



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, VINCULACIÓN Y  
POSGRADO**

**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**Evaluación de atmósferas explosivas en el área de condimentos de la  
empresa Terrafertil S.A. para reducir la accidentabilidad laboral.**

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de  
Magister en Seguridad Industrial Mención Prevención de Riesgos  
Laborales.**

**Autor:**

Carvajal Cuasquer, Brayan Steven

**Tutor:**

Mgs. Saavedra Acosta, Galo Roberto

**Riobamba, Ecuador. 2026**



## DECLARACIÓN DE AUTORIA Y GESTIÓN DE DERECHOS

Yo, Carvajal Cuasquer Brayan Steven, con número único de identificación 0401881701, declaro y acepto ser responsable de las ideas, doctrinas, resultados y lineamientos alternativos realizados en el presente trabajo de titulación denominado: Evaluación de atmósferas explosivas en el área de condimentos de la empresa Terrafertil S.A. para reducir la accidentabilidad laboral previo a la obtención del grado de Magíster en Seguridad Industrial Mención Prevención de Riesgos Laborales.

- Declaro que mi trabajo investigativo pertenece al patrimonio de la Universidad Nacional de Chimborazo de conformidad con lo establecido en el artículo 20 literal de la Ley Orgánica de Educación Superior LOES.
- Autorizo a la Universidad Nacional de Chimborazo que pueda hacer uso del referido trabajo de titulación y a difundirlo como estime conveniente por cualquier medio conocido, y para que sea integrado en formato digital al Sistema de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor, dando cumplimiento de esta manera a lo estipulado en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior LOES.

Riobamba, 21 de abril del 2026



Validar únicamente en FirmaBC.  
Firmado electrónicamente por:  
**BRAYAN STEVEN**  
**CARVAJAL CUASQUER**

Carvajal Cuasquer Brayan Steven  
C.I. 0401881701



## ACTA DE CULMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

En la ciudad de Riobamba, a los 21 días del mes de abril del año 2026, los miembros del Tribunal designado por la Comisión de Posgrado de la Universidad Nacional de Chimborazo, reunidos con el propósito de analizar y evaluar el Trabajo de Titulación bajo la modalidad Proyecto de titulación con componente investigación aplicada y/o desarrollo, CERTIFICAMOS lo siguiente:

Que, una vez revisado el trabajo titulado: "Evaluación de atmósferas explosivas en el área de condimentos de la empresa Terrafertil S.A. para reducir la accidentabilidad laboral", perteneciente a la línea de investigación: Ingeniería, industria y construcción, presentado por el maestrante Carvajal Cuasquer Brayan Steven, portador de la cédula de ciudadanía No. 0401881701, estudiante del programa de Maestría en Seguridad Industrial Mención en Prevención de Riesgos Laborales, se ha verificado que dicho trabajo cumple al 100% con los parámetros establecidos por la Dirección de Posgrado de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Es todo cuanto podemos certificar, en honor a la verdad y para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:  
GALO ROBERTO  
SAAVEDRA ACOSTA  
Validar únicamente con FirmaEC

**Mgs. Galo Roberto  
Saavedra Acosta**  
**TUTOR**



Firmado electrónicamente por:  
OSCAR DANIEL  
ESCOBAR ZABALA  
Validar únicamente con FirmaEC

**Mgs. Oscar Daniel  
Escobar Zabala**  
**MIEMBRO DEL  
TRIBUNAL 1**



Firmado electrónicamente por:  
LUIS STALÍN LOPEZ  
TELENCHANA  
Validar únicamente con FirmaEC

**Mgs. Luis López  
Telenchana**  
**MIEMBRO DEL  
TRIBUNAL 2**



Riobamba, 21 de abril del 2026

## CERTIFICADO

De mi consideración:

Yo Saavedra Acosta Galo Roberto, certifico que Carvajal Cuasquer Brayan Steven con cédula de identidad No. 0401881701, estudiante del programa de Maestría en Seguridad Industrial Mención Prevención de Riesgos Laborales, cohorte 7ma presentó su trabajo de titulación bajo la modalidad de Proyecto de titulación con componente de investigación aplicada y/o desarrollo denominado: Evaluación de atmósferas explosivas en el área de condimentos de la empresa Terrafertil S.A. para reducir la accidentabilidad laboral, el mismo que fue sometido al sistema de verificación de similitud de contenido COMPILATION identificando <1% en Similitud, 2% Detección de IA, <1% en Idiomas no reconocidos.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:  
GALO ROBERTO  
SAAVEDRA ACOSTA  
Validar Únicamente con FirmaEC

Saavedra Acosta Galo Roberto  
C.I. 1802731115

- Adj.-  
Resultado del análisis de similitud (Compilation)

## **Agradecimiento**

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios, por darme la vida, la salud y la fortaleza necesarias para culminar esta importante etapa académica.

A mi familia, por su apoyo incondicional, su paciencia y su confianza en cada momento de este proceso, siendo mi principal motivación para seguir adelante.

A mis docentes y tutores, por compartir sus conocimientos, orientación y experiencia, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de esta investigación.

De igual manera, agradezco a la empresa Terrafertil S.A. y a todas las personas que colaboraron con la información necesaria para la realización del presente estudio, así como a quienes, directa o indirectamente, contribuyeron al logro de este objetivo.

## **Dedicatoria**

Dedico este nuevo logro a Dios, por brindarme la fortaleza y la sabiduría necesaria para culminar esta etapa de crecimiento personal y profesional.

A las dos personitas más importantes de mi vida, mis padres, por ser siempre esos seres incondicionales que están en el momento correcto y en el lugar adecuado para apoyarme y darme ese empujón de aliento cuando más lo necesitaba. Su comprensión, sus consejos y su motivación constante han sido fundamentales durante todo este proceso académico.

A mi hermana, Ángela, a ti que siempre me escuchas y estás ahí para aguantar mis chistes y bromas, ayudándome a desestresarme en los momentos más complicados. Gracias por ser ese amor tan sincero de hermanos y por acompañarme siempre.

Carmita, amor mío, la mayor parte de este esfuerzo va dedicado a ti, negrita, por ser esa persona que desde el inicio creyó en mí y me impulsó a seguir adelante. Como siempre me decías: “estudie, negro, que ya veremos cómo le hacemos”. Hoy, que estoy en la recta final, solo me queda agradecerte por ese apoyo tan inmenso, por tu paciencia y por caminar a mi lado en cada paso de este proceso. Este logro también es tuyo.

A todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron con palabras de aliento, orientación y confianza, impulsándome a seguir adelante y a no rendirme ante las dificultades. Cada gesto, por pequeño que haya sido, dejó una huella importante en este camino.

## Índice General

<b>Declaración de auditoría y gestión de derechos</b> .....	<b>ii</b>
<b>Acta de culminación de Trabajo de Titulación</b> .....	<b>iii</b>
<b>Certificado Antiplagio</b> .....	<b>iv</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>v</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice General</b> .....	<b>vii</b>
<b>Índice de Tablas</b> .....	<b>xi</b>
<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>xiv</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>16</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>18</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>19</b>
<b>Capítulo 1 Generalidades</b> .....	<b>21</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	21
1.2 Justificación de la Investigación.....	23
1.3 Objetivos.....	25
1.3.1 Objetivo General.....	25
1.3.2 Objetivos Específicos .....	25
1.4 Descripción de la empresa y puestos de trabajo .....	25
1.4.1 Misión.....	28
1.4.2 Visión .....	28
1.4.3 Descripción de las instalaciones y áreas.....	28
1.4.4 Número de trabajadores.....	29
1.4.5 Descripción del área de condimentos, proceso productivo y componentes ....	30

<b>Capítulo 2 Estado del Arte y la Práctica .....</b>	<b>38</b>
2.1 Antecedentes Investigativos .....	38
2.2 Fundamentación Legal .....	42
2.2.1 Constitución de la República del Ecuador. 2008.....	43
2.2.2 Tratados y convenios internacionales.....	44
2.2.3 Decisión 584. Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo. ....	45
2.2.4 Resolución 957. Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo .....	46
2.2.5 Código del Trabajo .....	46
2.2.6 Decreto Ejecutivo 255. Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo.....	48
2.2.7 Ordenanza Metropolitana 0470. Reglas técnicas en materia de prevención de incendios. ....	48
2.2.8 Acuerdo Ministerial 013. Reglamento de Riesgos de Trabajo en Instalaciones Eléctricas.....	49
2.2.9 Acuerdo Ministerial 1257. Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección contra Incendios. ....	50
2.2.10 Acuerdo Ministerial Nro. MDT-2025-196. Obligaciones laborales de los empleados públicos y privados en materia de Seguridad y Salud en el trabajo. ....	51
2.2.11 Acuerdo Ministerial Nro. MDT-2025-122. Reglamento de Seguridad en el Trabajo y Prevención de Riesgos Laborales para la construcción de obras públicas y privadas.....	52
2.3 Fundamentación Teórica .....	53
2.3.1 Seguridad y Gestión del Riesgo .....	54
2.3.2 Fuego y control de incendios.....	57
2.3.3 Atmósferas Explosivas .....	66
2.3.4 Propiedades explosivas del polvo combustible .....	78
2.3.5 Normativa complementaria .....	80

2.3.6	Equipo de medición – PCE / MPC 10 .....	81
<b>Capítulo 3 Diseño Metodológico.....</b>		<b>83</b>
3.1	Enfoque de la Investigación .....	83
3.2	Diseño de la Investigación.....	84
3.3	Tipo de investigación .....	85
3.4	Nivel de Investigación .....	85
3.5	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	86
3.5.1	Observación directa .....	86
3.5.2	Análisis documental .....	86
3.5.3	Medición de concentración de material particulado.....	87
3.6	Técnicas para el Procesamiento e Interpretación de Datos .....	88
3.6.1	Determinación de la probabilidad.....	88
3.6.2	Determinación de la consecuencia .....	89
3.6.3	Valoración del nivel de riesgo .....	89
3.7	Población y Muestra .....	90
<b>Capítulo 4 Análisis y Discusión de los Resultados.....</b>		<b>91</b>
4.1	Identificar las zonas, condiciones y procesos en el área de condimentos que favorecen la formación de atmósferas explosivas por polvo combustible.....	91
4.1.1	Análisis de características físicas y químicas de los condimentos.....	91
4.1.2	Determinación de fuentes de liberación de polvo y puntos de ignición en el área. 96	
4.2	Clasificar en zonas ATEX y valorar el nivel de riesgo según el Real Decreto 681. 107	
4.2.1	Medir la concentración de material particulado en el área de condimentos..	107
4.2.2	Clasificación de zonas 20, 21 y 22 basado en la frecuencia y duración del polvo. 122	
4.2.3	Evaluación del riesgo aplicando la Guía Técnica del Real Decreto 681.....	125

<b>Capítulo 5 Marco Propositivo .....</b>	<b>132</b>
5.1 Proponer medidas de control y plan de gestión para mitigar riesgos ATEX. ....	132
5.1.1 Diseño de control de ingeniería (Campana extractora) .....	132
5.1.2 Elaboración del plan de emergencias para la empresa. ....	145
5.1.3 Elaboración del plan de capacitaciones en riesgo de atmósfera explosiva....	155
<b>Conclusiones.....</b>	<b>160</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>163</b>
<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>164</b>
<b>Apéndice .....</b>	<b>172</b>
Apéndice A. Autorización para el uso de datos de Terrafertil S.A.....	172
Apéndice B. Ficha técnica de la canela.....	173
Apéndice C. Ficha técnica de la cebolla. ....	174
Apéndice D. Ficha técnica del ajo.....	175
Apéndice E. Matriz evaluación del área.....	176
Apéndice F. Matriz evaluación de riesgo ATEX. ....	179
Apéndice G. Manual del equipo PCE – MPC 10.....	182
Apéndice H. Plan de Emergencias. ....	190
Apéndice I. Dispositivos de seguridad.....	219
Apéndice J. Plan de capacitaciones.....	225

## Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Superficie ocupada por áreas en metros cuadrados.</i> .....	27
Tabla 2. <i>Distribución del personal por área.</i> .....	30
Tabla 3. <i>Maquinaria de proceso.</i> .....	33
Tabla 4. <i>Sistemas de transporte.</i> .....	34
Tabla 5. <i>Componentes eléctricos.</i> .....	34
Tabla 6. <i>Sistemas de ventilación.</i> .....	35
Tabla 7. <i>Mobiliario industrial.</i> .....	35
Tabla 8. <i>Insumos operativos.</i> .....	36
Tabla 9. <i>Equipos de protección personal.</i> .....	36
Tabla 10. <i>Utensilios de limpieza.</i> .....	37
Tabla 11. <i>Tipos de fuego.</i> .....	60
Tabla 12. <i>Tipos de fuego según la normativa NFPA10 y ISO 3941.</i> .....	60
Tabla 13. <i>Adecuación de extintores.</i> .....	63
Tabla 14. <i>Clasificación de atmósferas explosivas por vapores.</i> .....	68
Tabla 15. <i>Clasificación de atmósferas explosivas por polvos.</i> .....	68
Tabla 16. <i>Fuentes de ignición para atmósferas explosivas.</i> .....	69
Tabla 17. <i>Parámetros característicos de las atmósferas explosivas.</i> .....	71
Tabla 18. <i>Equipo y envases con riesgo de atmósferas explosivas.</i> .....	72

Tabla 19. <i>Verificación técnica conforme a la UNE-EN 1127-1 para la canela.</i> .....	92
Tabla 20. <i>Verificación técnica conforme a la UNE-EN 1127-1 para la cebolla.</i> .....	93
Tabla 21. <i>Verificación técnica conforme a la UNE-EN 1127-1 para el ajo.</i> .....	94
Tabla 22. <i>Propiedades físicas y químicas de las materias primas en estudio.</i> .....	95
Tabla 23. <i>Identificación de posibles fuentes de ignición en el área de condimentos.</i> .....	102
Tabla 24. <i>Resultados de las mediciones indicativas de la canela en polvo en suspensión.</i> .....	110
Tabla 25. <i>Promedio del material particulado (Canela en polvo) en base a su proceso.</i> .	111
Tabla 26. <i>Resultados de las mediciones indicativas de la cebolla en polvo en suspensión.</i> .....	114
Tabla 27. <i>Promedio del material particulado (cebolla en polvo) en base a su proceso.</i> .	115
Tabla 28. <i>Resultados de las mediciones indicativas del ajo en polvo en suspensión.</i> .....	118
Tabla 29. <i>Promedio del material particulado (ajo en polvo) en base a su proceso.</i> .....	119
Tabla 30. <i>Capacidad de producción en frascos en cada turno.</i> .....	133
Tabla 31. <i>Capacidad de producción en fundas en cada turno.</i> .....	133
Tabla 32. <i>Estimación de polvo por turno.</i> .....	134
Tabla 33. <i>Velocidades de diseño para el sistema de extracción de polvo por condimentos.</i> .....	136
Tabla 34. <i>Dimensiones para la campana de extracción.</i> .....	137
Tabla 35. <i>Amenazas en la empresa Terrafertil S.A.</i> .....	149

Tabla 36. <i>Recursos y medios de emergencias de la empresa Terrafertil S.A.</i> .....	150
Tabla 37. <i>Estructura jerárquica del plan de Emergencias.</i> .....	152
Tabla 38. <i>Cronograma de actividades para cumplir con el plan de capacitaciones.</i> .....	158
Tabla 39. <i>Módulos del plan de capacitaciones.</i> .....	159

## Índice de Figuras

Figura 1. <i>Empresa Terrafertil S.A.</i> .....	26
Figura 2. <i>Proceso de producción de condimentos.</i> .....	32
Figura 3. <i>Diagrama de proceso productivo de condimentos.</i> .....	32
Figura 4. <i>Jerarquía legal aplicada al estudio, según Kelsen.</i> .....	43
Figura 5. <i>Componentes del riesgo.</i> .....	56
Figura 6. <i>Triángulo del fuego.</i> .....	58
Figura 7. <i>Tetraedro del fuego.</i> .....	59
Figura 8. <i>Clasificación, tipo y métodos de extinción del fuego.</i> .....	61
Figura 9. <i>Tipos de extintor según la clasificación del fuego.</i> .....	64
Figura 10. <i>Nivel de riesgo versus el tamaño de la partícula.</i> .....	75
Figura 11. <i>Valoración del riesgo en cuanto a la probabilidad por la consecuencia.</i> .....	76
Figura 12. <i>Equipo Particle Counter PCE-MPC 10.</i> .....	82
Figura 13. <i>Campo evaluado - Generación de polvo combustible (Nube suspendida).</i> ....	100
Figura 14. <i>Acumulación de polvo.</i> .....	101
Figura 15. <i>Fuentes de ignición en el área.</i> .....	103
Figura 16. <i>Acumulación de polvo en los equipos eléctricos y maquinaria de dosificación.</i> .....	104
Figura 17. <i>Ventilación en el área de condimentos.</i> .....	105

Figura 18. <i>Condiciones de orden y limpieza.</i> .....	106
Figura 19. <i>Medición de material particulado - Canela en polvo.</i> .....	112
Figura 20. <i>Material particulado a nivel del área - Canela en polvo.</i> .....	113
Figura 21. <i>Medición de material particulado - Cebolla en polvo.</i> .....	116
Figura 22. <i>Material particulado a nivel del área - Cebolla en polvo.</i> .....	117
Figura 23. <i>Medición de material particulado - Ajo en polvo.</i> .....	120
Figura 24. <i>Material particulado a nivel del área - Ajo en polvo.</i> .....	121
Figura 25. <i>Clasificación de zonas ATEX.</i> .....	124
Figura 26. <i>Posibilidad de formación de atmósferas explosivas.</i> .....	126
Figura 27. <i>Posibles fuentes de ignición.</i> .....	127
Figura 28. <i>Probabilidad de activación de una fuente de ignición.</i> .....	128
Figura 29. <i>Estimación de los posibles efectos de una exposición.</i> .....	130
Figura 30. <i>Valorización del riesgo según la Guía Técnica.</i> .....	131
Figura 31. <i>Ventilación localizada.</i> .....	135
Figura 32. <i>Ducto Circular.</i> .....	139
Figura 33. <i>Ventilador con certificación ATEX.</i> .....	142
Figura 34. <i>Motor eléctrico ATEX.</i> .....	143
Figura 35. <i>Matriz de especificaciones del sistema.</i> .....	144
Figura 36. <i>Plano de riesgos Terrafertil.</i> .....	146
Figura 37. <i>Plano con las rutas de evacuación Terrafertil.</i> .....	147

## Resumen

En este trabajo de titulación, denominado Evaluación de atmósferas explosivas en el área de condimentos de la empresa Terrafertil S.A. para reducir la accidentabilidad laboral, lleva como objetivo principal estudiar las condiciones y los riesgos relacionados con la formación de atmósferas explosivas por polvo combustible en los procesos establecidos para su producción.

La metodología aplicada está direccionada a una investigación cuantitativa, centrada en la observación directa, la revisión de documentos y la medición del material particulado (PM 2,5 y PM 10), empleando el equipo PCE-MPC 10. Además, tiene un enfoque focalizado en la identificación de las fuentes de ignición, así como también en su respectivo análisis de las condiciones operativas, para evaluar el riesgo considerando la probabilidad y la consecuencia, según la clasificación de zona ATEX.

Los resultados de las mediciones realizadas del material particulado demuestran que existen concentraciones máximas de hasta 295  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 325  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en canela; 255  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 275  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en cebolla; y 129  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 132  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en ajo. Por otro lado, el proceso de producción que genera mayor cantidad de polvo, y es catalogado como una zona crítica dentro del área, está centrado en la carga de la materia prima hacia la tolva durante el envasado de las tres materias primas en estudio.

Asimismo, se clasificaron zonas 20, 21 y 22, y se evidenció un nivel de riesgo alto en etapas como carga, mezclado y limpieza.

En conclusión, el área presenta condiciones que favorecen la formación de atmósferas explosivas, por lo que se propuso la implementación de un sistema de extracción

localizada, junto con planes de emergencia y capacitación, con el fin de reducir el riesgo y mejorar las condiciones de seguridad.

**Palabras clave:** *ATEX, Atmósferas Explosivas, polvo combustible, riesgo laboral, seguridad industrial.*

## ABSTRACT

This research, titled "Assessment of Explosive Atmospheres in the Seasonings Division of Terrafertil S.A. to Reduce Workplace Accidents," examines the risks of explosive atmospheres from combustible dust in production processes. It is a quantitative study that focuses on direct observation, document review, and the measurement of particulate matter (PM 2.5 and PM 10) using the PCE-MPC 10 device. In addition, it focuses on identifying ignition sources and analyzing their operating conditions to assess risk by considering probability and consequences, according to the ATEX zone classification. The results of the particulate matter measurements show that maximum concentrations of up to 295  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  and 325  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  were recorded for cinnamon; 255  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  and 275  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for onions; and 129  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  and 132  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for garlic. The production process that generates the most dust—and is classified as the primary critical zone—is loading raw material into the hopper during packaging. Additionally, mixing and cleaning stages are defined as critical zones due to their high dust emissions. Zones 20, 21, and 22 were classified, with high levels of risk specifically identified in loading, mixing, and cleaning. In conclusion, the area has conditions that promote the formation of explosive atmospheres; therefore, it is recommended to install localized ventilation, develop emergency plans, and provide training to reduce the risk and improve safety.

**Keywords:** ATEX, explosive atmospheres, combustible dust, occupational hazards, industrial safety, erall well-being within the school environment.



**Reviewed by:**

Mgs. Jessica María Guaranga Lema  
**ENGLISH PROFESSOR**  
C.C. 0606012607

## **Introducción**

En la industria alimentaria, la presencia de polvo combustible durante los procesos productivos puede generar condiciones que favorecen la formación de atmósferas explosivas, representando un riesgo importante tanto para los trabajadores como para las instalaciones. Este tipo de escenarios suele pasar desapercibido, especialmente cuando no se cuenta con un análisis técnico que permita identificar las condiciones que originan este riesgo.

En este trabajo de titulación se estudia la formación de atmósferas explosivas presentes en el área de condimentos de la empresa Terrafertil S.A. Para esto, se considera todas las etapas del proceso de producción y el comportamiento que tiene el material particulado durante esta actividad. La importancia de estudio radica en fortalecer la cultura de seguridad y salud dentro de la empresa. A nivel académico, aporta un análisis enfocado a los riesgos relacionados con atmósferas explosivas en la industria alimenticia, y a nivel corporativo brinda información necesaria para la toma de decisiones e implementación de medidas de control que permitan reducir la accidentabilidad laboral.

La investigación lleva un enfoque cuantitativo, empleando técnicas como la observación directa, la examinación y análisis documental, así como también la medición de material particulado en el área de producción. Con los datos recopilados, se reconocieron las principales fuentes de generación de polvo, las posibles fuentes de ignición y se realizó la clasificación de zonas con riesgo de atmósferas explosivas, junto con la evaluación de su nivel de criticidad.

El objetivo principal de este estudio está basado en conocer las condiciones reales del área de condimentos, identificar los puntos críticos y determinar el nivel de riesgo, con

la finalidad de plantear medidas preventivas que optimicen la seguridad. Estas propuestas incluyen controles técnicos y administrativos, así como el fortalecimiento de la capacitación del personal.

El documento está organizado en cinco capítulos: el primero presenta el problema, la justificación y los objetivos; el segundo desarrolla el marco teórico y normativo; el tercero describe la metodología aplicada; el cuarto muestra y analiza los resultados; y el quinto plantea las propuestas orientadas a la reducción del riesgo.

## Capítulo 1

### Generalidades

#### 1.1 Planteamiento del problema

La formación de atmósferas explosivas, conocidas por sus siglas en inglés, ATEX, en la industria alimenticia es más frecuente de lo que se piensa. Esto ocurre tanto los mandos medios y altos como el personal operativo desconocen el origen de dichas condiciones. Una atmósfera de este tipo surge cuando se combinan los cuatro elementos del fuego, y en este sector, el más determinante es el polvo combustible presente en los condimentos. El polvo combustible se define como partículas sólidas muy finas que, independientemente de su estructura o composición, al encontrarse suspendidas en el aire junto con un medio oxidante, generan un riesgo potencial de incendio o explosión (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2003).

Las consecuencias de los accidentes han resultado catastróficos e irreversibles cuando han sido ocasionados por explosiones o incendios relacionados con materiales combustibles. En la actualidad, existen varias industrias como la alimentaria, la maderera, la papelera y la farmacéutica que se encuentran catalogadas como productores que manipulan polvos de forma directa, y es por esta razón que existe un alto riesgo de sufrir este tipo de sucesos, puesto que en su ambiente, siempre están suspendidas partículas finas que pueden provocar una explosión y un posible incendio ocasionado por polvo combustible. El riesgo mencionado anteriormente lo podemos evidenciar en varios registros internacionales. Entre ellos, se ha recibido un reporte anual de entre 40 y 50 explosiones por polvo combustible en Gran Bretaña. En Estados Unidos, dentro del proceso de almacenaje de granos, se han registrado aproximadamente 20 explosiones y en torno a 80 vinculadas con productos de origen orgánico. Por otra parte, en Alemania se tienen informes de que

existen entre 65 y 70 explosiones por año en sectores productivos referentes a la madera, los alimentos y el papel. Finalmente, en Suecia, al menos ocurre una explosión severa causada por polvo al mes. Estos datos reflejan que las explosiones de polvo ocurren al menos una vez al mes y que es un riesgo crítico si no se genera un plan de prevención que permita reducir los niveles de accidentabilidad laboral (Berard et al., 2023).

En Terrafertil S.A. existe un área específica destinada a la producción y envasado de condimentos, en la cual se mantiene un portafolio amplio de productos como cebolla, pimienta, estragón francés, ajo, paprika, canela, cúrcuma, entre otros. Durante el proceso de envasado y la manipulación de estas materias primas, se generan partículas de polvo muy finas que, a lo largo de la jornada laboral de ocho horas en los tres turnos diarios, permanecen suspendidas en el aire. Esta condición favorece la formación de atmósferas explosivas similares a las reportadas en otras industrias, lo que convierte a esta sección en un área crítica de riesgo tanto para la seguridad de los trabajadores como para la infraestructura de la empresa. Sin embargo, en la actualidad, aún se identifica un vacío en el control de la seguridad y salud en el trabajo, puesto que no se dispone de medidas que reduzcan la accidentabilidad laboral ocasionada por el polvo combustible presente en atmósferas explosivas. El polvo en el área de condimentos intensifica la probabilidad de que ocurra un accidente y destaca la importancia de ejecutar una evaluación de forma técnica y estructurada, enfocada al riesgo de que exista una explosión.

Bajo estas condiciones, y con el fin de establecer el nivel de riesgo que existe ante la formación de atmósferas explosivas por polvo combustible en el área de condimentos de la empresa TERRAFERTIL S.A., es necesario construir el análisis mencionado anteriormente. La falta de medidas de prevención y control, evidencia la importancia de una evaluación minuciosa que permita identificar las zonas críticas y de acuerdo a estos resultados proponer

soluciones efectivas. En este contexto, surge la pregunta de investigación que guía el presente estudio:

¿Cuál es el nivel de riesgo de formación de atmósferas explosivas por polvo combustible en el área de condimentos de Terrafertil S.A., y qué medidas de control se pueden proponer para reducir la accidentabilidad laboral?

## **1.2 Justificación de la Investigación**

Evaluar el nivel de riesgo en el área de condimentos de la empresa TERRAFERTIL S.A. debido a la posible formación de atmósferas explosivas por polvo combustible, es fundamental, puesto que a lo largo de la historia se han registrado accidentes graves que no solo han destruido instalaciones, sino que también han causado pérdidas humanas. Un ejemplo de ello ocurrió en Canadá, el 23 de abril de 2012, en la empresa forestal “Lakeland Mills”, donde una explosión provocada por partículas de madera suspendidas en el aire ocasionó la muerte de dos personas y dejó veintidós heridos. De igual manera, el 17 de julio de 2015, en un molino de harina ubicado en Bosley (Reino Unido), el polvo acumulado generó una explosión que destruyó parcialmente la empresa, dejando como resultado treinta personas heridas y cuatro fallecidas. Es importante recalcar que en esta misma instalación ya se habían producido dos incendios previos, uno en 2010 y otro en 2012, lo que evidencia la falta de medidas preventivas para reducir el riesgo que se encuentra presente. Finalmente, en septiembre de 2016, en Torrelavega (España), sucedió una explosión seguida de un incendio en un silo de la fábrica *Wood Manners*. Como consecuencia de esto, dos personas resultaron con quemaduras graves y una tercera falleció después de recibir primeros auxilios, producto del atrapamiento y las lesiones ocasionadas.

Este tipo de eventos demuestra que la falta de control del polvo combustible puede provocar consecuencias graves. En este sentido, se hace necesaria la realización de una evaluación y el planteamiento de medidas que permitan reducir el nivel de riesgo en Terrafertil S.A., por lo que resulta pertinente analizar de forma técnica y ordenada las condiciones existentes en el área de condimentos de la planta (Hoyuelos Álvaro et al., 2022).

