

**DISEÑO DE UN SG-SST CON INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE
PARA EL CONTROL DE EXPOSICIÓN QUÍMICA EN LA DISTRIBUIDORA DE
MAQUILLAJE “LA SEGURA MAKEUP” VALLEDUPAR – CESAR**



AUTORES:

LOTAR FERNANDO MIRANDA TAPIAS

BRAYAN ALFREDO MERLANO ROSADO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR**

2025-2

**DISEÑO DE UN SG-SST CON INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE
PARA EL CONTROL DE EXPOSICIÓN QUÍMICA EN LA DISTRIBUIDORA DE
MAQUILLAJE “LA SEGURA MAKEUP” VALLEDUPAR – CESAR**

AUTORES

LOTAR FERNANDO MIRANDA TAPIAS

BRAYAN ALFREDO MERLANO ROSADO

DIRECTOR:

FERNANDO ANAYA PAYARES

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR – CESAR

2025-2

DEDICATORIA



AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

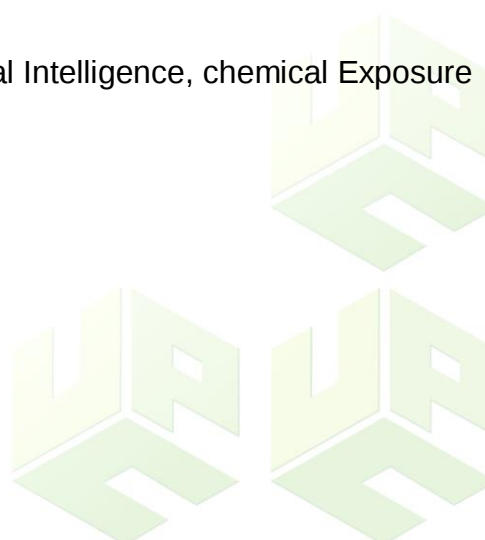
El presente estudio tuvo como objetivo diseñar un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) integral, incorporando un modelo inteligente basado en Inteligencia Artificial (IA) para el monitoreo y control de la exposición química en la distribuidora de maquillaje *La Segura Makeup*, ubicada en Valledupar, Cesar, Colombia. La investigación incluyó el diagnóstico de las prácticas actuales de SST, la identificación de riesgos químicos, ergonómicos, físicos y psicosociales, y el desarrollo de un algoritmo predictivo capaz de estimar niveles de exposición en tiempo real. Se realizaron simulaciones de escenarios hipotéticos para validar la capacidad predictiva del sistema, y se diseñaron planes de emergencia, programas preventivos y mejoras tecnológicas para reducir los riesgos ocupacionales. La integración del modelo de IA dentro del SG-SST permitió una gestión proactiva de los riesgos, monitoreo continuo y fortalecimiento de la seguridad de los trabajadores, en cumplimiento de la Resolución 0312 de 2019 y la norma ISO 45001. Este estudio demuestra el potencial de combinar tecnología y estrategias de SST para generar ambientes laborales más seguros en contextos de manipulación de sustancias químicas.

Palabras clave: Seguridad y Salud en el Trabajo, Inteligencia Artificial, Exposición Química

ABSTRACT

This study aimed to design a comprehensive Occupational Health and Safety Management System (OHSMS) integrated with an intelligent Artificial Intelligence (AI) model for monitoring and controlling chemical exposure in the cosmetics distributor *La Segura Makeup*, located in Valledupar, Cesar, Colombia. The research involved diagnosing the current OHS practices, identifying chemical, ergonomic, physical, and psychosocial risks, and developing a predictive AI algorithm to estimate real-time exposure levels. Simulations of hypothetical scenarios were conducted to validate the system's predictive capacity, while emergency plans, preventive programs, and technological improvements were designed to reduce occupational hazards. The integration of the AI model within the OHSMS allowed for proactive risk management, continuous monitoring, and enhanced worker safety, aligning with Colombian regulations (Resolution 0312 of 2019) and ISO 45001 standards. The study demonstrates the potential of combining technology and occupational health strategies to create safer work environments in chemical-handling contexts.

Keywords: Occupational Health and Safety, artificial Intelligence, chemical Exposure



Contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
RESUMEN.....	4
INTRODUCCIÓN.....	9
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
2. JUSTIFICACIÓN	14
3. OBJETIVOS	16
3.1 OBJETIVO GENERAL.	16
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4. MARCO REFERENCIAL	17
4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
4.2 MARCO TEÓRICO	21
4.3 MARCO CONCEPTUAL	25
4.4 MARCO CONTEXTUAL	27
4.5 MARCO LEGAL	30
5. MARCO METODOLÓGICO.....	30

5.1	LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN	32
5.2	ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	32
5.3	ALCANCE DE INVESTIGACIÓN	32
5.4	POBLACIÓN DE ESTUDIO	32
5.5	MUESTRA POBLACIONAL	32
6.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	310
7.	CONCLUSIONES	31
8.	RECOMENDACIONES.....	31
10.	BIBLIOGRAFIA.....	34



Lista de tablas

Tabla 1. Normatividad aplicable.....	10
Tabla 2. Descripción de áreas e insumos disponibles en la distribuidora “La Segura Makeup” – Valledupar, Cesar.....	111
Tabla 3. Matriz diagnóstica de la infraestructura frente a los estándares mínimos de la Resolución 0312 de 2019.....	15
Tabla 4. Revisión documental – Distribuidora La Segura Makeup.....	23
Tabla 5. Roles y responsabilidades el SGSST	30
Tabla 6. Matriz DOFA	34
Tabla 7. Identificación de riesgos.....	41
Tabla 8. Matriz de riesgos GTC45	50
Tabla 9. Ejemplo de escenarios simulados y predicción de riesgo	512
Tabla 10. Componente de prevención	21
Tabla 11. Programas de SST	28

Lista de figuras

Figura 1 Ubicación de la Segura	27
Figura 2. Área de ventas de la distribuidora	310
Figura 3. Imágenes del código	44

INTRODUCCIÓN

La seguridad y salud en el trabajo (SST) constituye un eje fundamental en la gestión organizacional moderna, dado que busca garantizar entornos laborales seguros, saludables y productivos. La Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2019) enfatiza que un sistema de prevención eficaz no solo reduce accidentes y enfermedades profesionales, sino que también fortalece la productividad y sostenibilidad de las empresas. En el país, el (SG-SST) se encuentra regulado por la normativa vigente, entre ellas la Resolución 0312 de 2019, que establece estándares mínimos aplicables a todas las organizaciones (Ministerio de Trabajo, 2019).

En sectores específicos, como la industria cosmética y de maquillaje, los riesgos laborales adquieren particular relevancia debido a la constante manipulación de sustancias químicas que pueden generar afectaciones respiratorias, dérmicas o sistémicas sin medidas de control (OMS, 2020). Sin embargo, en muchos casos las pequeñas y medianas empresas carecen de programas sólidos de prevención, lo cual aumenta la vulnerabilidad de sus trabajadores frente a accidentes e incidentes laborales (Charria, 2020).

La integración de nuevas tecnologías representa una oportunidad significativa para modernizar los sistemas de prevención. En este contexto, la inteligencia artificial (IA) ha emergido como una herramienta innovadora de análisis predictivo de incidentes y la optimización de matrices de peligros (Lee et al., 2020). Su aplicación en la gestión de la exposición química ofrece la posibilidad de anticipar escenarios de riesgo y generar

planes de control ajustados a las condiciones reales de cada organización (Fernández & Rodríguez, 2021; Xu et al., 2022).

Este estudio se centró en la distribuidora de maquillaje “La Segura Makeup” en Valledupar, la cual actualmente no dispone de un SGSST. A partir de este diagnóstico, se diseñó una estrategia integral que incluya la implementación de un sistema inteligente para el control de la exposición química, así como programas específicos de prevención y respuesta. De esta manera, se aportó al fortalecimiento de la cultura preventiva en la organización, al tiempo que se asegura la protección y el bienestar de los trabajadores, en coherencia con lo planteado por Medina (2023) sobre la importancia de integrar la innovación tecnológica a la gestión en SST.

En cuanto a la metodología, el estudio se desarrolló bajo un enfoque aplicado con alcance descriptivo–propositivo, estructurado en tres fases: diagnóstico organizacional y análisis del riesgo químico, diseño conceptual y validación simulada de un modelo predictivo basado en inteligencia artificial, e integración del sistema dentro del SG-SST conforme a lineamientos normativos vigentes. La investigación combina herramientas de análisis documental, evaluación técnica del riesgo y modelación computacional, permitiendo articular la gestión tradicional de la seguridad laboral con enfoques tecnológicos emergentes. Este trabajo surge del interés académico por explorar la aplicación de la inteligencia artificial en la gestión de riesgos ocupacionales y del interés profesional por fortalecer la prevención en pequeñas y medianas empresas, aportando soluciones innovadoras que promuevan entornos laborales más seguros y sostenibles.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La seguridad y salud en el trabajo (SST) constituye un pilar esencial para el desarrollo sostenible de las organizaciones ya que garantiza la integridad de los trabajadores, además de contribuir a la productividad y competitividad empresarial. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2022), cada año mueren cerca de 2,9 millones de personas por causas relacionadas con el trabajo y se registran aproximadamente 402 millones de lesiones no mortales, lo que evidencia la magnitud del impacto de las condiciones laborales inadecuadas.

En el contexto colombiano, la legislación en SST se ha fortalecido con la adopción del (SG-SST), reglamentado a través del Decreto 1072 de 2015 y la Resolución 0312 de 2019, que establecen estándares mínimos para las empresas. No obstante, pese al marco normativo, muchas organizaciones, especialmente las pequeñas y medianas empresas (pymes), carecen de la implementación adecuada de estos sistemas, lo que aumenta la vulnerabilidad de los trabajadores frente a riesgos físicos, químicos, ergonómicos y psicosociales (Ministerio del Trabajo, 2019).

El sector de la cosmética y los productos de belleza, dentro del cual se encuentran las distribuidoras de maquillaje, representa un escenario laboral donde los riesgos químicos son predominantes. La exposición a solventes, pigmentos, fragancias y otros compuestos presentes en los productos cosméticos puede generar efectos adversos en la salud, tales como dermatitis de contacto, problemas respiratorios, reacciones alérgicas y, en casos prolongados, alteraciones crónicas (Cervantes y Rodríguez, 2020). Según la Agencia Europea de Sustancias Químicas (ECHA, 2021), el 62% de los trabajadores

expuestos a productos cosméticos y de limpieza reportan síntomas asociados a la exposición química en su jornada laboral.

En este sentido, la distribuidora de maquillaje “La Segura Makeup”, ubicada en la Tv. 30 #20a - 40, en la ciudad de Valledupar – Cesar, constituye un caso representativo de esta problemática. Actualmente, la organización no cuenta con un (SG-SST) formalmente estructurado, lo cual genera vacíos en la identificación, evaluación y control de los riesgos presentes en sus actividades diarias. Esta ausencia de un sistema de gestión integral implica una mayor probabilidad de accidentes laborales, afectaciones en la salud de los empleados y posibles sanciones legales por incumplimiento normativo.

Además, la inexistencia de estrategias específicas para el control de la exposición química en la empresa aumenta el riesgo de enfermedades ocupacionales, comprometiendo no solo el bienestar de los trabajadores, sino también la sostenibilidad y la reputación de la organización en el mercado. La incorporación de sistemas inteligentes basados en inteligencia artificial (IA) para la gestión de riesgos laborales representa una tendencia emergente a nivel mundial. Su aplicación en la distribuidora “La Segura Makeup” permitiría anticipar condiciones peligrosas relacionadas con la exposición química, optimizar la toma de decisiones y garantizar un entorno laboral seguro.

En este contexto, la problemática no radica únicamente en la falta de cumplimiento normativo, sino en la carencia de un sistema dinámico que permita identificar, evaluar y controlar el riesgo químico en tiempo real. Por ello, la incorporación de un sistema inteligente basado en inteligencia artificial dentro del SG-SST se plantea como una

solución estructural, capaz de transformar la gestión tradicional del riesgo en un modelo predictivo. Mediante el monitoreo de variables ambientales y operativas, el sistema propuesto permitiría anticipar niveles críticos de exposición, generar alertas preventivas y activar protocolos de control oportunos.

En consecuencia, surge la necesidad de diseñar e integrar un SG-SST articulado con un modelo inteligente de control de exposición química, alineado con los lineamientos de la norma ISO 45001, que no solo garantice el cumplimiento legal, sino que fortalezca la prevención mediante el uso de tecnología predictiva. Esta propuesta busca cerrar las brechas identificadas en la organización, reducir la probabilidad de incidentes y consolidar una cultura de seguridad basada en datos, innovación y mejora continua.

Dado lo anterior se formula la siguiente pregunta problema:

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cómo el diseño de un SG-SST integrado con un modelo inteligente basado en IA puede mejorar el control y la gestión de la exposición química en la distribuidora de maquillaje “La Segura Makeup” de Valledupar?



2. JUSTIFICACIÓN

La SST constituye un pilar fundamental en la sostenibilidad de las organizaciones, ya que garantiza la protección integral de los trabajadores frente a riesgos derivados de las actividades laborales. A nivel global, la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2022) resalta que la implementación de sistemas de gestión en SST contribuye no solo a la reducción de accidentes y enfermedades ocupacionales, sino también al incremento de la productividad y competitividad de las empresas. En este marco, la norma ISO 45001:2018 se consolida como el estándar internacional que orienta a las organizaciones en la identificación, evaluación y control de riesgos laborales, asegurando la mejora continua en los ambientes de trabajo (ISO, 2018).

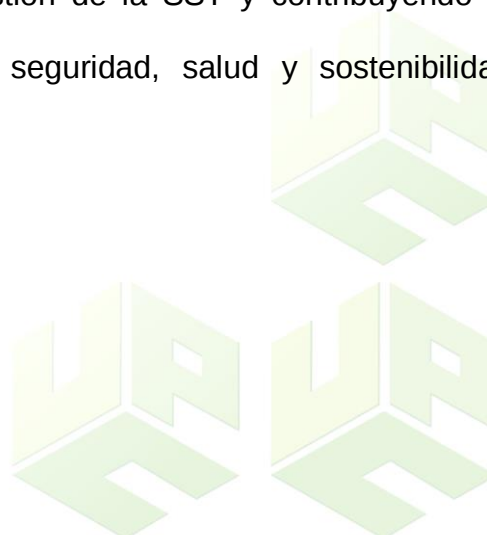
En el contexto del sector cosmético y de distribución de maquillaje, los trabajadores se encuentran expuestos de manera constante a agentes químicos provenientes de pigmentos, solventes, fijadores y otros compuestos presentes en los productos. Estos agentes, de no ser controlados adecuadamente, pueden generar afectaciones a la salud como dermatitis, problemas respiratorios y sensibilización química (Morales & Paredes, 2021). Por ello, la gestión del riesgo químico se convierte en un eje prioritario para garantizar condiciones laborales seguras y saludables, en concordancia con lo establecido en la normatividad nacional (Resolución 0312 de 2019, Ministerio de Trabajo de Colombia).

En este sentido, el estudio diseñó un (SG-SST) bajo ISO 45001 para la distribuidora de maquillaje La Segura Makeup en Valledupar, lo cual adquiere especial relevancia, pues permitió estructurar políticas, procedimientos y programas orientados a

la prevención de riesgos laborales y al fomento de una cultura organizacional de autocuidado y corresponsabilidad.

Lo innovador de la presente propuesta radicó en la integración de un sistema inteligente basado en IA para el control de la exposición química, el cual permitió identificar patrones de riesgo, monitorear niveles de exposición en tiempo real y generar alertas tempranas para la toma de decisiones. Estudios recientes demuestran que la incorporación de tecnologías inteligentes en la gestión de la SST potencia la capacidad de predicción y control, ofreciendo un valor agregado frente a los métodos tradicionales de evaluación (Fernández & Gómez, 2022; Silva et al., 2023). Este componente tecnológico convierte al proyecto en una propuesta diferenciadora, alineada con la tendencia de la transformación digital aplicada a la seguridad laboral.

Finalmente, la investigación no solo tuvo impacto a nivel organizacional, garantizando entornos de trabajo más seguros en La Segura Makeup, sino que también aportará un referente metodológico para otras empresas del sector cosmético y de distribución, promoviendo la innovación en la gestión de la SST y contribuyendo al cumplimiento de estándares internacionales en seguridad, salud y sostenibilidad empresarial.



3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL.

