibull3(36,shapeW3,scalaW3,threshw3)
```

```
library(tidyverse)
```

```
#####
```

```

test1 <- read_excel(file.choose())
x<-as.numeric(test1$Prueba1)

# Función de log-verosimilitud negativa
nll_weibull3 <- function(params, data) {
  shape <- params[1]
  scale <- params[2]
  location <- params[3]

  loglik <- sum(dweibull(data - location, shape = shape, scale = scale, log = TRUE))
  return(-loglik)
}

# Optimizar
start_values <- c(shape=1.7, scale=13, location=3)
result <- optim(par = start_values, fn = nll_weibull3, data = x)

# Ver resultados
result$par
pweibull(datos - 3.81 , shape = 1.54909, scale = 13.91)

#*****
library(fitdistrplus)
data("groundbeef", package = "fitdistrplus")
data("salinity", package = "fitdistrplus")

plotdist(x)

```

```

ggplot(x, aes(x = "TTF MIN")) + geom_density(x)
plotdist(groundbeef$-serving, histo = TRUE, demp = TRUE)
descdist(x)
fw1 <- fitdist(groundbeef$-serving, "weibull3")
library(FAdist)

```

```

fw1 <- fitdist(x, "weibull3", start = list(shape = 1, scale = 1))
summary(fw1)
mean(x)

```

```

# prueba de hipótesis evaluación de riesgos
#Se ingresa los datos
riesgo_mediana <- c(
  21.0, 24.0, 18.0, 21.0, 24.0, 24.0, 24.0, 21.0, 14.0, 21.0, 24.0,
  19.5, 24.0, 24.0, 16.0, 24.0, 24.0, 16.0, 24.0, 21.0, 24.0, 24.0,
  24.0, 16.0, 24.0, 24.0, 24.0, 24.0, 18.0, 24.0, 24.0, 24.0, 18.0,
  14.0, 24.0, 24.0, 24.0
)

```

```
#####
```

```

riesgo_mediana2 <- sort(riesgo_mediana)
ind <- which(riesgo_mediana2 < 18)

```

```
res <- c(rep("moderado",5), rep("importante",32))
```

```

resultado_kruskal2 <- kruskal.test(riesgo_mediana2 ~ res)
resultado_kruskal2

```

Anexo 7 Determinación del porcentaje de probabilidad acumulada

Conociendo que la distribución de los valores de riesgo es Weibull, podemos determinar el con el R Estudio el porcentaje de probabilidad acumulada de que suceda un valor de riesgo.

```
> pweibull3(4,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.0007609448
> pweibull3(5,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.01671922
> pweibull3(6,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.04545948
> pweibull3(7,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.08322233
> pweibull3(8,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.1276887
> pweibull3(9,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.1770231
> pweibull3(10,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.2296681
> pweibull3(11,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.2842761
> pweibull3(12,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.3396815
> pweibull3(14,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.4490543
> pweibull3(15,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.5014957
> pweibull3(16,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.5516645
> pweibull3(18,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.6436382
> pweibull3(20,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.7229895
> pweibull3(21,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.7577269
> pweibull3(22,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.7892101
> pweibull3(24,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.8428492
> pweibull3(27,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.902494
> pweibull3(30,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.9420101
> pweibull3(33,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.9668841
> pweibull3(36,shapeW3,scalaW3,threshw3) [1] 0.9818142
```

Tabla. Valor del riesgo por el porcentaje de frecuencia acumulado:

Riesgo	Porcentaje acumulado
4	0.0007609448
5	0.01671922
6	0.04545948
7	0.08322233
8	0.1276887
9	0.1770231
10	0.2296681
11	0.2842761
12	0.3396815
14	0.4490543
15	0.5014957
16	0.5516645
18	0.6436382
20	0.7229895
21	0.7577269
22	0.7892101
24	0.8428492
27	0.902494
30	0.9420101
33	0.9668841
36	0.9818142

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8 Probabilidades para el valor del riesgo

Programando en RStudio para hallar Probabilidades para el valor del riesgo en una distribución Weibull de 3 parámetros

```
install.packages("flexsurv")
library(flexsurv)
install.packages("FAdist")
library(FAdist)
shapeW3 <- 1.655726
scalaW3 <- 13.916309
threshw3 <- 3.818

resultados <- data.frame(n = integer(0), probabilidad = numeric(0))

for (n in 3:36) {
  prob_n_menos_1 <- pweibull3(n - 0.5, shapeW3, scalaW3, threshw3)
  #correccion por la continuidad
  prob_n <- pweibull3(n + 0.5, shapeW3, scalaW3, threshw3)
  probabilidad_n <- prob_n - prob_n_menos_1
  resultados <- rbind(resultados, data.frame(n = n, probabilidad = probabilidad_n))
}

puntos_no_posibles <- c(13, 17, 19, 23, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 34, 35)

for (punto in puntos_no_posibles) {
  indice_actual <- which(resultados$n == punto)
```

```

if (indice_actual < nrow(resultados)) {
  resultados$probabilidad[indice_actual + 1] <- resultados$probabilidad[indice_actual +
1] + resultados$probabilidad[indice_actual]
}
resultados$probabilidad[indice_actual] <- 0
}
resultados$probabilidad = resultados$probabilidad*100
#resultados <- resultados[!resultados$n %in% puntos_no_posibles, ]

library(ggplot2)

# Definir una paleta de colores
mis_colores <- c("#1f77b4", "#ff7f0e", "#2ca02c", "#d62728", "#9467bd", "#8c564b",
"#e377c2", "#7f7f7f", "#bcbd22", "#17becf")

# Repetir la paleta de colores si es necesario
colores_repetidos <- rep(mis_colores, length.out = length(unique(resultados$n)))

ggplot(resultados, aes(x = as.factor(n), y = probabilidad, fill = as.factor(n))) +
  geom_bar(stat = "identity") +
  geom_text(aes(label = sprintf("%.1f", probabilidad)), vjust = -0.5, color = "black") +
  scale_fill_manual(values = colores_repetidos) +
  xlab("Valor de n") +
  ylab("Probabilidad") +
  ggtitle("Probabilidades por Valor de n en una Distribución Weibull de Tres
Parámetros")

```