En el Ecuador, con el objetivo de precautelar la seguridad de los trabajadores, prevenir accidentes y enfermedades laborales, se establece en la Constitución el artículo 326, numeral 5, que los operadores están en su pleno derecho de desempeñar sus actividades en un área adecuada y óptima que asegure su salud, bienestar y seguridad (Constitución de la República del Ecuador, 2008). De igual manera, el Decreto Ejecutivo 255 enfatiza esta disposición al requerir que las empresas identifiquen, evalúen y controlen los riesgos en sus procesos productivos con el fin de mitigar los riesgos que pueden surgir en su entorno laboral (Decreto Ejecutivo N.o 255: Reglamento de Seguridad y Salud En El Trabajo, 2024). Considerando estas referencias legales y verificando la necesidad de dar cumplimiento a la normativa ecuatoriana, la evaluación de atmósferas explosivas por polvo combustible en el área de condimentos resulta relativamente importante.

Pese a que el riesgo es conocido, en la actualidad, la empresa no dispone de un estudio específico sobre la presencia de atmósferas explosivas. La falta de este análisis puede dar lugar a que ocurran varios accidentes con posibles afectaciones a los trabajadores, a las instalaciones y al desarrollo normal de las operaciones, tanto en esta área como en el resto de la fábrica. Finalmente, esta investigación no solo busca reducir el nivel de accidentabilidad, sino también aportar información que sirva como referencia para otras industrias alimentarias en el Ecuador. Además, pretende abrir la posibilidad de continuar el

estudio en otras áreas de la misma empresa, como el área de tés, fortaleciendo así la reducción de riesgos laborales.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

- Evaluar las condiciones y riesgos asociados a la formación de atmósferas explosivas en el área de condimentos de la empresa Terrafertil S.A., para implementar medidas de control que contribuyan a la prevención de accidentes laborales.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar las zonas, condiciones y procesos en el área de condimentos que favorecen la formación de atmósferas explosivas por polvo combustible.
- Valorar el riesgo de atmósferas explosivas en el área de condimentos conforme a los criterios establecidos en el Real Decreto 681.
- Proponer medidas de control para prevenir y mitigar el riesgo de atmósferas explosivas en el área de condimentos, para minimizar el impacto de los accidentes laborales y pérdidas económicas.

### **1.4 Descripción de la empresa y puestos de trabajo**

TERRAFERTIL S.A. es una compañía ecuatoriana fundada en el año 2005, cuya actividad económica y social se orienta a la elaboración, producción y comercialización de frutos secos, bebidas y cereales de origen vegetal elaborados con insumos naturales y orgánicos de alta calidad, entre los que se incluyen tés, infusiones, frutos deshidratados, cereales, condimentos y chocolates. Sus productos cumplen con los más altos estándares, puesto que la empresa supervisa la producción en colaboración con pequeños agricultores

de su zona de origen. La empresa principal se ubica en el norte del país, en la provincia de Pichincha, cantón Pedro Moncayo, parroquia Tabacundo. En el transcurso de doce años, la compañía ha logrado posicionarse en diecisiete mercados y expandirse internacionalmente mediante su marca registrada como Nature's Heart®, presente en Estados Unidos, México, Colombia, Perú, Chile y el Reino Unido (Nestlé, 2018). Finalmente, en el año 2018, Nestlé® adquiere la mayor parte de operaciones y activos de Terrafertil, lo que ha contribuido para fortalecer su presencia en los diferentes mercados.

**Figura 1.**

*Empresa Terrafertil S.A.*



*Nota.* Imagen tomada del plan de emergencias Terrafertil S.A. - 2025.

La superficie total de la empresa es de 17.792,49 m<sup>2</sup>, de los cuales 10.236,98 m<sup>2</sup> corresponden a parqueaderos, áreas libres y andenes destinados al cargue de producto terminado y al descargue de materias primas. Por su parte, un total de 7.555,51 m<sup>2</sup> se

encuentran destinados al funcionamiento de las diferentes áreas operativas y administrativas de la organización.

La distribución detallada de estos espacios se presenta en la siguiente tabla, en la cual se especifica cada área con su respectiva extensión.

**Tabla 1.**

*Superficie ocupada por áreas en metros cuadrados.*

Áreas	Superficie ocupada en m <sup>2</sup>
Oficinas administrativas, cocina y comedor	565,81
Mercado nacional, bodega de MP y bodega PT	3659,59
Mercado de exportación, control de calidad, bodega de PT, mantenimiento y calderos	2070
Cámara de maduración	424,70
Bodega de uso general	719,33
Planta de tratamiento de agua, tanque de combustible	82,83
Garita, recepción, lavandería	53,83
Total de superficie	7.555,51

*Nota.* Datos tomados del plan de emergencias Terrafertil S.A. - 2025.

Como se puede evidenciar en la tabla, la empresa dispone de áreas administrativas y operativas, siendo la empresa de producción el núcleo principal de sus actividades. En esta, se ejecutan de manera continua los procesos de recepción, selección, transformación, envasado y despacho del producto terminado hacia las diferentes partes del país así como también varias exportaciones, lo que implica una alta relación entre el personal administrativo y operativo para la coordinación de las diferentes actividades.

En este contexto, la interacción permanente entre los trabajadores y la maquinaria presente en las líneas de producción conlleva la exposición a diversos riesgos laborales. Esta

situación hace indispensable la identificación, evaluación y aplicación de medidas preventivas orientadas a minimizar la ocurrencia de accidentes y fortalecer la seguridad en el entorno de trabajo.

#### **1.4.1 Misión**

Facilitar un mejor estilo de vida a través de productos saludables, de origen natural y de buen sabor.

#### **1.4.2 Visión**

Siempre ser una empresa innovadora líder en el mercado de alimentos orgánicos y deshidratados, teniendo siempre en cuenta el respeto al ser humano y al medio ambiente.

#### **1.4.3 Descripción de las instalaciones y áreas**

La fábrica consta de seis edificaciones, cuya distribución se presenta a continuación:

- Planta 1.- Producción y bodega de exportación.
- Planta 2.- Producción mercado nacional, bodega de materia prima y bodega de producto terminado.
- Planta 3.- Taller de mantenimiento y calderos.
- Planta 4.- Bodega de maduración.
- Planta 5.- Producción de salsas.
- Planta 6.- Oficinas administrativas.

Por otra parte, la empresa se encuentra estructurada en distintas áreas, las cuales cumplen actividades específicas para asegurar el correcto funcionamiento de sus operaciones. Esta organización permite una adecuada combinación entre las acciones

administrativas, productivas y comerciales. A continuación, se presentan las áreas más relevantes:

- Administración.- Contabilidad, Recursos Humanos, Compras, Logística, Planificación y abastecimiento.
- Seguridad y Salud Ocupacional.- Departamento Técnico y Departamento Médico.
- Mantenimiento.- Servicios generales y técnicos.
- Bodega de insumos y producto terminado.- Mercado de exportación y mercado nacional.
- Bodega de exportación.- Producto terminado.
- Control de calidad.- Oficina y laboratorio.
- Producción o líneas de fábrica.- Mercado de exportación y Mercado nacional (Áreas: Tés, Granolas, Condimentos, Tés con frutas, Miel, Chocolates, Cereales y vinagres)

#### **1.4.4 Número de trabajadores**

TERRAFERTIL S.A. cuenta con un total de 235 colaboradores, hombres y mujeres, distribuidos en las distintas áreas de la empresa. Cada departamento está dirigido por un líder acompañado de su equipo, quienes tienen definidas sus funciones para velar por el cumplimiento de las responsabilidades corporativas y lograr los objetivos establecidos para el año. A continuación, se presenta la distribución del personal por áreas.

**Tabla 2.***Distribución del personal por área.*

Área	N.º de Trabajadores	Hombres	Mujeres
Administrativa y Técnica	37	16	21
Servicios varios	11	5	6
Bodegas MP / PT	24	21	3
Mercado de Exportación	103	54	49
Mantenimiento	6	6	0
Mercado Nacional	54	19	35
<b>Total</b>	<b>235</b>	<b>121</b>	<b>114</b>

*Nota.* Datos tomados del plan de emergencias de Terrafertil 2025.

#### **1.4.5 Descripción del área de condimentos, proceso productivo y componentes**

Se describe esta área en específico, ya que todo el desarrollo del presente trabajo de titulación se realizará en este espacio. El área de condimentos constituye una subsección que se encuentra dentro de la Planta 2, correspondiente a la producción para mercado nacional, así como a la bodega de materia prima y producto terminado, según la clasificación presentada en el apartado 1.4.3.

Actualmente, en esta área laboran un total de 12 operarios, quienes se organizan en tres turnos rotativos de cuatro personas cada uno. El primer turno se desarrolla de 06h00 a 14h00, el segundo de 14h00 a 22h00 y el tercero de 22h00 a 06h00.

En cuanto al proceso productivo que se desarrolla en esta zona, es correcto mencionar que las actividades inician con la limpieza integral del área de trabajo. Para ello, los operarios utilizan aire comprimido con el fin de remover restos de materia prima acumulados en los equipos, mesas y utensilios. Una vez que el material es llevado hacia el suelo, se realiza la

limpieza en seco utilizando escobas, con las cuales se recoge el residuo generado y se deposita en fundas para su disposición final. Posteriormente, se procede a limpiar mesas y equipos con un paño seco para retirar el polvo adherido y, finalmente, se pasa un paño húmedo con el fin de eliminar los restos que puedan quedar.

Terminada la limpieza, los operarios revisan la orden de producción para verificar que la información del producto y los insumos sea la correcta. Una vez confirmados estos datos, se inicia la carga de la materia prima en la tolva, que tiene una capacidad aproximada de 25 kg. Durante este período, el sistema mantiene un funcionamiento continuo, lo que permite mantener una mezcla homogénea.

A continuación, la máquina se calibra de acuerdo a la presentación del producto. El operario ubica manualmente los envases en la zona de llenado y, mediante el presión de un pedal, se realiza la dosificación del producto.

Una vez llenados, los envases son colocados en una banda transportadora, donde otro operario se encarga de colocar manualmente la tapa de aluminio. Posteriormente, los envases pasan por una máquina de sellado por inducción, la cual fija el sello de aluminio al envase mediante ionización.

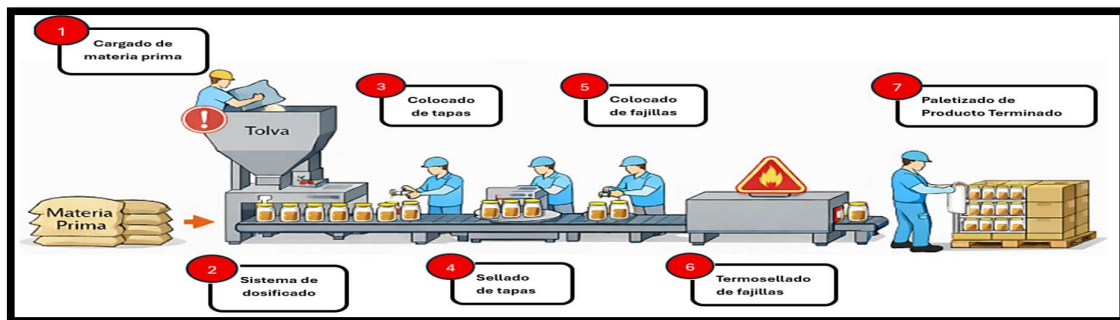
Luego, los envases son depositados en un plato giratorio, donde un operario coloca manualmente las fajillas plásticas. A continuación, los envases ingresan a un termotúnel, equipo que aplica calor para el sellado térmico de las fajillas.

Finalmente, los productos terminados son empacados en sus respectivas cajas y paletizados de acuerdo con el esquema de organización establecido.

Este proceso puede observarse de manera esquemática en el diagrama de flujo presentado a continuación, así como en la Figura 2, donde se presenta su representación gráfica.

**Figura 2.**

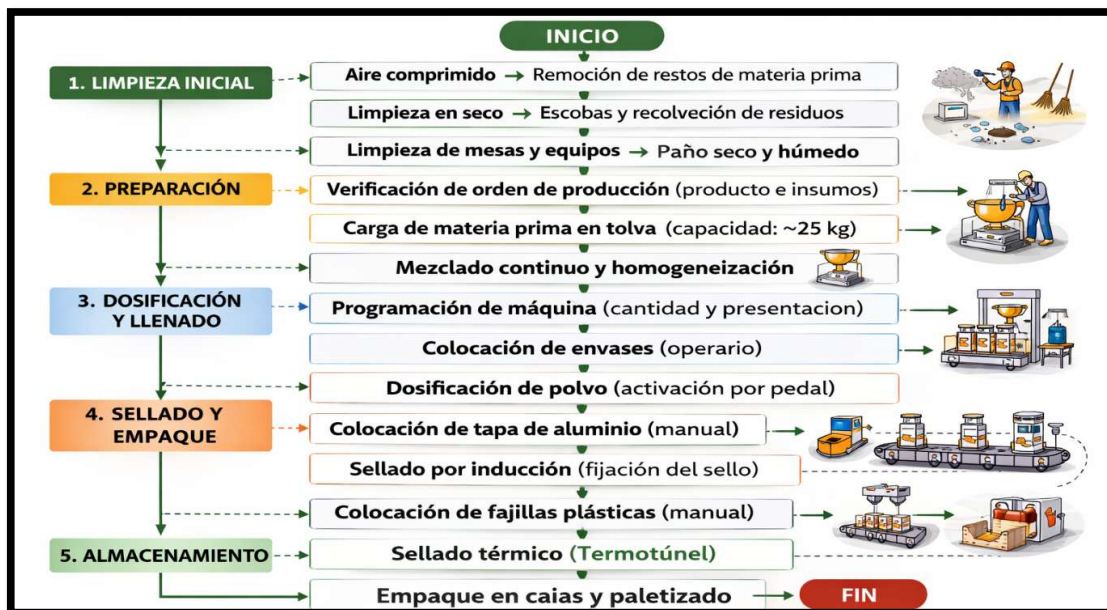
*Proceso de producción de condimentos.*



*Nota.* El Proceso de producción de condimentos con la maquinaria empleada.

**Figura 3.**

*Diagrama de proceso productivo de condimentos.*



*Nota.* Proceso de producción de condimentos según el diagrama de flujo de Terrafertil.

Por otro parte, el área está equipada con diversos componentes, equipos y materiales que contribuyen con la eficiencia operativa durante el procesos de producción. Sin embargo, cuando se analizan estos equipos con el enfoque de generar atmósferas explosivas por polvo combustible, es necesario clasificarlos de manera técnica, es decir, en sistemas, inmuebles, insumos y utensilios presentes en el área de análisis.

Esta clasificación permite identificar aquellos componentes que pueden actuar como fuentes viables de ignición, materiales combustibles o superficies propensas a la acumulación de polvo, facilitando así el análisis técnico posterior dentro de la evaluación del riesgo.

En la siguiente tabla se presenta los principales equipos instalados en el área de condimentos que intervienen en el proceso de producción. En ella se detallan el nombre del equipo, la cantidad existente dentro del área y una breve observación técnica que describe su función o característica principal dentro de la línea de envasado. Esta información permite identificar los elementos operativos que forman parte del proceso productivo.

**Tabla 3.**

*Maquinaria de proceso.*

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Observación Técnica</b>
Tolva y envasadora vertical.	1	Equipo principal de manipulación de polvo.
Máquina de sellado por inducción.	1	Equipo eléctrico – posible fuente térmica.
Máquina termo túnel.	1	Generación de calor (riesgo térmico)
Banda selladora de fundas.	1	Equipo eléctrico con resistencias.

*Nota.* Maquinarias que mejoran el procesose productivo.

En cuanto a los sistemas de transporte, se emplean las bandas transportadoras utilizadas durante el proceso de producción. En ella se detallan la cantidad de equipos

presentes y una observación técnica relacionada con su funcionamiento, destacando que estos sistemas operan mediante motores eléctricos y forman parte del traslado del producto a lo largo de las diferentes etapas del proceso de envasado.

**Tabla 4.**

*Sistemas de transporte.*

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Observación Técnica</b>
Banda transportadora sellado tapas.	1	Motor eléctrico continuo.
Banda transportadora sellado de fajillas.	1	Equipo eléctrico – posible fuente térmica.

Nota. Sistemas intermedios que funcionan como transporte durante el proceso de sellado tanto para tapas como para las fajillas que van en los frascos.

En cuanto a los componentes eléctricos presentes en el área en la tabla 5 se especifica la cantidad de elementos instalados y una observación técnica relacionada con su funcionamiento, destacando la presencia de tableros eléctricos, motores y resistencias que forman parte de los equipos utilizados en el proceso productivo. Estos elementos permiten el funcionamiento continuo de las máquinas y sistemas instalados en la línea de producción.

**Tabla 5.**

*Componentes eléctricos.*

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Observación Técnica</b>
Tableros eléctricos	1	Posible fuente de ignición eléctrica.
Motores eléctricos	>4	Funcionamiento continuo
Resistencias	>8	Funcionamiento continuo

Nota. Componentes eléctricos en funcionamiento constante.

Para poder dispersar la nube de polvo que se forma en el área por las diferentes materias primas usadas se tiene un sistema de ventilación compuesto por dos extractores que

se encuentran situados en la pared que está orientada hacia la parte exterior del área. Estos se encuentran en funcionamiento durante todo el procesos de producción.

**Tabla 6.**

*Sistemas de ventilación.*

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Observación Técnica</b>
Extractores mecánicos	2	Control de concentración de polvo.

*Nota.* Sistema de ventilación para extraer el polvo.

Por otro lado, el mobiliario industrial existente en el área sirve como apoyo durante el proceso productivo. En la siguiente tabla se detalla el elemento, la cantidad disponible y una breve observación técnica sobre su función dentro del área, destacando superficies de trabajo, espacios de almacenamiento y zonas destinadas al manejo y ubicación de palets.

**Tabla 7.**

*Mobiliario industrial.*

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Observación Técnica</b>
Mesas de apoyo	1	Superficies horizontales acumuladoras de polvo.
Cancel de herramientas	1	Almacenamiento
Zona de pallets	Variable	Área señalizada

*Nota.* Componentes de apoyo para el proceso de producción.

A continuación, en la tabla siguiente se presenta los principales materiales e insumos utilizados durante el proceso de envasado y almacenamiento de los condimentos.

En ella se detalla la cantidad aproximada de cada elemento y una observación técnica relacionada con su naturaleza o función dentro del proceso productivo, destacando materiales utilizados para el envasado, sellado y almacenamiento del producto terminado.

**Tabla 8.***Insumos operativos.*

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Observación Técnica</b>
Pallets	Variable	Material combustible (Madera / plástico)
Envases plásticos	Según producción	Material combustible (Madera / plástico)
Tapas de aluminio	Según producción	No combustible
Fajillas plásticas	Según producción	Materia termo contraíble
Cajas de cartón	Según producción	Material combustible

*Nota.* Materiales combustibles forman parte del triángulo del fuego.

El personal del área también se encuentra dotado de elementos de protección personal. En la tabla se presenta la cantidad aproximada de cada equipo y una observación técnica relacionada con su función dentro del proceso productivo, destacando su importancia para el control higiénico, la protección del trabajador y el cumplimiento de las buenas prácticas durante las actividades de producción.

**Tabla 9.***Equipos de protección personal.*

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Observación Técnica</b>
Mandiles	Según el producto	Control higiénico
Guantes	Por operario	Protección manual
Cofias	Por operario	Buenas prácticas
Mascarillas	Por operario	Control de exposición.
Calzado de seguridad	Por operario	Protección mecánica

*Nota.* Equipos de protección personal y buenas prácticas de manufactura.

Finalmente, se presentan los insumos que dispone el área utilizados durante las actividades de limpieza . En la tabla se indica la cantidad aproximada de cada elemento y una observación técnica relacionada con su función durante las tareas de limpieza, considerando aquellos que pueden contribuir a la generación o dispersión de partículas de polvo en el ambiente de trabajo.

**Tabla 10.**

*Utensilios de limpieza.*

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Observación Técnica</b>
Escobas	>2	Generación potencial de polvo en el barrido.
Paños secos	Variable	Limpieza manual
Paños húmedos	Variable	Control de partículas.
Sistema de aire comprimido	1	Posible dispersión de polvo

*Nota.* Utensilios de limpieza para el control de partículas y posible dispersión de polvo.

## Capítulo 2

### Estado del Arte y la Práctica

#### 2.1 Antecedentes Investigativos

En este apartado correspondiente a los antecedentes investigativos se presentan estudios desarrollados en los últimos años, los cuales aportan los cimientos teóricos y los aspectos más relevantes que se muestran como sustento y justificación del presente trabajo de titulación.

El estudio catalogado como “*Productos pulverulentos y la formación de atmósferas explosivas*”, realizado por Herrera Santamaría, tiene como objetivo principal caracterizar los diferentes polvos combustibles y clasificarlos en función del riesgo que pueda incitar a una explosión en función de sus parámetros, como la humedad, el tamaño de la partícula y su estructura. El análisis se ha realizado en varias muestras que van desde el polvo de madera, productos agroalimentarios, cosméticos hasta explosivos. Como resultado, se ha obtenido que el polvo de madera es el más peligroso, puesto que cuando el tamaño de la partícula es menor a 500  $\mu\text{m}$  presenta una mayor facilidad de ignición y el nivel de explosión es el más elevado. Por otra parte, en los productos agroalimentarios no se presenta ignición para partículas de un tamaño mayor a 600  $\mu\text{m}$ , lo que manifiesta la baja posibilidad de que ocurra una explosión. En cuanto a los cosméticos en polvo, las partículas son menores a 100  $\mu\text{m}$ , lo que significa que su grado de explosividad es alto, ya sea mediante una chispa de corta duración, con resistencia o, a su vez, con un arco eléctrico. A partir de los resultados obtenidos, el principal aporte de este estudio radica en reconocer que una atmósfera explosiva se forma por la combinación de aire y polvo, la cual, en presencia de una fuente de ignición, puede desencadenar una explosión con consecuencias severas tanto para las personas como para las instalaciones (Santamaría, 2024).

De manera complementaria, se considera el artículo denominado “*Análisis de incendios y explosiones de polvo en la industria alimentaria*”, publicado en la revista de la Asociación Italiana de Ingeniería Química, cuyo objetivo es analizar y comparar los incendios y explosiones generados por polvo combustible en el procesamiento de alimentos, en relación con las mejores prácticas actuales, haciendo énfasis en las condiciones de formación de atmósferas explosivas y en las fuentes de ignición, la metodología empleada se estructura en cuatro aspectos principales. En primer lugar, se analizan tres casos reales de explosiones ocurridas en la industria alimentaria: entre los casos analizados se encuentran explosiones ocurridas en instalaciones industriales como Imperial Sugar, Halsa Fish Meal y Blaye grain silo. A partir de estos eventos, en una segunda etapa se estudiaron las características del polvo combustible, tomando en cuenta aspectos como la presión que puede generarse durante una explosión, su nivel de severidad, así como la energía y temperatura necesarias para que se produzca la ignición. De igual manera, se consideró la concentración mínima de polvo requerida para que ocurra este tipo de evento.

El tercer aspecto considera las características físicas de las partículas, incluyendo el tamaño, el contenido de humedad, la concentración en el ambiente y el nivel de turbulencia presente.

Finalmente, el último aspecto está orientado a comparar los incidentes ocurridos con las normas de seguridad industrial, entre ellas la norma NFPA. Con base al objetivo planteado y a la metodología propuesta, se ha obtenido como resultado que la falta de limpieza en las áreas de proceso y el inadecuado control de las fuentes de ignición hacen que los accidentes se vuelvan recurrentes. A esto se suma que la mayoría de los polvos de origen alimenticio presentan partículas finas y baja humedad en sus propiedades, lo que los convierte en buenos combustibles y les otorga la capacidad de formar atmósferas explosivas

(Perelli et al., 2023). Este artículo tiene una alta relación con el presente trabajo de investigación, puesto que el estudio se va a realizar en una empresa de alimentos donde se procesan diferentes condimentos. Por lo mencionado, la limpieza en todas las áreas del proceso resulta ineficiente, lo que permite deducir que se trata de un área crítica.

En la fabricación de sopas deshidratadas también es uno de los procesos que generan atmósferas de polvo y, por ende, las materias primas usadas para su producción son catalogadas como polvo combustible. Esto se evidencia en el trabajo titulado “*Estudio de los riesgos de explosión e incendio y propuesta de medidas correctoras en la línea de fabricación de sopas deshidratadas de una industria alimentaria*”. Con el fin de evaluar los riesgos de explosión bajo la presencia de atmósferas generadas por polvo combustible, se aplica un análisis minucioso a línea de producción, y por medio de él se busca identificar y clasificar las zonas peligrosas, determinar el nivel de peligrosidad y las fuentes de ignición que existen en el área. Los resultados obtenidos evidencian la presencia de atmósferas de polvo combustible en distintas etapas del proceso productivo, así como la existencia de zonas con diferentes niveles de peligrosidad, lo que permite establecer medidas correctoras orientadas a reducir el riesgo de explosión e incendio (Vito Duque, 2024).

Continuando con el estudio sobre las atmósferas explosivas en la industria alimentaria, en el artículo titulado “*Estudio preliminar sobre la explosión de polvo de origen alimentario: efecto de las propiedades fisicoquímicas y el comportamiento térmico*” se plantea como objetivo analizar la influencia de las propiedades fisicoquímicas del polvo de arroz integral y del polvo de té en la magnitud de las explosiones ocasionadas por polvo combustible. Para la obtención de los resultados, se trabajó con varias muestras pulverizadas, las cuales fueron analizadas en función del tamaño de partícula mediante técnicas granulométricas y, adicionalmente, se evaluaron sus propiedades fisicoquímicas y

térmicas a través del análisis termogravimétrico. Los resultados obtenidos demuestran que para la formación de atmósferas explosivas es determinante la presencia de variables como la humedad, tanto del ambiente como de la materia prima, el contenido de material volátil y el tamaño de la partícula. En este sentido, el polvo de arroz integral presentó un mayor nivel de severidad explosiva, debido principalmente a su baja humedad y alto contenido de material volátil. En conclusión, el estudio evidencia que la formación de atmósferas explosivas en un área determinada depende de las propiedades del polvo combustible y de las condiciones ambientales presentes durante el proceso productivo (Semawi et al., 2023).

Como complemento a los estudios analizados, se toma en cuenta el artículo denominado “*Analysis of fire and explosion hazards caused by industrial dusts with a high content of volatile matter*”, en el cual se evalúa los riesgos de incendio y explosión ocasionados por el manejo de polvos industriales con alto contenido de material volátil, mediante el análisis de sus propiedades fisicoquímicas y de los principales parámetros de explosividad. La metodología aplicada a este trabajo investigativo tiene un enfoque experimental. La examinación de distintas muestras de polvo combustible considerando su material volátil, la energía mínima de ignición, la presión máxima alcanzada durante la explosión y el índice de severidad es lo que les permite determinar cuál es el comportamiento de las partículas frente al proceso de ignición. Los resultados manifiestan que los polvos que contienen un alto nivel de material volátil su ignición es mayor y la magnitud de la explosión es más severa, elevando de manera considerable el riesgo de acuerdo con el entorno en que se encuentre. De esta manera, conocer las características del polvo combustible que se está generando es importante para mejorar las medidas de prevención frente al riesgo de explosión. Del mismo modo, esta investigación se relaciona con el presente trabajo, ya que, aunque no analiza directamente polvos de origen alimentario, los resultados obtenidos

pueden ser cercanos al análisis del polvo generado por condimentos debido a que sus características son similares y facilita la formación de atmósferas explosivas considerando que las partículas son finas (Moroñ & Ferens, 2024).

Como antecedente relevante, se revisa el artículo titulado “*Dust explosions: A threat to the process industries*”, publicado en la revista *Process Safety and Environmental Protection*, en el cual se analiza el problema de las explosiones de polvo en diferentes industrias de proceso. El estudio se apoya en la revisión de numerosos accidentes reales, lo que permitió identificar situaciones comunes en este tipo de eventos. Dentro de los principales hallazgos se identifica que la acumulación de polvo fino, la deficiente limpieza en las áreas de trabajo y el manejo inadecuado de las fuentes de ignición son factores que se repiten en los accidentes evaluados. Asimismo, se determina que las explosiones secundarias, generadas por el polvo depositado en distintas superficies, son las que ocasionan mayores afectaciones tanto al personal como a la infraestructura. En consecuencia, el estudio evidencia que las explosiones de polvo continúan representando un riesgo significativo en los procesos industriales. Este trabajo guarda relación con la presente investigación, ya que situaciones similares pueden presentarse en la industria alimentaria, especialmente en áreas donde se procesan condimentos y se genera polvo combustible (Yuan et al., 2015).