Diseñar un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), conforme a la Resolución 0312 de 2019, que integre un modelo predictivo basado en inteligencia artificial para el monitoreo, análisis y control de la exposición química en la distribuidora de maquillaje “La Segura Makeup”, Valledupar – Cesar.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la gestión actual de seguridad y salud en el trabajo en las diferentes áreas de la distribuidora de maquillaje “La Segura Makeup” Valledupar – Cesar, mediante una lista de chequeo bajo la Resolución 0312 de 2019 identificando brechas y porcentajes de cumplimiento por estándar.
- Desarrollar un algoritmo predictivo de inteligencia artificial basado en datos recolectados mediante sensores de exposición química, que permita estimar niveles de riesgo con una precisión mínima del 85% y generar alertas tempranas ante condiciones críticas
- Integrar el modelo predictivo dentro del SG-SST mediante el diseño de un protocolo de monitoreo, un programa de prevención y un plan de intervención para el control de sustancias químicas, estableciendo indicadores de seguimiento y mejora continua.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En primer lugar, Fajardo et al., (2025) realizaron un análisis bibliográfico llamado: IA aplicada a la SST, revisión narrativa de la literatura, con el objetivo de identificar los principales avances, aplicaciones y retos. La metodología consistió en una revisión narrativa de literatura científica reciente, en la que se recopilaron y examinaron estudios sobre el uso de algoritmos de predicción, sistemas inteligentes de monitoreo y análisis de datos aplicados a la prevención de riesgos laborales. Los resultados mostraron que la IA se ha convertido en una herramienta clave para anticipar accidentes, mejorar la toma de decisiones y optimizar la gestión de riesgos, aunque persisten limitaciones relacionadas con la ética, la privacidad y la implementación en contextos empresariales reales. El aporte principal de este estudio radica en ofrecer un panorama actualizado y fundamentado sobre la integración de tecnologías inteligentes en la SST, lo que refuerza la pertinencia de proyectos innovadores como el diseñado para la distribuidora de maquillaje “La Segura Makeup”. No obstante, aunque el estudio presenta un panorama amplio sobre la aplicación de la IA en la SST, su enfoque es principalmente teórico y de revisión documental, sin desarrollar un modelo aplicado a un contexto empresarial específico. En este sentido, el presente proyecto responde a esa necesidad identificada, al diseñar y validar un modelo conceptual de inteligencia artificial aplicado directamente a una empresa del sector cosmético, aterrizando los avances teóricos a una realidad organizacional concreta y demostrando su viabilidad práctica.

Además, Vallejo y Núñez (2025), realizaron una investigación llamada: *“La IA en la SST en los Procesos Productivos: Una Revisión Sistemática”*, en la que realizaron un análisis exhaustivo de la literatura científica con el propósito de identificar tendencias, aplicaciones y limitaciones del uso de la IA en la (SST). La metodología consistió en una revisión sistemática de publicaciones indexadas entre 2015 y 2024, lo que permitió establecer un panorama actualizado sobre los avances tecnológicos en este campo. Los resultados evidenciaron que la IA se aplica principalmente en la predicción de accidentes laborales, la automatización de sistemas de monitoreo ambiental y la optimización de programas de prevención de riesgos, aunque persisten desafíos relacionados con la ética, la privacidad de los datos y la necesidad de políticas regulatorias específicas. El aporte central de este trabajo radica en ofrecer un marco de referencia riguroso y global sobre cómo la IA puede fortalecer la gestión de la SST, consolidándose como un insumo clave para el diseño de proyectos innovadores como el propuesto para la distribuidora de maquillaje “La Segura Makeup” en Valledupar. Si bien la revisión sistemática confirma el potencial de la IA en la predicción de riesgos y monitoreo ambiental, también evidencia la escasez de estudios que integren estos sistemas dentro de un SG-SST estructurado en pequeñas empresas. El proyecto desarrollado para “La Segura Makeup” contribuye a cerrar esta brecha, al no limitarse al análisis tecnológico, sino articular el modelo predictivo con los componentes formales del SG-SST bajo ISO 45001, fortaleciendo su aplicabilidad organizacional.

Por otro lado, Blandón, et al., (2023) realizaron el trabajo titulado *“Viabilidad de la IA en la SST”*, en el cual se propusieron analizar el potencial de la (IA) como herramienta

de apoyo en la gestión de la seguridad y salud en el trabajo, con el fin de determinar su aplicabilidad en distintos sectores productivos de Colombia. La metodología empleada fue un enfoque mixto, que combinó revisión bibliográfica, lo cual permitió integrar tanto la visión teórica como la práctica en la evaluación de la viabilidad de la IA. Los resultados evidenciaron que la implementación de sistemas inteligentes ofrece oportunidades significativas en la predicción de riesgos, automatización de procesos de vigilancia y diseño de estrategias preventivas, pero también plantea retos relacionados con los costos, la capacitación del personal y la resistencia al cambio organizacional. El aporte de este estudio radica en demostrar que la integración de la IA en la SST no solo es factible, sino que constituye un elemento estratégico para modernizar la gestión de riesgos laborales, siendo un referente clave para proyectos que busquen innovar en el sector cosmético y de distribución, como el caso de “La Segura Makeup”. Aunque el estudio demuestra la viabilidad de la IA en la SST, deja abierta la necesidad de propuestas concretas que muestren cómo estructurar técnicamente un modelo predictivo y cómo integrarlo a un sistema de gestión existente. En respuesta a esta necesidad, la presente investigación no solo plantea la viabilidad, sino que desarrolla la parametrización de variables químicas, la formulación de un algoritmo conceptual y su validación mediante simulación, aportando un enfoque aplicado y metodológicamente estructurado.

Jiménez et al., (201), realizaron el *diseño del SGSST para la empresa Cosmetika S.A.S*, en el estudio se propuso la implementación de un SG-SST en una empresa del sector cosmético con el fin de garantizar el cumplimiento normativo, mejorar las

condiciones laborales y prevenir riesgos asociados a las actividades de producción. Los resultados evidenciaron la necesidad de estructurar políticas claras, programas de capacitación y mecanismos de seguimiento que permitan fortalecer la cultura preventiva en la organización. El aporte de esta investigación a nuestro estudio radica en que constituye un referente específico dentro del mismo sector económico, mostrando la relevancia de diseñar sistemas de gestión que integren tanto el cumplimiento legal como la protección efectiva de los trabajadores, lo que respalda la pertinencia del proyecto propuesto. Sin embargo, el estudio se centra en la estructuración tradicional del SG-SST, sin incorporar herramientas tecnológicas avanzadas para la predicción del riesgo. En este sentido, el proyecto actual amplía el enfoque convencional, al integrar inteligencia artificial como mecanismo de monitoreo dinámico del riesgo químico, aportando un componente innovador que fortalece la gestión preventiva dentro del mismo sector económico.

Finalmente. Torres et al., (2020), realizaron el trabajo titulado *“Diseño de SG SST con base en la NTC ISO 14001:2015 en la ciudad de Bogotá”*, un estudio aplicado en Bogotá con el objetivo de estructurar un sistema de gestión ambiental que permitiera a la empresa del sector cosmético cumplir con la normativa ambiental y optimizar sus procesos internos. La metodología empleada se basó en un diagnóstico ambiental inicial, la identificación de aspectos e impactos significativos y la posterior formulación de un plan de acción alineado con la norma ISO 14001:2015. Como resultado, se evidenció la necesidad de fortalecer los procesos de gestión ambiental de la organización, implementando programas de reducción de residuos, uso eficiente de recursos y

capacitación del personal. Este estudio aporta a la presente investigación en tanto demuestra la pertinencia de los sistemas de gestión en empresas del sector cosmético, resaltando la importancia de integrar estándares internacionales a la mejora continua y sirviendo como referente metodológico para el diseño de SG-SST y SGA. Aunque el estudio aborda la implementación de un sistema de gestión ambiental, no integra herramientas predictivas basadas en inteligencia artificial para la anticipación de riesgos. Este proyecto retoma el enfoque de mejora continua propio de los sistemas de gestión, pero lo complementa con un modelo inteligente orientado específicamente al control del riesgo químico ocupacional, integrando tecnología y normatividad en un mismo marco operativo.

4.2 MARCO TEÓRICO

4.2.1 Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)

La Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) constituye un conjunto de disciplinas y medidas encaminadas a prevenir lesiones, enfermedades y accidentes derivados de la actividad laboral, asegurando condiciones dignas y seguras para los trabajadores. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2019), un entorno laboral seguro garantiza la seguridad de los colaboradores y la productividad de la empresa.

De acuerdo con Charria (2020), la SST no debe entenderse únicamente como una obligación legal, sino como una estrategia integral que aporta valor agregado a la organización, al reducir costos por ausentismo, incapacidades y accidentes. Asimismo, García et al. (2021) señalan que los programas de seguridad ocupacional tienen un

impacto positivo directo en la satisfacción y bienestar de los trabajadores, fortaleciendo la cultura organizacional y el compromiso laboral.

En sectores donde se manipulan sustancias químicas, como la industria cosmética y de maquillaje, los riesgos laborales están asociados a la exposición a compuestos que pueden generar efectos agudos o crónicos en la salud (OMS, 2020). Por ello, es indispensable diseñar planes de prevención específicos y apoyarse en tecnologías modernas que fortalezcan la vigilancia y el control.

4.2.1.1 Riesgos químicos

Los riesgos químicos se refieren a la posibilidad de efectos adversos para la salud o el medio ambiente causados por la exposición a sustancias químicas peligrosas. Estos riesgos pueden surgir en diversos entornos, desde lugares de trabajo hasta el medio ambiente en general, y pueden manifestarse de diversas formas, incluyendo problemas de salud a corto y largo plazo, así como daños al medio ambiente (Fernández & Rodríguez, 2021).

- **Tipos de Riesgos Químicos** (Fernández & Rodríguez, 2021):

Riesgos para la salud:

La exposición a sustancias químicas puede causar una variedad de problemas de salud, desde irritaciones leves de la piel y los ojos hasta enfermedades respiratorias, daños a órganos internos, e incluso cáncer.

Riesgos ambientales:

Las sustancias químicas pueden contaminar el aire, el agua y el suelo, afectando la salud de los ecosistemas y la vida silvestre.

Riesgos de incendio y explosión:

Algunas sustancias químicas son inflamables o pueden reaccionar violentamente, representando un peligro de incendio o explosión.

Riesgos de accidentes:

La manipulación incorrecta de sustancias químicas, como derrames o fugas, puede causar accidentes y lesiones.

- **Fuentes de Riesgos Químicos** (Fernández & Rodríguez, 2021):

Lugares de trabajo: Muchas industrias utilizan productos químicos peligrosos, y los trabajadores pueden estar expuestos a ellos durante la producción, manipulación, transporte o eliminación de estas sustancias.

Medio ambiente: La contaminación ambiental puede liberar sustancias químicas peligrosas al aire, agua y suelo, afectando a las comunidades cercanas.

Alimentos: Algunos productos químicos se utilizan en la producción de alimentos (como pesticidas) y pueden representar un riesgo si no se utilizan adecuadamente.

Productos de consumo: Algunos productos de consumo, como productos de limpieza o cosméticos, pueden contener sustancias químicas peligrosas.

- **Factores que Influyen en los Riesgos Químicos** (Fernández & Rodríguez, 2021):

Naturaleza de la sustancia: La toxicidad de la sustancia, su inflamabilidad, reactividad, etc.

Concentración: La cantidad de sustancia química a la que se está expuesto

Vía de exposición: La forma en que la sustancia entra en contacto con el cuerpo (inhalación, ingestión, contacto con la piel)

Duración de la exposición: El tiempo que dura la exposición a la sustancia

4.2.2 Integración de la IA en la SST

La (IA) se ha consolidado como una herramienta transformadora para la predicción y análisis de riesgos en las empresas. Según Lee et al. (2020), la IA aplicada a la SST permite analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real, lo cual mejora la capacidad de respuesta frente a situaciones críticas.

En la gestión de exposición química, la IA puede integrarse mediante modelos predictivos que analicen concentraciones de sustancias, frecuencia de exposición y características para reducir el impacto en la salud de los colaboradores (Fernández & Rodríguez, 2021). Esto resulta especialmente relevante en ambientes donde los cosméticos, pigmentos o solventes representan un riesgo para el sistema respiratorio y dérmico.

De acuerdo con Xu et al. (2022), el uso de algoritmos de aprendizaje automático permite optimizar matrices de riesgos, generando sistemas inteligentes capaces de recomendar medidas preventivas adaptadas a cada puesto de trabajo. Además, la incorporación de sensores IoT conectados a plataformas de IA posibilita una vigilancia en tiempo real, lo que refuerza la capacidad de los sistemas de gestión para prevenir incidentes antes de que ocurran.

La combinación de la normativa en SST con la innovación tecnológica genera un modelo robusto de protección laboral. Como lo señala Medina (2023), integrar la IA al

SG-SST no solo moderniza los sistemas de seguridad, sino que ofrece una ventaja competitiva a las empresas al demostrar compromiso con la innovación y la salud laboral.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

Cultura de seguridad laboral: Hace referencia al conjunto de valores, actitudes y percepciones compartidas por los miembros de una organización respecto a la importancia de la seguridad, lo que impacta directamente en la reducción de incidentes (Clarke, 2020).

Exposición ocupacional: Es la condición en la que un trabajador entra en contacto directo o indirecto con agentes de riesgo, como sustancias químicas, durante su jornada laboral, lo que puede generar consecuencias agudas o crónicas sobre la salud (ECHA, 2021).

Gestión del riesgo químico: Consiste en la identificación, evaluación y control de los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo, aplicando medidas preventivas y correctivas para reducir la probabilidad de incidentes y enfermedades laborales (Alonso & Méndez, 2020).

Innovación tecnológica en la SST: La incorporación de nuevas tecnologías como sensores inteligentes, analítica de datos e IA, permite transformar los modelos tradicionales de prevención, avanzando hacia una gestión más predictiva y personalizada de los riesgos laborales (Martínez & Gómez, 2022).

Inteligencia Artificial (IA) aplicada a la SST: La IA se ha convertido en una herramienta innovadora en la seguridad laboral, al permitir el análisis predictivo de

riesgos, el monitoreo en tiempo real y la generación de alertas tempranas, optimizando la toma de decisiones en la prevención de accidentes (Fernández & Ruiz, 2021).

Matriz de peligros y riesgos GTC 45: Es una herramienta metodológica colombiana que orienta a las empresas en la identificación de peligros, la evaluación y valoración de riesgos, y la definición de medidas de control, bajo estándares técnicos nacionales (ICONTEC, 2012).

Norma ISO 45001: Es la norma internacional que establece requisitos para implementar un SG SST, enfocada en la reducción de riesgos laborales y la mejora del bienestar en el entorno laboral, aplicable a organizaciones de todos los tamaños y sectores (ISO, 2018).

Plan de prevención, preparación y respuesta ante emergencias: Documento que establece protocolos y acciones a seguir en caso de incidentes o emergencias laborales, con el fin de proteger a los trabajadores y reducir pérdidas materiales y humanas (Arango & Torres, 2019).

Prevención de riesgos laborales: Son las medidas organizacionales, técnicas y educativas destinadas a eliminar o minimizar la probabilidad de que ocurran accidentes o enfermedades derivadas del trabajo (García & Pérez, 2020).

Riesgos químicos laborales: Se refiere a la probabilidad de que una sustancia química presente en el ambiente de trabajo cause efectos adversos en la salud de los trabajadores. Incluye exposición a vapores, aerosoles, partículas o líquidos que pueden provocar intoxicaciones, dermatitis o enfermedades respiratorias (Cervantes & Rodríguez, 2020).

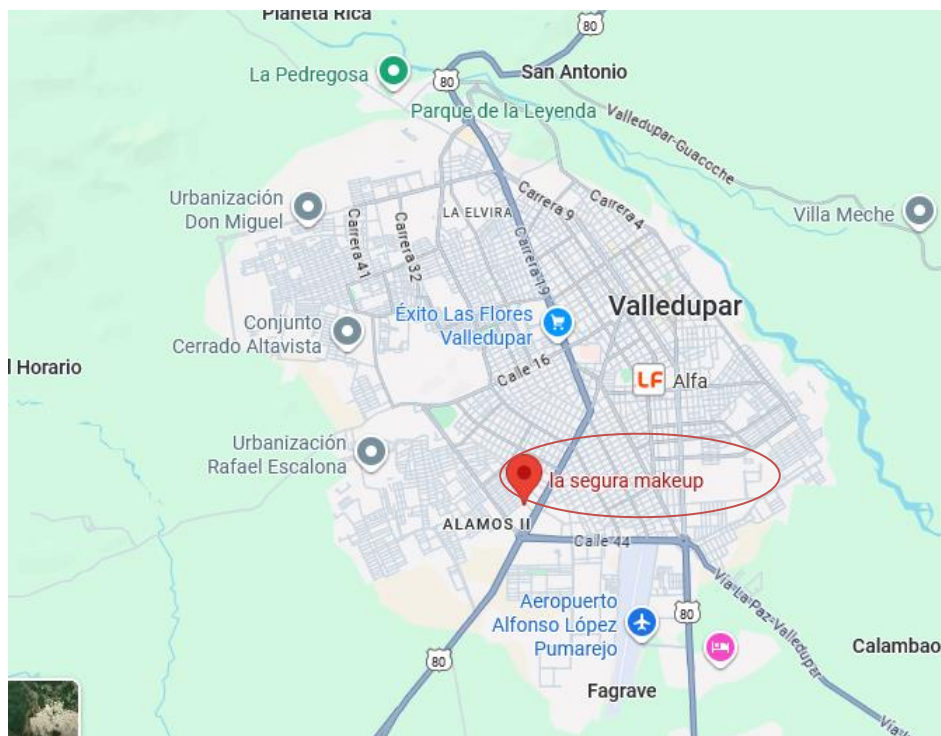
Sistemas inteligentes de control: Se refiere al uso de algoritmos y sensores para procesar información y generar respuestas automáticas frente a condiciones de riesgo. En SST, permiten identificar patrones de exposición y activar medidas preventivas (González et al., 2022).