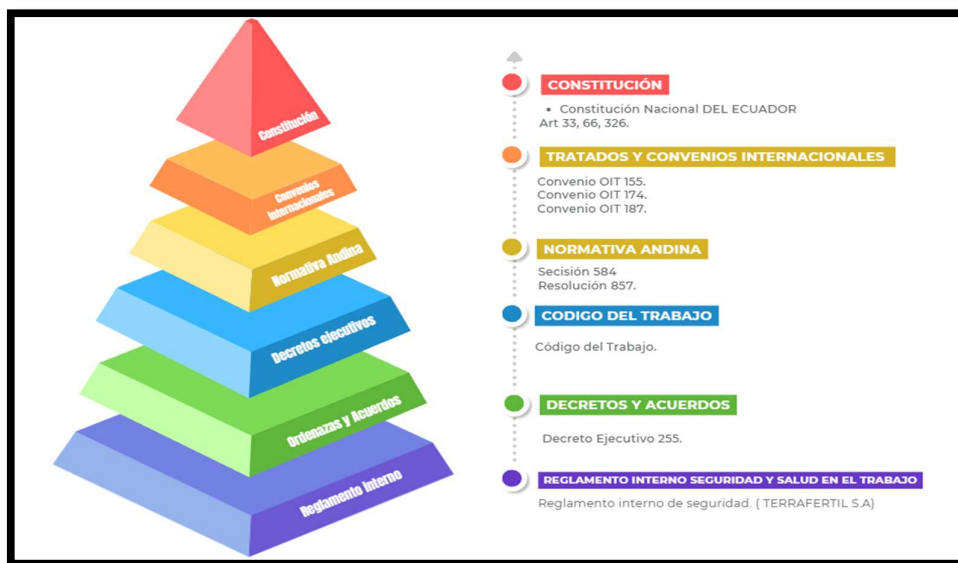
## **2.2 Fundamentación Legal**

El presente apartado analiza el marco legal que regula la seguridad y salud en el trabajo en Ecuador, así como los tratados internacionales, regionales y nacionales que respaldan la prevención de riesgos laborales. Para ello, se organiza la normativa según los niveles jerárquicos de la pirámide de Kelsen (Figura 1). Iniciando con la Constitución de la República del Ecuador del 2008, continuando con los tratados y convenios internacionales,

la normativa de la Comunidad Andina de Naciones (CAN), la legislación nacional contenida en el Código del Trabajo, Decreto Ejecutivo Nro.255, y acuerdos ministeriales como el: AM1257, AM013, AM122, entre otros.

**Figura 4.**

*Jerarquía legal aplicada al estudio, según Kelsen.*



*Nota.* Normativa legal aplicada al estudio de Atmósferas Explosivas

### 2.2.1 Constitución de la República del Ecuador. 2008.

En el artículo 33 se menciona que todas las personas tienen derecho a gozar de un trabajo digno y seguro, el cual les permita un crecimiento personal y económico. Además, el Estado debe garantizar que el trabajo sea saludable, libremente escogido y aceptado por parte del trabajador, quien debe gozar del respeto a su dignidad, a una vida noble y a remuneraciones justas, acordes con la labor que desempeña (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

De igual forma, en el artículo 66, numeral 17, sustenta que todas las personas en el territorio ecuatoriano no están obligados a realizar actividades laborales de forma ineludible y gratuita, es decir, tiene todo el derecho a la libertad de trabajo (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Así mismo, en el artículo 326, se reconoce el derecho de las personas a gozar de un trabajo seguro, en el cual se pueda salvaguardar su salud e integridad, así como su bienestar, lo cual se encuentra sustentado en el numeral 5 de apartado mencionado. (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

### ***2.2.2 Tratados y convenios internacionales.***

El Convenio 155 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) promueve que los empleadores tienen la obligación de brindar ambientes de trabajo seguros y saludables, mediante la identificación, evaluación y control de los riesgos que puedan estar presentes en el lugar de trabajo. A su vez, deben adoptar medidas preventivas que garanticen la participación de los trabajadores en temas de seguridad y salud ocupacional, lo cual permite reducir los índices de accidentabilidad laboral (Organización Internacional del Trabajo, 1981).

El Convenio 174 de la OIT promueve la implementación de medidas técnicas y organizativas, así como la elaboración de planes de emergencia, con el fin de evitar accidentes industriales de mayores riesgos y a su vez presenta como objetivo resguardar la seguridad y salud de los trabajadores. Para ello, se establece que las industrias tienen la obligación de identificar, evaluar y plantear medidas de control que permitan gestionar los riesgos identificados en las instalaciones industriales (Organización Internacional del Trabajo, 1981).

El Convenio 187 de la OIT promueve crear en todo el personal ya sea, administrativo u operativo la cultura de prevención basada en la seguridad y salud en el trabajo, mediante la implementación de políticas y sistemas orientados a la mejora continua de los ambientes laborales, con el fin de proteger la integridad de los trabajadores y reducir la accidentabilidad laboral (Organización Internacional del Trabajo, 1981).

### ***2.2.3 Decisión 584. Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo.***

El artículo 4 de la Decisión 584 de la Comunidad Andina define que, mediante la identificación y evaluación de los riesgos existentes en el área de trabajo, se pretende reducir los accidentes laborales, mejorar la seguridad y la salud de los trabajadores, permitiéndose así proponer medidas orientadas a su eliminación o control desde su origen (Comunidad Andina, 2004).

De acuerdo con lo establecido en el artículo 5 de la Decisión 584, el empleador tiene la responsabilidad de garantizar ambientes laborales seguros y saludables para sus trabajadores. Para ello, cuenta con la facultad, en conjunto con el departamento de seguridad y salud, de proponer planes que permitan identificar, evaluar y controlar los riesgos, así como implementar medidas que brinden la protección necesaria, con el fin de salvaguardar la vida y la integridad de las personas (Comunidad Andina, 2004).

Por otro lado, el artículo 18 de la Decisión 584 establece que todo el personal debe conocer los riesgos a los cuales está expuesto, es decir, aquellos presentes en su entorno laboral. Asimismo, el empleador tiene la obligación de capacitar a sus trabajadores en seguridad y salud en el trabajo, lo que les permite proponer y aplicar medidas preventivas y de control, con la finalidad de prevenir accidentes y proteger su integridad física (Comunidad Andina, 2004).

#### ***2.2.4 Resolución 957. Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo***

El artículo 3 de la Resolución 957 de la Comunidad Andina menciona que toda empresa tiene la obligación de implementar un procedimiento de gestión de seguridad y salud en cada área de trabajo de, sin importar el sector ni la actividad económica. Este sistema se requiere que este alineado con las necesidades de la empresa y la cantidad de trabajadores que la conforman o a su vez orientarse a la prevención de riesgos laborales, con el objetivo de proteger la seguridad y la salud de cada uno de los trabajadores.

Ahora sí mencionamos, el artículo 5 de la Resolución 957, se establece que toda empresa tiene la obligación de identificar, evaluar y controlar los riesgos laborales presentes en sus áreas de trabajo. Asimismo, dispone que, con base en el análisis realizado, se deben formular medidas preventivas y de control que admitan minimizar los riesgos identificados y evitar accidentes laborales que sobresalten la seguridad y la salud de los trabajadores.

En cuanto al artículo 7 de la resolución en mención, se establece que el empleador está obligado a capacitar a todo su personal en temas relacionados con la seguridad y salud en el trabajo; es decir, los colaboradores tienen el derecho de conocer los riesgos a los que se encuentran expuestos, así como las medidas preventivas y de control aplicables para reducirlos y, de esta manera, mitigar los riesgos presentes.

#### ***2.2.5 Código del Trabajo***

De acuerdo con los artículos 42 y 45 del Código del Trabajo, se establece que la responsabilidad de la seguridad y salud en el trabajo no recae únicamente en el empleador, sino que también involucra a los trabajadores, constituyéndose así una responsabilidad compartida. El empleador tiene la obligación de brindar condiciones laborales seguras y

saludables; por su parte, los trabajadores deben cumplir las normas de seguridad, utilizar correctamente los equipos de protección personal y colaborar de manera efectiva en la prevención de riesgos, con el fin de proteger su integridad física y mantener ambientes de trabajo seguros (Código Del Trabajo, 2020).

El artículo 347 establece que el Estado y los empleadores tienen la obligación de garantizar condiciones adecuadas de seguridad e higiene en los lugares de trabajo. Al comparar este artículo con los mencionados en el párrafo anterior, se evidencia que la responsabilidad en materia de seguridad y salud en el trabajo es compartida. Desde una orientación jerárquica, la seguridad y salud laboral se origina en el Estado, continúa con la responsabilidad del empleador y se complementa con la participación de los trabajadores; es decir, todos contribuyen a la formación de ambientes laborales seguros (Código Del Trabajo, 2020).

El artículo 348 del Código del Trabajo establece que el compromiso reincide sobre el empleador cuando ocurra un accidente o se presente una enfermedad profesional como resultado de las actividades laborales. Por esta razón, es de vital importancia acoger medidas preventivas y correctivas que consientan disminuir la probabilidad de que estos eventos sucedan, protegiendo la seguridad y la salud de los trabajadores (Código Del Trabajo, 2020).

De acuerdo con el artículo 410, se establece de forma obligatoria que toda empresa, independientemente del número de trabajadores que la conformen, debe contar con un Comité Paritario de Seguridad y Salud en el Trabajo, con la finalidad de prevenir los riesgos laborales, cumplir las normas de seguridad internas, identificar los peligros presentes y plantear las respectivas medidas de control. Dicho comité se conforma por representantes tanto del empleador como de los trabajadores, lo que permite fortalecer una cultura de prevención de riesgos laborales compartida, en la cual todos los miembros de la organización

participan activamente en la reducción de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales (Código Del Trabajo, 2020).

### ***2.2.6 Decreto Ejecutivo 255. Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo***

El Decreto Ejecutivo 255 establece que todas las personas tienen el derecho de desempeñar sus actividades laborales en un ambiente que proteja su integridad física y el bienestar de los trabajadores, sin dejar de lado que dichas actividades deben desarrollarse en condiciones dignas, seguras y saludables. Por otra parte, el Estado fomenta la prevención de riesgos laborales estableciendo condiciones seguras para el trabajo. Les permite identificar, evaluar y proponer medidas de control para los riesgos que se hayan identificado en el entorno laboral, ya que a través de este análisis se puede reducir la probabilidad de que ocurra un accidente o nazca una enfermedad profesional, fortaleciendo así la cultura preventiva de la seguridad y salud en el trabajo (Decreto Ejecutivo N.o 255: Reglamento de Seguridad y Salud En El Trabajo, 2024).

### ***2.2.7 Ordenanza Metropolitana 0470. Reglas técnicas en materia de prevención de incendios.***

El artículo 1 de la Ordenanza Metropolitana No. 0470 del Distrito Metropolitano de Quito busca asegurar que las edificaciones, obras y actividades empresariales cumplan con criterios técnicos mínimos, con el objetivo de prevenir la ocurrencia de incendios. En sus anexos se establecen las reglas técnicas que disponen las actuaciones que deben adoptar tanto la administración como su colaborador, a fin de garantizar el cumplimiento del objetivo mencionado (Ordenanza Metropolitana No.470 Incendios, 2013).

En cuanto al artículo 3 de la Ordenanza Metropolitana establece que el diseño, la instalación y el mantenimiento de los sistemas de prevención de incendios es

responsabilidad de dichos profesionales expertos en la materia y deben estar orientados al cumplimiento de las normas y reglas técnicas vigentes, así como también de la aprobación del Cuerpo de Bomberos de la localidad, garantizando que los sistemas estén diseñados y construidos bajo la normativa técnica que protejan la seguridad de las personas y los bienes estructurales (Ordenanza Metropolitana No.470 Incendios, 2013).

### ***2.2.8 Acuerdo Ministerial 013. Reglamento de Riesgos de Trabajo en Instalaciones Eléctricas.***

Conforme a lo establecido en el artículo 7 del Acuerdo Ministerial 013, todas las instalaciones eléctricas deben estar diseñadas y construidas bajo la percepción de minimizar los riesgos laborales, así como también los daños a las instalaciones. Para ello, se requiere que los sistemas eléctricos en su construcción se considere las condiciones operativas del entorno, así como los peligros asociados a la presencia de materiales inflamables o explosivos (Acuerdo Ministerial 13: Reglamento de Seguridad Del Trabajo Contra Riesgos En Instalaciones., 1998).

De acuerdo con el artículo 8 del presente Acuerdo Ministerial y bajo la necesidad de evitar fuentes de ignición como chispas, arcos eléctricos o sobrecalentamiento en los equipos de áreas donde hay la presencia de sustancias inflamables o atmósferas explosivas se establece que las instalaciones eléctricas deben cumplir con las condiciones de seguridad y deben garantizar la protección de las personas, los equipos y las instalaciones (Acuerdo Ministerial 13: Reglamento de Seguridad Del Trabajo Contra Riesgos En Instalaciones., 1998).

En base al artículo 9, numeral 2, del Acuerdo Ministerial 013, se establece que, con el fin de evitar la generación de chispas eléctricas o arcos, toda conexión eléctrica estará

dirigida a un sistema de puesta a tierra y contar con su respectivo interruptor en el circuito, el cual permita realizar la operación de manera segura, siguiendo la siguiente secuencia: verificar que el interruptor se encuentre abierto, conectar el equipo a tierra y, finalmente, cerrar el interruptor (Acuerdo Ministerial 13: Reglamento de Seguridad Del Trabajo Contra Riesgos En Instalaciones., 1998).

### ***2.2.9 Acuerdo Ministerial 1257. Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección contra Incendios.***

De acuerdo con el Acuerdo Ministerial 1257, en los artículos del 6 al 10 se establecen las condiciones que deben cumplir las rutas de evacuación. Estas no deben presentar obstáculos, deben ser visibles y continuas; es decir, no deben tener obstrucciones que provoquen interrupciones o desvíos en el recorrido. Asimismo, se determinan las distancias máximas que deben existir hasta una salida segura, con el fin de garantizar una evacuación eficaz en situaciones de emergencia y, a su vez, reducir el riesgo de atrapamiento durante incendios o eventos explosivos (Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios, 2009).

En el artículo 266 se especifica y se establece la obligación de que, en los lugares de trabajo donde exista riesgo de incendio o explosión, se implementen procedimientos seguros y se apliquen medidas de prevención y control que permitan la ejecución de actividades que generen calor, chispas o llamas, con el fin de reducir la probabilidad de eventos incendiarios y proteger la integridad de los trabajadores, las instalaciones y los procesos productivos (Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios, 2009).

Complementariamente, en el artículo 267, con el fin de minimizar los riesgos asociados a incendios o explosiones denota que todas las actividades que involucren la

generación de calor, chispas o llamas deben ser debidamente planificadas, controladas y supervisadas antes, durante y después de su ejecución con el objetivo de generar condiciones seguras en los lugares de trabajo (Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios, 2009).

***2.2.10 Acuerdo Ministerial Nro. MDT-2025-196. Obligaciones laborales de los empleados públicos y privados en materia de Seguridad y Salud en el trabajo.***

De manera efectiva, podemos citar el artículo 4 del Acuerdo Ministerial 196, en específico el numeral 2, donde se indica que se deben identificar, de forma inicial y de manera periódica según lo estipule la empresa, los peligros y evaluar los riesgos, con el fin de implementar medidas de prevención y protección basadas en la jerarquía de controles, empezando por la más efectiva: la eliminación, sustitución, control de ingeniería, control administrativo y control sobre el trabajador. Adicionalmente, también se debe analizar la exposición a agentes biológicos, físicos y químicos en el ambiente laboral (Acuerdo Ministerial Nro. MDT-2024-196, 2024).

El artículo 7, correspondiente a las prohibiciones de los trabajadores, en su numeral 5, establece que el personal tiene prohibido fumar o encender fuego en lugares catalogados como peligrosos o que presenten riesgo de incendio o explosión, ya que estas acciones podrían ocasionar daños a las instalaciones del lugar de trabajo y poner en riesgo la seguridad de los trabajadores (Acuerdo Ministerial Nro. MDT-2024-196, 2024).

***2.2.11 Acuerdo Ministerial Nro. MDT-2025-122. Reglamento de Seguridad en el Trabajo y Prevención de Riesgos Laborales para la construcción de obras públicas y privadas.***

En el artículo 6 del Acuerdo Ministerial 122, numeral 2, se establece que todos los trabajadores tienen derecho a desempeñar sus actividades en un lugar seguro y adecuado, sin que se vean afectadas sus facultades físicas y mentales. Por otra parte, en el numeral 4, se reconoce el derecho de los trabajadores a participar en capacitaciones relacionadas con la seguridad y salud en el trabajo (Acuerdo Ministerial Nro. MDT-2025-122, 2025).

De acuerdo con el artículo 8, numeral 1, los trabajadores tienen prohibido, en cuanto a la seguridad y salud en el área, realizar actividades inseguras que generen peligro tanto para sí mismos como para sus compañeros. Esto enfatiza que la seguridad empieza en uno mismo y luego se extiende hacia los compañeros de trabajo (Acuerdo Ministerial Nro. MDT-2025-122, 2025).

En cuanto al artículo 86, numeral 7, se establece que, en los lugares de trabajo, con el fin de minimizar los riesgos de incendios o explosiones, se deben implementar procedimientos y medidas de seguridad para la realización de trabajos en caliente, garantizando así la protección de los trabajadores y de las instalaciones (Acuerdo Ministerial Nro. MDT-2025-122, 2025).

De forma complementaria al Acuerdo Ministerial en mención, podemos citar el Anexo 1 dentro del Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo, en el cual se demuestra la metodología y se permite identificar de manera sistemática los peligros, evaluar y controlar los riesgos laborales y, a su vez, definir las medidas de control priorizando la aplicación

jerárquica mencionada en el párrafo anterior (Acuerdo Ministerial Nro. MDT-2025-122, 2025).

Por otra parte, el Anexo 2 nos permite valorar el nivel de riesgo asociado a los peligros identificados en los puestos y áreas de trabajo por medio del check list del Anexo 1. A su vez, también permite identificar la probabilidad y la consecuencia de los eventos peligrosos que pueden suscitarse, los cuales se clasifican en base a la actividad económica a la que se dedica la empresa (Acuerdo Ministerial Nro. MDT-2025-122, 2025). Ahora, si hablamos de TERRAFERTIL S.A., es una empresa que se dedica a la producción y envasado de productos orgánicos, lo cual la sitúa en un nivel de riesgo medio; sin embargo, se ha observado la brecha que existe en la identificación de riesgos en el área de condimentos, por lo cual existe la posibilidad de que el riesgo sea clasificado como alto debido a la formación de atmósferas explosivas.

Finalmente, en el Anexo 3, con el objetivo de reducir o eliminar los niveles de riesgo ya determinados en los anexos anteriores, se establecen los lineamientos para la implementación y seguimiento de las medidas de prevención y control de los riesgos laborales identificados (Acuerdo Ministerial Nro. MDT-2025-122, 2025).

### **2.3 Fundamentación Teórica**

En esta sección se describen los principios teóricos para el desarrollo del trabajo de titulación, así como los aspectos más relevantes que permitirán evaluar y proponer medidas orientadas a reducir la accidentabilidad laboral relacionada con las atmósferas explosivas presentes en el área de condimentos.

### **2.3.1 Seguridad y Gestión del Riesgo**

#### **2.3.1.1 Seguridad en el trabajo.**

Seguridad en el trabajo se entiende como un conjunto de técnicas, procedimientos y formas de organización guiadas a la prevención de accidentes laborales, por medio de la eliminación, sustitución o reducción del nivel de riesgos presentes tanto en el desarrollo de las actividades laborales como en el ambiente (De Guevara, 2025).

La norma ISO 45001 define que la seguridad en el trabajo radica en un conjunto de escenarios y medidas que se encuentran enfocadas a la prevención de lesiones y daños que afecten a la salud, con el fin de proporcionar ambientes de trabajo seguros y saludables (International Organization for Standardization, 2018).

En conjunto, la seguridad en el trabajo, con el objetivo de brindar ambientes laborales seguros y saludables, se puede conceptualizar como un método integrado de técnicas, procedimientos y medidas centradas en la prevención tanto de accidentes como de lesiones o daños que pueden perjudicar la salud de los colaboradores (De Guevara, 2025; International Organization for Standardization, 2018).

#### **2.3.1.2 Alcance y finalidad de la seguridad laboral.**

El alcance de la seguridad laboral se sitúa netamente en el ámbito preventivo para ser un componente que contribuya a la atenuación relacionada a los accidentes, proponga la mejora continua en el clima laboral y de cumplimiento a las bases legales de cada región (Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo, 2020) con una responsabilidad compartida tanto entre los empleadores como los trabajadores con la finalidad de garantizar condiciones seguras y saludables.

### **2.3.1.3 Peligro o Factor de riesgo.**

El peligro o factor de riesgo es la fuente, condición o situación que se halla presente en el entorno laboral y que posee el potencial de generar daños sobre las personas. Estas consecuencias pueden desde lesiones, como el nivel más básico, continuando con accidentes y enfermedades ocupacionales, hasta llegar al deterioro del estado de salud, ya sea de manera individual o combinada (García Laureano, 2025).

En términos más sencillos, peligro es todo lo que puede producir daño o deterioro a la vida del colaborador ya sea, de forma individual o colectiva (Díaz, 2025).

### **2.3.1.4 Riesgo laboral.**

De Guevara, en su libro titulado “*Prevención de Riesgos laborales MPI782*”, define que el riesgo es la probabilidad de que un individuo sufra un daño causado o relacionado con la actividad que desempeña en su trabajo (De Guevara, 2025).

Laureano, en su libro denominado *Seguridad y Salud MF0075*, manifiesta que el riesgo laboral es la probabilidad de que ocurra un daño en relación con la severidad de las consecuencias que este puede generar. En sí, se trata de la posibilidad de que un trabajador sufra algún daño derivado de la actividad laboral que se encuentre ejecutando (García Laureano, 2025).

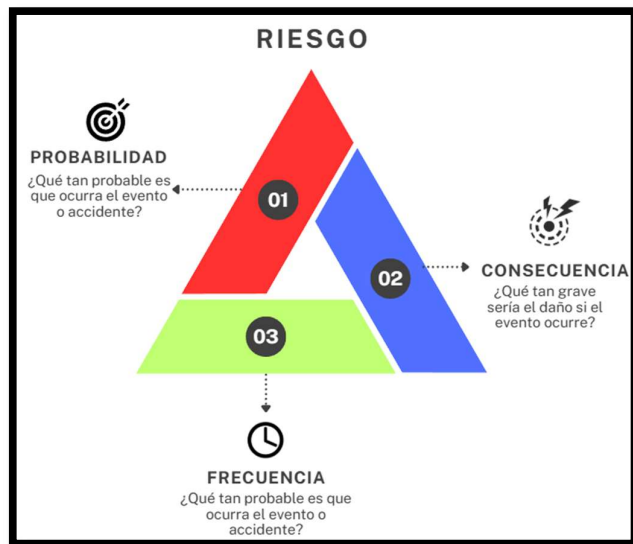
### **2.3.1.5 Relación entre peligro, probabilidad y consecuencia.**

El nivel de riesgo laboral se manifiesta en la forma en la que interactúan tanto el peligro, la probabilidad y la consecuencia, manteniéndose en sí estos tres términos con una alta relación. La presencia solo de uno de estos tres factores no significa que pueda ocasionar daño; sin embargo, cuando tenemos la exposición del trabajador más la probabilidad de que

cualquier accidente pueda ocurrir, el resultado se verá reflejado en la magnitud de las consecuencias esperadas bajo el nivel de riesgo en el cual se lo haya previsto.

**Figura 5.**

*Componentes del riesgo.*



*Nota.* El riesgo es el resultado de la combinación de la probabilidad, por la frecuencia y la severidad que nos podría causar el daño.

En este contexto, si tomamos dos de las citas mencionadas en los párrafos anteriores, podemos mencionar que el riesgo laboral se incrementa cuando hay una alta probabilidad de exposición y las consecuencias que el riesgo nos puede dejar son graves, lo que evidencia que estos factores actúan de manera conjunta y no aislada (De Guevara, 2025; García Laureano, 2025). De igual forma, en la figura tal podemos observar que la relación entre probabilidad, frecuencia y consecuencia permite crear niveles de riesgo caracterizados, facilitando la priorización de medidas preventivas orientadas a la reducción de accidentes y al aumento de la protección del trabajador.

### **2.3.2 Fuego y control de incendios**

El fuego se define como una reacción química de carácter exotérmico que se produce cuando un material combustible se combina con un agente oxidante, generalmente el oxígeno presente en el aire atmosférico, requiriendo además la existencia de una fuente de ignición, lo que hace que se libere energía en forma de calor, luz y productos de combustión como vapores tóxicos, gases o dióxido de carbono (National Fire Protection Association, 2024b).

Desde un enfoque de ingeniería, el fuego puede considerarse un fenómeno fisicoquímico que se manifiesta cuando existen materiales combustibles y fuentes de ignición, el cual representa un riesgo significativo tanto para la seguridad de las personas como para las instalaciones y los procesos productivos (Drysdale, 2022).

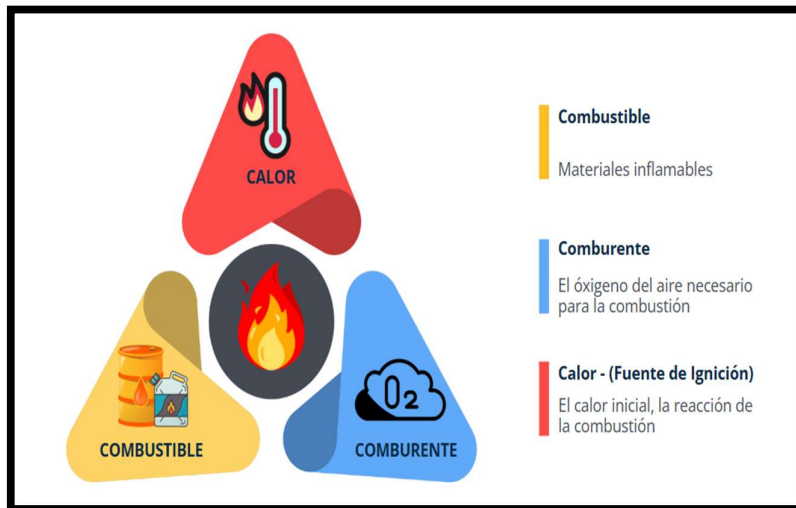
#### **2.3.2.1 Triángulo del fuego y tetraedro del fuego.**

El triángulo del fuego sintetiza los tres elementos necesarios para que el fuego ocurra y se mantenga, entre estos componentes está: el combustible, el comburente y el calor. Si en el proceso del fuego uno de estos tres elementos falta o se retira de su composición, el fuego parcialmente deja de existir (Dufranc et al., 2025). Como ejemplo y en base a nuestro caso de estudio se puede señalar que el combustible está representado por el polvo de los condimentos, el comburente es el oxígeno presente en el área de trabajo y el calor se ve comprendido en las fuentes de ignición como los equipos eléctricos.

Una vez identificados los componentes que conforman el fuego, es necesario definir cada término con mayor precisión. A continuación, se presenta la definición de los elementos que integran el triángulo del fuego, con el fin de comprender su función dentro del proceso de combustión y su importancia en la prevención y control de incendios.

**Figura 6.**

*Triángulo del fuego.*



*Nota.* Al eliminar uno de los 3 componentes del fuego, este deja de existir.

Entonces, el combustible es el material que tiene la capacidad de iniciar y mantener el proceso de combustión bajo una fuente de ignición. Su comportamiento se ve medido por los parámetros de su espesor, composición e interacción con las condiciones del ambiente, siendo estas las que influyen en el desarrollo del proceso de combustión, liberando energía térmica mediante reacciones fisicoquímicas de oxidación (Wang et al., 2026).

El comburente, en su mayoría, es el oxígeno presente en el aire atmosférico; sin embargo, su concentración y disponibilidad influyen directamente en la reacción y en la intensidad del fuego. En otros términos, se trata de la sustancia que participa activamente en la combustión al aportar los elementos necesarios para la oxidación del combustible, permitiendo que el proceso se inicie y se mantenga (International Organization for Standardization, 2025).

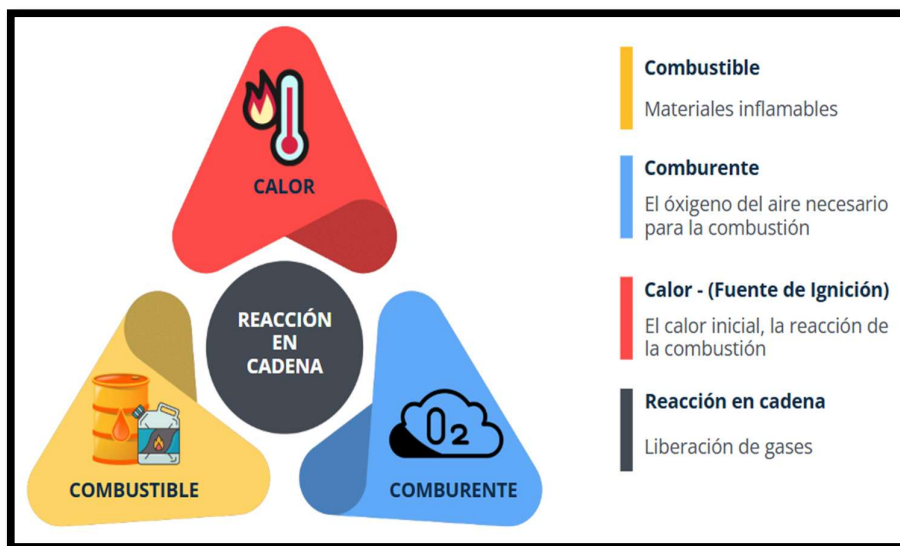
El calor es una energía que se transmite entre cuerpos o sistemas por la diferencia de calor, fluyendo desde el cuerpo con mayor temperatura hacia aquel con menor temperatura (Ghajar & Cengel, 2021).