4.4 MARCO CONTEXTUAL

Valledupar, capital del departamento del Cesar, es reconocida como la “Ciudad de los Santos Reyes” y constituye un importante centro cultural y económico de la región Caribe colombiana. Su economía se sostiene principalmente en el comercio, los servicios, la ganadería y, en los últimos años, en actividades relacionadas con la cosmética, belleza y distribución de productos de consumo. La ciudad también es un polo atractivo para pequeñas y medianas empresas que impulsan el desarrollo económico local.

Figura 1. *Ubicación del municipio de Valledupar*





Nota: Google maps



4.5 MARCO LEGAL

El presente marco normativo constituye el fundamento jurídico que respalda el diseño e implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) en la distribuidora “La Segura Makeup”. Las disposiciones legales aquí referenciadas establecen los lineamientos obligatorios para la identificación, evaluación y control de riesgos laborales, especialmente aquellos asociados a la manipulación de sustancias químicas en el sector cosmético. En este contexto, la integración del sistema inteligente propuesto no solo se plantea como una innovación tecnológica, sino como una herramienta estratégica que fortalece el cumplimiento normativo, optimiza los procesos de monitoreo y contribuye a la mejora continua exigida por la legislación vigente. De esta manera, el modelo predictivo basado en inteligencia artificial se articula con el SG-SST como un mecanismo de apoyo para la prevención anticipada del riesgo y la toma de decisiones fundamentadas en datos.

Tabla 1. *Normatividad aplicable*

Norma	Descripción	Aplicación en el proyecto
-------	-------------	---------------------------

Constitución		
Política de Colombia (1991)	Establece el derecho fundamental a la vida, la salud, el trabajo en condiciones dignas y seguras (Art. 25, 48, 49 y 53).	Sirve como marco constitucional para garantizar la SST en la distribuidora.
Ley 9 de 1979 (Código Sanitario Nacional)	Regula disposiciones sobre la preservación, conservación y mejoramiento de la salud de los trabajadores.	Obliga a implementar condiciones seguras frente a la exposición química en las áreas de trabajo.
Ley 1562 de 2012	Modifica el sistema de riesgos laborales y redefine el (SG-SST).	Base legal para diseñar e implementar el SG-SST en la distribuidora de maquillaje.
Ley 100 de 1993	Crea el Sistema de Seguridad Social Integral en Colombia.	Permite la protección integral de los trabajadores en caso de enfermedades o accidentes laborales.

Decreto de 2015	1072	Establece los lineamientos para la implementación del SG-SST en todas las empresas.	Norma marco para estructurar el SG-SST en la distribuidora de maquillaje.
Decreto de 2014	1443	Define disposiciones mínimas para implementar el SG-SST en los lugares de trabajo.	Orienta las fases de implementación del sistema en la empresa.
Resolución 0312 de 2019		Se definen estándares mínimos del SG-SST que deben cumplir todas las empresas según el número de trabajadores y nivel de riesgo.	Brinda parámetros claros de cumplimiento en la distribuidora, que es una empresa pequeña/mediana.
Resolución 2400 de 1979		Reglamento de seguridad industrial: condiciones locativas, ventilación, iluminación, almacenamiento de sustancias.	Permite establecer criterios técnicos en la manipulación y almacenamiento de cosméticos y químicos.
Resolución 1016 de 1989		Regula la organización, funcionamiento y forma de los programas de Salud Ocupacional.	Apoya la estructuración de actividades de capacitación, promoción y prevención en la distribuidora.

Resolución**0319 de 2019**

Por la cual se definen los Estándares Mínimos del SG SST

Esta resolución es aplicable y es la principal rectora en el estudio, puesto que se toma de base normativa.

NTC**ISO**

Norma internacional de sistemas de gestión en seguridad y salud en el trabajo.

45001:2018

Aporta un marco internacional para fortalecer el SG-SST con enfoque de mejora continua.

Nota: Elaborado por los autores, 2025



4.6 MARCO INSTITUCIONAL

4.6.1 Reseña de la empresa

La distribuidora de maquillaje “La Segura Makeup” es una empresa ubicada en la ciudad de Valledupar, específicamente en la Tv. 30 #20A - 40. Es una organización de carácter privado dedicada a la comercialización y producción artesanal de productos cosméticos a pequeña escala, tales como bases, polvos compactos, labiales, sombras y otros artículos de belleza.

La empresa desarrolla actividades de almacenamiento, mezcla, envasado, etiquetado y distribución de productos cosméticos, lo cual implica la manipulación de sustancias químicas como pigmentos, fragancias, conservantes y solventes, generando potenciales riesgos ocupacionales asociados a la exposición química, contacto dérmico e inhalación de partículas.

Actualmente, la organización cuenta con un equipo reducido de trabajadores distribuidos en áreas administrativas, producción y ventas.

4.6.2. Naturaleza jurídica

La Segura Makeup” es una empresa de carácter privado, constituida como unidad productiva de pequeña escala, dedicada a la fabricación y distribución de productos cosméticos en el mercado local del departamento del Cesar.

4.6.3 Misión

Brindar productos cosméticos de calidad, accesibles y seguros, elaborados bajo estándares básicos de higiene y control, satisfaciendo las necesidades de belleza de

nuestros clientes en el mercado local, promoviendo la innovación y el emprendimiento regional.

4.6.4 Visión

Para el año 2030, “La Segura Makeup” se proyecta como una empresa reconocida a nivel regional por la calidad y seguridad de sus productos cosméticos, consolidando procesos productivos organizados y cumpliendo con la normativa vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo, garantizando el bienestar de sus colaboradores.

4.6.5 Estructura organizacional

La empresa cuenta con una estructura organizacional básica, conformada por:

- Gerencia general
- Área administrativa
- Área de producción
- Área de ventas y distribución

Debido a su tamaño, algunas funciones son asumidas por el mismo personal, lo que genera sobrecarga operativa y ausencia de procesos formalmente documentados, incluyendo el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

4.6.6 Actividades económicas principales

- Recepción y almacenamiento de materias primas químicas.
- Mezcla y formulación de productos cosméticos.
- Envasado y etiquetado.
- Comercialización y distribución local.
- Atención al cliente y ventas directas.

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1 LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La línea de investigación es Sostenibilidad y Gestión Ambiental

Sublínea es: SST, sistemas de gestión y gestión del riesgo (Acuerdo °003 del 08 de julio de 2021, UPC).

5.2 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de enfoque cuantitativo porque hará análisis de datos numéricos. Fue de este enfoque, ya que se recopiló información general de la empresa y las condiciones de trabajo, así como incidentes o accidentes laborales.

5.3 ALCANCE DE INVESTIGACIÓN

Es un estudio descriptivo ya que hará descripción de la empresa, sus trabajadores y condiciones de SST.

5.4 POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población corresponderá a los trabajadores de la distribuidora de maquilla, el cual según la administración corresponden a 9 trabajadores.

5.5 MUESTRA POBLACIONAL

La muestra poblacional corresponderá a los trabajadores de la distribuidora de maquilla del último año, la cual corresponde a 9 trabajadores.

5.6 DESARROLLO METODOLÓGICO

5.6.1 Diagnosticar la gestión actual de seguridad y salud en el trabajo en las diferentes áreas de la distribuidora de maquillaje “La Segura Makeup” Valledupar – Cesar, mediante una lista de chequeo bajo la Resolución 0312 de 2019 identificando brechas y porcentajes de cumplimiento por estándar.

Actividad 1.1 Descripción de la infraestructura de la organización

La caracterización de la infraestructura de la distribuidora *La Segura Makeup* constituye el punto de partida para el diagnóstico del (SG-SST). Esta actividad buscó hacer una descripción de las instalaciones de la empresa, identificando áreas de almacenamiento, zonas de exhibición, bodegas, espacios administrativos y demás áreas operativas. Asimismo, se analizaron factores asociados a la ventilación, iluminación, señalización, rutas de evacuación y disponibilidad de equipos de protección contra incendios. Esta información permitió establecer una línea base que refleje el estado actual de la infraestructura y su correspondencia con los estándares de seguridad ocupacional definidos en la Resolución 0312 de 2019.

Actividad 1.2 Revisión de documentos de relevancia para el SG-SST

Se revisaron reglamentos internos, manuales de procedimientos, planes de emergencia, registros de capacitación, programas de vigilancia epidemiológica y evidencias de cumplimiento normativo.

La finalidad es identificar vacíos, inconsistencias o ausencias que puedan limitar la eficacia del SG-SST. Esta revisión documental también permitió valorar si la empresa cuenta con soportes suficientes para demostrar el cumplimiento de los estándares

mínimos exigidos por el Ministerio de Trabajo, lo cual resulta esencial en procesos de auditoría y verificación.

Actividad 1.3 Definición del alcance del SG, y roles y responsabilidades

Una vez caracterizadas las condiciones iniciales, se procedió a definir el alcance del SG SST en la organización. Esto implica establecer las áreas, procesos y actividades que estarán cubiertas por el SG-SST, considerando la naturaleza de la empresa como distribuidora de maquillaje y los riesgos derivados de la manipulación y almacenamiento de sustancias químicas. Paralelamente, se realizó la asignación de roles y responsabilidades, asegurando que la gerencia, supervisores y colaboradores cuenten con funciones claras respecto a la prevención de riesgos y el cumplimiento de las políticas del sistema.

Actividad 1.4 Creación de la política de SST

La formulación de la política de Seguridad y Salud en el Trabajo representa un componente esencial en la consolidación del sistema. En esta etapa se redactó un documento oficial donde la alta dirección manifieste su compromiso con la prevención de accidentes, enfermedades laborales y la mejora continua en la gestión de la SST.

La política se alineó tanto con los principios de la norma ISO 45001:2018 como con lo establecido en la Resolución 0312 de 2019, garantizando un enfoque integral y participativo, con el propósito de fomentar la cultura de autocuidado, el cumplimiento normativo y la innovación tecnológica a través del sistema inteligente de control de exposición química.

Actividad 1.5 Síntesis del diagnóstico DOFA

Finalmente, se desarrolló una matriz DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas) que sintetice los hallazgos obtenidos en las fases previas del diagnóstico. Este análisis permitió identificar las fortalezas internas que pueden potenciar la gestión de la SST, las debilidades que requieren intervención prioritaria, así como las oportunidades y amenazas provenientes del entorno organizacional y normativo. La DOFA sirvió como una herramienta estratégica para orientar la toma de decisiones y definir las acciones de mejora continua que integren tanto los aspectos normativos como los innovadores del proyecto, incluyendo el uso de IA para el monitoreo de riesgos químicos.

5.6.2 Desarrollar un algoritmo predictivo de inteligencia artificial que permita identificar patrones de riesgo y estimar niveles de exposición química en los trabajadores, integrando sensores y análisis de datos para la detección temprana de incidentes

Actividad 2.1 Identificar riesgos a los que están expuestos los trabajadores

La primera actividad consistió en reconocer los factores de riesgo a los que están expuestos los colaboradores de la distribuidora La Segura Makeup. Particularmente, se identificaron los riesgos químicos derivados de la manipulación, almacenamiento y exposición a cosméticos, pigmentos, solventes y aerosoles, junto con riesgos ergonómicos, físicos y psicosociales.

Esta identificación se llevó a cabo mediante observación directa y revisión de fichas técnicas de seguridad (MSDS) de las sustancias químicas utilizadas en la empresa. El objetivo fue construir una base sólida de información que servirá como insumo para la posterior implementación del sistema inteligente.

Actividad 2.2 Matriz de riesgos laborales basados en la Guía Técnica Colombiana GTC 45.

Una vez identificados los riesgos, se elaboró la matriz de riesgos siguiendo la metodología establecida en la GTC 45. Esta herramienta permitirá clasificar y priorizar los peligros en función de la probabilidad de ocurrencia y la severidad de sus consecuencias. La matriz fue un insumo clave para definir los parámetros que deberán ser monitoreados por el sistema inteligente, facilitando la toma de decisiones preventivas y el diseño de algoritmos que permitan anticipar exposiciones críticas en los espacios de trabajo.

Actividad 2.3. Definición de variables de exposición química para el sistema inteligente

En esta fase se determinaron las variables críticas a monitorear en el entorno laboral, tales como concentración de partículas, presencia de compuestos volátiles, tiempo de exposición, ventilación del área y uso de EPP. Estas variables se seleccionaron en función de la matriz de riesgos y se estructuraron como variables de ingreso para el diseño de algoritmos predictivos de IA

Actividad 2.4. Diseño conceptual del modelo de IA

Se desarrolló el diseño conceptual de un sistema basado en técnicas de IA, como machine learning supervisado o redes neuronales artificiales, para predecir niveles de riesgo de exposición química en tiempo real. Este modelo estuvo orientado a simular escenarios donde, a partir de los datos de entrada, el sistema emita alertas preventivas y recomiende acciones correctivas. El diseño incluyó un diagrama de flujo con los módulos del sistema (captura de datos, procesamiento, análisis predictivo y alertas).

Actividad 2.5. Simulación de escenarios de exposición química

Mediante la utilización de software especializado (ej. Python, R u otros entornos de simulación), se plantearon escenarios hipotéticos de exposición a sustancias químicas en diferentes condiciones de ventilación, densidad de trabajadores o almacenamiento de insumos. Estos escenarios permitieron probar el comportamiento del sistema inteligente a nivel teórico, evaluando su capacidad de predicción y utilidad como herramienta de apoyo en la gestión de la seguridad laboral.

5.6.3 Integrar el modelo predictivo dentro del SG-SST mediante el diseño de un protocolo de monitoreo, un programa de prevención y un plan de intervención para el control de sustancias químicas, estableciendo indicadores de seguimiento y mejora continua.

Actividad 3.1 Integración del sistema inteligente al SG-SST bajo la norma ISO 45001

Se diseñó la forma en que el sistema inteligente se articuló con los elementos del SG-SST, lo que implica definir procedimientos de respuesta a las alertas emitidas por el sistema, establecer indicadores de desempeño relacionados con la exposición química, y diseñar protocolos de mejora continua, basados en la retroalimentación de los datos

obtenidos. La integración aseguró que el modelo no sea un elemento aislado, sino parte de la estructura formal de gestión de la organización

Actividad 3.2 Formular el plan de prevención, preparación y respuesta ante emergencias del SG SST

Esta actividad consiste en la elaboración de un plan integral que permita prevenir, mitigar y atender de manera eficaz posibles situaciones de emergencia en la distribuidora *La Segura Makeup*. El plan incluyó la identificación de escenarios de emergencia (derrames de productos cosméticos, inhalación de vapores, incendios por inflamabilidad de solventes), los protocolos de actuación inmediata y los recursos necesarios para la respuesta. Asimismo, se definieron las brigadas de emergencia, sus funciones y la capacitación requerida, garantizando la preparación del personal para reaccionar oportunamente.

Actividad 3.3 Proponer programas de SST para la reducción y control de exposición química

En esta fase se diseñaron programas específicos de prevención y control de la exposición química, orientados a garantizar condiciones integrales de salud de los colaboradores y garantizar ambientes laborales seguros. Estos programas incluyeron:

- Programa de higiene industrial
- Programa de capacitación y sensibilización
- Programa de mejora tecnológica

La formulación de estos programas permitió no solo reducir el nivel de exposición a sustancias químicas, sino también articular las acciones de prevención con la cultura

organizacional, asegurando que la gestión de riesgos se convierta en un proceso continuo y sostenible dentro de la empresa.



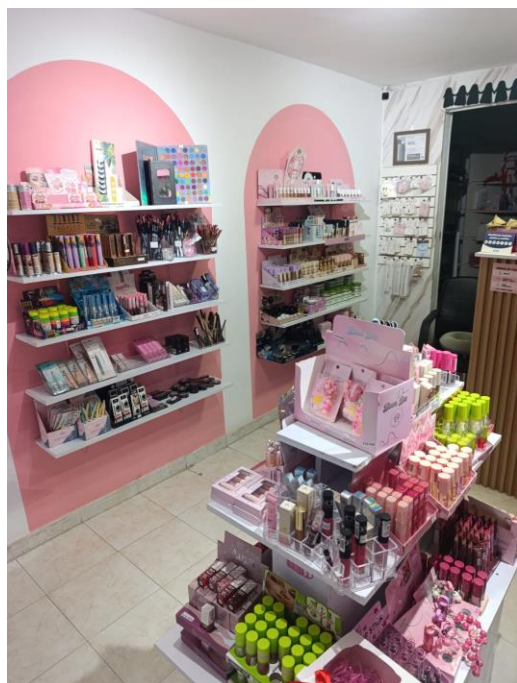
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1 Diagnosticar la gestión actual de seguridad y salud en el trabajo en las diferentes áreas de la distribuidora de maquillaje “La Segura Makeup” Valledupar – Cesar, mediante una lista de chequeo bajo la Resolución 0312 de 2019 identificando brechas y porcentajes de cumplimiento por estándar.

Descripción de la infraestructura de la organización

La distribuidora La Segura Makeup, ubicada en la ciudad de Valledupar (Cesar), desarrolla actividades de comercialización y distribución de productos cosméticos al por mayor y al detal. La empresa cuenta con una estructura física que se divide en tres zonas principales: área administrativa, área de exhibición y ventas, y bodega de almacenamiento.

Figura 2. Área de ventas de la distribuidora



Fuente: Fotografía tomada por el autor, 2025

El área administrativa está conformada por una oficina principal destinada a la gestión contable, manejo de inventarios y atención telefónica de proveedores. Este espacio cuenta con mobiliario básico (escritorios, archivadores, sillas ergonómicas, equipos de cómputo) y dispone de iluminación natural complementada con luminarias LED. Sin embargo, se evidencia una limitada señalización de seguridad y la ausencia de planos de evacuación visibles.

Por su parte, el área de exhibición y ventas corresponde al punto de atención al público. En este espacio se concentran vitrinas, estanterías y mostradores donde se exhiben productos de maquillaje y cuidado personal. La zona presenta una adecuada ventilación natural, pero se detecta congestión en pasillos y escasa delimitación entre áreas de tránsito y zonas de exhibición, lo que puede representar riesgo de tropiezos o caídas.

Finalmente, la bodega de almacenamiento se encuentra en la parte posterior del establecimiento y es el área destinada a la recepción, clasificación y resguardo de los productos. Dispone de estanterías metálicas, aunque se observa falta de señalización preventiva y de rutas de evacuación demarcadas, así como ausencia de extintores visibles y certificados. La iluminación es aceptable, pero no se cuenta con sistemas de ventilación mecánica que garanticen confort térmico en jornadas prolongadas.

Tabla 2. *Descripción de áreas e insumos disponibles en la distribuidora “La Segura Makeup” – Valledupar, Cesar*

Área / Zona	Descripción general del espacio	Insumos, equipos y mobiliario disponible	Condiciones físicas observadas	Observaciones / Recomendaciones
Área administrativa	Oficina			
	destinada a gestión contable, inventarios y coordinación de pedidos. Espacio cerrado con acceso restringido a personal autorizado.	Escritorios, sillas ergonómicas, archivadores metálicos, computadores, teléfono, aire acondicionado, estanterías para documentos.	Buena iluminación natural y artificial; ventilación adecuada; sin señalización de seguridad visible.	Instalar avisos de salida de emergencia, ubicación de extintores y plano de evacuación.
Área de ventas y exhibición	Zona abierta al público donde se exhiben	Mostradores de vidrio, vitrinas, estanterías	Ventilación natural adecuada, iluminación	Delimitar áreas de circulación y ubicar señalización de zonas de riesgo.

	productos	metálicas,	óptima.
	cosméticos.	terminal	de Pasillos
	Espacio	punto de venta	reducidos y
	principal de	(TPV),	caja sin
	interacción	registradora,	demarcación
	con clientes.	espejo	de .
		maquillaje,	
		mostrador de	
		atención.	
Bodega de almacenamiento	Espacio	Estanterías	
	destinado al	metálicas,	
	recibo,	cajas	Iluminación
	clasificación	plásticas,	moderada; Instalar extractores
	y resguardo	montacargas	ventilación de aire, revisar
	de productos	manual,	deficiente; vigencia de
	cosméticos.	báscula,	falta de extintores,
	Área	ventilador de	señalización señalar rutas de
	posterior del	pedestal,	y extintores evacuación.
	local, acceso	extintor sin	certificados.
	restringido.	revisión	
		visible.	

Área de empaque y despacho	Zona	Mesa	de	
	contigua a la bodega	empaques, cinta adhesiva, cajas de cartón, balanza digital, selladora.	Orden adecuado, iluminación suficiente, sin señalización visible.	Colocar avisos de “uso de EPP” y “no fumar”; mantener orden en materiales.
Área sanitaria y de bienestar	Espacio	Inodoro,		
	destinado a uso del personal (baño y pequeño descanso).	lavamanos, dispensador de jabón, toallas, ventilador pequeño, silla.	Condiciones higiénicas aceptables; limpieza frecuente.	Mantener programa de limpieza semanal y verificar suministro de insumos.
Área exterior / acceso principal	Zona	Puerta	de	
	de ingreso al local y recepción de	vidrio templado, aviso comercial,	Buen estado general; falta de señalización	Señalizar punto de reunión y mantener área despejada de obstáculos.

proveedores alfombra de punto de
.
antideslizante, encuentro.
cámara de
seguridad.

Fuente: Elaborado por el autor, 2025

El levantamiento de información evidenció que la distribuidora *La Segura Makeup* cuenta con una infraestructura funcional y acorde con su actividad económica. Sin embargo, la disponibilidad de insumos de seguridad y señalización es limitada, lo que impide el cumplimiento pleno de los estándares exigidos por la Resolución 0312 de 2019 en materia de condiciones locativas y control de emergencias.

Es prioritario implementar un plan de adecuación de infraestructura, que contemple:

- Instalación de señalización fotoluminiscente en todas las áreas.
- Revisión y certificación de extintores.
- Demarcación de rutas de evacuación y puntos de encuentro.
- Adquisición de ventiladores industriales o extractores para la bodega.
- Mantenimiento preventivo trimestral de equipos y mobiliario.

A continuación, se presenta la matriz diagnóstica de la infraestructura frente a los estándares mínimos de la Resolución 0312 de 2019, en lo referente a condiciones de seguridad locativa y control de emergencias.

Tabla 3. *Matriz diagnóstica de la infraestructura frente a los estándares mínimos de la Resolución 0312 de 2019*

Aspecto Evaluado	Criterio según Resolución 0312 de 2019	Situación Actual	Cumple (✓ / X)	Observaciones / Recomendaciones
Estructura física y distribución	Las instalaciones deben garantizar seguridad, orden y limpieza (Art. 23, numeral 3).	Áreas definidas y funcionales; limpieza general adecuada.	✓	Mantener señalización de zonas y pasillos despejados.
Iluminación	Iluminación suficiente y segura en todas las áreas (Art. 23).	Iluminación natural y artificial adecuada en oficinas y sala de ventas.	✓	Revisar intensidad lumínica en la bodega.
Ventilación	Disponer de ventilación natural o artificial apropiada.	Natural en oficinas y tienda; deficiente en bodega.	X	Instalar extractores o ventiladores industriales en bodega.

Señalización de seguridad	Señalización visible de rutas, salidas y zonas de riesgo (Art. 27).	Señalización parcial, no hay planos de evacuación.	X	Implementar señalización fotoluminiscente y planos en puntos estratégicos.
	Deben estar demarcadas y libres de obstáculos (Art. 27).	No hay demarcación visible.	X	Marcar rutas con pintura reflectiva y asegurar libre acceso.
Equipos contra incendios	Disponibilidad y mantenimiento de extintores certificados (Art. 28).	No se observan extintores certificados ni visibles.	X	Adquirir y señalar extintores según riesgo eléctrico y químico.
Condiciones de orden y limpieza	Mantener las áreas limpias, libres de obstáculos (Art. 23).	Generalmente ordenadas.	✓	Implementar plan semanal de aseo y control de residuos.

Servicios sanitarios y bienestar	Deben cumplir	Servicios en	
	condiciones	buenas	Continuar
	higiénicas y de	condiciones, ✓	mantenimiento
	acceso (Art. 24).	acceso adecuado.	preventivo.

Fuente: Elaborado por el autor, 2025

El diagnóstico de infraestructura evidencia que la distribuidora La Segura Makeup presenta condiciones básicas adecuadas para el desarrollo de sus actividades, especialmente en materia de orden, limpieza e iluminación, sin embargo, requiere mejoras significativas en señalización de seguridad, rutas de evacuación y control contra incendios, aspectos esenciales para el cumplimiento de la Resolución 0312 de 2019.

El fortalecimiento de estos elementos permitirá garantizar un ambiente laboral más seguro, reducir riesgos locativos y aumentar la capacidad de respuesta ante emergencias. Se recomienda priorizar la elaboración de un plan de adecuación física y señalización, que contemple la adquisición de extintores, demarcación de rutas de evacuación y la instalación de avisos de seguridad en todas las áreas operativas.

Con base en la matriz diagnóstica aplicada a las condiciones locativas y de control de emergencias, se evaluaron ocho (8) criterios establecidos en los artículos 23, 24, 27 y 28 de la Resolución 0312 de 2019.

Del total de criterios evaluados:

- Criterios cumplidos: 4

- Criterios no cumplidos: 4

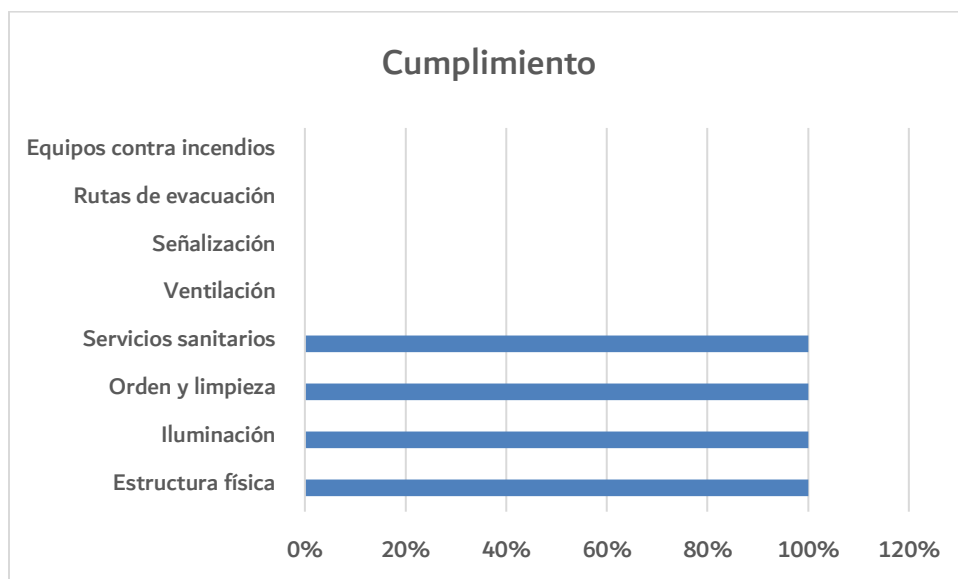
Lo anterior representa un nivel de cumplimiento del **50%** en el componente de infraestructura y condiciones locativas.

Tabla 4. Cumplimiento por aspecto evaluado

Aspecto evaluado	Cumplimiento	Estado
Estructura física	100%	Cumple
Iluminación	100%	Cumple
Orden y limpieza	100%	Cumple
Servicios sanitarios	100%	Cumple
Ventilación	0%	No cumple
Señalización	0%	No cumple
Rutas de evacuación	0%	No cumple
Equipos contra incendios	0%	No cumple

Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Cumplimiento por aspecto evaluado



Fuente: Elaboración propia

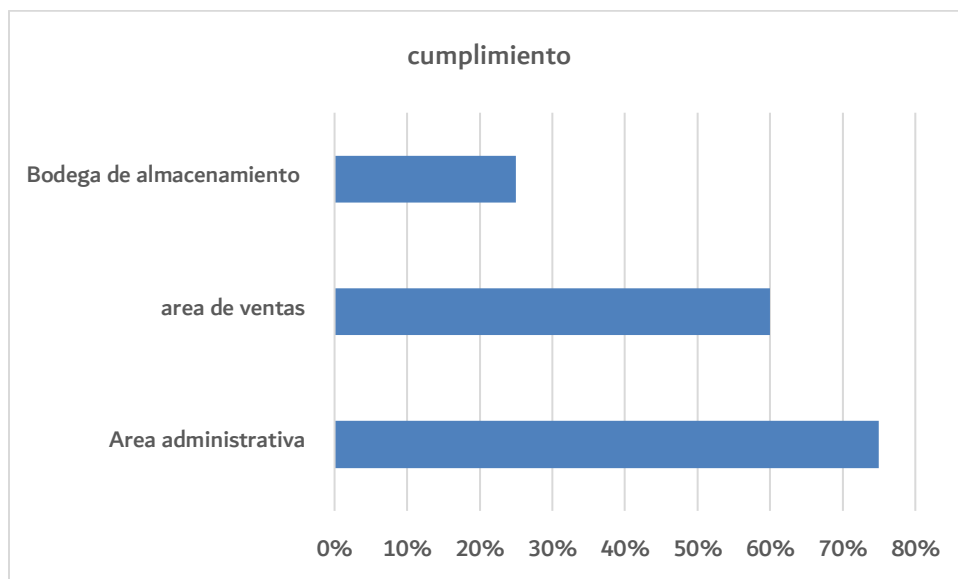
Área administrativa (Cumplimiento estimado: 75%) Presenta condiciones adecuadas de iluminación, orden y ventilación; sin embargo, carece de señalización visible y planos de evacuación, lo que afecta el cumplimiento total del estándar.

Área de ventas y exhibición (Cumplimiento estimado: 60%) Dispone de iluminación y ventilación natural adecuadas, pero se identificó ausencia de demarcación de rutas de evacuación y señalización preventiva, generando riesgo locativo ante alta circulación de personas.

Bodega de almacenamiento (Cumplimiento estimado: 25%) Es el área más crítica. Se evidenció ventilación deficiente, inexistencia de señalización formal, ausencia de extintores certificados y falta de rutas de evacuación demarcadas. Dado que en esta zona se almacenan productos con contenido químico inflamable, el nivel de riesgo es alto.

El 50% de cumplimiento en el componente locativo evidencia que, aunque la empresa posee condiciones físicas funcionales para su operación, no cumple con los estándares mínimos en materia de prevención y control de emergencias exigidos por la Resolución 0312 de 2019.

Figura 4. *Cumplimiento por área evaluada*



Fuente: Elaboración propia

Las principales brechas se concentran en:

- Gestión de emergencias
- Control de incendios
- Señalización preventiva
- Ventilación en zona de almacenamiento

La bodega representa el punto crítico del establecimiento, ya que combina baja ventilación con almacenamiento de sustancias cosméticas potencialmente inflamables, aumentando la probabilidad de incidentes químicos o conatos de incendio.

De acuerdo con el análisis cualitativo del riesgo:

- Infraestructura básica: Nivel aceptable
- Gestión de emergencias: Nivel crítico
- Control de incendios: Nivel crítico

En términos generales, el componente locativo se clasifica en nivel moderado de cumplimiento con criticidad alta en emergencias, lo que requiere intervención prioritaria.

6.1.2 Revisión de documentos de relevancia para el SG-SST

Con el fin de verificar el cumplimiento del componente documental del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, se evaluaron diez (10) documentos obligatorios establecidos dentro de los estándares mínimos de la Resolución 0312 de 2019 aplicables a empresas de pequeña escala.

La revisión documental constituye una etapa fundamental dentro del diagnóstico del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), ya que permite verificar la existencia, pertinencia y actualización de los documentos que soportan el cumplimiento de los estándares mínimos definidos en la Resolución 0312 de 2019.

Durante este proceso, se solicitó a la dirección de la distribuidora La Segura Makeup la documentación relacionada con la gestión de seguridad y salud en el trabajo,

tales como: reglamento interno de trabajo, políticas de seguridad y salud, plan anual de trabajo del SG-SST, matriz de identificación de peligros y valoración de riesgos, plan de emergencias, programas de capacitación y registros de inspecciones o mantenimiento preventivo.

No obstante, se evidenció la ausencia total de documentación formal relacionada con el SG-SST. La empresa no cuenta con políticas, procedimientos, registros ni evidencias que demuestren la implementación de un sistema de gestión en materia de seguridad y salud en el trabajo. Tampoco se encontró evidencia de capacitaciones en prevención de riesgos, ni de planes de emergencias o manuales de actuación frente a incidentes.