Por otra parte, el tetraedro del fuego considera la variable química del proceso de reacción en cadena que lo produce la combustión. Es decir, la reacción en cadena es la diferencia del triángulo clásico, puesto que ya se considera las interacciones químicas que propagan el fuego al generar radicales libres y más calor (DEM S.A., 2020).

La imagen de actualizada la podemos evidenciar en la siguiente figura.

**Figura 7.**

*Tetraedro del fuego.*



*Nota.* El tetraedro del fuego considera la reacción en cadena o la liberación de gases.

### 2.3.2.1 Tipos de fuego.

En base a la normativa NFPA 10 de origen estadounidense, la clasificación del fuego puede presentarse de diferentes formas, dependiendo del material y de las condiciones en las que ocurre la combustión. Identificar el tipo de fuego es importante para entender su

comportamiento y anticiparse a los riesgos que pueden surgir, con el fin de optar por el método de extinción más adecuado. Según la norma para extintores (NFPA 10), los tipos de fuego son los que se presentan en la tabla siguiente.

**Tabla 11.**

*Tipos de fuego.*

<b>Tipo de fuego</b>	<b>Descripción</b>
Tipo A	Fuego con materiales combustibles como madera, tela, papel, caucho y muchos más plásticos.
Tipo B	Fuego con líquidos inflamables, combustibles y gases.
Tipo C	Fuego que involucre equipos eléctricos energizados.
Tipo D	Fuego de metales combustibles como sodio, titanio, entre otros.
Tipo K	Fuego que involucre medios de la cocina, aceites o grasas.

*Nota.* Clasificación del fuego según la NFPA 10 – Norma para extintores (National Fire Protection Association, 2026).

Ahora, al referirnos a la normativa internacional ISO 3941, con la nueva actualización publicada en enero de 2026, la clasificación del fuego varía. Los primeros cuatro tipos de fuego se mantienen; sin embargo, el tipo D de la NFPA hace referencia al tipo F de la norma ISO. Asimismo, en esta última norma se agrega una nueva clasificación, denominada tipo L, la cual hace referencia a incendios que involucran baterías de iones de litio (International Organization for Standardization, 2026). Por lo tanto, con esta nueva actualización y considerando ambas normativas mencionadas, la tabla de clasificación de los tipos de fuego quedaría de la siguiente manera:

**Tabla 12.**

*Tipos de fuego según la normativa NFPA10 y ISO 3941.*














<b>Tipo de fuego</b>	<b>Descripción</b>
Tipo A	Fuego con materiales combustibles como madera, tela, papel, caucho y muchos más plásticos.
Tipo B	Fuego con líquidos inflamables, combustibles y gases.

Tipo C	Fuego que involucre equipos eléctricos energizados.
Tipo D	Fuego de metales combustibles como sodio, titanio, entre otros.
Tipo K o F	Fuego que involucre medios de la cocina, aceites o grasas.
Tipo L	Fuego que involucre baterías de iones de litio.

*Nota.* Clasificación del fuego según la NFPA 10 y la ISO 3941 (International Organization for Standardization, 2026; National Fire Protection Association, 2026)

**Figura 8.**

*Clasificación, tipo y métodos de extinción del fuego.*

Clases de fuego	Tipos de fuego	Imagen	Método de Extinción
	Madera, papel, tela, basura y materiales ordinarios		 Agua  Espuma  Polvo ABC  Agente Químico
	Gasolina, aceite, pintura y otros líquidos inflamables		 Espuma  Polvo ABC  Dióxido de Carbón
	Fuegos provocados por equipos electrónicos		 Polvo ABC
	Metales combustibles		 Polvo ABC  Dióxido de Carbón
	Aceite, vegetal y animal; grasas		 Agente Químico
	Fuego con baterías de iones de litio		 Polvo ABC  Dióxido de Carbón

*Nota.* Clasificación del fuego según la norma NFPA 10 y la ISO 3941 actualizada al año 2026.

La figura 6 muestra la clasificación del fuego (A, B, C, D, K y L), donde los primeros 5 niveles pertenecen a la clasificación realizada por la NFPA 10 y el último nivel es la actualización realizada por la ISO 3941. Adicional, se indica los materiales que los originan, un ícono representativo y el método de extinción recomendado.

### **2.3.2.2 Agentes extintores.**

Los agentes extintores son las sustancias o materiales utilizados para controlar, reducir o extinguir un incendio mediante la eliminación de uno de los componentes que conforman el triángulo del fuego, explicado anteriormente, ya sea mediante el enfriamiento del combustible, la sofocación del oxígeno o la separación del combustible de la fuente de ignición (National Fire Protection Association, 2026).

- Extintores portátiles o sobre ruedas: son aparatos que contienen en su interior el agente extintor. Deben estar ubicados en lugares visibles, dentro de las vías de tránsito con dirección a las salidas de emergencia. La parte superior del extintor no debe sobrepasar los 1,70 m sobre el nivel del suelo, y la distancia entre extintores no debe superar los 15 m. Además, deben situarse cerca de los puestos de trabajo con mayor riesgo de incendio (García Laureano, 2025).

Por el agente extinguidor que contenga el extintor se lo puede clasificar de la siguiente manera (INEN 731, 2009):

- Extintores de agua.
- Extintores de espuma.
- Extintores de polvo y químico seco.
- Extintores de Anhídrido Carbónico CO<sub>2</sub>.
- Extintores de Halon (Hidrocarburos halogenados)

Por otro lado, la Nota Técnica de Prevención NTP 99, basada en los métodos de extinción y los agentes extintores, establece que, salvo que exista alguna incompatibilidad, la mayoría de los fuegos, según su clasificación, pueden ser extinguidos mediante uno de los agentes extintores, de acuerdo con su modo de aplicación (Ministerio de Trabajo, 1984).

**Tabla 13.**

*Adecuación de extintores.*

<b>Tipo de extintor</b>	<b>Fuego tipo A</b>	<b>Fuego tipo B</b>	<b>Fuego tipo C</b>	<b>Fuego tipo D</b>
De agua pulverizada	***	*		
De agua a chorro	**			
De espuma física	**	**		
De polvo convencional		***	**	
De polvo polivalente	**	**	**	
De polvo especial				*
De anhídrido carbónico	*	**		
De hidrocarburo halogenados	*	**	*	
Específico para fuego de metales				*

*Nota.* Clasificación del extintor según el fuego. \*\*\* Muy adecuado. \*\* Adecuado. \* Aceptable.

La tabla presenta la relación entre los tipos de extintores y las clases de fuego que pueden controlar cada uno de ellos. Como bien se sabe, no todos los equipos presentan la misma eficacia frente a los distintos tipos de fuego, por lo que su selección en caso de una emergencia depende netamente del material que se encuentre en combustión. Por ejemplo, el extintor de agua pulverizada resulta eficaz en fuegos de clase A, pero no muestran buenos resultados en otros escenarios. En discordancia, los extintores de polvo regular ofrecen buen rendimiento frente a varias clases de fuego. También son de vital importancia los extintores

diseñados específicamente para metales, que son los únicos recomendables para incendios de clase D. En sí, la tabla permite identificar con exactitud qué extintor resulta más respetable en cada situación, utilizando una escala de adecuación que va desde aceptable hasta muy adecuado.

**Figura 9.**

*Tipos de extintor según la clasificación del fuego.*

Tipo de extintor	Imagen referencial	Tipo de fuego
Extintor a base de agua		
Extintor de espuma		
Extintor Dióxido de Carbono		
Extintor Polvo Químico Seco		
Extintor de agentes limpios		

*Nota.* Clasificación de los extintores según el tipo de fuego que se presente.

- Bocas de incendio equipadas (BIE) son tomas de agua a presión dotadas de una serie de elementos que permiten lanzar agua desde un punto específico hacia el lugar del

incendio. Deben estar cercanas a los puestos de trabajo y los lugares de tránsito personal, acompañadas de mangueras que cuentan con la resistencia y sección adecuado. La distancia entre bocas de incendio no debe ser superada los 50 m (García Laureano, 2025).

- Rociadores de agua: forman parte de los sistemas de detección, alarma y extinción de incendios. Su instalación se inicia desde la fuente de alimentación de agua, y toda la red de distribución está compuesta por válvulas de control, canalizaciones ramificadas y cabezas rociadoras. Las cabezas rociadoras permanecen normalmente cerradas y se activan automáticamente cuando se supera la temperatura de diseño, descargando el agua en forma de rociado sobre el área protegida. La superficie de cobertura de cada rociador se encuentra generalmente entre 9 y 16 m<sup>2</sup>, dependiendo del diseño del sistema (García Laureano, 2025).
- Columna seca es la conducción para el agua que traen los bomberos. La toma de agua ya sea en una fachada o en una zona de fácil acceso para el servicio de los bomberos (García Laureano, 2025).
- Hidrantes exteriores, tomas de agua conectadas a la red de suministro. Presentan uno o varios conectores los que permiten la unión de mangueras para tener una mejor distribución por áreas (García Laureano, 2025).

### **2.3.2.3 Métodos de extinción.**

Para que un incendio se inicie y se mantenga es necesario que los componentes detallados en el triángulo del fuego siempre estén presentes. Si se elimina uno de estos factores o a su vez se reduce la intensidad, el fuego se extingue y bajo esta ideología se presentan los siguientes métodos de extinción.

- Eliminación del combustible. El fuego necesita ser alimentado por un combustible para poder mantenerse y este componente lo podemos eliminar cortando el flujo de gases o líquidos o refrigerando los combustibles alrededor de la zona.
- Sofocación del comburente. El principal componente del fuego es el oxígeno, puesto que lo consume en grandes cantidades y se puede evitar recubriendo el combustible con mantas ignífuga, arena, espuma, polvo, tapa del sartén.
- Enfriamiento. De la energía disipada un porcentaje es disipada al ambiente y otro porcentaje activa nuevos combustibles para mantenerse el fuego. Esto lo podemos mitigar con una mezcla de aditivos pulverizados capaces de enfriar notablemente el fuego.
- Inhibición. Este componente ya se ve reflejado en el tetraedro del fuego lo que provoca una inhibición química de la reacción en cadena. El gran efecto extintor es provocar la descomposición o separación de las partículas o radicales libres.

### **2.3.3 *Atmósferas Explosivas***

Según la Asociación Nacional de Servicios de Prevención de origen español, una atmósfera explosiva se define como la mezcla entre el aire y una sustancia combustible en proporciones adecuadas. En este sentido, hace referencia al volumen de aire que contiene una sustancia inflamable de tal manera que, en presencia de una fuente de ignición como una chispa, una superficie caliente o un arco eléctrico, puede originarse una combustión o incluso una explosión (ASPREN, 2018).

El Real Decreto 681/2003, orientado al amparo de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos asociados a atmósferas explosivas, establece que una atmósfera explosiva se produce cuando existe una mezcla de sustancias inflamables, las

mismas que pueden presentarse en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, con el aire. Bajo estas condiciones, la presencia de una fuente de ignición puede provocar una combustión que se propaga hasta consumir el material no quemado, generando una explosión que, en muchos casos, puede dar lugar posteriormente a un incendio (Real Decreto 681/2003, pág. 4).

### **2.3.3.1 Clasificación de las atmósferas explosivas.**

Según el (Directiva 1999/92/CE Del Parlamento Europeo y Del Consejo, de 16 de Diciembre de 1999, Relativa a Las Disposiciones Mínimas Para La Mejora de La Protección de La Salud y La Seguridad de Los Trabajadores Expuestos a Los Riesgos Derivados de Atmósferas Explosivas, 2000), un área puede considerarse de alto riesgo cuando existe la posibilidad de que se formen atmósferas explosivas en una cantidad tal que haga necesario adoptar precauciones especiales orientadas a la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores. Estas medidas deben definirse a partir de un análisis previo, en el que se evalúe la frecuencia con la que pueden generarse dichas atmósferas y la duración de su presencia. Como resultado de esta evaluación, se establece la clasificación de las áreas de riesgo, de acuerdo con las zonas que se detallan a continuación.

Es necesario considerar que las zonas se clasifican en base a la presentación de las atmósferas explosiva. Estas pueden presentarse en las diferentes áreas como gas, vapor o polvo.

**Tabla 14.**

*Clasificación de atmósferas explosivas por vapores.*

<b>Clasificación de Vapores</b>	<b>Descripción</b>
Zona 0	La atmósfera explosiva es una mezcla con el aire y sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla. Su presencia es permanente o tiempo prolongado.
Zona 1	Zona en la que existe la posibilidad de que se formen atmósferas explosivas con el aire y sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla.
Zona 2	Lugar de trabajo en la que no hay probabilidades en condiciones normales para la formación de atmósferas explosivas con el aire y sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla durante breves periodos de tiempo.

*Nota.* Nivel de riesgo en las zonas donde puede formarse una atmósfera explosiva por vapores.

Las zonas 0, 1 y 2 se enfocan en la clasificación de atmósferas explosivas que son generadas por gases, vapores o nieblas inflamables, dependiendo de la frecuencia de formación y la duración de sus partículas en el ambiente. En la zona 0, la atmósfera explosiva está presente de forma continua o durante largos períodos; la zona 1, puede formarse ocasionalmente en condiciones normales; mientras que la zona 2 comprende aquellos espacios donde la presencia de una atmósfera explosiva no es probable y su tiempo de estancia es muy corto.

**Tabla 15.**

*Clasificación de atmósferas explosivas por polvos.*

<b>Clasificación de Polvos</b>	<b>Descripción</b>
Zona 20	Atmósfera explosiva en forma de nube por polvo combustible en el aire de forma presente o por un tiempo prolongado.
Zona 21	La formación de atmósferas explosivas es probable, en condiciones normales por una nube de polvo combustible.
Zona 22	No es probable la explotación, la atmósfera explosiva se ve combinada por polvo combustible y permanece durante un breve período de tiempo.

*Nota.* Nivel de riesgo en las zonas donde puede formarse una atmósfera explosiva por gases.

Las zonas 20, 21 y 22 se enfocan en la clasificación de atmósferas explosivas que son generadas por polvos combustibles. En la zona 20, la atmósfera explosiva está presente de forma continua o durante largos períodos; la zona 21 puede formarse ocasionalmente en condiciones normales; mientras que la zona 22 comprende aquellos espacios donde la presencia de una atmósfera explosiva no es probable y, su tiempo de estancia es muy corto.

### **2.3.3.2 Fuentes de ignición.**

En todas las industrias, independientemente de su actividad económica, existen diversas fuentes de ignición, las cuales pueden clasificarse como chispas, superficies calientes, llamas, entre otras. Estas fuentes pueden constituir el punto de inicio de una explosión; por ello, la realización de una evaluación de riesgos enfocada en la identificación de atmósferas explosivas resulta fundamental. Abordar el riesgo desde el origen de los posibles mecanismos de ignición permite controlar los escenarios de explosión y reducir la probabilidad de que se produzcan pérdidas catastróficas (Alonso Martín, 2010).

En la siguiente tabla se presentan las fuentes o focos donde puede existir una fuente de ignición para la activación de atmósferas explosivas.

**Tabla 16.**

*Fuentes de ignición para atmósferas explosivas.*

	<b>Descripción</b>
1	Equipos, superficies con temperatura alta.
2	Presencia de gas a alta temperatura o presencia de llamas.
3	Chispas ocasionadas por fricción de materiales.
4	Sistemas eléctricos en mal estado.
5	Corrientes eléctricas anticorrosión.

- 6 Electricidad electrostática
  - 7 Descargas atmosféricas (Rayo).
  - 8 Ondas electromagnéticas emitidas por equipos de sellado.
  - 9 Radiación ionizante
  - 10 Ultrasonidos
  - 11 Condiciones de ignición al aumento de la presión
  - 12 Procesos químicos orientados a la liberación de radicales generando calor.
- 

*Nota.* Fuentes de ignición presentes en una industria que pueden ser el detonante de una atmósfera explosiva.

### **2.3.3.3 Parámetros característicos para la formación de una atmósfera explosiva.**

Conocer las características y el nivel de explosividad de los distintos productos alimenticios que se elaboran en la industria alimentaria es fundamental para determinar si estos pueden dar lugar a la formación de una atmósfera explosiva (ATEX). Asimismo, cuando se analizan exclusivamente las características que debe presentar un producto para ser capaz de generar una atmósfera explosiva, es necesario considerar los parámetros de inflamabilidad y explosividad de cada sustancia involucrada en la línea de producción, ya sea como materia prima, producto base o producto semielaborado (Alonso Martín, 2010).

En la siguiente tabla se presentan las principales propiedades a considerarse en referencia a su zona de clasificación con el fin de determinar si la materia base cumple con lo necesario para que sea un ATEX.

**Tabla 17.**

*Parámetros característicos de las atmósferas explosivas.*

<b>Gases, vapores y nieblas</b>	<b>Polvos</b>
Rango de explosividad.	Granulometría
Temperatura de inflamación	Concentración mínima explosiva
Temperatura de autoinflamación	Energía mínima de ignición
Grupo y subgrupo: IIA, IIB, IIC	Temperatura de ignición en capa
Intervalo máximo de seguridad	Temperatura de ignición en nube
Energía mínima de inflamación	Presión máxima de explosión
Gradiente máximo de presión	Constante de explosividad $K_{st}$
Corriente mínima de inflamación	Resistividad / Conductividad eléctrica
Densidad relativa	Concentración límite de oxígeno
Coefficiente de vaporización	Susceptibilidad / estabilidad térmica

*Nota.* Principales características para considerarse en la formación de atmósferas explosivas dependiendo de su zona de clasificación (Alonso Martín, 2010).

#### **2.3.3.4 Recipientes y equipos con riesgos ATEX.**

María del Carmen Alonso Martín, en su estudio titulado “*Evaluación de los riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas*”, manifiesta que el riesgo que existe con la formación de atmósferas explosivas dentro del sector alimenticio tiene un potencial riesgo, principalmente enfocado por el manejo y a su vez por la acumulación de productos como cereales, lácteos en polvo, alimentos deshidratados, especias y edulcorantes. Del mismo modo, se verifica que las atmósferas no solo se generan únicamente durante el proceso de envasado, sino que también podrían presentarse en etapas anteriores, específicamente en el almacenamiento de los productos. Bajo esta ideología, y conforme a la clasificación ATEX, se detectan recipientes y equipos que presentan riesgo de generar atmósferas explosivas (Alonso Martín, 2010).

**Tabla 18.**

*Equipo y envases con riesgo de atmósferas explosivas.*

<b>Gases, vapores y nieblas</b>	<b>Polvos</b>
Depósitos	Secos o contenedores
Bombas de impulsión	Equipos de ensacado
Bombas de vacío	Ciclones y filtros de mangas
Compresores	Elevador de canjilones
Cisternas	Molinos
Reactores	Cribas
Mezcladoras	Silos
Cabinas de pintado	Tolvas
Envasadoras de aerosoles	Lechos fluidificados
Hornos y otros equipos de secado	Atomizadores
Refrigeradores y congeladores	Estaciones de desempolvados
Sistemas de extracción	Equipos neumáticos

*Nota.* Equipo o recipientes que tienes presencia o tienen la capacidad de generar un ambiente con atmósferas explosivas (Alonso Martín, 2010).

### **2.3.3.5 Límites de explosividad.**

Una de las formas de comprender el riesgo al que se está expuesto frente a atmósferas explosivas consiste en identificar y evaluar los parámetros clave asociados al riesgo de explosión por polvo combustible. Estas propiedades no solo permiten estimar la severidad de una posible explosión, sino que también sirven como base para proponer medidas orientadas a la reducción del riesgo. En este apartado se presentan las características que deben considerarse para determinar la explosividad del polvo, así como las posibles consecuencias derivadas de su ignición (Specifex, 2024).

*Concentración mínima explosiva (MEC).* La cantidad mínima de polvo suspendido en el aire según el tipo de polvo para que pueda ocurrir una explosión se encuentra situada en los siguientes rangos.

- De 100 a 500 g/m<sup>3</sup>: Una explosión puede ocurrir cuando en metro un cúbico de aire existe entre 100 y 500 gramos de polvo suspendidos (Specifex, 2024).
- Si el Mec es más es más bajo, mayor es el riesgo de que se suscite una explosión(Specifex, 2024).

*Energía mínima de ignición (MIE).* - Es la cantidad de energía necesaria para iniciar la ignición de una nube de polvo combustible en el aire (Specifex, 2024).

- Rango < 1 mJ a > 1000 mJ: Varios polvos tienen la capacidad de encenderse con energías extremadamente bajas y esto depende del tamaño de su partícula, tipo del material y sus condiciones para expandirse por el ambiente, mientras en que otros requieren de energías mucho más elevadas(Specifex, 2024).
- Crítico para la energía electrostática: Polvos que pueden encenderse con milijulios, es decir, que una pequeña descarga electrostática puede ser suficiente para provocar la ignición (Specifex, 2024).

*Presión máxima de explosión (P<sub>máx</sub>).* Presión máxima que se puede alcanzar durante la explosión de una nube de polvo combustible en un ambiente cerrado y bajo condiciones normalizadas para el ensayo(Specifex, 2024).

- De 6 a 10 bar en polvo orgánicos: La magnitud de presión que puede generarse durante una explosión de este tipo de materiales ocasionada por

polvos combustibles. Los daños pueden ser severos si no tenemos las medidas adecuadas para reducir el riesgo (Specifex, 2024).

- Crucial para el diseño de contención: En base al  $P_{m\acute{a}x}$  se empieza a diseñar los equipos, recipientes y sistemas de protección con el fin de brindar áreas seguras para los trabajadores (Specifex, 2024).

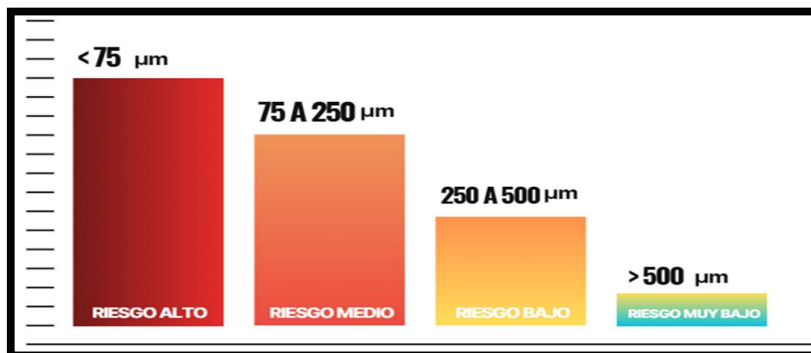
*Clase de explosión por polvo ( $K_{st}$ ).* Se clasifica la severidad de una explosión por polvo combustible en función de la velocidad máxima de aumento de la presión generada durante la explosión en un ambiente cerrado (Specifex, 2024).

- St 0: Corresponden a valores de 0 bar m/s, lo que indica que el material no presenta comportamiento explosivo.
- St 1: Incluye valores entre 0 y 200 bar m/s, asociados a explosiones de baja intensidad
- St 2: Comprende valores de 201 a 300 bar m/s, vinculados a explosiones de severidad media o alta.
- St 3: Se refiere a valores superiores a 300 bar m/s, característicos de explosiones de gran violencia.

*Tamaño de partícula.* - El tamaño de la partícula de polvo analizado influye de manera significativa en el nivel de riesgo de explosión. A menor tamaño de partícula, mayor es la superficie expuesta y mayor facilidad de encontrarse suspendida en el ambiente, lo que incrementa el nivel de riesgo. Las partículas con un tamaño inferior a 75  $\mu\text{m}$  se consideran de alto riesgo, mientras que aquellas con tamaños superiores a 500  $\mu\text{m}$  presentan un nivel de riesgo muy bajo (Specifex, 2024).

**Figura 10.**

*Nivel de riesgo versus el tamaño de la partícula.*



*Nota.* El riesgo alto está comprendido por las partículas más finas, es decir, menores a las 75 µm.

*Temperatura (MIT).* Es la menor temperatura en la que el polvo combustible puede encenderse en presencia del aire, sin necesidad de una chispa u otra fuente de ignición. Sin embargo, la temperatura mínima podemos clasificarla de la siguiente manera (Specifex, 2024).

- 20 °C: Nivel de riesgo bajo.
- 300 °C: Nivel de riesgo medio.
- 700 °C: Nivel de riesgo alto.

### 2.3.3.6 Métodos de evaluación.

Como métodos de evaluación asociados a la determinación de atmósferas explosivas se acoge la metodología propuesta por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, desarrollada por María del Carmen Alonso Martín. Este método está basado en identificar los factores que puedan originar una explosión, continuando por el análisis respectivo y finalizando con su respectiva valorización con el fin de establecer medidas que

permitan eliminar o reducir el riesgo a los niveles aceptables para proteger la vida de los colaboradores.

La metodología considera, en primer lugar, la identificación de los peligros ya sea, por la posible formación de atmósferas explosivas (ATEX) o por la presencia de focos de ignición. Posteriormente, se analiza la posibilidad de formación de atmósferas explosivas en función del grado de dispersión y la cantidad del producto inflamable. Seguidamente, se analizan los posibles focos o fuentes de ignición, los cuales se clasifican como frecuentes, raros o presentes en circunstancias muy raras. Esto permite estimar los posibles efectos de una explosión, valorar el riesgo que esta pueda desencadenar y, finalmente, proponer medidas preventivas orientadas, en la medida de lo posible, a la eliminación del riesgo (Martin Alonso, 2009).

**Figura 11.**

*Valoración del riesgo en cuanto a la probabilidad por la consecuencia.*

FRECUENCIA DE MATERIALIZACIÓN X GRAVEDAD DE LAS CONSECUENCIAS				
PROBABILIDAD	CONSECUENCIAS			
	Catastrófico	Importante	Secundario	Despreciable
Frecuente	A	A	A	C
Probable	A	A	B	C
Ocasional	A	B	B	D
Remoto	A	B	C	D
Improbable	B	C	C	D

Nivel de riesgo A: **Riesgo intolerable**. Parar la actividad hasta reducir el riesgo  
 Nivel de riesgo B: **Riesgo alto**. Deben tomarse medidas para reducir el riesgo  
 Nivel de riesgo C: **Riesgo medio**. Puede reducirse con medidas organizativas  
 Nivel de riesgo D: **Riesgo aceptable**. No se requieren acciones adicionales

*Nota.* Valoración de riesgo, se considera la frecuencia de materialización por la gravedad de las consecuencias (Martin Alonso, 2009).

Por otro lado, también se puede citar el método propuesto por la norma NFPA 652, en el cual se establecen los requisitos fundamentales y, en base a ellos, se propone el método Dust Hazard Analysis (DHA), enfocado en identificar, evaluar y controlar los riesgos de explosión derivados del tipo de material (National Fire Protection Association, 2019).

La metodología DHA está orientada a la identificación de los polvos combustibles presentes en el área, a la caracterización de las propiedades de la partícula en estudio y al análisis de las condiciones operativas que puedan dar lugar a la formación de una atmósfera explosiva. Finalmente, en base a los resultados obtenidos, se evalúa tanto la probabilidad de que ocurra una explosión como la severidad de los posibles daños, con el fin de definir medidas preventivas que reduzcan el nivel de riesgo asociado (National Fire Protection Association, 2019).

El Método del Carbón de Pittsburgh, desarrollado por el Departamento de Minas de los Estados Unidos, es uno de los primeros procedimientos utilizados para evaluar el riesgo de explosión por polvo combustible. Este método se fundamenta en ensayos experimentales realizados principalmente con polvo de carbón en explotaciones mineras, donde se estudió el comportamiento del material durante una explosión y el nivel de daños que puede generar. Los resultados obtenidos permitieron establecer criterios iniciales sobre la propagación de explosiones y la severidad de sus efectos, los cuales sirvieron como base para el desarrollo de parámetros que actualmente se emplean en la evaluación de atmósferas explosivas en distintos sectores industriales (Tuchman & Brinkley, 1990).

Toda la metodología y desarrollo del estudio para determinar el nivel de explosión en la minería de carbón se lo realizó mediante la aplicación de los siguientes factores técnicos.

Para ello, primero debemos considerar los siguientes términos (Tuchman & Brinkley, 1990).

- *TMI*. – Temperatura mínima de inflamación °C.
- *CME*. – Concentración mínima explosiva en Kg/m<sup>3</sup>.
- *EMI*. – Energía de inflamación (Julios),
- *VMAP*. – Velocidad máxima de aumento de presión (kPa m/s).

Entonces, para determinar la sensibilidad de ignición, la cual permite evaluar qué tan fácilmente se enciende el polvo en estudio, se trabaja con la siguiente fórmula.

$$\text{Sensibilidad de ignición} = \frac{(TMI)(CME)(EMI)(\text{Cajón de Pittsburg})}{(TMI)(CME)(EMI)(\text{Polvo a investigar})}$$

Ahora, para calcular la gravedad explosiva, es decir, la severidad que puede tener la explosión se emplea la siguiente fórmula.

$$\text{Gravedad explosiva} = \frac{(PME)(VMAP)(\text{Polvo a investigar})}{(PME)(VMAP)(\text{Carbón de Pittsburg})}$$

Y finalmente el índice de explosividad nos permite identificar la severidad que puede tener la explosión. Usamos la siguiente expresión.

$$\text{Índice de explosividad} = \text{Sensibilidad de ignición} \times \text{Gravedad explosiva}$$

### **2.3.4 Propiedades explosivas del polvo combustible**

Los polvos combustibles de origen alimenticio, como la canela, el ajo y la cebolla en estado pulverizado, pueden generar atmósferas explosivas bajo determinadas condiciones. Para evaluar este comportamiento, se emplean parámetros técnicos como el índice de explosividad (Kst), la presión máxima de explosión (Pmax) y el tamaño de partícula.