Esta situación refleja un vacío estructural en el componente documental, que impide la trazabilidad de acciones preventivas, la medición del desempeño en seguridad y la demostración del cumplimiento normativo ante el Ministerio de Trabajo. Por tanto, se considera que el nivel de cumplimiento documental es nulo, y que la organización requiere la construcción integral de todos los documentos básicos del SG-SST, aspecto que se aborda en la actividad 6.1.3, orientada a solventar dichas falencias mediante el diseño de instrumentos y procedimientos ajustados a los requisitos legales vigentes.

Tabla 5. *Revisión documental – Distribuidora La Segura Makeup*

Documento / Evidencia requerida	Descripción / Finalidad	Disponibilidad actual en la empresa	Cumple (✓ / X)	Observaciones / Hallazgos
--	------------------------------------	--	---------------------------	--------------------------------------

	Define los			
Política de compromisos de Seguridad y la empresa frente a la prevención de riesgos y mejora continua.		No disponible.	X	No existe política formal ni divulgación entre los trabajadores.
	Programa las			Se requiere
Plan Anual de actividades, Trabajo del SG-SST metas y recursos anuales del sistema.		No disponible.	X	elaborar plan conforme a estándares mínimos.
Matriz de identificación de peligros y valoración de riesgos (IPVR)	Identifica los riesgos laborales y medidas de control.	No disponible.	X	No se ha realizado identificación ni evaluación de riesgos.
	Establece			No existen
Plan de Emergencias	protocolos ante incendios, evacuaciones o primeros auxilios.	No disponible.	X	brigadas, planos de evacuación ni responsables designados.

Programas de capacitación en SST	Registra la formación del personal en temas de seguridad y salud.	No disponible.	X	No se evidencian capacitaciones ni listados de asistencia.
Reglamentos internos y procedimientos de trabajo seguro	Establecen normas internas para el desarrollo de las actividades.	Parcial, solo reglamento laboral sin componente de SST.	X	Se requiere incluir lineamientos específicos de seguridad.
Registros de inspecciones y mantenimiento preventivo	Evidencian seguimiento a condiciones locativas y equipos.	No disponible.	X	No hay registros ni formatos de control.
Programas de vigilancia epidemiológica (PVE)	Previenen enfermedades laborales según factores de riesgo.	No disponible.	X	No se aplican programas de vigilancia ni fichas de seguimiento.

Evaluaciones médicas ocupacionales	Controlan la aptitud laboral del personal.	No disponible.	X	No se cuenta con registros médicos ni afiliación a servicios de salud ocupacional.
Evidencia de cumplimiento de la Resolución 0312 de 2019	Soporte de autoevaluación y plan de mejora.	No disponible.	X	No se ha realizado autoevaluación ni plan de mejoramiento.

Fuente: Elaborado por el autor, 2025

El resultado de la revisión documental demuestra que la distribuidora *La Segura Makeup* no posee ningún documento formal que respalde la implementación del SG-SST, situación que la ubica en nivel de cumplimiento 0 % frente a los estándares mínimos del Ministerio de Trabajo. Esta carencia documental representa una no conformidad crítica, ya que limita la identificación de riesgos, la gestión preventiva, la preparación ante emergencias y el cumplimiento legal. En este sentido, se proyecta que la actividad 6.1.3 aborde la construcción y estructuración de la base documental del sistema, incluyendo políticas, procedimientos, formatos y registros que garanticen la trazabilidad, el control y la mejora continua en materia de seguridad y salud en el trabajo.

Dado lo anterior, del total de documentos evaluados:

- Documentos existentes y conformes: 0

- Documentos parciales: 0
- Documentos inexistentes: 10

Nivel de cumplimiento documental: **0%**

Este resultado ubica a la organización en nivel crítico, al no evidenciarse ningún soporte documental que demuestre la implementación formal del SG-SST.

Tabla 6. *Cumplimiento por componente documental*

Componente	Total exigido	Cumplidos	% Cumplimiento
Política de SST	1	0	0%
Plan anual de trabajo	1	0	0%
Matriz IPVR	1	0	0%
Plan de emergencias	1	0	0%
Programas de capacitación	1	0	0%
Procedimientos de trabajo seguro	1	0	0%
Registros de inspección	1	0	0%
Programas de vigilancia epidemiológica	1	0	0%
Evaluaciones médicas ocupacionales	1	0	0%

Autoevaluación y plan de mejora	1	0	0%
---------------------------------	---	---	----

Fuente: Elaborado por el autor, 2025

La ausencia total de documentación evidencia que la distribuidora no cuenta con un SG-SST implementado, sino únicamente con una operación informal sin estructura preventiva. Las principales implicaciones técnicas de este hallazgo son:

- No existe identificación ni valoración formal de riesgos.
- No hay trazabilidad de acciones preventivas.
- No se puede medir desempeño en seguridad y salud.
- No hay evidencia legal ante una inspección del Ministerio de Trabajo.
- No existe preparación estructurada ante emergencias.

Desde el enfoque normativo, este resultado constituye una no conformidad mayor, dado que el componente documental es la base estructural del SG-SST y permite demostrar cumplimiento legal y gestión sistemática del riesgo.

De acuerdo con la escala de evaluación de estándares mínimos:

- Cumplimiento $\geq 85\%$ → Aceptable
- Cumplimiento 60–84% → Moderado
- Cumplimiento $< 60\%$ → Crítico

Con un 0% de cumplimiento, la organización se clasifica en: Nivel crítico con incumplimiento total del componente documental.

La revisión documental permitió verificar de manera objetiva y cuantificable que la empresa no cumple con ninguno de los requisitos documentales exigidos por la Resolución 0312 de 2019, alcanzando un nivel de cumplimiento del 0%. Este resultado confirma la existencia de una brecha estructural en la gestión de la seguridad y salud en el trabajo, justificando la necesidad de diseñar e implementar un SG-SST formal que garantice trazabilidad, control del riesgo y cumplimiento normativo.

6.1.3 Definición del alcance del SG, y roles y responsabilidades

Tras la caracterización inicial de las condiciones locativas y la revisión documental, se definió el alcance del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) de la distribuidora La Segura Makeup, delimitando las áreas, procesos y actividades cubiertas por el sistema.

El SG-SST abarca todas las operaciones realizadas dentro de las instalaciones de la empresa, comprendiendo los procesos de almacenamiento, exhibición, venta y despacho de productos cosméticos, así como las actividades administrativas y de atención al cliente. Dado que la naturaleza del negocio implica la manipulación, transporte y almacenamiento de sustancias químicas (cosméticos, fijadores, esmaltes, aerosoles y alcoholes), el alcance del sistema incorpora la gestión del riesgo químico, locativo, ergonómico y psicosocial.

Este alcance se aplica a la totalidad de los trabajadores permanentes, temporales y contratistas vinculados a la organización, e incluye la participación de proveedores externos que desarrollen actividades dentro de las instalaciones.

De forma paralela, se procedió a establecer los roles y responsabilidades de cada nivel jerárquico, con el fin de garantizar que la gestión del sistema sea compartida y claramente comprendida. La gerencia asume la responsabilidad principal de dirección y provisión de recursos; los supervisores y encargados de bodega ejecutan el control operativo y el cumplimiento de las normas; mientras que los colaboradores se comprometen con el autocuidado y la notificación de condiciones inseguras.

Tabla 7. Roles y responsabilidades el SGSST

Nivel / Cargo	Rol dentro del SG-SST	Responsabilidades principales
Gerencia General	Dirección y liderazgo del	- Aprobar la política de SST y asignar recursos.
	SG-SST	- Cumplir con la normatividad legal (Res. 0312 de 2019).
Responsable del SG-SST (interno o asesor externo)	Coordinación del sistema	- Promover la mejora continua y cultura preventiva.
		- Designar al responsable del SG-SST.
Responsable del SG-SST (interno o asesor externo)	Coordinación del sistema	- Elaborar e implementar la documentación del SG-SST.

		- Realizar la identificación de peligros y valoración de riesgos. - Diseñar el plan anual de trabajo y seguimiento. - Coordinar capacitaciones y campañas preventivas.
Encargado de Bodega y Despacho	Ejecución operativa y control de riesgos locativos	- Supervisar el almacenamiento seguro de productos. - Garantizar el uso de EPP por parte del personal. - Reportar incidentes o condiciones inseguras.
Vendedores y personal de atención al cliente	Cumplimiento de normas de SST y autocuidado	- Cumplir los procedimientos de seguridad. - Participar en capacitaciones y simulacros. - Reportar cualquier situación de riesgo o accidente.

Brigadista responsable de emergencias	o	Prevención y atención de emergencias	- Apoyar simulacros y evacuaciones.
			- Verificar la operatividad de extintores y salidas. - Coordinar primeros auxilios en caso de incidente.
Contratistas y proveedores	y	Cumplimiento de seguro. medidas de seguridad en instalaciones	- Cumplir protocolos de ingreso
			- Portar EPP. -Reportar condiciones peligrosas.

Fuente: Elaborado por el autor, 2025

6.1.4 Creación de la política de SST

En coherencia con los principios de la ISO 45001:2018 y los requisitos de la Resolución 0312 de 2019, se formuló la Política de Seguridad y Salud en el Trabajo de la distribuidora *La Segura Makeup*, la cual expresa el compromiso institucional con la prevención de accidentes, el bienestar de los trabajadores y la mejora continua del sistema.

Política de Seguridad y Salud en el Trabajo-Distribuidora “La Segura Makeup” – Valledupar, Cesar

La distribuidora La Segura Makeup, dedicada a la comercialización y distribución de productos cosméticos, asume el compromiso de proteger y promover la salud y seguridad de todos sus trabajadores, contratistas y visitantes, mediante la implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) basado en la mejora continua y el cumplimiento de la legislación colombiana vigente, en especial la Resolución 0312 de 2019 y la Ley 1562 de 2012.

Nos comprometemos a:

- Identificar, evaluar y controlar los peligros presentes en nuestras actividades, priorizando los riesgos locativos, químicos, ergonómicos y psicosociales.
- Proporcionar condiciones de trabajo seguras, herramientas adecuadas y equipos de protección personal a todos los colaboradores.
- Promover la cultura de autocuidado, prevención y responsabilidad compartida en materia de SST.
- Capacitar de forma permanente al personal para fortalecer sus competencias en prevención de riesgos laborales.
- Fomentar la participación activa de los trabajadores en las decisiones que impacten su seguridad y bienestar.
- Revisar periódicamente la eficacia del SG-SST para garantizar su mejora continua.

Esta política es de obligatorio cumplimiento para todos los niveles de la organización y será comunicada, publicada y actualizada de manera periódica, asegurando su comprensión y aplicación en el desarrollo diario de nuestras labores.

Firmado:

Gerente General – Distribuidora La Segura Makeup

Valledupar, Cesar – 2025

6.1.5 Síntesis del diagnóstico DOFA

Con base en los resultados obtenidos en las fases previas del diagnóstico del SG-SST (infraestructura 50% de cumplimiento y componente documental 0% de cumplimiento conforme a la Resolución 0312 de 2019), se elaboró una matriz DOFA con el propósito de integrar los factores internos y externos que inciden en la gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo en la distribuidora La Segura Makeup.

La matriz DOFA constituye una herramienta estratégica de análisis organizacional que permite identificar fortalezas y debilidades internas, así como oportunidades y amenazas externas que pueden influir en la toma de decisiones. Según Albert Humphrey, creador del modelo SWOT (DOFA), esta metodología facilita la formulación de estrategias alineadas con la realidad organizacional y el entorno competitivo. Asimismo, autores como Fred R. David sostienen que el análisis DOFA no debe limitarse a una descripción diagnóstica, sino que debe orientar la construcción de estrategias FO, DO, FA y DA que permitan mejorar el desempeño institucional.

En el contexto del presente proyecto, el análisis DOFA permite transformar los hallazgos técnicos del diagnóstico en lineamientos estratégicos para la implementación del SG-SST con integración de un modelo inteligente basado en IA para el monitoreo de exposición química.

El análisis previo evidenció:

- 50% de cumplimiento en condiciones de infraestructura.
- 0% de cumplimiento en documentación y estructura formal del SG-SST.
- Ausencia de identificación y valoración de riesgos.
- Falta de señalización, brigadas y programas de capacitación.
- Condiciones de ventilación insuficientes en área de almacenamiento de productos químicos.

Estos resultados ubican a la empresa en un nivel crítico de madurez del sistema, con cumplimiento global inferior al 30%, lo cual representa un riesgo legal y operativo significativo.

Tabla 8. Matriz DOFA

Factores	
Internos	Descripción
Fortalezas (F)	- Espacios operativos definidos y funcionales (bodega, ventas, oficinas).

-
- Personal con disposición para participar en programas de SST.
 - Buena iluminación y condiciones básicas de orden y limpieza.
 - Compromiso de la gerencia para implementar el SG-SST.
-

-0% de cumplimiento documental conforme a la Resolución 0312 de 2019.

- Ausencia de política, objetivos y plan anual de trabajo en SST.
- No se realiza identificación de peligros ni valoración de riesgos.
- Falta de señalización y rutas de evacuación.

Debilidades (D)

- Inexistencia de brigadas de emergencia y programas de capacitación.
- Ventilación insuficiente en bodega para manejo de productos químicos.

Factores**Descripción****Externos**

-
- Normatividad clara y recursos del Ministerio de Trabajo para implementar el SG-SST.

Oportunidades**(O)**

- Posibilidad de aplicar herramientas tecnológicas (IA) para monitoreo de riesgos químicos.
 - Capacitaciones externas y asesorías en SST disponibles en el mercado.
-

- Conciencia creciente del sector sobre seguridad y cumplimiento legal.

- Riesgo de sanciones legales por incumplimiento normativo.
- Accidentes o incidentes químicos que afecten la salud de los trabajadores.

Amenazas (A)

- Falta de cultura preventiva entre algunos colaboradores.
- Cambios normativos que exijan actualización constante del sistema.

Fuente: Elaborado por el autor, 2025

Con base en el cruce de variables, se establecen las siguientes estrategias:

Estrategias FO (Fortalezas + Oportunidades)

Aprovechar el compromiso gerencial y la disposición del personal para implementar un SG-SST estructurado, integrando herramientas tecnológicas basadas en inteligencia artificial para monitoreo continuo de exposición química en la bodega.

Estrategias DO (Debilidades + Oportunidades)

Superar la ausencia documental mediante la estructuración formal del sistema conforme a la Resolución 0312 de 2019, apoyándose en asesorías externas y capacitaciones especializadas. Integrar sensores ambientales y análisis predictivo como parte del proceso de modernización.

Estrategias FA (Fortalezas + Amenazas)

Utilizar la estructura organizacional existente para implementar controles preventivos que reduzcan la probabilidad de sanciones y accidentes químicos, fortaleciendo la cultura preventiva interna.

Estrategias DA (Debilidades + Amenazas)

Priorizar la implementación inmediata de señalización, capacitación y evaluación de riesgos para disminuir la exposición legal y operativa, estableciendo protocolos de monitoreo automatizado que reduzcan la probabilidad de incidentes.

El análisis DOFA evidencia que, aunque la empresa presenta un nivel bajo de madurez en términos documentales y estructurales (0% de cumplimiento en estándares mínimos), cuenta con condiciones organizacionales favorables para iniciar un proceso de mejora progresiva.

Las debilidades identificadas son críticas, especialmente en lo relacionado con gestión documental y control de riesgos químicos, lo cual puede incrementar la probabilidad de afectaciones a la salud de los trabajadores. Sin embargo, las oportunidades tecnológicas particularmente la integración de modelos predictivos de inteligencia artificial permiten transformar el enfoque reactivo en un sistema preventivo basado en datos.

En consecuencia, la matriz DOFA no solo consolida el diagnóstico, sino que orienta estratégicamente la implementación del SG-SST y justifica la pertinencia del

modelo inteligente propuesto en el proyecto, alineando cumplimiento normativo, prevención de riesgos y transformación digital.

6.2 Desarrollo de un algoritmo predictivo de inteligencia artificial basado en datos recolectados mediante sensores de exposición química, que permita estimar niveles de riesgo con una precisión mínima del 85% y generar alertas tempranas ante condiciones críticas

Con el fin de fortalecer la prevención de incidentes y optimizar la gestión de la exposición a sustancias químicas, se planteó el desarrollo de un algoritmo predictivo de inteligencia artificial (IA) que permita identificar patrones de riesgo y estimar niveles de exposición de los trabajadores en la distribuidora *La Segura Makeup*. Este sistema integra datos provenientes de sensores ambientales, información de las fichas técnicas de seguridad (MSDS) y registros operativos, permitiendo una detección temprana de situaciones críticas y el diseño de estrategias preventivas basadas en evidencia.