El índice de explosividad ( $K_{st}$ ) permite clasificar la severidad de una explosión de polvo, mientras que la presión máxima de explosión ( $P_{max}$ ) representa la presión alcanzada durante el evento explosivo. Diversos estudios indican que los polvos alimenticios presentan valores de  $K_{st}$  entre 50 y 200  $\text{bar}\cdot\text{m/s}$  y  $P_{max}$  entre 6 y 10 bar, lo que los ubica en la categoría St 1, correspondiente a explosiones de intensidad moderada.

En particular, productos como la canela, el ajo y la cebolla en polvo presentan valores dentro de estos rangos, lo que evidencia su potencial de generar explosiones en condiciones de dispersión y confinamiento.

#### **2.3.4.1 Tamaño de la partícula.**

El tamaño de partícula es un factor determinante en la explosividad del polvo, ya que influye en la dispersión y velocidad de combustión. Generalmente, partículas menores a 500  $\mu\text{m}$  son combustibles, mientras que aquellas inferiores a 100  $\mu\text{m}$  presentan un riesgo elevado de explosión debido a su mayor área superficial y facilidad de suspensión en el aire. En el caso de la canela, el ajo y la cebolla en polvo, los tamaños de partícula suelen encontrarse entre 75 y 500  $\mu\text{m}$ , lo que favorece la formación de nubes combustibles en ambientes industriales.

Adicionalmente, la concentración mínima explosiva (MEC) es otro parámetro relevante, ya que define la cantidad mínima de polvo suspendido en el aire necesaria para que se produzca una explosión. En polvos orgánicos, este valor suele encontrarse entre 30 y 100  $\text{g/m}^3$ , dependiendo del material y del tamaño de partícula. Este parámetro resulta fundamental para evaluar el riesgo en ambientes industriales donde puede existir acumulación y dispersión de polvo combustible.

### 2.3.5 *Normativa complementaria*

En la Nota Técnica de Prevención (NTP 29), relacionada con las “*instalaciones de recogida de polvos combustibles*”, control de riesgos por explosión, nos brinda toda la definición relacionada a la formación de atmósferas explosivas. A su vez, nos brinda los parámetros técnicos o característicos como límites de explosividad, tamaño de las partículas que se debe considerar al momento de evaluar una zona clasificada como ATEX (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 1982).

Ahora, en la Nota Técnica de Prevención (NTP 369), denominada “*Atmósferas potencialmente explosivas: Instalaciones eléctricas*”, nos brinda también información de equipos y medidas que pueden ayudar a reducir el potencial riesgo de que ocurra un incendio o una explosión. Además, nos brinda una correcta clasificación de las zonas ATEX, ya sea la zona 20, 21 o 22 correspondiente a atmósferas explosivas dependientes de polvos combustibles (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 1995).

Asimismo, La Directiva 2012/18/UE, conocida como Norma Seveso III, exige que las empresas deben identificar los peligros, evaluar los riesgos e implementar sistemas de seguridad y planes de emergencia relacionados a la prevención de atmósferas explosivas. Es decir, establece medidas para prevenir accidentes en instalaciones donde se manipulan, almacenan o procesan sustancias peligrosas, así como para el cuidado de la salud de los trabajadores en su ambiente laboral (Parlamento Europeo & Consejo de la Unión Europea, 2012).

Ahora La NFPA 70E, con su edición en el 2024, denominada “*Norma para la seguridad eléctrica en los lugares de trabajo*”, establece los requisitos necesarios que se debe cumplir para garantizar la seguridad eléctrica en los lugares de trabajo, con el fin de

proteger a los trabajadores contra riesgos asociados al uso de la energía eléctrica, tales como choque eléctrico o arco eléctrico los mismos que pueden desencadenar un incendio o explosión con base a la formación de ciertas zonas ATEX (NFPA 70E, 2024).

La serie de normas IEC 60079, elaborada por la International Electrotechnical Commission (IEC), establece los requisitos para el diseño, instalación, inspección y mantenimiento de equipos eléctricos utilizados en atmósferas explosivas. Estas normas son recomendables y se debe aplicar en instalaciones donde existe la presencia de gases, vapores o polvos combustibles de acuerdo con su clasificación. Cuyo objetivo es prevenir la ignición de atmósferas explosivas mediante el control de las posibles fuentes de origen (IEC, 2019).

### ***2.3.6 Equipo de medición – PCE / MPC 10***

El Particle Counter PCE-MPC 10 es un equipo portátil utilizado para realizar el monitoreo de la calidad del aire en espacios interiores. Este dispositivo permite registrar de forma simultánea distintos parámetros ambientales relacionados con la presencia de contaminantes en el ambiente, tales como el Índice de Calidad del Aire (AQI), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), los compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC) y las concentraciones de material particulado PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>.

Este equipo permite monitorear y controlar contaminantes en el aire en tiempo real, lo que facilita la evaluación de las condiciones ambientales dentro del área de trabajo y aporta información útil para la toma de decisiones en temas de seguridad industrial, higiene ocupacional y control ambiental.

Gracias al diseño ergonómico del equipo, este puede ser usado en las diferentes áreas de la empresa y lo más relevante es que las mediciones las realiza en tiempo real y

muestra los resultados de manera inmediata en su pantalla. Esto admite descubrir con rapidez las variaciones en la calidad del aire durante las actividades productivas.

**Figura 12.**

*Equipo Particle Counter PCE-MPC 10.*



*Nota.* Equipo diseñado para medir material particulado.

## Capítulo 3

### Diseño Metodológico

#### 3.1 Enfoque de la Investigación

El presente trabajo de titulación tiene una dirección enfocada a la investigación cualitativa y cuantitativa, puesto que en su análisis se presenta una combinación descriptiva de las condiciones del área de condimentos con la medición y valoración de los riesgos que se hayan determinado en la formación de atmósferas explosivas por polvo combustible con potencial de clasificación en zonas ATEX, conforme a los resultados obtenidos en la evaluación.

En primera instancia, se aplica una investigación con enfoque cualitativo, con el fin de observar de manera directa los procesos aplicados en el área de producción, describir y analizar las condiciones operativas, el orden y limpieza, la ventilación, las prácticas de trabajo, el sentir de los operarios y finalmente verificar el cumplimiento de la normativa vigente relacionada a atmósferas explosivas (Rojas, 2022). Este enfoque permite comprender de manera objetiva la situación real del entorno laboral, considerando las actividades que se desarrollan y las condiciones que pueden propiciar la generación, acumulación y dispersión de polvo combustible. Asimismo, ayuda a establecer las zonas y descubrir las posibles fuentes de ignición que existan en el área evaluada.

El enfoque cuantitativo evalúa el nivel de riesgo asociado a atmósferas explosivas y este considera los criterios técnicos establecidos en el Real Decreto 681/2003, que precisa a ejecutar una valoración explícita de este tipo de riesgo. Para ello, se tiene que considerar elementos como la probabilidad de que se constituyan atmósferas explosivas, la presencia

de posibles fuentes de ignición y las consecuencias que podrían derivarse en caso de que ocurra un evento (Támara, 2022).

Asimismo, se adopta la metodología de evaluación de riesgos en atmósferas explosivas propuesta por Alonso Martín (2009), la cual contempla la identificación de peligros, la estimación de probabilidades, la evaluación de consecuencias y la valoración del nivel de riesgo, permitiendo una clasificación objetiva de las zonas ATEX y del nivel de riesgo asociado.

La combinación de ambos enfoques investigativos permite obtener una visión integral del problema, fortifica la toma de decisiones y la formulación de medidas de control técnicas, organizativas y preventivas, orientadas a la reducción de la accidentabilidad laboral y de las pérdidas económicas en la empresa Terrafertil S.A.

### **3.2 Diseño de la Investigación**

La presente investigación presenta un diseño no experimental, debido a que las variables de estudio no son manipuladas, sino que se analizan tal como ocurren en su entorno, específicamente en el área de condimentos de la empresa Terrafertil S.A. El estudio se limita a observar, identificar y evaluar las condiciones existentes relacionadas con la formación de atmósferas explosivas por polvo combustible (Ramos-Galarza, 2021).

También se aplica un diseño de tipo transversal, ya que la recolección de la información se realiza en un período determinado de tiempo, permitiendo analizar la situación actual del riesgo de explosión sin considerar su evolución histórica o futura (Manterola et al., 2023).

Este diseño de investigación facilita la obtención de información técnica confiable para la posterior formulación de medidas de control preventivas, correctivas y de mitigación,

orientadas a reducir la accidentabilidad laboral y minimizar las pérdidas económicas derivadas de eventos explosivos.

### **3.3 Tipo de investigación**

El trabajo tiene una investigación de tipo aplicada, debido a que se orienta a la solución de un problema identificado de manera práctico y real en el área de condimentos de la empresa Terrafertil S.A., relacionado con la formación de atmósferas explosivas por polvo combustible.

La investigación aplicada se fundamenta en aplicar criterios técnicos establecidos en la normativa y guías especializadas en materia de atmósferas explosivas (Echaurren, 2023). Bajo este contexto, se emplea la metodología de valoración de riesgos para atmósferas explosivas desarrollada por Alonso Martín, desarrollada bajo la supervisión del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), la cual permite reconocer los peligros existentes, analizar la probabilidad de que ocurran, estimar y valorar las posibles consecuencias y determinar el nivel de riesgo asociado a una eventual explosión.

Asimismo, su implementación favorece a la clasificación de zonas ATEX, la determinación del grado de riesgo y la definición de medidas de control técnicas y organizativas, contribuyendo a la prevención de accidentes laborales y a la reducción de pérdidas económicas asociadas a eventos explosivos.

### **3.4 Nivel de Investigación**

El nivel de investigación que tiene este trabajo de titulación está orientado al descriptivo-analítico, puesto que describe y analiza las condiciones que existen en el área de condimentos de la empresa Terrafertil S.A. relacionadas con la formación de atmósferas explosivas por polvo combustible.

En el nivel descriptivo, son investigaciones cuantitativas que tiene como finalidad especificar las propiedades de una o más de la población (Supo, 2025). Es decir, se caracteriza las variables y se identifican los procesos productivos, las zonas de riesgo, las condiciones operativas y las posibles fuentes de ignición presentes en el área de estudio, sin modificar ni intervenir las variables analizadas.

En el nivel analítico, se analiza la información compilada con el fin de evaluar el riesgo de atmósferas explosivas, se establece relaciones entre las condiciones de operación y la probabilidad de ocurrencia de eventos explosivos, y determinar el nivel de riesgo asociado, conforme a criterios técnicos y normativos vigentes.

Este nivel de investigación se desarrolla bajo un diseño no experimental, ya que el análisis se realiza sobre situaciones reales existentes, permitiendo sustentar técnicamente la propuesta de medidas de control orientadas a la prevención de accidentes laborales.

### **3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **3.5.1 Observación directa**

La observación directa se utilizó para identificar las condiciones reales en la que se ejecutan los procesos de producción en el área de condimentos, así como también la generación y acumulación de polvo combustible, el estado de orden y limpieza, la ventilación, la disposición de los equipos y la presencia de posibles fuentes de ignición. Esta técnica nos ha permitido registrar información in situ sin intervenir en las actividades normales de trabajo.

#### **3.5.2 Análisis documental**

El análisis documental se aplicó para revisar y evaluar información técnica y normativa relacionada con la prevención de atmósferas explosivas, así como documentos

internos de la empresa. Esta técnica permitió contrastar las condiciones observadas con los requisitos establecidos en la normativa vigente.

### 3.5.3 Medición de concentración de material particulado

La medición del material particulado se la ejecutó mediante el equipo PCE-MPC 10, instrumento portátil que permite determinar la concentración de partículas suspendidas en el ambiente y son expresadas en microgramos por metro cúbico ( $\mu g/m^3$ ). Su rango medición se encuentra comprendida desde 0 a 2000 ( $\mu g/m^3$ ) y tiene una resolución de 1 ( $\mu g/m^3$ ).

El equipo en mención nos permite medir el tamaño de la partícula en dos canales diferentes:

- PM2.5 ( $\leq 2.5 \mu m$ )
- PM10 ( $\leq 10 \mu m$ )

Por otra parte, las mediciones fueron tomadas en condiciones normales de operación, es decir, en pleno proceso productivo, durante las actividades habituales de mezclado y envasado de condimentos, sin alterar las condiciones de trabajo. Para ello, se establecieron cuatro puntos estratégicos de medición dentro del área de condimentos:

1. Zona de alimentación de materia prima.
2. Área de mezclado.
3. Zona de envasado.
4. Contorno perimetral.

En cada zona evaluada, las mediciones fueron realizadas a una altura aproximada de 1,5 metros, referente a la zona de respiración promedio de un trabajador. El objetivo, en sí fue

analizar la concentración que se encuentra suspendido y la posible relación que pueda existir en la formación de atmósferas explosivas. Los valores obtenidos hacen referencia para apreciar la probabilidad de generación de nubes de polvo combustible y respaldar tanto la clasificación de zonas ATEX como la valoración del nivel de riesgo.

### **3.6 Técnicas para el Procesamiento e Interpretación de Datos**

Para el procesamiento e interpretación de los datos recopilados en la presente investigación se utilizó el análisis numérico, con el objetivo de evaluar y valorar de manera justa la información obtenida mediante la observación directa, el análisis documental y las mediciones realizadas en el área de condimentos de la empresa Terrafertil S.A.

El análisis numérico se aplicó para la valoración del riesgo de atmósferas explosivas, considerando el riesgo o lo mismo que resulta analizar la probabilidad de ocurrencia y la gravedad de las consecuencias, de acuerdo con los criterios establecidos en el Real Decreto 681/2003 y la metodología de evaluación propuesta por el INSST. A partir de estos parámetros, se determinó el nivel de riesgo y se realizó la clasificación de las zonas ATEX correspondientes.

#### **3.6.1 Determinación de la probabilidad**

La probabilidad de formación de atmósferas explosivas se estimó considerando los siguientes criterios:

- Concentración de polvo suspendido (PM10).
- Frecuencia de generación de nube visible.
- Tiempo de permanencia del polvo en suspensión.
- Presencia de ventilación o extracción.

Los valores de concentración no fueron utilizados para determinar directamente el límite inferior de explosividad (LIE), sino como indicador técnico de presencia y dispersión de polvo combustible, permitiendo establecer una escala de probabilidad ya sea baja, media o alta.

### **3.6.2 Determinación de la consecuencia**

La severidad de las consecuencias se evaluó considerando:

- Número de trabajadores que se encuentran expuestos.
- Confinamiento del área.
- Presencia de equipo eléctricos.
- Potencial daño estructural.
- Continuidad operativa de la empresa.

### **3.6.3 Valoración del nivel de riesgo**

Para determinar el nivel de riesgo se emplea la relación que existe entre la probabilidad por la consecuencia y la severidad de los daños. De esta forma se aplica los criterios establecidos en la metodología de evaluación de riesgos en atmósferas explosivas desarrolladas por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo, alineada con los dispuesto en el Real Decreto 681/2003.

El resultado obtenido permitió clasificar el riesgo en niveles Bajo, Medio o Alto, y es establecer la correspondiente clasificación de las zonas ATEX (20, 21 o 22) según la frecuencia y duración de la atmósfera explosiva.

### **3.7 Población y Muestra**

La población de estudio estuvo constituida por el área de condimentos de la empresa Terrafertil S.A., incluyendo sus condiciones físicas, operativas y ambientales relacionadas con la posible formación de atmósferas explosivas por polvo combustible.

Adicionalmente, se consideró como población expuesta al total del personal que labora en dicha área, conformado por doce trabajadores distribuidos en tres turnos rotativos de cuatro personas cada uno.

Debido a que la población laboral es finita y reducida, se consideró la totalidad de los trabajadores como referencia para el análisis de exposición al riesgo, sin aplicar muestreo estadístico. No obstante, la evaluación principal se centró en las condiciones del área y en las variables técnicas medidas, tales como concentración de material particulado, presencia de fuentes de ignición y características del entorno de trabajo.

## Capítulo 4

### Análisis y Discusión de los Resultados

Para dar cumplimiento a los objetivos específicos planteados, se establecieron tres actividades que sirven de soporte metodológico y permiten obtener los resultados correspondientes. A partir de este punto, se presentan los resultados relacionados con los dos primeros objetivos específicos, mediante la aplicación del análisis de fichas técnicas, la inspección in situ y la valoración técnica de las materias primas evaluadas, así como de los componentes presentes en el área de estudio. Este procedimiento permite determinar si el área de condimentos puede considerarse una zona con presencia potencial de atmósferas explosivas por polvo combustible.

#### **4.1 Identificar las zonas, condiciones y procesos en el área de condimentos que favorecen la formación de atmósferas explosivas por polvo combustible.**

Para determinar si existe riesgo por atmósferas explosivas, el primer paso está focalizado en verificar si las sustancias que se manipulan en el área se pueden clasificar como polvo combustible. Entonces, bajo esta premisa en el área de condimentos, el proceso de producción se centra en el manejo constante de materias primas en forma de polvo, los mismos que pueden dispersarse en el ambiente durante actividades como la carga, la dosificación y la limpieza en seco.

##### ***4.1.1 Análisis de características físicas y químicas de los condimentos.***

Con el propósito de determinar si las propiedades físicas y químicas de los condimentos utilizados pueden dar lugar a generar atmósferas explosivas, se analizaron las fichas técnicas suministradas por la empresa. Posteriormente, los datos encontrados se contrastó

con los criterios establecidos en la norma UNE-EN 1127-1, la cual menciona las condiciones necesarias para la formación de atmósferas explosivas generadas por polvo combustible.

En primera instancia, si analizamos las propiedades físicas y químicas que tiene la canela podemos manifestar que es una materia prima orgánica deshidratada y pulverizada. Su porcentaje de humedad máxima es del 10% y su actividad de agua no supera el 0.65 lo que demuestra, que se trata de un polvo seco. En cuanto a sus partículas, tiene más del 50% de granulometría inferior a 250  $\mu\text{m}$ , lo que significa que sus partículas son muy finas y susceptibles para suspenderse y dispersarse en el aire, formar una nube de polvo y reaccionar de forma rápida en caso de que exista una fuente de ignición.

Toda esta información la podemos verificar en la tabla 19, donde se verifica el cumplimiento de los criterios establecidos por la norma según las propiedades presentadas por la materia prima.

**Tabla 19.**

*Verificación técnica conforme a la UNE-EN 1127-1 para la canela.*

<b>Criterio</b>	<b>Parámetro del producto</b>	<b>Evidencia técnica</b>	<b>Cumple la norma</b>
Sustancia combustible	Material vegetal 100 %	Rizoma vegetal	Si
Sustancia finamente dividida	Polvo fino	Granulación USS#50	Si
Baja humedad	$\leq 10\%$	Especificación técnica	Si
Baja actividad de agua	$A_w \leq 0.65$	Especificación técnica	Si
Capacidad de dispersión	Polvo suelto	Especificación técnica	Si

*Nota.* Verificación de las propiedades físicas y químicas de la canela.

En segunda instancia, al analizar las propiedades físicas que tiene la cebolla en polvo podemos afirmar, que es de origen vegetal y se encuentra compuesto principalmente por materia orgánica, lo que indica la presencia de carbono como elemento combustible en su

composición química y es susceptible a la oxidación rápida en presencia del oxígeno. De acuerdo a lo establecido en la norma en mención, estas características físicas y químicas permiten clasificar al polvo de la cebolla como un material con potencial para formar atmósferas explosivas bajo las condiciones de dispersión de aire frente una fuente de ignición.

Adicional, el producto se encuentra en estado sólido pulverulento con características de polvo fino. En cuanto a la granulometría, se evidencia que hasta el 50% de la materia prima tiene un tamaño  $\leq 150 \mu\text{m}$ , valor que es significativamente menor al umbral de  $250 \mu\text{m}$  lo cual se lo considera crítico para la formación de nubes de polvo. El contenido de humedad es menor al 6%, lo que demuestra que es un producto seco y favorece la combustibilidad del material.

**Tabla 20.**

*Verificación técnica conforme a la UNE-EN 1127-1 para la cebolla.*

<b>Criterio</b>	<b>Parámetro del producto</b>	<b>Evidencia técnica</b>	<b>Cumple la norma</b>
Sustancia combustible	Material vegetal 98 % + Carbono	Rizoma vegetal	Si
Sustancia finamente dividida	Polvo fino	Granulación USS#50	Si
Baja humedad	$\leq 6\%$	Especificación técnica	Si
Baja actividad de agua	$A_w \leq 0.65$	Especificación técnica	Si
Capacidad de dispersión	Polvo suelto	Especificación técnica	Si

*Nota.* Verificación de las propiedades físicas y químicas de la cebolla en polvo.

Finalmente, al analizar las propiedades físicas del ajo granulado, se puede manifestar que es un producto de origen orgánico. Esta característica lo hace susceptible a procesos de oxidación rápida en presencia de oxígeno. De acuerdo con lo establecido en la Norma UNE-EN 1127-1, los materiales orgánicos finamente divididos tienen la capacidad de formar

atmósferas explosivas cuando se encuentran suspendidos en el aire; bajo este criterio, es posible deducir que el ajo granulado presenta condiciones compatibles con polvo combustible.

En sí, el producto se encuentra en estado sólido particulado, con un tamaño que va desde los 250  $\mu\text{m}$  hasta los 420  $\mu\text{m}$ ; en otras palabras, tiene una medida de 40–60 mesh, correspondiendo a un material seco y granulado fino. Si bien su granulometría es ligeramente mayor que la de otros polvos analizados, es necesario considerar que durante el proceso de envasado, junto con la fricción existente, puede generarse polvo secundario susceptible de permanecer suspendido en el aire. La baja humedad favorece la inflamabilidad del material al reducir la energía necesaria para su ignición y facilitar la propagación de la combustión.

En consecuencia, considerando su naturaleza orgánica, condición deshidratada y la capacidad de generar partículas suspendidas durante el proceso de producción, el ajo granulado se clasifica como un material con potencial para formar atmósferas explosivas por polvo combustible. Todas las características mencionadas anteriormente se pueden visualizar en la siguiente tabla, donde se demuestra que cumple con los criterios establecidos en la norma.

**Tabla 21.**

*Verificación técnica conforme a la UNE-EN 1127-1 para el ajo.*

<b>Criterio</b>	<b>Parámetro del producto</b>	<b>Evidencia técnica</b>	<b>Cumple la norma</b>
Sustancia combustible	Material vegetal 100%	Deshidratado vegetal	Si
Sustancia finamente dividida	Tamaño 40-60 mesh	Granulación USS#40-60	Si
Baja humedad	$\leq 10\%$	Especificación <7	Si
Baja actividad de agua	Producto deshidratado	Especificación técnica	Si

Capacidad de dispersión	Granulado seco	Especificación técnica	Si
-------------------------	----------------	------------------------	----

*Nota.* Verificación de las propiedades físicas y químicas del ajo granulado.

El análisis comparativo evidencia que los tres productos evaluados comparten características físicas y químicas compatibles con la definición de polvo combustible establecida en la Norma UNE-EN 1127-1. En los tres casos se trata de materiales orgánicos de origen vegetal, deshidratados y aptos para dispersarse durante su manipulación en el ambiente.

Aunque el ajo tiene una granulometría ligeramente mayor (40–60 mesh) en comparación con las otras materias primas, es decir, sigue siendo un material seco que puede generar polvo fino secundario durante el proceso de envasado. Además, es necesario considerar que el bajo contenido de humedad en los tres productos estudiados aumenta su facilidad de ignición, puesto que reduce la energía mínima para que esto pueda suscitarse.

En sí, los tres condimentos pueden clasificarse como materiales con potencial de formar atmósferas explosivas por polvo combustible bajo condiciones de dispersión y presencia de fuentes de ignición.

**Tabla 22.**

*Propiedades físicas y químicas de las materias primas en estudio.*

	Canela en polvo	Cebolla en polvo	Ajo granulado
<b>Criterio</b>			

Origen	Vegetal deshidratado y molido	Vegetal deshidratado en polvo	Bulbos deshidratados
Estado físico	Polvo fino	Polvo fino	Granulado fino
Granulometría	> 50% < 250µm	Hasta 50% < 150 µm	250 a 420 µm
Humedad máxima	≤ 4 %	≤ 6 %	≤ 7 %
Actividad de agua (aw)	Deshidratado	Baja	Deshidratado
Composición	Materia orgánica	≥ 98% orgánica	Materia orgánica
Forma de manipulación	Dosificación y envasado	Dosificación y envasado	Dosificación y envasado
Potencial de dispersión	Alto (polvo fino)	Alto (polvo fino)	Medio

*Nota.* Resumen de las propiedades físicas de la canela, cebolla y ajo obtenidas de las fichas técnicas de la empresa.

En resumen, el análisis de las fichas técnicas de los tres condimentos que para la empresa tienen una alta rotación en ventas y por ende en producción corresponde a materias primas que son de origen vegetal deshidratado con un bajo porcentaje de humedad y presencia de material orgánico combustible. La canela y la cebolla presentan una granulometría fina que favorece la suspensión de partículas en el aire, mientras que el ajo al ser un producto que en su ficha técnica se encuentra caracterizado como granulado posee una granulometría ligeramente mayor en comparación a los otros dos elementos.

Estas características físicas son consistentes con los criterios establecidos en la norma UNE-EN 1127-1 para la formación potencial de atmósferas explosivas por polvo combustible.

#### ***4.1.2 Determinación de fuentes de liberación de polvo y puntos de ignición en el área.***

La identificación de las condiciones generadoras de polvo combustible se realizó mediante una inspección técnica directa en el área de condimentos de la empresa Terrafertil S.A. El registro de la información se efectuó previamente en una matriz estructurada, la cual

permitió identificar las condiciones generadoras de polvo combustible bajo los criterios especificados en la normativa NFPA 652 y en la Guía del INSST, durante el proceso de producción en condiciones normales de operación. Durante la evaluación, la temperatura promedio en el área se encontraba entre los 15 y 20 °C. En cuanto al funcionamiento del proceso, la línea de producción, los equipos de dosificación, las bandas transportadoras y los sistemas de sellado se encontraban operando con normalidad para cumplir con la orden de producción establecida según la planificación semanal.

Asimismo, los operarios se encontraban centrados en cumplir sus actividades habituales, las cuales consisten en la carga de materia prima, dosificación, verificación del gramaje, sellado y empaquetado del producto. Las condiciones ambientales y de ventilación correspondían a las propias del funcionamiento regular del área, sin presentarse eventos de mantenimiento, limpiezas extraordinarias o paradas de emergencia que pudieran alterar el desarrollo del proceso productivo.

La evaluación se llevó a cabo durante todo el proceso de envasado de las tres materias primas analizadas, específicamente entre el 5 y 6 de marzo de 2026. En este período se consideraron aspectos como el orden y la limpieza del área, la verificación y preparación de la materia prima, el desarrollo de la producción, las condiciones de ventilación, el estado y calibración de los equipos, así como la posible presencia de fuentes de ignición.

La información obtenida se registró en una matriz de inspección técnica estructurada, elaborada con base en los lineamientos establecidos en la norma NFPA 652 (Norma sobre los fundamentos del polvo combustible) y en las Notas Técnicas de Prevención del INSST relacionadas con atmósferas explosivas por polvo combustible. En particular, la matriz se diseñó considerando criterios como la identificación de fuentes de generación y acumulación de polvo, evaluación de superficies donde puede depositarse, condiciones de dispersión en

el aire, presencia de fuentes de ignición (térmicas, eléctricas y mecánicas), así como la frecuencia de limpieza y mantenimiento. Asimismo, se incorporaron criterios de evaluación del riesgo fundados en la probabilidad de que se constituyan nubes de polvo combustible y en las consecuencias que estas podrían generar, en línea con los enfoques de análisis de peligros establecidos por la normativa correspondiente.

Con base a este sustento y de acuerdo a la inspección realizada y en el registro de la información dentro de la matriz de evaluación técnica, se procedió a estudiar las condiciones presentes en el área de condimentos que pueden beneficiar a la formación y dispersión de polvo combustible durante el proceso productivo. Los resultados obtenidos permiten identificar los puntos críticos del proceso, las condiciones operativas del área y la posible presencia de fuentes de ignición asociadas al manejo de materiales pulverulentos. A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la matriz de evaluación, los cuales se muestran mediante las siguientes figuras, donde se detallan los criterios analizados y las condiciones observadas durante la inspección técnica del área.

De acuerdo con los resultados obtenidos y con los criterios analizados, en el apartado denominado Generación de polvo (nube suspendida) se evaluaron cuatro parámetros. El primero estuvo orientado a identificar el proceso en el cual se genera mayor levantamiento de polvo. Según los resultados registrados en la matriz, se determinó que la mayor presencia de polvo combustible se produce durante el cargado y descargado de la materia prima en la tolva, motivo por el cual se le asignó un valor de 3, correspondiente a un nivel de riesgo alto dentro de la escala de valoración establecida.

Es necesario enmarcar que dentro de todo el proceso también hay actividades que generan polvo en suspensión. Entre ellas se considera el mezclado de la materia prima antes de cargar a la tolva y mientras se encuentra en ella, el envasado y las labores de limpieza en

seco por medio del uso del aire comprimido. Aunque estas operaciones producen una cantidad mínima de polvo en comparación con la carga de materia prima en la tolva, es importante considerarla, puesto que forman parte del proceso y contribuye a la creación de nubes de polvo combustible en el área de producción.

El siguiente criterio evaluado corresponde a la verificación de la formación de una nube visible de polvo en el área. Para este análisis se consideraron tres niveles de referencia: nube leve, moderada y densa. De acuerdo con los resultados obtenidos, se evidenció la formación de una nube densa, situación que pudo observarse durante el proceso de producción de canela en frascos, por lo que se asignó una puntuación de tres, equivalente a un nivel de riesgo alto dentro de la matriz de evaluación.

Se consideró también el tiempo que permanece el polvo suspendido en el ambiente y los resultados demuestran que las partículas se conservan en el aire entre 3 y 120 segundos, lo que, de acuerdo con el nivel de apreciación aplicada, se clasifica a un nivel de criticidad dos.

La forma como el polvo se dispersa dentro del área también es un factor que lo tiene que evaluar y esto se lo hace con el fin de establecer si tiende a enfocarse en un solo punto o si se esparce por toda el área de trabajo. Los resultados mostraron que la dispersión ocurre a lo largo de todo el espacio de condimentos, razón por la cual este parámetro obtuvo una calificación de tres, correspondiente a un nivel de riesgo alto. Estos resultados pueden evidenciarse en la siguiente figura, donde se presentan los valores obtenidos a partir de la aplicación de la matriz de evaluación para el primer criterio de evaluación.

La forma como el polvo se dispersa dentro del área también es un factor que lo tiene que evaluar y esto se lo hace con el fin de establecer si tiende a enfocarse en un solo punto o si

se esparce por toda el área de trabajo. Los resultados mostraron que la dispersión ocurre a lo largo de todo el espacio de condimentos, razón por la cual este parámetro obtuvo una calificación de tres, correspondiente a un nivel de riesgo alto. Estos resultados pueden evidenciarse en la siguiente figura, donde se presentan los valores obtenidos a partir de la aplicación de la matriz de evaluación para el primer criterio de evaluación.

**Figura 13.**

*Campo evaluado - Generación de polvo combustible (Nube suspendida).*



*Nota.* Los criterios con calificación de 3 tienen un riesgo alto para formar una nube de polvo.

El siguiente campo evaluado está direccionado a la acumulación de polvo existente en el área. Dentro de este criterio se analizaron las siguientes condiciones: superficies horizontales, motores y tableros eléctricos, vigas o estructuras superiores, luminarias, parte superior de la maquinaria y el piso.

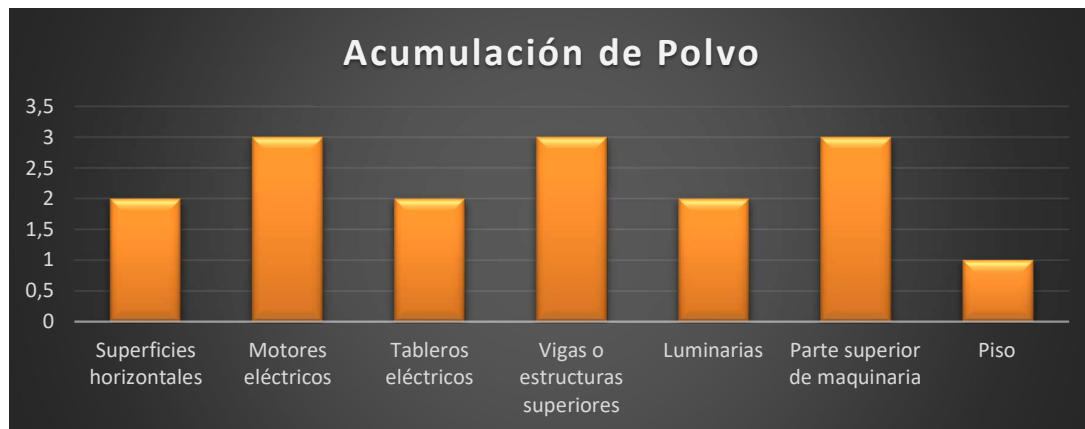
De estos aspectos evaluados, tres condiciones obtuvieron una calificación de tres, lo que las ubica dentro de un nivel de riesgo alto en relación con la posible formación de atmósferas explosivas por polvo combustible. Asimismo, otras tres condiciones recibieron

una calificación de dos, lo que corresponde a un nivel de riesgo medio dentro del análisis realizado.

Finalmente, la condición relacionada con la acumulación de polvo en el piso obtuvo una calificación de uno, debido a que la materia prima ya se encuentra depositada en esta superficie. No obstante, para el caso de las atmósferas explosivas, esta condición continúa siendo un factor que debe considerarse dentro del análisis, ya que puede contribuir a la generación de polvo suspendido cuando existe movimiento de personal, equipos o corrientes de aire dentro del área de trabajo.

**Figura 14.**

*Acumulación de polvo.*



*Nota.* La acumulación de polvo lo podemos encontrar en mayor riesgo en los motores eléctricos, vigas o estructura y en la parte superior de la maquinaria.

Ahora dentro de este punto también es necesario complementar la evaluación del área de condimentos con la identificación de equipos y procesos que pueden actuar como una posible fuente de ignición durante el desarrollo de la producción. Este análisis se lo ejecutó considerando los criterios establecidos en la NFPA 652 (Norma sobre los fundamentos del polvo combustible) y las guías técnicas relacionadas con el tema.

En la siguiente tabla, se presentan las principales fuentes de ignición que se han identificado ya sean por su tipo de fuente eléctrica, térmica, mecánica o electroestática, así como también su clasificación según su tipo de fuente de ignición, la condición presente en el área y el posible mecanismo mediante el cual podrían iniciar un proceso de combustión en presencia del polvo suspendido.

**Tabla 23.**

*Identificación de posibles fuentes de ignición en el área de condimentos.*

<b>Fuente ignición</b>	<b>Tipo de fuente</b>	<b>Equipo / condición</b>	<b>Mecanismo Ignición</b>
Motores eléctricos	Eléctrica / térmica	Motores de bandas y equipos de dosificación.	Generación de calor en el motor, fricción interna o falla eléctrica.
Tableros eléctricos	Eléctrica	Tablero de control y distribución eléctrica.	Chispas eléctricas, sobrecarga o cortocircuito.
Selladora por inducción	Térmica	Equipo de sellado por inducción para las tapas de los envases.	Generación de calor durante el proceso de sellado.
Termo túnel de sellado	Térmica	Equipo que utiliza aire caliente para sellar las fajillas de los envases.	Superficies calientes y aire a alta temperatura.
Fricción mecánica	Mecánica	Movimiento continuo de bandas transportadoras y partes móviles.	Generación de calor por fricción entre componentes.
Electricidad estática	Electroestática	Manipulación de envases plásticos, polvos y materiales secos.	Descarga electroestática generada por fricción o movimiento de partículas.

Acumulación de polvo sobre equipos.	Térmica	Presencia de polvos sobre motores, luminarias o maquinaria.	Calentamiento de superficies cubiertas de polvo combustible.
-------------------------------------	---------	---	--

*Nota.* Posibles fuentes de ignición que al combinarse con el polvo combustible puede desencadenar cierta explosión.

Estas fuentes de ignición también fueron valoradas dentro de la matriz, obteniendo como resultado que las condiciones más críticas se encuentran focalizadas en el motor y tableros eléctricos, las superficies calientes y las bandas transportadoras, dado que su calificación según el nivel de riesgo fue de tres. Estos resultados se los puede evidenciar en la figura adjunta.

**Figura 15.**

*Fuentes de ignición en el área.*

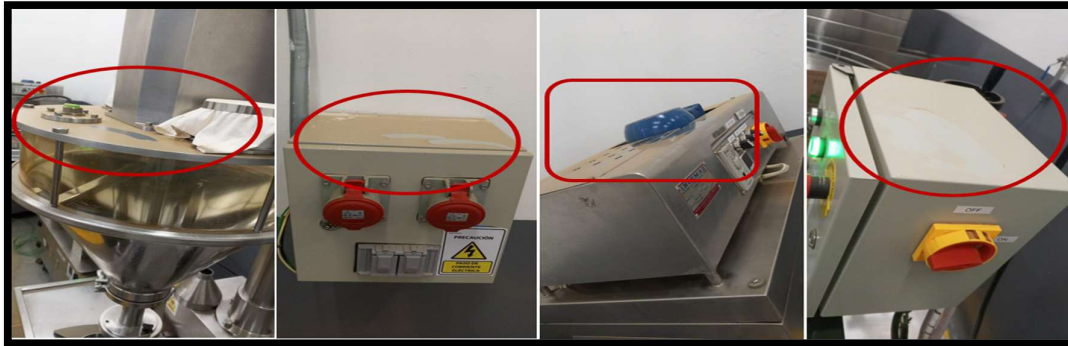


*Nota.* Los motores y tableros eléctricos, superficies calientes y bandas transportadores son el principal riesgo crítico como fuente de ignición en el área.

En la siguiente figura, se puede evidenciar como el polvo se acumula en los tableros eléctricos y en la parte superior de la maquinaria.

**Figura 16.**

*Acumulación de polvo en los equipos eléctricos y maquinaria de dosificación.*



*Nota.* La acumulación de polvo en equipos eléctricos y maquinaria es muy evidente a simple vista.

Este polvo acumulado sucede con los tres tipos de materias primas que se está trabajando y es una muestra más de que las tres producciones con productos diferentes si causan el riesgo de formar una zona con atmósferas explosivas.

El siguiente campo analizado, de acuerdo con la matriz aplicada, corresponde a la ventilación existente en el área. Este aspecto fue evaluado considerando cuatro condiciones relacionadas con los mecanismos de ventilación presentes en la zona de producción.

En primer lugar, se evaluó la ventilación natural del área, evidenciándose una ligera circulación de aire que ingresa principalmente por la puerta de acceso. No obstante, este flujo no es suficiente para dispersar de forma eficiente el polvo combustible que se genera durante el proceso productivo.

Existen dos extractores dentro del área de condimentos los mismos que, contribuyen a la ventilación y a la transformación del aire, es decir, se extrae todo el aire contaminado. No obstante, y mediante la inspección realizada en la zona, se piensa que la capacidad de

extracción podría mejorar con la disposición de un tercer equipo en la misma pared donde se encuentran los otros y esto permitiría optimizar la dispersión del polvo en el ambiente. Por este motivo, este criterio recibe una calificación de dos, manifestando que el nivel de riesgo es medio, puesto que, aunque el sistema actual funciona de manera adecuada, aún presenta margen de mejora.

Finalmente, se identificó que sobre la tolva y la máquina dosificadora no existe un sistema de extracción localizado, lo cual representa una condición importante a considerar, ya que estas zonas corresponden a los puntos donde se genera mayor levantamiento de polvo durante el proceso de producción. Estos resultados mencionados anteriormente se los visualiza en la siguiente figura.

**Figura 17.**

*Ventilación en el área de condimentos.*



*Nota.* La ventilación que existe en el área es originada por los dos extractores existentes. La ventilación natural no es suficiente para este proceso.

Finalmente, se analizaron las condiciones de orden y limpieza existentes en la zona de producción. Para ello, se evaluaron diferentes aspectos relacionados con las prácticas de limpieza implementadas en el área, tales como la frecuencia de limpieza diaria y semanal,

el uso de aire comprimido, el alcance de la limpieza hacia vigas y superficies horizontales, la disponibilidad de aspiradoras industriales y la realización de barrido en seco.

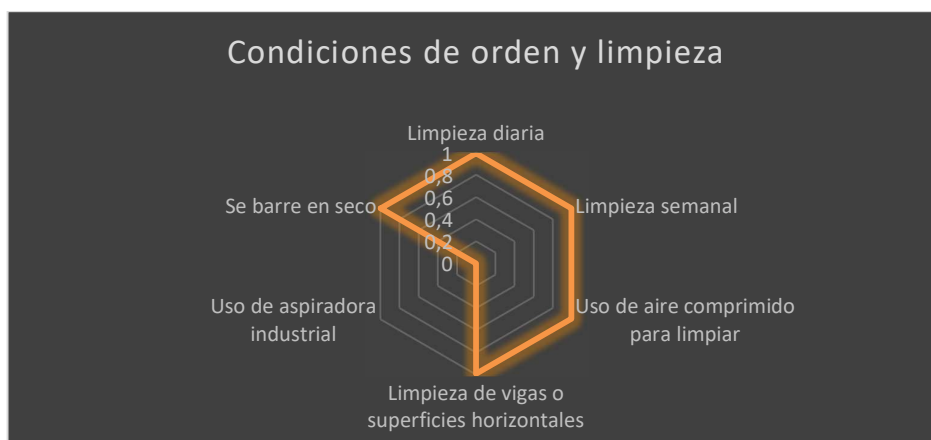
De los ítems evaluados, se identificó que el uso de aspiradoras industriales no se aplica, debido a que actualmente este equipo no se encuentra disponible en el área de producción. En contraste, las demás actividades de limpieza sí se encuentran programadas y se ejecutan de manera regular. Es decir, al finalizar cada proceso de producción se realiza la limpieza del área, así como también durante los cambios de turno.

Adicionalmente, cada dos semanas se lleva a cabo una limpieza general del área, en la cual se incluyen actividades de limpieza en paredes, techos, equipos, maquinaria y utensilios utilizados durante el proceso productivo. Estas acciones permiten mantener condiciones adecuadas de orden y limpieza dentro del área de condimentos, aunque todavía existen oportunidades de mejora relacionadas con la implementación de equipos de aspiración industrial para el control del polvo combustible.

Los resultados a este apartado podemos evidenciarlos en la siguiente figura radial donde se evidencia que no se aplica una aspiradora industrial.

**Figura 18.**

*Condiciones de orden y limpieza.*



*Nota.* Las condiciones de limpieza presenten en el área de condimentos.

En términos generales, los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la matriz de evaluación permitieron identificar las principales condiciones presentes en el área de condimentos que pueden favorecer la generación y acumulación de polvo combustible durante el proceso productivo. El análisis realizado consideró aspectos relacionados con la generación de polvo, su dispersión y acumulación, las condiciones de ventilación del área, la presencia de posibles fuentes de ignición y las prácticas de orden y limpieza implementadas durante la producción. A partir de esta evaluación fue posible reconocer los puntos críticos del proceso y las condiciones operativas que podrían contribuir a la formación de atmósferas explosivas por polvo combustible. Estos resultados constituyen la base para el análisis posterior del nivel de riesgo y la determinación de medidas preventivas orientadas a reducir la probabilidad de ocurrencia de eventos explosivos dentro del área de estudio.

La validez de la matriz se fundamenta en la norma NFPA 652, desarrollada por la National Fire Protection Association (NFPA), mediante procesos de consenso técnico y validación internacional, lo que garantiza su confiabilidad en contextos industriales. Además, su uso en estudios sobre riesgos por polvo combustible respalda su aplicación como base para la identificación de atmósferas explosivas y la estructuración de la matriz de inspección utilizada.

## **4.2 Clasificar en zonas ATEX y valorar el nivel de riesgo según el Real Decreto 681.**

### ***4.2.1 Medir la concentración de material particulado en el área de condimentos.***

El material particulado generado durante la manipulación de las materias primas de canela y cebolla en polvo, así como ajo granulado, corresponde a productos de origen

orgánico, condición que ya fue validada en la caracterización de las materias primas presentada en el apartado 4.1. Al tratarse de materiales particulados, el tamaño de sus partículas constituye un factor importante dentro del análisis. De acuerdo con las especificaciones establecidas en las fichas técnicas de los productos evaluados, las tres materias primas presentan partículas con un tamaño inferior a 150  $\mu\text{m}$ , característica que favorece su dispersión en el aire cuando se realizan operaciones de carga y descarga de la materia prima en la tolva.

Ahora bien, si se analiza lo establecido en la norma NFPA 654 (Norma para la prevención de incendios y explosiones de polvo en procesos de fabricación, procesamiento y manejo de sólidos combustibles particulados), la presencia de polvo combustible en suspensión durante el proceso de fabricación de condimentos constituye un factor clave para determinar si un área presenta riesgo de explosión por polvo. En este contexto, y con el fin de dar cumplimiento a la primera actividad relacionada con el objetivo específico número 2, se realizaron mediciones in situ mediante el uso de un equipo portátil de monitoreo ambiental denominado Particle Counter PCE-MPC 10. Este equipo nos permitió registrar y clasificar la presencia de partículas de polvo suspendidas en el ambiente, lo que facilita evaluar el comportamiento del material particulado generado durante las operaciones de producción dentro del área de condimentos.

Las mediciones se llevaron a cabo bajo condiciones normales de operación. Durante el monitoreo, la temperatura del área se mantuvo en un rango de entre 15 y 20  $^{\circ}\text{C}$ , con una presión atmosférica cercana a 1 atm. De igual manera, debido a la ubicación de la empresa, el área de estudio se encuentra a una altitud de 2877 m s. n. m., con una humedad relativa promedio del 75 %, condiciones que favorecen el desarrollo de las actividades de producción y envasado de condimentos.

Además, se enfocaron principalmente en los procesos donde se identificó una mayor generación de polvo, los cuales fueron determinados previamente mediante observación directa durante el desarrollo de las actividades productivas. Estos puntos fueron posteriormente verificados mediante las mediciones realizadas con el equipo mencionado, con el fin de registrar la presencia de material particulado suspendido en el ambiente del área de condimentos.

En las siguientes tablas se presentan los resultados de las mediciones realizadas, para cada materia prima se recopiló un total de 30 mediciones en los diferentes procesos con el fin que se pueda identificar los valores por medio del equipo y diferenciar los picos más elevados de material particulado detectados durante el monitoreo. Estos resultados permiten evidenciar la presencia de concentraciones significativas de polvo en determinadas etapas del proceso productivo, lo que resalta la importancia de implementar un sistema de extracción localizada que contribuya a reducir los niveles de polvo combustible presentes en el área de trabajo.

En primera instancia, se realizó la toma de mediciones del material particulado durante el proceso de envasado de canela en polvo, correspondiente al tercer turno de producción, el cual se desarrolló desde las 17h00 hasta las 22h00, horario en el que finaliza dicho turno. Durante este período fue posible evidenciar que las mediciones obtenidas varían en función del proceso que se esté realizando, así como también de la zona específica dentro del área de producción donde se efectúa la medición.

**Tabla 24.**

*Resultados de las mediciones indicativas de la canela en polvo en suspensión.*

No.	Producto	Hora	PM 2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Observación / Proceso
1	Canela	17:10:00	103	111	Envasado
2	Canela	17:20:00	69	74	Tapado
3	Canela	17:30:00	45	52	Pesado
4	Canela	17:40:00	94	107	Sopleteado
5	Canela	17:50:00	82	87	Sopleteado
6	Canela	18:00:00	208	228	Carga MP
7	Canela	18:10:00	295	325	Mezclado MP
8	Canela	18:20:00	133	152	Mezclado MP
9	Canela	18:30:00	55	62	Z puerta
10	Canela	18:40:00	84	90	Limpieza
11	Canela	18:50:00	25	28	Sellado
12	Canela	19:00:00	18	20	Paletizado
13	Canela	19:10:00	34	37	Banda Transportadora
14	Canela	19:20:00	113	128	Envasado
15	Canela	19:30:00	70	76	Tapado
16	Canela	19:40:00	90	102	Envasado
17	Canela	19:50:00	22	25	Z extractores
18	Canela	20:00:00	70	75	Tapado
19	Canela	20:10:00	121	134	Mezclado MP
20	Canela	20:20:00	24	27	Z puerta
21	Canela	20:30:00	210	232	Carga MP
22	Canela	20:40:00	280	298	Mezclado MP
23	Canela	20:50:00	150	142	Mezclado MP
24	Canela	21:00:00	49	55	Dosificado
25	Canela	21:10:00	83	92	Sopleteado
26	Canela	21:20:00	100	109	Sopleteado
27	Canela	21:30:00	22	25	Z extractores
28	Canela	21:40:00	19	24	Paletizado
29	Canela	21:50:00	87	93	Limpieza
30	Canela	22:00:00	290	320	Limpieza

*Nota.* Medidas registradas durante el proceso de producción de canela en polvo durante el turno 3.

Al analizar los datos registrados por el equipo y presentados en la tabla anterior, se puede confirmar la presencia de material particulado en el área de producción. A simple vista, los resultados evidencian que existe una mayor concentración de polvo durante

determinadas etapas del proceso productivo tanto para PM10 como para PM2.5. En particular, se identificaron valores más elevados durante las operaciones de envasado, carga de materia prima hacia la tolva, mezclado de la materia prima y en las actividades de limpieza del área. A partir de estos resultados, se procede a analizar con mayor detalle cada uno de estos procesos con el fin de identificar las condiciones que favorecen la generación y dispersión de polvo combustible en el área de condimentos.

Si se analizan los datos presentados de manera más resumida, es posible agruparlos en función del proceso evaluado y obtener un valor promedio para cada uno de ellos. De esta manera, como se puede observar en la siguiente tabla, se confirma que los primeros cuatro procesos presentan una concentración de polvo más elevada en comparación con los demás.

Por otro lado, desde el quinto hasta el noveno proceso, se evidencia que la concentración de material particulado se mantiene en un nivel moderado, lo que permite identificar diferencias en la generación de polvo según la etapa del proceso productivo analizado.

**Tabla 25.**

*Promedio del material particulado (Canela en polvo) en base a su proceso.*

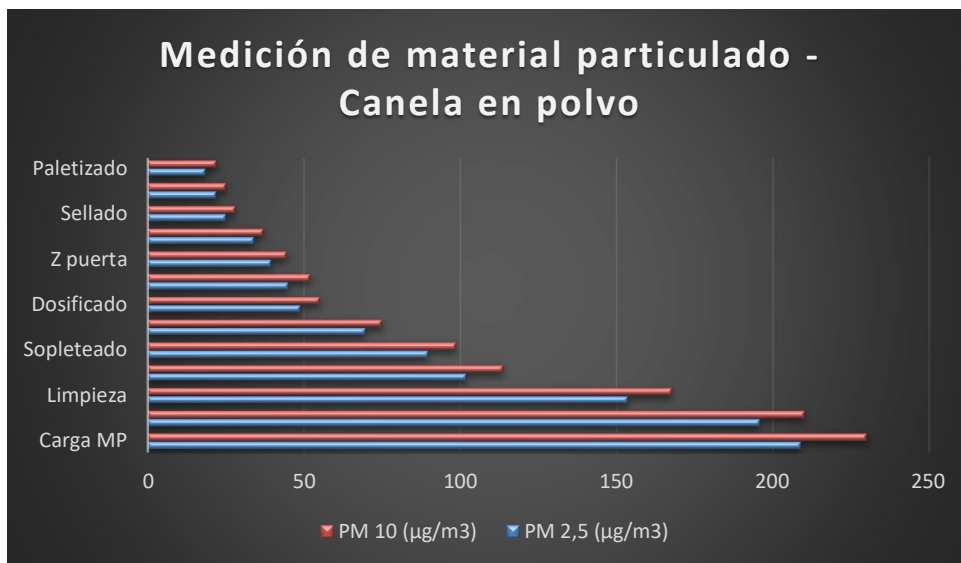
No.	Proceso	PM 2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1	Carga MP	209	230
2	Mezclado MP	196	210
3	Limpieza	154	168
4	Envasado	102	114
5	Sopleteado	90	99
6	Tapado	70	75
7	Dosificado	49	55
8	Pesado	45	52
9	Z puerta	40	45
10	Banda Transportadora	34	37

11 Sellado	25	28
12 Z extractores	22	25
13 Paletizado	19	22

*Nota.* Los primeros procesos demuestran el proceso donde está la mayor concentración de polvo.

**Figura 19.**

*Medición de material particulado - Canela en polvo.*



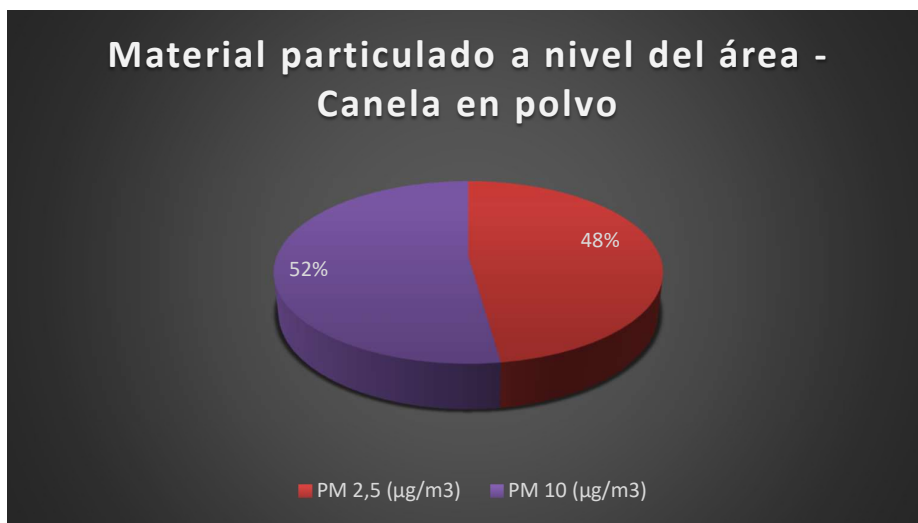
*Nota.* Mayor concentración de polvo durante el mezclado de la materia prima.

Asimismo, es posible analizar los resultados obtenidos considerando el comportamiento del material particulado en toda el área de forma analítica, es decir, de manera matemática para complementar con lo obtenido. Para ello, se calculó el promedio general de todas las mediciones realizadas, lo que permitió obtener una visión global de la concentración de partículas presentes durante el proceso productivo. Como resultado, se determinó que para las partículas PM2.5 se registra un valor promedio de 102 µg/m³ referente al 48%, mientras que para las partículas PM10 se obtuvo un promedio de 111 µg/m³ relativo al 52% dándonos como sumatoria el 100% de materia particulado a nivel del área.

Al graficar estos valores en términos porcentuales, es posible visualizar con mayor claridad la distribución de las partículas en el ambiente del área de condimentos, lo cual se presenta en la siguiente figura.

**Figura 20.**

*Material particulado a nivel del área - Canela en polvo.*



*Nota.* El 52% corresponde a partículas PM10 y el 48% a PM2.5

En segunda instancia, se registraron las mediciones correspondientes a la cebolla en polvo durante los turnos dos y tres, en un horario comprendido entre las 7h00 y las 17h00. Durante este período se pudo evidenciar que las mediciones obtenidas varían en función del proceso que se esté realizando. Para este producto, el proceso de envasado ya no se realiza en frascos, sino en fundas, lo que implica una dinámica diferente dentro de la línea de producción. En lugar de la colocación de tapas, el producto pasa por una máquina de sellado, la cual genera calor y cuenta con un motor en funcionamiento constante y una banda transportadora, factores que también influyen en las condiciones del área durante el proceso productivo.

Como ya se verificó en los resultados correspondientes a la canela, en el caso de la cebolla en polvo también se identifican procesos en los que se genera una mayor dispersión de polvo. Según los resultados, las concentraciones más altas de material particulado se lo evidencian en mayor volumen durante la carga y descarga de la materia prima en la tolva, así como en las labores de limpieza del área.

Durante las labores de limpieza existen concentraciones más elevadas de material particulado, debido a que durante el procedimiento se emplea aire comprimido, lo que hace que el polvo acumulado se disperse nuevamente en el entorno y forme una nube más densa en el ambiente. Esta situación se puede evidenciar en las tablas presentadas a continuación, donde se detallan las mediciones obtenidas durante el proceso.

**Tabla 26.**

*Resultados de las mediciones indicativas de la cebolla en polvo en suspensión.*

No.	Producto	Hora	PM 2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	observación / Proceso
1	Cebolla	7:00:00	79	83	Mezclado MP
2	Cebolla	7:20:00	156	172	Carga MP
3	Cebolla	7:40:00	52	57	Dosificado
4	Cebolla	8:00:00	22	25	Z extractores
5	Cebolla	8:20:00	18	20	Z puerta
6	Cebolla	8:40:00	24	27	Sellado
7	Cebolla	9:00:00	28	35	Limpieza fundas
8	Cebolla	9:20:00	31	36	Paletizado
9	Cebolla	9:40:00	30	34	Sellado
10	Cebolla	10:00:00	24	27	Limpieza fundas
11	Cebolla	10:20:00	15	17	Z puerta
12	Cebolla	10:40:00	138	145	Carga MP
13	Cebolla	11:00:00	80	85	Mezclado MP
14	Cebolla	11:20:00	33	37	Sellado
15	Cebolla	11:40:00	50	56	Dosificado
16	Cebolla	12:00:00	39	48	Banda Transportadora
17	Cebolla	12:20:00	18	27	Pesado
18	Cebolla	12:40:00	255	275	Sopleteado
19	Cebolla	13:00:00	19	23	Z extractores

20	Cebolla	13:20:00	30	36	Sellado
21	Cebolla	13:40:00	22	28	Paletizado
22	Cebolla	14:00:00	70	82	Limpieza
23	Cebolla	14:20:00	49	53	Dosificado
24	Cebolla	14:40:00	33	40	Sellado
25	Cebolla	15:00:00	37	41	Limpieza fundas
26	Cebolla	15:20:00	30	35	Dosificado
27	Cebolla	15:40:00	25	28	Paletizado
28	Cebolla	16:00:00	64	73	Dosificado
29	Cebolla	16:20:00	243	264	Limpieza
30	Cebolla	16:40:00	76	78	Limpieza

*Nota.* Medidas registradas durante el proceso de producción de cebolla en polvo durante el turno 2 y 3.