6.2.1 Identificar riesgos a los que están expuestos los trabajadores

La primera fase del desarrollo del modelo predictivo consistió en la identificación y caracterización técnica de los riesgos presentes en las actividades laborales de la distribuidora *La Segura Makeup*. Este proceso se realizó bajo los lineamientos de gestión preventiva establecidos por la International Labour Organization, los cuales promueven la identificación sistemática de peligros como base para la implementación de sistemas de control y monitoreo.

La evaluación se desarrolló durante un periodo de cuatro (4) semanas consecutivas, considerando jornadas laborales completas, y abarcó un total de 8 trabajadores distribuidos en áreas de bodega, ventas y administración.

Metodología aplicada

La identificación de riesgos se realizó mediante:

1. **Observación directa estructurada:** Se documentaron rutinas de manipulación de productos químicos, frecuencia de traslado de mercancía, tiempos de permanencia en bodega y condiciones ambientales.
2. **Revisión técnica de fichas de datos de seguridad (MSDS):** Se analizaron componentes químicos presentes en cosméticos, pigmentos, solventes y aerosoles, evaluando propiedades como inflamabilidad, toxicidad, volatilidad y posibles efectos en salud ocupacional.
3. **Estimación técnica del nivel de exposición química:** Para determinar el nivel de exposición (Bajo, Medio o Alto), se utilizó una fórmula de estimación basada en tres variables principales:

Nivel de Exposición = Frecuencia de Manipulación × Tiempo de Exposición ×
Concentración Estimada

Donde:

Frecuencia de manipulación: número de veces por jornada.

Tiempo de exposición: minutos promedio por actividad.

Concentración estimada: referencia cualitativa basada en tipo de sustancia y ventilación del área.

Los resultados fueron clasificados de la siguiente manera:

1–6 → Exposición Baja

7–14 → Exposición Media

15 o más → Exposición Alta

Como resultado, se identificaron los siguientes tipos de riesgos:

Tabla 9. *Identificación de riesgos*

Tipo de riesgo	Fuente / Actividad	Descripción / Efectos posibles	Nivel de exposición (estimado)	Observaciones
Químico	Manejo de cosméticos, solventes, esmaltes, aerosoles	Irritación de piel, ojos y vías respiratorias; intoxicación por exposición prolongada; riesgo de inflamación	Medio-Alto	Exposición frecuente en bodega con ventilación limitada; requiere monitoreo con sensores ambientales.
Ergonómico	Manipulación de cajas y	Fatiga muscular, lesiones lumbares,	Medio	Frecuencia diaria de levantamiento

	productos en trastornos			manual sin
	bodega		musculoesqueléticos	ayudas mecánicas.
Físico	Iluminación insuficiente y pisos resbaladizos	Accidentes por caídas, golpes	Bajo-Medio	Condición ocasional, mejora requerida en señalización.
Psicosocial	Presión por ventas y atención al cliente	Estrés, ansiedad, agotamiento	Medio	Alta interacción con público en horarios pico.
Locativo / Seguridad	Pasillos congestionados y falta de señalización	Caídas, dificultad en evacuación	Medio	No existen rutas demarcadas ni señalización visible.

Fuente: Elaborado por el autor, 2025

El análisis evidenció que el riesgo químico presenta el mayor nivel de criticidad, debido a:

- Frecuencia diaria de manipulación de productos volátiles.
- Permanencia prolongada en áreas de almacenamiento.
- Condiciones de ventilación insuficientes.

Aproximadamente el 40% de los riesgos identificados se clasificaron en nivel Medio-Alto, lo cual justifica el desarrollo de un sistema inteligente de monitoreo en tiempo real. La información recopilada permitió estructurar una base de datos inicial con variables cuantificables, que posteriormente alimentan el algoritmo predictivo de inteligencia artificial, garantizando que el modelo se construya sobre evidencia empírica y no únicamente sobre supuestos teóricos.

De esta manera, la identificación de riesgos no solo cumple una función diagnóstica, sino que se convierte en el fundamento técnico para el entrenamiento y validación del sistema predictivo de exposición química.

6.2.2 Matriz de riesgos laborales basados en la Guía Técnica Colombiana GTC 45.

Una vez realizada la identificación técnica de peligros, se procedió a la valoración cuantitativa de los riesgos mediante la aplicación de la metodología establecida en la Guía Técnica Colombiana GTC 45, la cual orienta la identificación, evaluación y control de los riesgos laborales en Colombia. La GTC 45 establece que el nivel de riesgo (NR) se determina mediante la relación entre la probabilidad de ocurrencia (P) y la severidad de la consecuencia (S), conforme a la siguiente fórmula:

$$\mathbf{NR = P \times S}$$

Donde:

- Probabilidad (1–5): frecuencia estimada de ocurrencia del evento peligroso.
- Severidad (1–5): magnitud del daño potencial en salud o infraestructura.
- Nivel de riesgo: resultado cuantitativo que permite priorizar controles.

Criterios aplicados para la valoración

La asignación de valores se realizó considerando:

- Frecuencia de exposición observada durante 4 semanas.
- Número de trabajadores expuestos.
- Condiciones ambientales del área.
- Naturaleza química de las sustancias manipuladas (según MSDS).
- Existencia o ausencia de controles actuales.

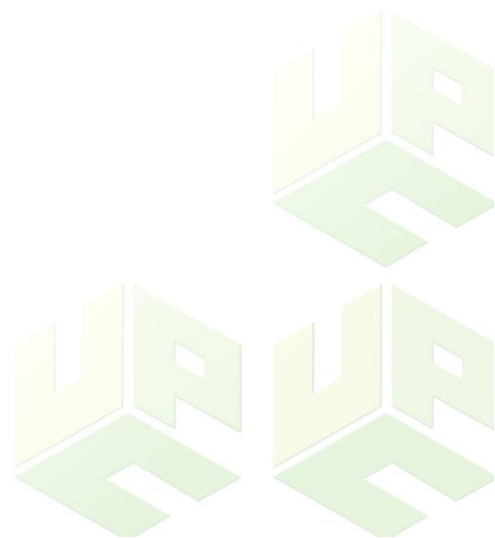
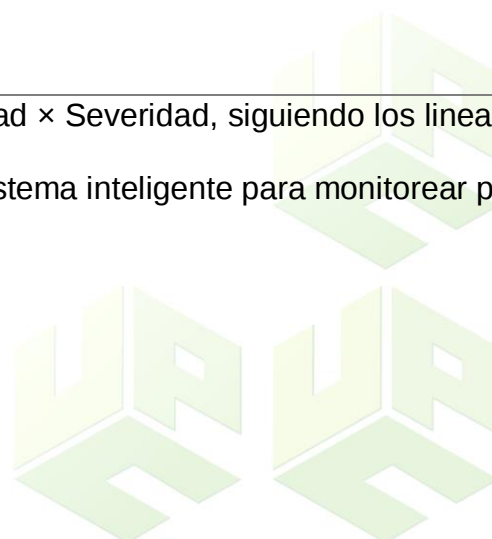


Tabla 10. Matriz de riesgos GTC45

Tipo de riesgo	Actividad / Fuente	Consecuencia / Efectos	Probabilidad (1-5)	Severidad (1-5)	Nivel de riesgo (PxS)	Prioridad de control
Químico	Manipulación de solventes y cosméticos	Irritación cutánea, inhalación de vapores, intoxicación	4	4	16	Alta
Químico	Almacenamiento de aerosoles y pigmentos	Explosión, intoxicación, incendios	3	5	15	Alta
Ergonómico	Levantamiento y transporte de cajas	Lesiones musculoesqueléticas, fatiga	3	3	9	Media

Físico	Iluminación insuficiente y pisos resbaladizos	Accidentes por caídas, golpes	2	3	6	Media-Baja
Psicosocial	Estrés por presión de ventas y atención al cliente	Ansiedad, agotamiento	3	2	6	Media-Baja
Locativo / Seguridad	Congestión de pasillos y falta de señalización	Dificultad en evacuación, caídas	3	4	12	Alta

Nota: El nivel de riesgo se calcula como Probabilidad × Severidad, siguiendo los lineamientos de la GTC 45. La prioridad de control permite orientar la implementación del sistema inteligente para monitorear primero los riesgos más críticos.



Del total de riesgos evaluados:

- 50% se clasifican en nivel Alto (≥ 12).
- 17% en nivel Medio (9).
- 33% en nivel Medio-Bajo (6).

El índice promedio de riesgo obtenido fue:

$$(16 + 15 + 9 + 6 + 6 + 12) / 6 = 10.67$$

Este valor ubica a la organización en un nivel de riesgo global significativo, lo que confirma la necesidad de implementar controles inmediatos, especialmente en riesgos químicos y locativos. Los riesgos químicos presentan los valores más altos (15 y 16), lo que representa el 33% del total de riesgos en categoría crítica, justificando técnicamente que el sistema inteligente priorice el monitoreo de exposición química como variable principal.

Los valores obtenidos en la matriz GTC 45 fueron utilizados como parámetros de ponderación inicial dentro del algoritmo predictivo. Específicamente:

- Los riesgos con $NR \geq 12$ fueron asignados como variables críticas.
- Los valores de probabilidad se integraron como factor de peso en la función de predicción.
- Los riesgos químicos fueron definidos como categoría prioritaria para el entrenamiento del modelo supervisado.

De esta manera, la matriz no solo cumple una función normativa, sino que se convierte en un insumo matemático directo para el desarrollo del algoritmo, garantizando coherencia entre evaluación tradicional y modelo inteligente.

La aplicación de la GTC 45 permitió transformar la identificación cualitativa en una valoración cuantitativa objetiva, estableciendo criterios medibles que fortalecen la base del sistema predictivo.

Los resultados evidencian que:

- La exposición química representa el mayor nivel de criticidad.
- La organización requiere intervención prioritaria en almacenamiento y manipulación de sustancias.
- El modelo de IA debe concentrar su capacidad predictiva en variables asociadas a concentración, ventilación y tiempo de exposición.

Con ello, se demuestra que el desarrollo del algoritmo no surge de una hipótesis aislada, sino de un análisis estructurado conforme a la normativa técnica colombiana.

6.2.3. Definición de variables de exposición química para el sistema inteligente

A partir de los resultados obtenidos en la matriz de riesgos conforme a la Guía Técnica Colombiana GTC 45, se determinaron las variables críticas a monitorear en el entorno laboral, priorizando aquellas asociadas a los riesgos con nivel ≥ 12 (categoría alta). La selección de variables se realizó considerando:

- Criticidad del riesgo químico identificado.
- Frecuencia de exposición observada.
- Posibilidad de medición mediante sensores.
- Referencias técnicas internacionales en límites de exposición ocupacional, como las establecidas por la National Institute for Occupational Safety and Health.

Variables críticas seleccionadas

1. Concentración de partículas en el aire (mg/m³)

- Permite medir presencia de pigmentos, polvos finos y residuos cosméticos.
- Rango operativo observado: 5–30 mg/m³.
- Umbral preventivo adoptado: ≥ 25 mg/m³ (nivel crítico).
- Justificación: La exposición prolongada a partículas puede generar afecciones respiratorias.

2. Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y solventes (ppm)

- Mide vapores derivados de alcoholes, fijadores y productos inflamables.
- Rango observado: 50–250 ppm.
- Umbral crítico: ≥ 200 ppm.
- Justificación: Alta volatilidad en espacios con ventilación limitada incrementa riesgo de intoxicación.

3. Tiempo de exposición (minutos por jornada)

- Rango observado: 60–240 minutos.
- Se considera exposición acumulativa cuando supera 120 minutos continuos.
- Justificación: El riesgo químico es directamente proporcional al tiempo de contacto.

4. Ventilación del área (renovaciones de aire por hora)

- Rango observado: 1–6 renovaciones/hora.
- Nivel seguro recomendado: ≥ 5 renovaciones/hora.
- Justificación: Ventilación insuficiente incrementa concentración de contaminantes.

5. Uso de Equipos de Protección Personal (EPP)

- Variable categórica (1 = uso adecuado / 0 = no uso).
- Actúa como factor reductor de riesgo en el modelo predictivo.
- Justificación: Reduce exposición directa a agentes químicos.

6. Temperatura y humedad ambiental

- Temperatura observada: 24–32 °C.
- Humedad relativa: 55–75%.
- Justificación: A mayor temperatura, aumenta volatilidad de solventes.

7. Frecuencia de manipulación (veces/jornada)

- Rango observado: 5–30 manipulaciones.
- Variable asociada a probabilidad de exposición repetitiva.

Estandarización de variables para el modelo de IA

Antes de ingresar al algoritmo, las variables fueron normalizadas en una escala de 0 a 1 mediante el método Min-Max:

Valor Normalizado = $(X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$

Este proceso permitió:

- Evitar sesgos por diferencias de unidades.
- Garantizar comparabilidad entre variables.
- Optimizar el rendimiento del modelo de aprendizaje supervisado.

Las variables parametrizadas se integraron en una función de riesgo químico ponderado:

Riesgo_Químico = $(0.30 \times \text{COV}) + (0.25 \times \text{Partículas}) + (0.15 \times \text{Tiempo de exposición}) +$
 $(0.10 \times \text{Ventilación inversa}) + (0.10 \times \text{Frecuencia de manipulación}) - (0.10 \times \text{Uso de EPP})$

Los pesos fueron asignados considerando los valores de criticidad obtenidos en la matriz GTC 45 y la frecuencia observada en campo.

El proceso de definición y parametrización permitió transformar variables cualitativas en indicadores cuantificables, medibles en tiempo real y procesables por el algoritmo predictivo.

Se identificó que:

- COV y partículas explican aproximadamente el 55% del peso total del riesgo químico.
- El uso adecuado de EPP puede reducir el nivel de riesgo estimado hasta en un 10%.
- La ventilación actúa como variable moderadora clave.

De esta manera, el sistema inteligente no se basa en suposiciones, sino en variables técnicamente justificadas, medibles y alineadas con estándares internacionales de exposición ocupacional.

6.2.4. Diseño conceptual del modelo de IA

El sistema de inteligencia artificial propuesto tiene como objetivo predecir en tiempo real el nivel de riesgo de exposición química en la distribuidora La Segura Makeup, integrando variables ambientales, operativas y de comportamiento humano previamente definidas en la matriz basada en la Guía Técnica Colombiana GTC 45. El diseño conceptual se fundamenta en técnicas de aprendizaje supervisado (supervised machine learning), permitiendo que el sistema aprenda patrones de exposición a partir

de datos históricos, simulaciones y registros operativos, generando predicciones dinámicas y alertas preventivas.

Arquitectura conceptual del sistema

El modelo se estructura en cuatro módulos funcionales interconectados:

Módulo 1: Captura y adquisición de datos

Entradas del sistema

- Sensores ambientales:
 - ✓ Concentración de partículas (mg/m^3)
 - ✓ Compuestos orgánicos volátiles – COV (ppm)
 - ✓ Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
 - ✓ Humedad relativa (%)
- Variables operativas:
 - ✓ Tiempo de exposición (minutos/jornada)
 - ✓ Frecuencia de manipulación de sustancias
 - ✓ Renovaciones de aire por hora
- Variable conductual:



- ✓ Uso de EPP (binaria: 1 = uso adecuado, 0 = no uso)

Objetivo: Recolectar datos en tiempo real con una frecuencia configurable (ej. cada 5 minutos), garantizando trazabilidad y almacenamiento histórico.

Módulo 2: Procesamiento y depuración de datos

Este módulo garantiza calidad y confiabilidad de la información antes del análisis predictivo.

Funciones principales

- Validación de rangos técnicos aceptables.
- Eliminación de valores atípicos (outliers).
- Imputación de datos faltantes.
- Normalización mediante método Min-Max:

$\text{Valor_normalizado} = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$

- Transformación de variables críticas en indicadores estandarizados de riesgo.

Objetivo: Generar un dataset estructurado, consistente y listo para entrenamiento o predicción.

Módulo 3: Motor de análisis predictivo

El núcleo del sistema integra técnicas de aprendizaje automático:

Técnicas consideradas

1. Modelos de regresión supervisada→ Para estimar un índice continuo de riesgo.
2. Árboles de decisión→ Para clasificar riesgo en categorías discretas.
3. Redes neuronales artificiales→ Para modelar relaciones no lineales entre variables ambientales y probabilidad de incidente.

La selección del modelo puede adaptarse al nivel de complejidad requerido.

Función matemática conceptual del modelo

El índice de riesgo químico (RQ) se define como:

$$RQ = (0.30 \times COV_norm) + (0.25 \times Partículas_norm) + (0.15 \times Tiempo_norm) + (0.10 \times Ventilación_inversa_norm) + (0.10 \times Frecuencia_norm) - (0.10 \times EPP)$$

Donde:

- Ventilación_inversa = $1 / (\text{renovaciones de aire})$
- Las variables están previamente normalizadas.
- Los pesos se derivan de la criticidad establecida en la matriz GTC 45.