Ahora estos datos podemos analizarlos de manera más resumida, es decir, se los agrupó en función del proceso evaluado y se obtuvo un valor promedio para cada uno de ellos. De tal modo que como se puede observar en la siguiente tabla, se confirma que los primeros cuatro procesos presentan una concentración de polvo más elevada en comparación con los demás y estos procesos coinciden con lo que se determinó en la canela en polvo.

**Tabla 27.**

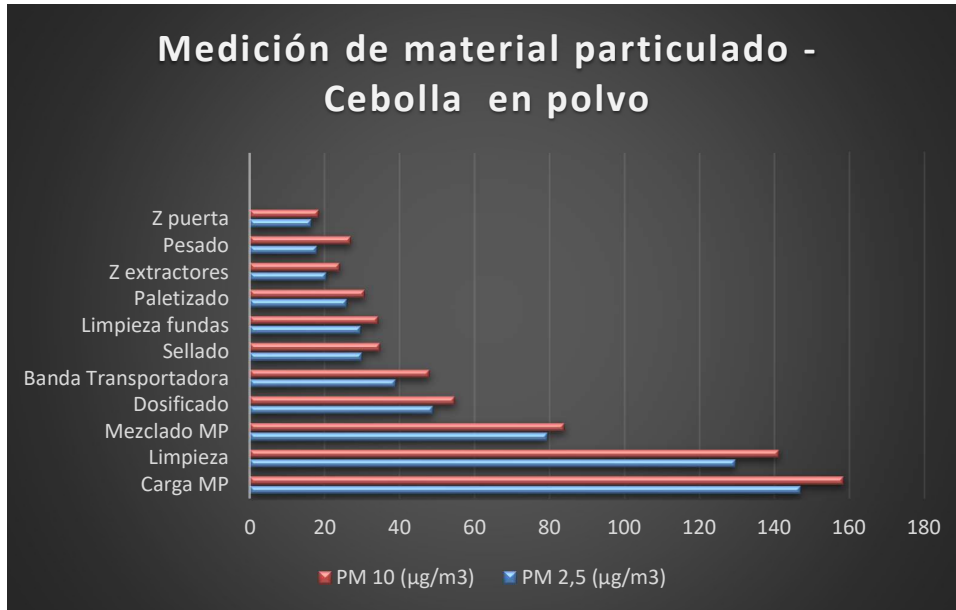
*Promedio del material particulado (cebolla en polvo) en base a su proceso.*

No.	Proceso	PM 2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1	Carga MP	147	159
2	Limpieza	130	141
3	Mezclado MP	80	84
4	Dosificado	49	55
5	Banda Transportadora	39	48
6	Sellado	30	35
7	Limpieza fundas	30	34
8	Paletizado	26	31
9	Z extractores	21	24
10	Pesado	18	27
11	Z puerta	17	19

*Nota.* Concentración de polvo por procesos.

**Figura 21.**

*Medición de material particulado - Cebolla en polvo.*



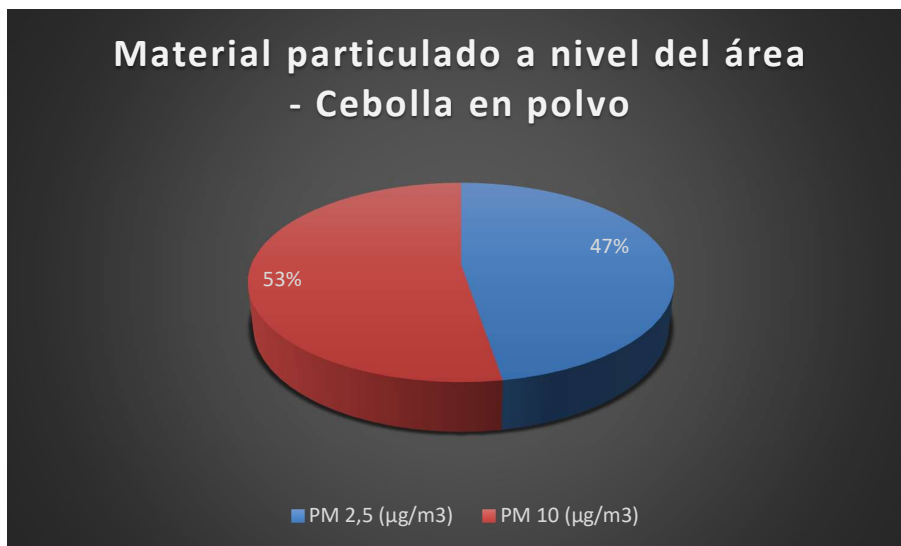
*Nota.* Mayor concentración de polvo en la limpieza y en la carga de materia prima.

Estos resultados también los podemos interpretar a nivel de toda el área. Para ello, el promedio general de todas las mediciones tomadas no permite determinar la concentración de polvo en el área. Como resultado, se determinó que para las partículas PM<sub>2.5</sub> se registra un valor promedio de 60 µg/m<sup>3</sup> referente al 47%, mientras que para las partículas PM<sub>10</sub> se obtuvo un promedio de 66 µg/m<sup>3</sup> relativo al 53% dándonos como sumatoria el 100% de materia particulado en toda la zona.

La gráfica correspondiente a estos porcentajes se la presenta a continuación.

**Figura 22.**

*Material particulado a nivel del área - Cebolla en polvo.*



*Nota.* Material particulado en PM2.5 igual al 47% y 53% pertenece PM10.

Finalmente, los datos correspondientes a la materia prima de ajo en polvo fueron recopilados durante la producción de los turnos dos y tres. Al igual que en el caso de las otras materias primas evaluadas, las mediciones se registraron considerando las diferentes etapas del proceso productivo y las distintas zonas del área de condimentos.

Como se mencionó anteriormente, y como se confirma nuevamente en estos resultados, las mayores concentraciones de polvo combustible se presentan durante los procesos de limpieza del área, carga de materia prima y mezclado del producto. Estas actividades generan una mayor dispersión de material particulado en el ambiente de trabajo.

Para una mejor comprensión de los resultados obtenidos, a continuación, se presenta la tabla general en la que se registran los datos recopilados durante las mediciones realizadas.

**Tabla 28.**

*Resultados de las mediciones indicativas del ajo en polvo en suspensión.*

No.	Producto	Hora	PM 2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	observación / Proceso
1	Ajo	6:00:00	22	25	Tapado
2	Ajo	6:20:00	30	74	Dosificado
3	Ajo	6:40:00	87	92	Sopleteado
4	Ajo	7:00:00	38	42	Dosificado
5	Ajo	7:20:00	31	34	Banda Transportadora
6	Ajo	7:40:00	12	13	Z puerta
7	Ajo	8:00:00	13	14	Z extractores
8	Ajo	8:20:00	37	40	Dosificado
9	Ajo	8:40:00	30	34	Paletizado
10	Ajo	9:00:00	109	112	Carga MP
11	Ajo	9:20:00	80	93	Mezclado MP
12	Ajo	9:40:00	44	46	Dosificado
13	Ajo	10:00:00	13	14	Z extractores
14	Ajo	10:20:00	36	40	Banda Transportadora
15	Ajo	10:40:00	27	30	Paletizado
16	Ajo	11:00:00	38	42	Envasado
17	Ajo	11:20:00	29	35	Pesado
18	Ajo	11:40:00	38	44	Sellado
19	Ajo	12:00:00	33	37	Dosificado
20	Ajo	12:20:00	15	18	Z extractores
21	Ajo	12:40:00	100	106	Carga MP
22	Ajo	13:00:00	112	108	Mezclado MP
23	Ajo	13:20:00	40	44	Envasado
24	Ajo	13:40:00	25	29	Pesado
25	Ajo	14:00:00	38	42	Dosificado
26	Ajo	14:20:00	16	17	Z extractores
27	Ajo	14:40:00	28	32	Banda Transportadora
28	Ajo	15:00:00	25	31	Tapado
29	Ajo	15:20:00	100	108	Limpieza
30	Ajo	15:40:00	129	132	Limpieza

*Nota.* Medidas registradas durante el proceso de producción de ajo en polvo durante el turno

2 y 3.

Estos resultados también pueden analizarse considerando cada etapa del proceso productivo. Este análisis permite reafirmar lo observado previamente en las otras materias primas evaluadas, donde se evidenció que las mayores concentraciones de material

particulado se presentan principalmente durante las actividades de limpieza del área y en la carga de materia prima hacia la tolva, procesos en los que se genera una mayor dispersión de polvo dentro del ambiente de trabajo.

**Tabla 29.**

*Promedio del material particulado (ajo en polvo) en base a su proceso.*

No.	Proceso	PM 2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1	Limpieza	115	120
2	Carga MP	105	109
3	Mezclado MP	96	101
4	Sopleteado	87	92
5	Envasado	39	43
6	Sellado	38	44
7	Dosificado	37	47
8	Banda Transportadora	32	35
9	Paletizado	29	32
10	Pesado	27	32
11	Tapado	24	28
12	Z extractores	14	16
13	Z puerta	12	13

*Nota.* Promedio de concentraciones de polvo por procesos.

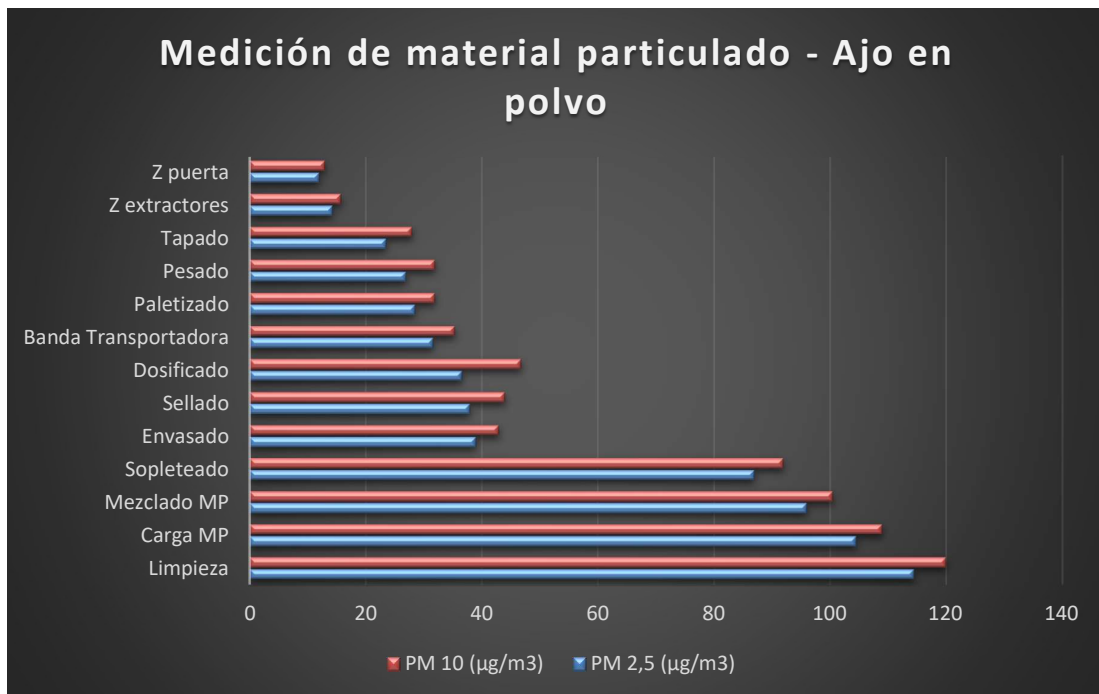
En la tabla se evidencia que la concentración de partículas varía de acuerdo con el proceso que se esté ejecutando en el área de condimentos. Los valores más relevantes se registran durante las tareas de limpieza, la carga de materia prima y el mezclado, en donde las concentraciones de PM 2,5 se encuentran entre 96 y 115  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que las partículas PM 10 tienen valores que van desde los 101 a 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Estas tareas corresponden a actividades donde existe una mayor manipulación del producto y movimiento de polvo fino, lo que facilita que las partículas se dispersen en el ambiente.

En el proceso de limpieza del área se registran las concentraciones más altas de material particulado, principalmente por el uso de métodos de limpieza en seco o con aire a presión, que hacen que el polvo acumulado vuelva a dispersarse en el ambiente. De igual manera,

durante la carga de materia prima en la tolva y en el mezclado del producto también se presentan niveles elevados, debido al contacto directo con el material pulverizado y al movimiento constante de partículas dentro del proceso.

**Figura 23.**

*Medición de material particulado - Ajo en polvo.*



*Nota.* Niveles de concentración de polvo por procesos.

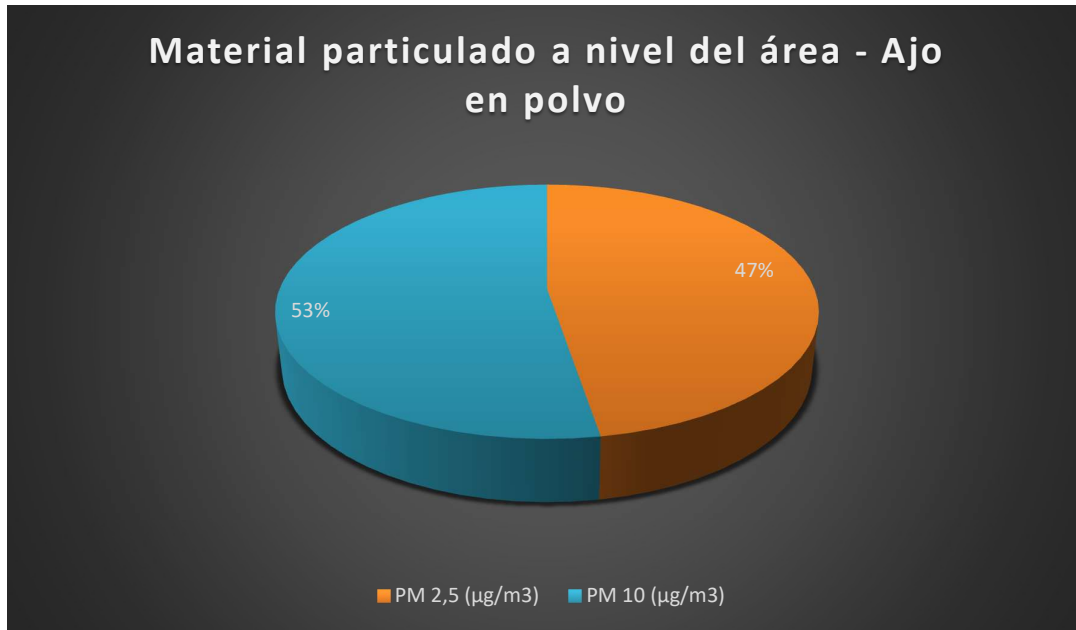
Por otro lado, los procesos asociados al envasado, sellado, dosificado y transporte en banda presentan concentraciones de material particulado moderadas, con valores de PM<sub>2.5</sub> entre 32 y 39 µg/m<sup>3</sup> y PM<sub>10</sub> entre 35 y 47 µg/m<sup>3</sup>. En estas etapas, aunque el producto continúa en manipulación, el nivel de dispersión de polvo es menor en comparación con las operaciones iniciales del proceso.

Finalmente, las zonas cercanas a los extractores y a la puerta de acceso presentan las concentraciones más bajas de material particulado, con valores de PM<sub>2.5</sub> entre 12 y 14

$\mu\text{g}/\text{m}^3$  y PM10 entre 13 y 16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo cual evidencia el efecto de la ventilación y la renovación de aire en la reducción de partículas suspendidas dentro del área de trabajo.

**Figura 24.**

*Material particulado a nivel del área - Ajo en polvo.*



*Nota.* Material particulado en PM2.5 igual al 47% y 53% pertenece PM10.

En efecto, y como se lo puede evidenciar en la figura, el área tiene un promedio de 46  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en cuanto al PM2.5 y si nos referimos al PM10 su promedio se sitúa en 51  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Estos valores hacen referencia al 47% y 53 % respectivamente.

La concentración mínima explosiva (MEC) es el valor mínimo de polvo suspendido en el aire necesario para que se produzca una deflagración. Este valor se obtiene a partir de ensayos experimentales en laboratorio, donde el polvo se dispersa en condiciones controladas y se somete a una fuente de ignición para evaluar su comportamiento. Para polvos orgánicos, estos valores suelen encontrarse entre 30 y 100  $\text{g}/\text{m}^3$ , según lo establecido en normativa técnica como la NFPA 652.

En el presente estudio, la concentración de polvo de canela registrada fue de 325  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , equivalente a 0.000325  $\text{g}/\text{m}^3$ , valor que se encuentra muy por debajo del umbral necesario para que ocurra una explosión. De igual manera, las concentraciones obtenidas para el ajo y la cebolla, al ser menores que la de la canela, también se encuentran lejos de los valores de MEC.

Sin embargo, esto no significa que el riesgo no exista, ya que en condiciones reales de trabajo pueden generarse acumulaciones de polvo y procesos de resuspensión que incrementen la concentración en el aire, lo que podría favorecer la formación de atmósferas explosivas en situaciones específicas.

#### ***4.2.2 Clasificación de zonas 20, 21 y 22 basado en la frecuencia y duración del polvo.***

##### **4.2.2.1 Análisis de procesos con riesgos ATEX.**

Por medio del análisis realizado a los procesos seguidos para la producción de condimentos, la observación directa en el área de trabajo y las mediciones recopiladas in situ, las cuales se efectuaron mediante el equipo Particle Counter PCE-MPC 10, se evidencia que el comportamiento de las tres materias primas mantiene una tendencia similar. Esto significa que la canela en polvo, la cebolla en polvo y el ajo granulado presentan una mayor concentración de partículas PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub> durante los procesos de carga de materia prima en la tolva, mezclado del producto y limpieza del área, etapas en las que existe una manipulación directa del material pulverulento. Estas actividades son las que generan una mayor cantidad de polvo en el ambiente, favoreciendo la formación de nubes de material particulado dentro del área de producción.

En el caso específico de la canela en polvo, se registran los valores más elevados, alcanzando hasta 209  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para PM<sub>2,5</sub> y 230  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para PM<sub>10</sub> durante la carga de materia

prima. Estos valores disminuyen de manera notoria en las etapas posteriores del proceso, como el envasado, dosificado y transporte por banda. Este comportamiento evidencia que las operaciones iniciales del proceso productivo son las que generan una mayor liberación de polvo en el ambiente.

Por otro lado, en las mediciones correspondientes a cebolla en polvo y ajo granulado, aunque las concentraciones son menores en comparación con la canela, se mantiene el mismo patrón de generación de polvo. Es decir, los valores más altos se presentan en la carga de materia prima, el mezclado y las actividades de limpieza, lo que permite identificar que estos procesos constituyen los puntos más críticos dentro del área. Esto se debe a que combinan una alta generación de polvo con condiciones que favorecen su dispersión en el aire, mientras que los demás procesos presentan concentraciones moderadas de material particulado. Esto indica que, aunque el polvo continúa presente durante estas etapas, su dispersión en el ambiente es menor.

Finalmente, también se puede observar que las zonas cercanas a los extractores mecánicos y a la puerta de acceso del área presentan las concentraciones más bajas de material particulado. Este comportamiento evidencia la influencia de la ventilación en la reducción de partículas suspendidas en el ambiente. Asimismo, confirma la importancia de contar con sistemas adecuados de ventilación y extracción localizada en los puntos del proceso donde se genera una mayor liberación de polvo combustible.

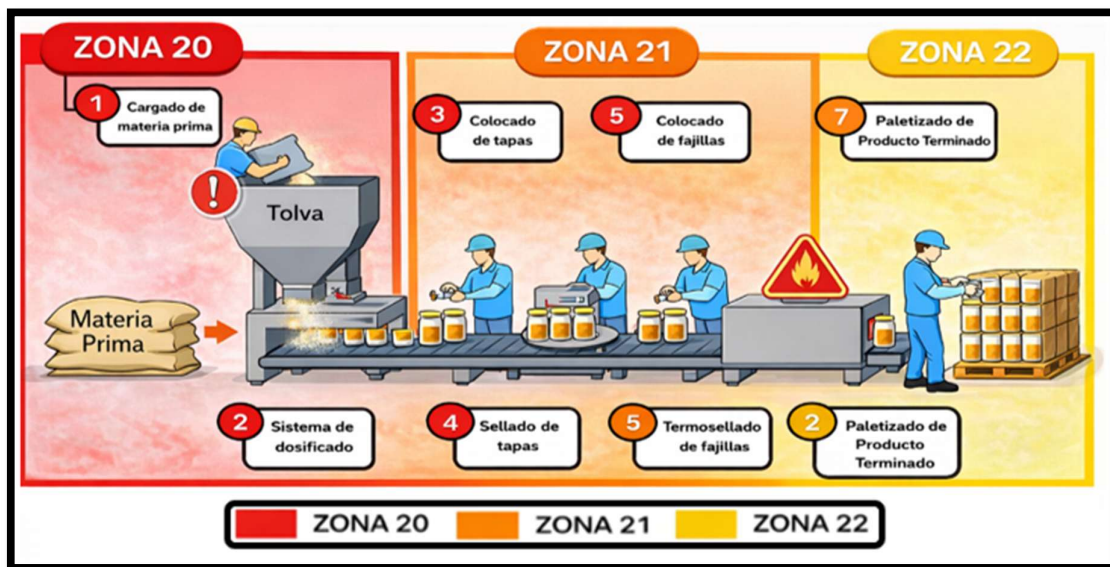
#### **4.2.2.2 Clasificación técnica ATEX de los procesos con riesgo de polvo combustible**

Mediante los datos recopilados y el análisis desarrollado en el apartado anterior, el cual permitió cuantificar la concentración de partículas y verificar la formación de nubes de polvo en puntos críticos del área, se procede a realizar la clasificación de las zonas con

presencia de polvo combustible. Para ello, se toman como referencia los criterios establecidos en la normativa técnica UNE-EN 1127-1, la cual define las condiciones bajo las cuales pueden generarse atmósferas explosivas por polvo y establece la clasificación de zonas 20, 21 y 22 según la frecuencia y duración de la presencia de dichas atmósferas.

**Figura 25.**

*Clasificación de zonas ATEX.*



*Nota.* La zona 20, es donde existe mayor concentración de polvo combustible, esta zona la engloba la zona 21 la misma que disminuye la cantidad de polvo y la zona 22 la cantidad ya es relativamente baja.

Entonces, para el presente estudio, como resultado de la clasificación realizada y como se puede observar en la figura, se establece que la zona 20 corresponde a la tolva de alimentación de la dosificadora, puesto que en ella existe una presencia continua de polvo combustible durante el funcionamiento normal del proceso. Esto se debe a que en su interior se realiza el mezclado de la materia prima, lo que provoca la generación constante de partículas finas del producto que permanecen suspendidas en el ambiente.

Por otra parte, las zonas inmediatas a la tolva, el área de verificación de peso, el colocado de tapas, la colocación de fajillas, el sellado de estas, el transporte por banda y la limpieza del producto terminado pueden clasificarse como zona 21, ya que durante el desarrollo normal de las operaciones productivas es probable que se generen nubes de polvo combustible debido a la manipulación directa de las materias primas

El resto del área de condimentos, lo que englobaría como las zonas de limpieza, manejo del producto terminado, empaque y paletizado, se lo puede catalogar como zona 22, puesto que en estos espacios la presencia de polvo en suspensión no es constante y, cuando ocurre, se suscita de manera ocasional y en un lapso relativamente corto. Esta clasificación se respalda bajo las mediciones ejecutados para el material particulado en las condiciones de ventilación presentes en el área.

#### ***4.2.3 Evaluación del riesgo aplicando la Guía Técnica del Real Decreto 681.***

Para complementar el análisis sobre la presencia de polvo combustible en el área de condimentos, se aplicó una metodología para la evaluación de riesgos basada en los criterios de la Guía Técnica para la prevención de atmósferas explosivas. Esta metodología permite analizar de manera ordenada los componentes que pueden formar una atmósfera explosiva, considerando criterios como la identificación de sustancias peligrosas, la posible generación de polvo en el ambiente, la existencia de fuentes de ignición, la probabilidad de que ocurra un evento y las consecuencias que podría ocasionar. Con base en estos elementos, se realizó un análisis que permitió estimar el nivel de riesgo en el área de estudio y establecer una clasificación acorde con las condiciones observadas.

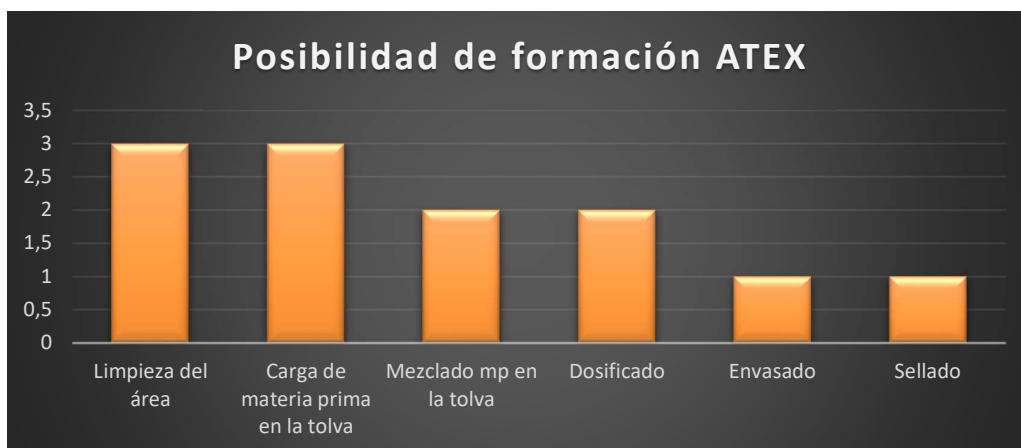
Dado el caso de estudio y considerando los pasos establecidos en la guía para la evaluación de riesgos en atmósferas explosivas, el primer aspecto se enfoca en el análisis de

las materias primas utilizadas en el proceso. Este análisis ya fue desarrollado en las actividades correspondientes al primer objetivo específico del presente trabajo. Por lo tanto, para conocer con mayor detalle las propiedades físicas y químicas de las materias primas evaluadas, se puede revisar el apartado mencionado anteriormente.

El segundo aspecto se centra en determinar la posibilidad de que se formen atmósferas explosivas dentro del área de estudio. Para ello se analizaron los procesos que se desarrollan durante la producción de condimentos, identificando aquellas etapas en las que existe una mayor generación y dispersión de polvo combustible. En la siguiente figura se presenta la evaluación realizada para estimar la probabilidad de formación de atmósferas explosivas en el área analizada. Las actividades que obtienen una ponderación de tres se consideran de alta probabilidad, las que presentan un valor de dos corresponden a una probabilidad media y aquellas con un valor de uno se clasifican como de baja probabilidad de ocurrencia.

**Figura 26.**

*Posibilidad de formación de atmósferas explosivas.*



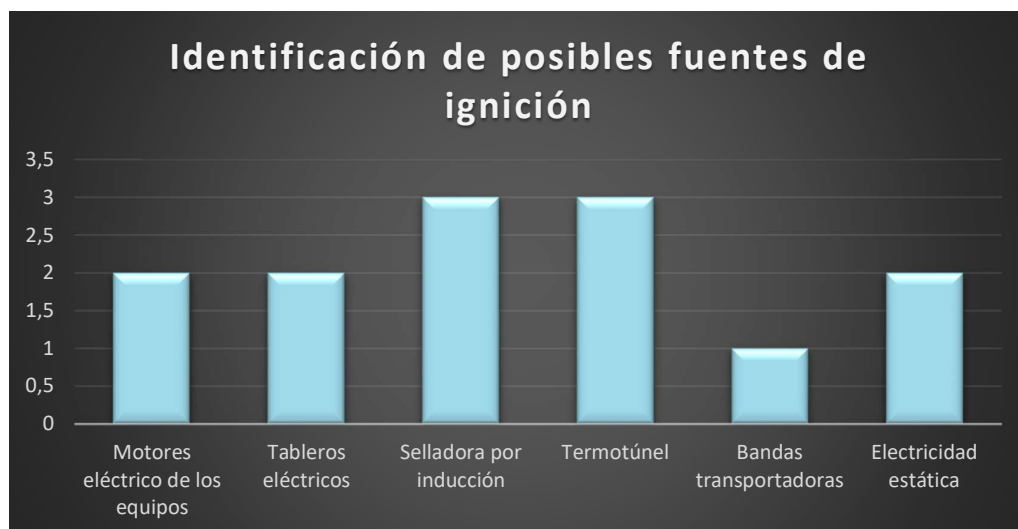
*Nota.* Existe una posibilidad alta de que se forme ATEX en la limpieza y en la carga.