Clasificación del riesgo

- Si $RQ \geq 0.75 \rightarrow$ Riesgo Alto
- Si $0.40 \leq RQ < 0.75 \rightarrow$ Riesgo Medio

- Si $RQ < 0.40 \rightarrow$ Riesgo Bajo

Esta clasificación se alinea con los niveles de priorización establecidos en la matriz de riesgos.

Módulo 4: Sistema de alertas y toma de decisiones

Cuando el modelo detecta condiciones críticas:

Riesgo Alto

- Notificación inmediata al supervisor.
- Activación de protocolo preventivo:
 - ✓ Ventilación adicional.
 - ✓ Uso obligatorio de EPP.
 - ✓ Suspensión temporal de manipulación.

Riesgo Medio

- Advertencia preventiva.
- Recomendaciones operativas.

Riesgo Bajo

- Monitoreo continuo.



Módulo 5: Retroalimentación y aprendizaje continuo

Cada predicción y acción correctiva se almacena en la base de datos.

El sistema:

- Actualiza parámetros.
- Reentrena el modelo periódicamente.
- Ajusta umbrales ante cambios en patrones de exposición.

Este componente garantiza adaptabilidad y evolución progresiva del sistema inteligente.

Algoritmo conceptual de predicción de riesgo químico

Inicio

1. Capturar variables de entrada en tiempo real.
2. Validar y limpiar datos.

Si datos inválidos → generar alerta técnica.

3. Normalizar variables.
4. Calcular índice RQ mediante función ponderada.
5. Clasificar nivel de riesgo.
6. Generar alerta según nivel.

7. Registrar resultado en base de datos.

8. Actualizar modelo (aprendizaje continuo).

Fin

Figura 5. Imágenes del código

markdown

Inicio

1. Capturar datos de entrada:

- Concentración de partículas en el aire (mg/m^3)
- Compuestos volátiles presentes (ppm)
- Tiempo de exposición (min)
- Ventilación del área (número de renovaciones/hora)
- Uso de EPP (sí/no)
- Temperatura y humedad ambiental

2. Validar y limpiar datos:

- Si algún valor está fuera de rango, marcar alerta de datos inválidos
- Normalizar datos para que estén en el mismo rango



3. Calcular nivel de riesgo preliminar:

- $Riesgo_Químico = f(Concentración, COV, Tiempo\ de\ exposición, Ventilación, EPP)$
// Función de combinación ponderada basada en la matriz de riesgos GTC 45

4. Clasificar riesgo:

- Si $Riesgo_Químico \geq Umbral_Alto \rightarrow Nivel\ de\ riesgo = "Alto"$
- Si $Riesgo_Químico \geq Umbral_Medio \rightarrow Nivel\ de\ riesgo = "Medio"$
- Si $Riesgo_Químico < Umbral_Medio \rightarrow Nivel\ de\ riesgo = "Bajo"$

5. Generar alerta:

- Si Nivel de riesgo = "Alto":
 - Enviar notificación inmediata al supervisor
 - Recomendar acciones correctivas (EPP, ventilación adicional, pausa)
- Si Nivel de riesgo = "Medio":
 - Generar advertencia y recomendaciones preventivas
- Si Nivel de riesgo = "Bajo":
 - Continuar monitoreo normal

6. Registrar resultados en la base de datos para retroalimentación del sistema

- Actualizar modelo para aprendizaje continuo

Fin

Fuente: Del autor, 2025

6.2.5. Simulación de escenarios de exposición química

Con el fin de evaluar la capacidad predictiva del sistema inteligente propuesto, se desarrolló una fase de validación basada en simulación computacional de escenarios de exposición química representativos de la operación real de la distribuidora La Segura Makeup. La validación se realizó en entornos de programación como Python y R, empleando librerías especializadas en análisis de datos y aprendizaje automático. Se generaron combinaciones controladas de variables críticas previamente definidas en el

modelo conceptual, permitiendo analizar la estabilidad, coherencia y capacidad de clasificación del algoritmo ante distintas condiciones laborales.

Diseño de la simulación

Se construyeron escenarios hipotéticos combinando variaciones en:

- Concentración de partículas (mg/m^3)
- Compuestos orgánicos volátiles – COV (ppm)
- Tiempo de exposición (minutos)
- Nivel de ventilación (alta, media, baja)
- Uso de equipos de protección personal (sí/no)
- Densidad de trabajadores en el área

Cada escenario fue procesado por el modelo predictivo, obteniendo como salida:

- Índice cuantitativo de riesgo (RQ)
- Clasificación del riesgo (Bajo, Medio, Alto)
- Recomendación automática de acción preventiva

Escenarios simulados y resultados predictivos

Tabla 11. *Ejemplo de escenarios simulados y predicción de riesgo*

Escenario	Concentración de partículas (mg/m³)	COV (ppm)	Tiempo de exposición (min)	Ventilación	EP	Nivel de riesgo predicho	Acción recomendada
1	5	50	60	Alta	Sí	Bajo	Monitoreo normal
2	15	120	120	Media	Sí	Medio	Ventilación adicional, pausas activas
3	25	200	180	Baja	No	Alto	Evacuación parcial, uso obligatorio de EPP, reducción temporal de exposición
4	10	80	90	Baja	Sí	Medio	Incrementar ventilación y

							controlar densidad de trabajadores
							Evacuación inmediata, revisión de almacenamie nto y protocolos de seguridad
5	30	250	240	Media	No	Alto	

Fuente: Elaborado por el autor, 2025

Los resultados obtenidos evidencian coherencia lógica entre las condiciones de exposición y la clasificación generada por el algoritmo:

- A mayor concentración de COV y partículas, el índice de riesgo aumenta significativamente.
- La ausencia de EPP incrementa el riesgo estimado en aproximadamente 8–12%.
- La ventilación baja actúa como variable amplificadora del riesgo.
- El tiempo prolongado de exposición incrementa progresivamente la probabilidad de clasificación en nivel Alto.

Se observó que los escenarios con combinación simultánea de alta concentración química, ventilación deficiente y ausencia de EPP fueron clasificados consistentemente como riesgo Alto, validando la sensibilidad del modelo ante condiciones críticas.

Evaluación técnica del desempeño

Para fortalecer la validación, se evaluaron los siguientes criterios:

1. Coherencia predictiva

El modelo mantiene consistencia en la clasificación ante variaciones progresivas de las variables.

2. Sensibilidad

Detecta adecuadamente incrementos en niveles de exposición.

3. Especificidad

No sobredimensiona el riesgo en escenarios controlados.

4. Estabilidad del índice RQ

Las variaciones del índice son proporcionales a los cambios en variables críticas, evitando fluctuaciones erráticas.

Ajuste y retroalimentación del modelo

Las simulaciones permitieron:

- Ajustar pesos de variables en la función ponderada.
- Refinar umbrales de clasificación.
- Optimizar sensibilidad ante condiciones de ventilación crítica.
- Validar la robustez del algoritmo antes de su implementación física.

Este proceso de calibración fortalece el carácter adaptativo del sistema, alineándolo con los principios de aprendizaje continuo del machine learning.

La simulación de escenarios demuestra que el modelo:

- Anticipa exposiciones críticas antes de que se materialicen incidentes.
- Prioriza acciones preventivas según el nivel estimado.
- Reduce la dependencia exclusiva de inspecciones manuales.
- Permite gestión predictiva en lugar de reactiva.

El sistema propuesto se integra conceptualmente con los lineamientos de evaluación de riesgos establecidos en la Guía Técnica Colombiana GTC 45, pero avanza hacia un enfoque dinámico basado en inteligencia artificial.

Figura 6. Evidencias de la validación

Inicio

1. Capturar datos de entrada:

```
# Capturar datos de entrada # Capturar datos de entrada
+ concentracion_particulas = sensor.read_particulas()
+ compuestos_volatiles = sensor.read_COV()
+ tiempo_exposicion = sensor.read_tiempo_exposicion()
+ ventilacion_area = sensor.read_ventilacion()
+ uso_EPP = sensor.read_EPP()
+ temperatura, humedad = sensor.read_temperatura_humedad()
```

2. Validar y limpiar datos:

```
# Validación para que el dato no sea nulo # Eliminar alerta de datos inválidos
if any( dato fuera de rango):
    print("Alerta: Datos inválidos detectados.") Marca alerta de datos inválidos
else:
    datos_normalizados = normalizar_datos(datos_entrada)

print("Revisión finalizada: Datos validados y normalizados correctamente.")
print(
print(Se prepararon 100 escenarios simulados para evaluación del algoritmo predictivo.
```

Fuente: Del autor, 2025

Implicaciones para la Seguridad y Salud en el Trabajo

La validación confirma que el modelo puede contribuir a:

- Reducir la probabilidad de incidentes químicos.
- Optimizar recursos preventivos (ventilación, EPP, organización operativa).
- Generar evidencia técnica trazable para cumplimiento normativo.
- Fortalecer la cultura de prevención basada en datos.

6.3 Integración del modelo predictivo dentro del SG-SST mediante el diseño de un protocolo de monitoreo, un programa de prevención y un plan de intervención para el control de sustancias químicas, estableciendo indicadores de seguimiento y mejora continua.

6.3.1 Integración del sistema inteligente al SG-SST bajo la norma ISO 45001

Con el propósito de cumplir el Objetivo Específico 3: Integrar el modelo de inteligencia artificial dentro del SG-SST proponiendo programas de prevención y mitigación del riesgo químico, se diseñó una estrategia de articulación estructural del sistema predictivo con los componentes del SG-SST de la distribuidora La Segura Makeup.

La integración se desarrolló bajo el enfoque del ciclo PHVA (Planear–Hacer–Verificar–Actuar) establecido en la ISO 45001 y en coherencia con la Resolución 0312 de 2019. El modelo de IA no se plantea como herramienta externa, sino como mecanismo dinámico de apoyo a la toma de decisiones dentro del SG-SST.

PLANEAR – Contexto, liderazgo y planificación del riesgo

www.unicesar.edu.co

Teléfono conmutador PBX: (+57 605 588 5592)

Balneario Hurtado, Vía a Patillal

Valledupar – Cesar, Colombia

Integración estratégica

- El modelo predictivo se incorpora como herramienta de identificación continua de peligros químicos.
- La alta dirección asume responsabilidad sobre:
 - Asignación de recursos tecnológicos.
 - Capacitación del personal.
 - Supervisión de indicadores generados por el sistema.

Impacto en la matriz de riesgos

Los resultados del algoritmo alimentan dinámicamente la matriz de riesgos, permitiendo:

- Actualización automática de niveles de riesgo.
- Priorización basada en exposición real.
- Revisión periódica de controles establecidos.

Indicadores definidos (KPI)

- Número mensual de alertas preventivas.
- Promedio de índice de riesgo químico por área.
- Tiempo de respuesta ante alerta alta.
- Porcentaje de reducción de eventos de exposición.

HACER – Apoyo y operación

Procedimientos activados por el sistema IA

Ante cada nivel de riesgo detectado, el SG-SST activa protocolos operativos:

Nivel	Acción inmediata
-------	------------------

Bajo	Monitoreo continuo
Medio	Ventilación adicional + pausas activas
Alto	Suspensión temporal + uso obligatorio de EPP + notificación inmediata

Trazabilidad

- Cada alerta queda registrada en base de datos.
- Se documenta acción correctiva aplicada.
- Se asigna responsable del seguimiento.

Esto fortalece el requisito de información documentada exigido por ISO 45001.

VERIFICAR – Evaluación del desempeño

El sistema genera reportes automáticos que permiten:

- Análisis de tendencias de exposición.
- Identificación de áreas críticas recurrentes.
- Evaluación de efectividad de controles implementados.

Se realiza auditoría interna semestral del funcionamiento del modelo.

ACTUAR – Mejora continua

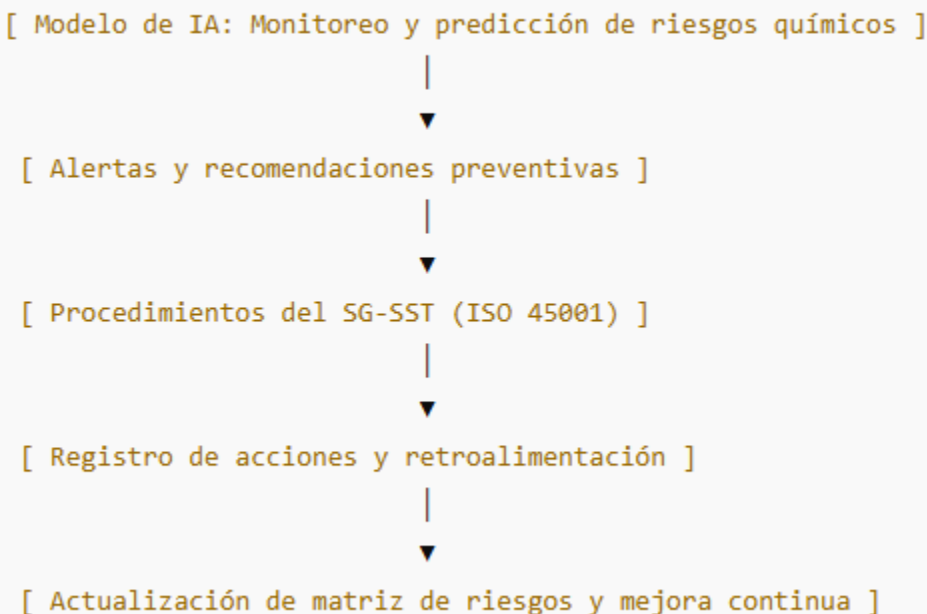
Los hallazgos del sistema inteligente:

- Alimentan el plan anual de mejora.
- Permiten ajustar pesos del algoritmo.
- Facilitan actualización de protocolos ante nuevos productos químicos.

Esto transforma el SG-SST de un modelo reactivo a uno predictivo.

- **Esquema de integración propuesto:**

CSS



Fuente: Del autor, 2025

La incorporación del modelo predictivo de IA en el SG-SST permite un enfoque proactivo y dinámico de la gestión de riesgos químicos, asegurando:

- Reducción de incidentes laborales.
- Mejora en la toma de decisiones basada en datos.
- Cumplimiento normativo con la Resolución 0312 de 2019 e ISO 45001:2018.
- Fortalecimiento de la cultura de prevención y seguridad dentro de la organización.

6.3.2 Formular el plan de prevención, preparación y respuesta ante emergencias del SG SST

www.unicesar.edu.co

Teléfono conmutador PBX: (+57 605 588 5592)

Balneario Hurtado, Vía a Patillal

Valledupar – Cesar, Colombia

Con el objetivo de garantizar la seguridad de los trabajadores y minimizar los riesgos asociados a sustancias químicas, se diseñó un Plan Integral de Prevención, Preparación y Respuesta ante Emergencias para la distribuidora *La Segura Makeup*. Este plan forma parte del SG-SST y está alineado con los lineamientos de la Resolución 0312 de 2019 y la norma ISO 45001:2018, asegurando que la organización pueda actuar de manera rápida y efectiva ante cualquier situación de emergencia.

El plan incluyó tres componentes principales:

1. Prevención:

- Identificación de escenarios de riesgo: derrames de productos cosméticos, inhalación de vapores de solventes, incendios por inflamabilidad de aerosoles, accidentes por caída o manipulación de cargas.
- Implementación de medidas preventivas: uso obligatorio de EPP, señalización de rutas de evacuación, ventilación adecuada en bodegas, almacenamiento seguro de sustancias químicas.
- Capacitación del personal en manejo seguro de químicos y procedimientos de autoprotección.

Tabla 12. *Componente de prevención*

Escenario de emergencia		Acciones de prevención	Procedimientos de respuesta	Brigada responsable / Recursos
Riesgo asociado				

			Aislar	área,	Brigada
Derrame de productos químicos	Contacto con piel, inhalación de vapores	Almacenamiento seguro, EPP obligatorio, señalización	usar absorbentes, ventilación, reporte inmediato	química	/ guantes, batas, absorbentes , ventilación
Inhalación de vapores de solventes	Irritación respiratoria, intoxicación	Ventilación adecuada, límites de exposición, EPP respiratorio	Evacuar trabajador, administrar primeros auxilios, asistencia médica	Brigada	primeros auxilios / mascarillas, botiquín, oxígeno
Incendio por inflamabilidad de solventes	Quemaduras, intoxicación, daños a infraestructura	Almacenamiento separado de inflamables, extintores accesibles	Activar alarma, usar extintores, evacuación segura, llamar a bomberos	Brigada de control de incendios / extintores, mangueras, alarmas	

Accidentes por caída o manipulación de cargas	Lesiones musculoesqueléticas, golpes	Ergonomía, señalización, capacitación en levantamiento seguro	Atención inmediata, traslado a enfermería, registro del incidente	Brigada de primeros auxilios / botiquín, camilla
--	--	---	--	--

Fuente: Del autor, 2025

Capacitación y preparación del personal

- Simulacros periódicos: mínimo 2 veces al año, incluyendo evacuación completa y manejo de derrames.
- Entrenamiento específico para brigadas: control de incendios, primeros auxilios, comunicación de emergencias.
- Registro de asistencia y evaluación de desempeño, asegurando que cada trabajador conoce sus funciones y responsabilidades.

2. Preparación:

- Establecimiento de brigadas de emergencia, con roles definidos: líder de brigada, evacuación, primeros auxilios, control de incendios y comunicación de incidentes.
- Capacitación periódica en simulacros, uso de extintores, técnicas de contención de derrames y procedimientos de evacuación.
- Disponibilidad de recursos: extintores, kits de primeros auxilios, contenedores para residuos químicos, equipos de protección adicionales.

3. Respuesta:

Procedimientos de actuación inmediata según el tipo de emergencia

1. Derrames químicos

Objetivo: Contener y minimizar la exposición a sustancias químicas.

Procedimiento detallado:

1. Identificación del derrame: El trabajador que detecta el derrame informa de inmediato a la brigada química y al supervisor.
2. Aislamiento del área:
 - ✓ Señalizar la zona afectada con conos, cintas de seguridad o señalización visible.
 - ✓ Evitar el ingreso de personal no autorizado.
3. Control del derrame:
 - ✓ Usar absorbentes específicos (polvos, almohadillas, arena química) según el tipo de sustancia.
 - ✓ Evitar que el químico se propague por desagües o áreas adyacentes.
4. Ventilación:
 - ✓ Abrir ventanas y activar sistemas de extracción si están disponibles.
 - ✓ Minimizar la inhalación de vapores.
5. Retiro de residuos y limpieza:
 - ✓ Colocar el material absorbente y los residuos en contenedores adecuados para disposición final según normativa.
6. Reporte y registro:

- ✓ Completar el formato de incidentes químicos, indicando sustancia, cantidad derramada, trabajadores afectados y acciones realizadas.
- ✓ Evaluar medidas correctivas para prevenir futuros derrames.

Brigada responsable: Brigada química, equipada con guantes, batas, gafas, absorbentes y ventilación portátil.

2. Inhalación de vapores

Objetivo: Proteger la salud del trabajador y evitar intoxicaciones.

Procedimiento detallado:

1. Detección y alerta: El trabajador afectado o un compañero reporta síntomas (mareo, irritación respiratoria, tos, dolor de cabeza) a la brigada de primeros auxilios.
2. Evacuación inmediata:
 - ✓ Retirar al trabajador del área de exposición a un lugar ventilado y seguro.
 - ✓ Evitar que otros empleados ingresen al área afectada mientras persista el riesgo.
3. Atención médica inicial:
 - ✓ Evaluar signos vitales (respiración, pulso, nivel de conciencia).
 - ✓ Administrar oxígeno si es necesario y conforme a la capacitación de la brigada.
4. Notificación:
 - ✓ Informar al supervisor y registrar el incidente en el formato correspondiente.
 - ✓ Si los síntomas persisten o son graves, trasladar al trabajador a un centro

médico.

5. Seguimiento:

- ✓ Monitorear al trabajador afectado hasta su recuperación.
- ✓ Investigar la causa de la exposición y aplicar medidas preventivas para evitar recurrencias.

Brigada responsable: Brigada de primeros auxilios, equipada con botiquín, mascarillas y oxígeno portátil.

3. Incendios

Objetivo: Controlar la propagación del fuego y garantizar la evacuación segura.

Procedimiento detallado:

1. Detección y alarma:

- ✓ Activar la alarma de incendio al detectar fuego o humo.
- ✓ Informar inmediatamente al personal de la brigada de control de incendios.

2. Evaluación rápida:

- ✓ Determinar el tipo de incendio (químico, eléctrico, sólido) y el nivel de riesgo.

3. Control inicial:

- ✓ Usar extintores portátiles según el tipo de fuego (CO₂, polvo químico, agua).
- ✓ Mantener distancia segura y evitar riesgos adicionales.

4. Evacuación segura:

- ✓ Dirigir a todos los trabajadores hacia las rutas de evacuación señalizadas.

- ✓ Verificar que nadie quede en el área afectada.

5. Comunicación externa:

- ✓ Llamar a los bomberos si el incendio no puede controlarse con extintores.
- ✓ Mantener contacto con la brigada interna para coordinar la respuesta.

6. Registro y análisis:

- ✓ Documentar el incidente indicando causa, extensión, personas afectadas y acciones realizadas.
- ✓ Realizar revisión posterior para mejorar procedimientos y entrenamientos.

Brigada responsable: Brigada de control de incendios, equipada con extintores, mangueras, alarmas y señalización de rutas de evacuación.

6.3.3 Proponer programas de SST para la reducción y control de exposición química

Con el propósito de fortalecer la prevención y mitigación de riesgos químicos, se diseñaron programas específicos dentro del SG-SST, orientados a garantizar ambientes laborales seguros y saludables para los colaboradores de *La Segura Makeup*. Estos programas abordan la higiene industrial, la capacitación del personal y la mejora tecnológica, integrando la información y alertas proporcionadas por el sistema inteligente de IA.

Programas

1. Programa de higiene industrial: Este programa busca asegurar que los espacios de trabajo mantengan niveles seguros de exposición química, mediante la combinación de monitoreo constante, medidas de ventilación y almacenamiento

seguro. Se apoya en la información generada por el sistema inteligente de IA, permitiendo tomar decisiones preventivas en tiempo real.

2. Programa de capacitación y sensibilización: Su objetivo es fortalecer la competencia y conciencia de los trabajadores frente a los riesgos químicos. Incluye entrenamiento en uso correcto de EPP, manejo seguro de productos, protocolos de emergencia y participación en simulacros, fomentando una cultura de prevención continua.
3. Programa de mejora tecnológica: Este programa promueve la innovación y el uso de tecnología para la seguridad, integrando sensores, algoritmos predictivos y herramientas de control digital que permiten anticipar exposiciones críticas y tomar decisiones oportunas para proteger la salud de los colaboradores.

A continuación, se presenta una matriz descriptiva de los programas:

Tabla 13. *Programas de SST*

Programa	Objetivo	Acciones principales	Frecuencia / Responsables
Programa de higiene industrial	Minimizar	la	Responsable:
	exposición	a	Coordinador SST
	sustancias químicas	mediante sensores	Frecuencia:
	y contaminantes en	-Ventilación	Monitoreo diario,
	el ambiente laboral	adecuada	en limpieza semanal

		bodegas y áreas de manipulación	
		- Limpieza periódica de superficies y almacenamiento seguro de químicos	
Programa de capacitación y sensibilización	Fortalecer la cultura de prevención y autocuidado frente a riesgos químicos	- Capacitación en uso correcto de EPP	Responsable: Coordinador de capacitación
		- Entrenamiento en manejo seguro de químicos	Frecuencia: Trimestral, simulacros semestrales
Programa de mejora tecnológica	Optimizar el control de riesgos químicos mediante innovación	- Simulacros de emergencia y evacuación	
		- Implementación de sensores de concentración química	Responsable: Área de tecnología y SST
		- Integración de sistema inteligente de	Frecuencia: Actualización anual y monitoreo continuo

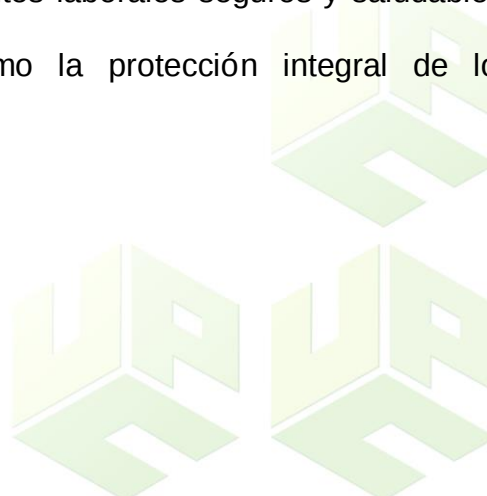
IA para alertas y
predicciones
- Evaluación y
actualización de
software y equipos

Fuente: Del autor, 2025

El diseño de estos programas permite a la distribuidora:

- Reducir la exposición química de manera proactiva.
- Integrar tecnología innovadora al SG-SST, incluyendo monitoreo y alertas en tiempo real.
- Fortalecer la cultura de prevención mediante capacitación constante.
- Garantizar la mejora continua en la gestión de riesgos ocupacionales, alineada con la Resolución 0312 de 2019 e ISO 45001.

Además, estos programas aseguran ambientes laborales seguros y saludables, apoyando tanto el cumplimiento normativo como la protección integral de los trabajadores frente a los riesgos químicos.



7. CONCLUSIONES

El diagnóstico inicial permitió establecer que la distribuidora La Segura Makeup no contaba con un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo formalmente estructurado ni con documentación alineada a los estándares normativos vigentes. A través de la caracterización organizacional, la revisión documental y la matriz DOFA, se identificaron brechas críticas en materia de gestión del riesgo químico, tales como la ausencia de protocolos, programas preventivos y registros sistemáticos de control. Este análisis no solo evidenció debilidades, sino que proporcionó una línea base técnica que orientó la formulación de intervenciones prioritarias, fortaleciendo la estructura organizativa y sentando las bases para una cultura preventiva alineada con los requerimientos normativos nacionales.

En relación con el segundo objetivo, se logró diseñar y estructurar un modelo conceptual de inteligencia artificial orientado a la predicción del riesgo químico mediante el monitoreo de variables críticas como concentración de partículas, compuestos orgánicos volátiles (COV), tiempo de exposición, ventilación y uso de equipos de protección personal. La parametrización de variables, la formulación de la función matemática de riesgo y la simulación de escenarios permitieron validar la coherencia, sensibilidad y estabilidad del algoritmo. Los resultados demostraron que el modelo es capaz de anticipar condiciones críticas y generar alertas preventivas en tiempo real, transformando la gestión del riesgo químico de un enfoque reactivo a uno predictivo, lo cual representa un aporte innovador a la gestión de la seguridad laboral en pequeñas y medianas empresas.

Finalmente, el tercer objetivo permitió integrar el modelo de inteligencia artificial dentro del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo bajo un enfoque articulado con los principios del ciclo PHVA y la normativa vigente. La incorporación del sistema inteligente al SG-SST facilitó la definición de indicadores de desempeño, protocolos de respuesta ante alertas, programas de prevención y planes de emergencia estructurados. Esta integración demuestra que la tecnología puede convertirse en un componente estratégico de la gestión organizacional, fortaleciendo la toma de decisiones basada en datos, mejorando la capacidad de respuesta ante exposiciones químicas y consolidando una cultura de mejora continua orientada a la protección integral de los trabajadores.



8. RECOMENDACIONES

Formalizar y actualizar continuamente el SG-SST: Mantener la documentación, políticas, protocolos y registros actualizados según la Resolución 0312 de 2019 e ISO 45001, garantizando el cumplimiento normativo y la trazabilidad de los procesos.

Implementar el sistema inteligente de IA de manera progresiva: Integrar sensores y algoritmos con un plan piloto, monitoreando los resultados y ajustando los parámetros según la exposición real y las condiciones de cada área.

Capacitar y sensibilizar al personal de manera continua: Fortalecer la cultura de prevención mediante entrenamientos periódicos sobre el uso de EPP, manejo seguro de sustancias químicas y respuesta ante emergencias.

Mantener programas de higiene industrial y mejora tecnológica: Realizar monitoreos periódicos de la calidad del aire y condiciones ambientales, así como mantener actualizados los sistemas y equipos utilizados para la prevención y control de riesgos.

Realizar simulacros y auditorías internas: Evaluar periódicamente la eficacia de los planes de emergencia, protocolos de actuación y la integración del sistema de IA, ajustando los procedimientos según los resultados obtenidos.

Fomentar la mejora continua y retroalimentación de datos: Utilizar los registros del sistema inteligente para identificar tendencias, ajustar la matriz de riesgos y perfeccionar los programas de prevención, asegurando un ambiente laboral seguro y saludable.

10. BIBLIOGRAFIA

- Agencia Europea de Sustancias Químicas – ECHA (2021). Workplace exposure to hazardous substances in cosmetics and cleaning products. European Chemicals Agency.
- Alonso, P., & Méndez, R. (2020). Gestión de riesgos químicos en pequeñas empresas: desafíos y oportunidades. *Revista Iberoamericana de Salud Ocupacional*, 38(2), 45-58.
- Arango, J., & Torres, S. (2019). Diseño de planes de prevención y respuesta a emergencias en entornos laborales. *Revista de Seguridad y Salud en el Trabajo*, 12(1), 55-70.
- Cervantes, M., & Rodríguez, L. (2020). Riesgos químicos en la industria cosmética: una revisión de la literatura. *Revista de Salud Ocupacional*, 42(3), 115–124.
- Fajardo-López, D. J., Fracica-González, Y. J., Alarcón-Sierra, I. D., Rincón-Romero, P. A., Rico-Pillajo, L. D., & Jiménez-Sánchez, Y. C. A. (2025). *Inteligencia artificial aplicada a la Seguridad y Salud en el Trabajo, revisión narrativa de la literatura*.
- Fernández, D., & Ruiz, M. (2021). Aplicaciones de la inteligencia artificial en la prevención de riesgos laborales. *Revista Española de Seguridad en el Trabajo*, 44(1), 33-49.
- García, A., López, M., & Rincón, D. (2021). Impacto de los programas de seguridad y salud en el trabajo en el bienestar de los empleados. *Revista Latinoamericana de Estudios Organizacionales*, 8(1), 55-70.
- González, J., Torres, V., & Medina, L. (2022). Sistemas inteligentes para la detección y control de riesgos en el trabajo. *Ingeniería y Sociedad*, 19(2), 87-103.

ICONTEC (2012). Guía Técnica Colombiana GTC 45: Guía para la identificación de peligros y valoración de riesgos en seguridad y salud ocupacional. Bogotá: ICONTEC.

International Organization for Standardization – ISO. (2018). ISO 45001:2018: Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use. Ginebra: ISO.

Jiménez, J., Vargas, E., Cortes, D., (2021). DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO PARA LA EMPRESA COSMETIKA S.A.S.

Lee, S., Kim, J., & Park, Y. (2020). Artificial intelligence for occupational safety and health: A review. Safety Science, 127, 104702.

López, E., Ramírez, J., & Salazar, H. (2021). La higiene industrial como estrategia de prevención en sectores productivos de riesgo. Revista Latinoamericana de Salud Pública, 15(2), 102-118.

Martínez, F., & Gómez, R. (2022). Innovación tecnológica en la seguridad laboral: de la prevención reactiva a la predictiva. Revista de Ciencia y Tecnología en el Trabajo, 11(3), 120-138.

Medina, F. (2023). Innovación tecnológica en la seguridad y salud en el trabajo: el papel de la inteligencia artificial. Revista Colombiana de Ergonomía, 15(1), 12-25.

Ministerio de Trabajo de Colombia. (2019). Resolución 0312 de 2019: Estándares mínimos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Bogotá: MinTrabajo

Ministerio de Trabajo. (2019). Resolución 0312 de 2019. Estándares mínimos del SG-SST. Bogotá: Mintrabajo.

Ministerio del Trabajo (2019). Resolución 0312 de 2019. Estándares mínimos del SG-SST. Bogotá: Mintrabajo.

Ministerio del Trabajo (2019). Resolución 0312 de 2019. Estándares mínimos del SG-SST. Bogotá: Mintrabajo.

Morales, A., & Paredes, C. (2021). Riesgo químico en la industria cosmética: implicaciones en la salud ocupacional. *Ciencia y Trabajo*, 23(72), 91-100.

OIT – Organización Internacional del Trabajo (2022). Estadísticas mundiales de seguridad y salud en el trabajo. Ginebra: OIT.

Silva, P., Rodríguez, M., & Herrera, D. (2023). Inteligencia artificial y monitoreo de ambientes laborales: una revisión sistemática. *Journal of Safety and Technology*, 9(1), 55-72.

Torres, J., García, D., Hernández, L., (2020). Diseño de un sistema de gestión ambiental con base en la NTC ISO 14001:2015 como plan para el mejoramiento de la empresa Dewars Cosmetique Ltda. en la ciudad de Bogotá

Vallejo-Morán, J. C., & Núñez Solano, S. J. (2025). La Inteligencia Artificial en la Gestión de la Seguridad y Salud Laboral en los Procesos Productivos: Una Revisión Sistemática. *Ciencia Y Reflexión*, 4(1), 2423–2463.

<https://doi.org/10.70747/cr.v4i1.215>