El siguiente aspecto analizado corresponde a la identificación de las posibles fuentes de ignición presentes dentro del área de condimentos. Este análisis también ha sido abordado en apartados anteriores; sin embargo, considerando los criterios establecidos en la normativa que se está aplicando, es importante volver a revisar los equipos y sistemas que podrían actuar como iniciadores de una ignición en presencia de polvo combustible. Dentro de la evaluación realizada se identificó que los equipos que presentan un mayor nivel de riesgo corresponden a la selladora por inducción y al termo túnel, debido a que durante su funcionamiento generan calor de forma constante. De igual manera, se identificaron otros elementos como motores eléctricos, tableros de control y bandas transportadoras que, aunque presentan una menor probabilidad de ignición, deben ser considerados dentro del análisis por formar parte de los sistemas operativos del proceso productivo.

Estos resultados se pueden observar con mayor detalle en la figura que se presenta a continuación, donde se muestran las fuentes de ignición identificadas en el área de estudio.

**Figura 27.**

*Posibles fuentes de ignición.*

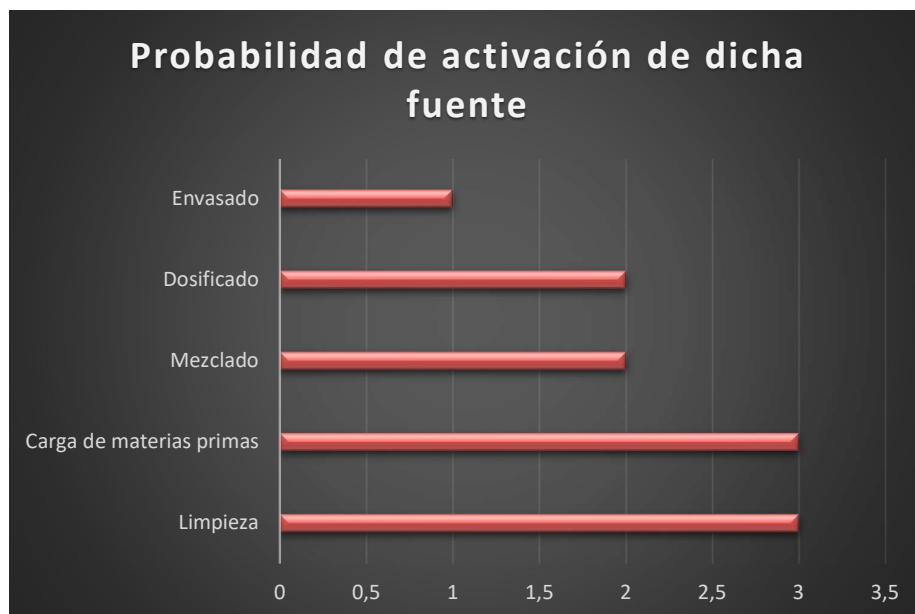


*Nota.* Riesgo alto en la selladora por inducción y el termo túnel.

El siguiente aspecto analizado corresponde a la probabilidad de activación de una fuente de ignición durante el desarrollo del proceso productivo. Para ello se evaluaron las diferentes etapas que se realizan dentro del área de condimentos, considerando la presencia de polvo combustible y la interacción con equipos que pueden generar calor, fricción o energía eléctrica. Como se observa en la figura presentada, las actividades de limpieza del área y la carga de materias primas en la tolva presentan la mayor probabilidad de activación, obteniendo una valoración de tres. Esto se debe principalmente a que en estas etapas existe una mayor dispersión de polvo en el ambiente, lo que aumenta la posibilidad de que una fuente de ignición pueda interactuar con el material particulado suspendido. Por otro lado, los procesos de mezclado y dosificado presentan una probabilidad media, mientras que el proceso de envasado registra una probabilidad menor en comparación con las demás actividades del proceso productivo.

**Figura 28.**

*Probabilidad de activación de una fuente de ignición.*



*Nota.* Existe una alta probabilidad de que una fuente de ignición se active con el proceso de carga de materia prima hacia la tova y con la limpieza.

El siguiente análisis corresponde a la estimación de los posibles efectos que podría generar una explosión por polvo combustible dentro del área de condimentos. Para lo cual se consideraron cuatro aspectos principales: las personas expuestas, el daño potencial a las instalaciones, el impacto en la continuidad de la operación y el nivel general de consecuencia asociado a cada proceso evaluado.

De acuerdo con los resultados presentados en la figura 29, se puede observar que las actividades de limpieza y carga de materias primas presentan los niveles de consecuencia más elevados. Esto se debe principalmente a que durante estas etapas se genera una mayor dispersión de polvo combustible en el ambiente, lo que incrementa la posibilidad de afectar tanto a los trabajadores como a los equipos cercanos en caso de que ocurra una ignición.

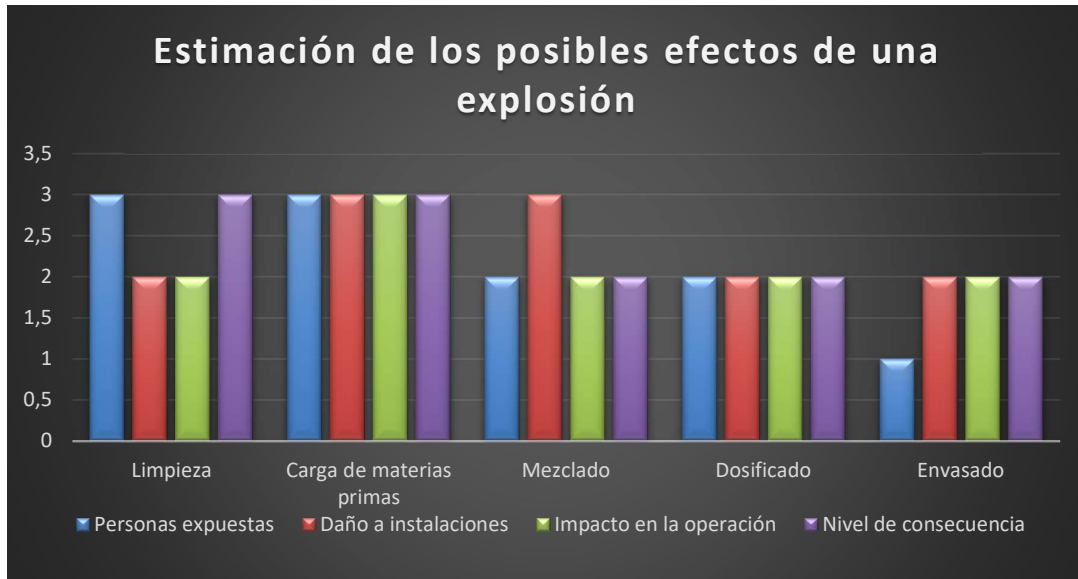
En el proceso de mezclado, aunque las consecuencias son menores en comparación con las etapas anteriores, todavía existe un riesgo moderado, ya que el producto se mantiene en constante movimiento dentro de la tolva, lo que facilita que partículas finas queden suspendidas en el aire. En cambio, en los procesos de dosificado y envasado los valores son un poco más bajos, pues en estas fases el producto está más controlado dentro de los envases y la dispersión de polvo resulta menor.

En términos generales, los resultados demuestran que las actividades de limpieza y el cargado de materias primas representa una mayor consecuencia en caso de una explosión, mientras que las fases finales del proceso, como se muestra en la figura, generan un impacto menor. Este comportamiento vigoriza la importancia de aplicar medidas de control

especialmente en aquellas actividades donde se produce mayor generación y dispersión de polvo combustible dentro del área de producción.

**Figura 29.**

*Estimación de los posibles efectos de una explosión.*



*Nota.* La limpieza y la carga de la materia prima hacia la tolva generan mayores efectos tanto entre las personas expuestas, daños a las instalaciones, impacto en la operación y su nivel de consecuencia es alto.

Finalmente, con los resultados obtenidos en la valoración del riesgo ATEX, se puede observar que los procesos de limpieza, carga de materias primas y mezclado presentan un nivel de riesgo intolerable o como lo indica la guía, es un riesgo “A”, el mismo que recibe una puntuación de 3. Esta clasificación se debe principalmente a la alta generación y dispersión de polvo combustible durante estas etapas del proceso productivo, lo que incrementa significativamente la probabilidad de que se forme una atmósfera explosiva en presencia de una fuente de ignición.

Por otra parte, los procesos de dosificado y envasado presentan un nivel de riesgo alto, debido a que, aunque la generación de polvo es menor en comparación con las etapas iniciales del proceso, aún existe la posibilidad de que se mantengan partículas suspendidas en el ambiente que puedan interactuar con fuentes de ignición presentes en el área. Este análisis se complementa con la figura adjunta.

**Figura 30.**

*Valorización del riesgo según la Guía Técnica.*



*Nota.* Riesgo es alto en el proceso de mezclado, carga de materia prima en la tolva y durante la limpieza.

En términos generales, los resultados evidencian que las etapas iniciales del proceso productivo son las más críticas en relación con la formación de atmósferas explosivas por polvo combustible.

## Capítulo 5

### Marco Propositivo

En este capítulo se presenta el marco propositivo de la investigación, guiada a plantear aspectos que brinden mejoras a la seguridad en el área de estudio. Con base en los resultados obtenidos, se apuntan acciones para prevenir y inspeccionar los riesgos relacionados con la presencia de atmósferas explosivas. Entre las propuestas se propone el diseño de una campana extractora como control de ingeniería, además de la elaboración de un plan de emergencias y un programa de capacitaciones para el personal.

Con esto se busca reforzar la prevención, reducir la posibilidad de que ocurran incidentes y resguardar a los operarios de la empresa, asegurando al mismo tiempo el desarrollo normal de las actividades dentro de la empresa.

#### **5.1 Proponer medidas de control y plan de gestión para mitigar riesgos ATEX.**

De acuerdo con el objetivo específico planteado, en este campo se presentan propuestas que buscan reducir los riesgos que mantienen una alta relación con atmósferas explosivas (ATEX), por medio de la aplicación de medidas de control y la ejecución de un plan de gestión. Para ello, se propone el uso de una campana extractora como medida de control en la fuente, perfeccionada con un plan de emergencias que permita proceder de manera rápida ante posibles incidentes y un programa de capacitaciones dirigido al personal. Estas acciones buscan fortalecer la prevención, mejorar las condiciones de seguridad y asegurar un manejo adecuado de los riesgos identificados en el área de estudio.

##### ***5.1.1 Diseño de control de ingeniería (Campana extractora)***

A partir de los resultados obtenidos en las mediciones y la clasificación de zonas ATEX, enfocadas en los procesos de producción de condimentos, se determinó que en las

etapas de cargado y mezclado de la materia prima, específicamente en la tolva, se debe implementar una campana de extracción. Esto se debe a que durante estas actividades se registra la mayor concentración de polvo, lo que incrementa la exposición de los operarios a la inhalación de partículas y eleva el riesgo de formación de atmósferas explosivas por polvo combustible.

A continuación, se presenta la cantidad producida de condimentos envasados en frascos durante todo el día, recordemos que existen tres turnos laborales, lo que implica analizar la producción por turnos.

**Tabla 30.**

*Capacidad de producción en frascos en cada turno.*

<b>Turno</b>	<b>Jornada de trabajo</b>	<b>Producción Cajas</b>	<b>Producción en Kg</b>
1	8 horas	320	70
2	16 horas	640	140
3	24 horas	960	210

*Nota.* El lote mínimo de producción por turno es de 320 cajas.

A continuación, se presenta el lote mínimo de producción para los condimentos que son envasados en fundas.

**Tabla 31.**

*Capacidad de producción en fundas en cada turno.*

<b>Turno</b>	<b>Jornada de trabajo</b>	<b>Producción Cajas</b>	<b>Producción en Kg</b>
1	8 horas	167	55
2	16 horas	334	110
3	24 horas	501	165

*Nota.* El lote mínimo de producción por turno es de 167 cajas.

A partir de los datos presentados en la tabla anterior, se evidencia que la producción de condimentos se realiza durante toda la jornada laboral (24 horas), lo que indica que el

proceso de carga de materia prima en la tolva es recurrente y, por ende, la generación de polvo se mantiene de forma constante.

#### 5.1.1.1 Estimación del polvo de condimentos

Durante el proceso de preparación de la materia prima, su carga hacia la tolva, así como en las etapas de mezclado y dosificado, se ha identificado una pérdida de material en forma de polvo, el cual permanece suspendido en el ambiente. Estas actividades se realizan de manera continua durante los turnos de trabajo, lo que genera condiciones variables de concentración de polvo en el área de condimentos.

El desperdicio generado por el polvo que queda suspendido en el área ha sido medido al final de cada turno y registrado en el sistema de la fábrica en forma de desperdicio. En este sentido, al analizar el desperdicio de material particulado generado durante cada jornada, se obtienen los siguientes resultados.

**Tabla 32.**

*Estimación de polvo por turno.*

<b>Materia prima</b>	<b>Polvo estimado Prom [Kg / Turno]</b>	<b>Polvo estimado [Kg / Día]</b>
Canela en polvo	3,5	10,5
Cebolla en polvo	1,2	3,6
Ajo granulado	1,5	4,5

*Nota.* Estimación de polvo por materia prima y por turno.

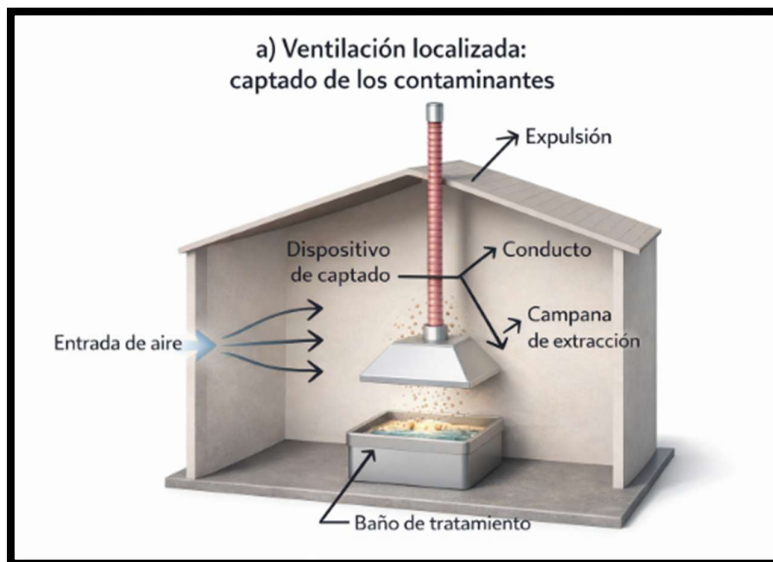
Los datos presentados en la tabla corresponden a los registros obtenidos durante todo el año 2025, los cuales han sido recopilados al finalizar cada turno. En base a esta información, se puede determinar la cantidad de polvo generado en kilogramos por turno, así como su equivalencia en kilogramos por día.

### 5.1.1.2 Velocidades del sistema de extracción

Se han establecido los parámetros de diseño tomando como referencias normativas internacionales de higiene industrial y criterios de seguridad relacionados con atmósferas explosivas por polvo combustible, con el fin de asegurar un control adecuado de las partículas en suspensión durante el proceso de envasado.

**Figura 31.**

*Ventilación localizada.*



*Nota.* Tipos de ventilación: extracción y circulación, para la captación de contaminantes.

Para determinar la velocidad del aire en el sistema de extracción, es necesario considerar las diferentes etapas del proceso, así como los rangos estándar de velocidad que permitan un funcionamiento adecuado. De esta manera, se asegura que el contaminante sea captado y transportado correctamente, evitando su sedimentación dentro de la red de tuberías.

**Tabla 33.**

*Velocidades de diseño para el sistema de extracción de polvo por condimentos.*

<b>Tipo de velocidad</b>	<b>Definición</b>	<b>Rango estándar</b>	<b>Valor final</b>
Captación	La velocidad del aire en el punto donde existe mayor concentración de polvo.	1,0 a 1,5 m/s	1,2 m/s
Transporte	La velocidad del aire dentro de los ductos de extracción.	18,0 a 22,0 m/s	20 m/s
Salida	La velocidad del aire a la salida del sistema.	10,0 a 15,0 m/s	12 m/s

*Nota.* Rango estándar para las velocidades del viento según ACGIH – Manual de Ventilación Industrial: Prácticas Recomendadas para el diseño y criterios de seguridad para polvo combustible establecidos en la NFPA 652 (Norma sobre los fundamentos del polvo combustible) – Fundamentos del Polvo Combustible.

Para determinar las velocidades del aire se realizó tomando en cuenta las características del material particulado generado durante el proceso de producción de condimentos, así como los criterios técnicos aplicables a sistemas de extracción de polvo. Se determinaron valores que consientan captar adecuadamente el contaminante desde la fuente (Tolva), asegurando que su transporte sea de forma eficiente por los ductos y a la vez evitar que se acumule dentro del sistema durante la descarga. Como en el proceso se maneja polvo combustible en un área clasificada como ATEX, se determinaron velocidades que permitan mantener un flujo continuo y eviten que las partículas sean depositadas, reduciendo así el riesgo de formación de atmósferas explosivas.

### **5.1.1.3 Dimensiones de la boca y campana**

Las dimensiones fueron definidas tomando como referencia equipos estándar y los criterios geométricos recomendados por la ACGIH en su Manual de Ventilación Industrial, con el fin de reducir pérdidas en la captación. Para ello, se consideraron las dimensiones

reales de la tolva (0,80 m de largo y 0,79 m de ancho), estableciendo un diseño que cubra completamente la zona de emisión del contaminante y permita alcanzar una adecuada velocidad de captura.

**Tabla 34.**

*Dimensiones para la campana de extracción.*

<b>Medidas</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Ancho	0,90 m	
Alto	0,90 m	
Profundidad	0,60 m	
Pestaña Perimetral	40 mm	
Número de Tolvas	1 unidad	1 unidad
Área efectiva	0,81 m <sup>2</sup>	0,81 m <sup>2</sup>

*Nota.* Dimensiones aplicadas mediante la normativa ACGIH – Manual de ventilación industrial, para optimizar la velocidad de captura.

#### **5.1.1.4 Determinación del caudal**

Considerando lo establecido en el Manual de Ventilación Industrial de la ACGIH (2019), donde se indica que la velocidad de captación para polvos orgánicos finos, como los condimentos analizados, debe encontrarse en un rango de 0,6 a 1,2 m/s, y tomando en cuenta la dispersión y las concentraciones más elevadas observadas, especialmente en el caso de la canela en polvo, las cuales fueron verificadas mediante las mediciones realizadas en campo, se ha seleccionado una velocidad de captura de diseño de 1,2 m/s.

El flujo de extracción requerido, denominado como Q se lo calculó mediante la siguiente expresión:

$$Q = V_c \times A$$

Donde:

Q es el caudal de extracción  $\left[ \frac{m^3}{s} \right]$

$V_c$  es la velocidad de captura  $\left[\frac{m}{s}\right]$

$A$  es el área efectiva de captura  $[m^2]$

Entonces si realizamos el cálculo obtenemos el siguiente resultado.

$$Q = V_c \times A$$

$$Q = 1.2 \frac{m}{s} \times 0.81 m^2 = 0.972 \frac{m^3}{s} \approx 3499,2 \frac{m^3}{h}$$

El caudal de aire requerido fue calculado en función de la velocidad de captura seleccionada y el área de la campana de extracción. En este sentido, se obtuvo un caudal de 0,972 m<sup>3</sup>/s, equivalente a 3499,2 m<sup>3</sup>/h, valor que permitirá garantizar una adecuada captación del material particulado en la fuente.

#### **5.1.1.5 Cálculo de los ramales (Ducto de la campana de extracción)**

Una vez determinado el caudal de extracción para el sistema, se procede al cálculo de las dimensiones de la red de conductos. Para ello, se considera mantener una velocidad de transporte de 20 m/s, definida previamente, con el fin de asegurar el adecuado desplazamiento del material particulado a través del sistema. Esto permite evitar la acumulación de polvo en el interior de las tuberías, reduciendo así el riesgo de formación de atmósferas explosivas en el área.

**Figura 32.***Ducto Circular.*

*Nota.* Ducto aplicado para evitar la concentración de polvo combustible.

Entonces para poder conocer el tamaño del tubo se debe primero determinar el área requerida para que el aire pueda circular a la velocidad de seguridad. Para ello, se aplicamos la siguiente fórmula:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.972 \frac{m^3}{s}}{20 \frac{m}{s}} = 0.049 m^2$$

Se requiere una sección transversal de 0,049 m<sup>2</sup> para que el caudal de aire pueda ser transportado de manera adecuada, evitando la sedimentación de partículas dentro del sistema. Asimismo, esta condición permite mantener la energía cinética necesaria para asegurar el arrastre de las partículas finas de polvo generadas durante el proceso.

Ahora el siguiente aspecto a calcular es el diámetro de ducto para ello se emplea la siguiente expresión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

En donde:

$D$ .- es el diámetro buscado.

$Q$ .- es el caudal, volumen del aire a ser desplazado.

$V$ .- la velocidad de transporte necesaria.

$\Pi$ .- constante matemática equivalente a 3,141516.

4.- constante del despeje del área del círculo.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0.972 \frac{m^3}{s}}{3.1415 \times 20 \frac{m}{s}}} = \sqrt{\frac{3.888 \frac{m^3}{s}}{62.830 \frac{m}{s}}} = \sqrt{0.0618 m^2} = 0.248 m$$

Como resultado del cálculo, se obtiene que el diámetro del ducto tiene que ser de 248 mm. Sin embargo, para un mejor desempeño y por el diseño de la instalación, es recomendable utilizar un diámetro comercial de 10 pulgadas (248 mm) disponible en el mercado ecuatoriano. Esto permite garantizar un flujo adecuado del aire dentro del sistema. Esta selección facilita el transporte del material particulado, evita posibles acumulaciones en el ducto y contribuye a un mantenimiento más eficiente del sistema de extracción.

De acuerdo con las recomendaciones del Manual de Ventilación Industrial de la ACGIH, el ángulo de entrada debe situarse entre 30° y 45° en los sistemas que manejan polvo combustible. Este criterio permite que el aire proveniente de la campana ingrese al flujo principal sin pérdidas significativas de velocidad, reduciendo la formación de remolinos y la posible acumulación de partículas dentro del ducto.

### 5.1.1.6 Cálculo de la potencia del extractor (P)

Para determinar la potencia requerida para extraer todo el polvo contaminante que se encuentra en el área se emplea la siguiente fórmula para calcular la fuerza necesaria del motor.

$$P(kW) = \frac{Q \times \Delta P}{\eta \times 1000}$$

Donde:

$Q$ .- El caudal.

$\Delta P$ .- La presión estática.

$\eta$ .- La eficiencia del ventilador.

$$P = \frac{0.972 \frac{m^3}{s} \times 1500 Pa}{0.70 \times 1000} = \frac{1458}{700} = 2.08 kW$$

$$P = 2.08 kW \times 1.341 = 2.78 HP$$

### 5.1.1.7 Selección del tipo de ventilador

Según los resultados obtenidos en el apartado anterior el sistema requiere un extractor centrífugo con una potencia nominal comercial de 3 HP.

*Tipo de ventilador.* - El sistema debe contar con un mecanismo de transmisión mediante poleas y correas, lo que permitirá realizar ajustes en la velocidad del ventilador después de su instalación, adaptando el caudal y la presión a las condiciones reales de operación. Asimismo, deberá incorporar protección anti-chispa con clasificación AMCA tipo A o B, con el fin de prevenir cualquier fricción interna que pueda generar una fuente de ignición.

**Figura 33.**

*Ventilador con certificación ATEX.*



*Nota.* Ventilador centrífugo ATEX serie MBRU.

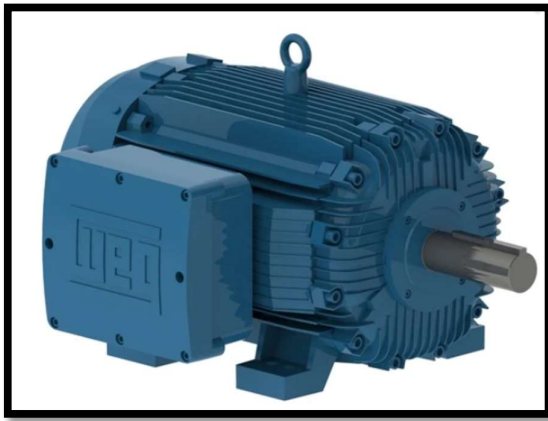
En la siguiente figura se presenta un ventilador diseñado para operar en entornos donde existe riesgo de atmósferas explosivas por presencia de polvo combustible, como es el caso de modelos centrífugos con certificación ATEX, por ejemplo, la serie MBRU ATEX del fabricante Casals Ventilación Industrial. Este tipo de equipos está diseñado para reducir el riesgo de ignición por fricción mecánica, gracias a su construcción robusta y características anti chispa. Por estas condiciones, resultan adecuados para aplicaciones industriales donde se manipulan productos que generan polvo fino combustible, como ocurre en el proceso de condimentos.

*Motor.* - El equipo deberá contar con certificación Clase II, División 1, correspondiente a ambientes con presencia de polvos combustibles. Asimismo, el motor debe ser de tipo TEFC (totalmente cerrado con ventilación externa), de manera que se evite el ingreso de partículas a su interior, cumpliendo con lo establecido en la normativa IEC. Estas características ayudan a reducir el riesgo de que se generen chispas o puntos calientes, lo que permite una operación más segura del sistema.

Con un motor de 3 HP y un caudal de 0,972 m<sup>3</sup>/s, la campana de extracción logra una velocidad de captura de 1,2 m/s y una velocidad de transporte de 20 m/s en los ductos. Además, el sistema está diseñado para trabajar de forma continua en ambientes con presencia de polvo, lo que disminuye la cantidad de partículas en el aire y reduce el riesgo de formación de atmósferas explosivas.

**Figura 34.**

*Motor eléctrico ATEX.*



*Nota.* Motor eléctrico con certificación ATEX. (WEG, n.d.)

#### **5.1.1.8 Especificaciones técnicas para la campana de extracción del polvo**

Con el fin de facilitar la comprensión e instalación del sistema de extracción, se ha elaborado una tabla que reúne las especificaciones técnicas obtenidas a partir de los cálculos realizados, consolidando los parámetros principales de operación para asegurar la eficiencia del sistema y la seguridad en el área de trabajo. En esta tabla se incluyen aspectos como velocidades, dimensiones y requerimientos de potencia del equipo, definidos con base en los criterios establecidos por la ACGIH para el control de contaminantes.

**Figura 35.**

*Matriz de especificaciones del sistema.*

Sistema / Componente	Parámetro Técnico	Especificación detallada	Justificación / Norma
Captación (Campana)	Cantidad y tipo	1 Unidad / Tipo Piramidal localizada.	Cobertura total de la tolva de dosificado.
	Velocidad de captura	1,2 m/s	Vencer corrientes de aire transversales (ACGIH).
	Material de fabricación	Acero inoxidable AISI 304.	Grado alimenticio, evita corrosión y acumulación.
Transporte (Ductos)	Velocidad de transporte	20 m/s	Velocidad mínima para evitar sedimentaciones de plvo fino.
	Diámetro principal	248 mm	Mantiene el caudal calculado sin pérdidas.
	Diseño de Uniones	Codos 45° - Y a 30°.	Minimizar pérdidas por fricción y turbulencias.
	Material Ductería	Acero Galvanizado Cal. 20	Resistencia estructural y conductividad eléctrica.
Fuerza Motriz	Extractor	Centrifugo Radiales (Anti-Chispa).	AMCA Clase B (Evita chispas mecánicas).
	Motor eléctrico	3 HP - Trifásico.	Potencia para vencer la presión del filtro / ductos.
	Certificación motor	Clase II, Div 1 (ATEX).	Clasificado para polvos combustibles.
Seguridad / Control	Puesta a Tierra	Cable de cobre #10 Interconectado.	Descargade electricidad estática acumulada.
	Variador de Frecuencia	Fercuencia variable de 60 Hz.	Variación de la succió según la carga de producción.
	Señalética	Rótulos ATEX (Triángulo Amarillo).	Advertencia visual de riesgo de explosión.

*Nota.* Especificaciones basadas en la normativa ACGIH – Manual de ventilación industrial y NFPA 61 (Prevención de incendios y explosiones de polvos)

Se presentan las especificaciones constructivas de las campanas de captación, incluyendo sus planos de diseño, dimensiones geométricas y el despiece de materiales. Asimismo, se adjunta el listado de materiales, donde se detallan los componentes, insumos, accesorios y criterios de seguridad necesarios para su correcta implementación.

### ***5.1.2 Elaboración del plan de emergencias para la empresa.***

Se construyó el plan de emergencia conforme a lo establecido en la norma INEN-ISO 45001:2018, correspondiente al Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, con la finalidad de resguardar la integridad del personal, minimizar las pérdidas materiales y garantizar la continuidad de las operaciones. Este plan se estructuró mediante criterios técnicos y procedimientos adecuados que permitan una respuesta oportuna y organizada frente a situaciones de riesgo, especialmente ante la posible ocurrencia de explosiones asociadas a atmósferas explosivas.

El diagnóstico se complementó con un análisis del entorno físico y estructural de la instalación, la cual cuenta con una superficie total de 7551 m<sup>2</sup>, distribuida en diferentes áreas como administración, producción, bodega de materias primas y bodega de producto terminado, oficinas, comedor, entre otras.

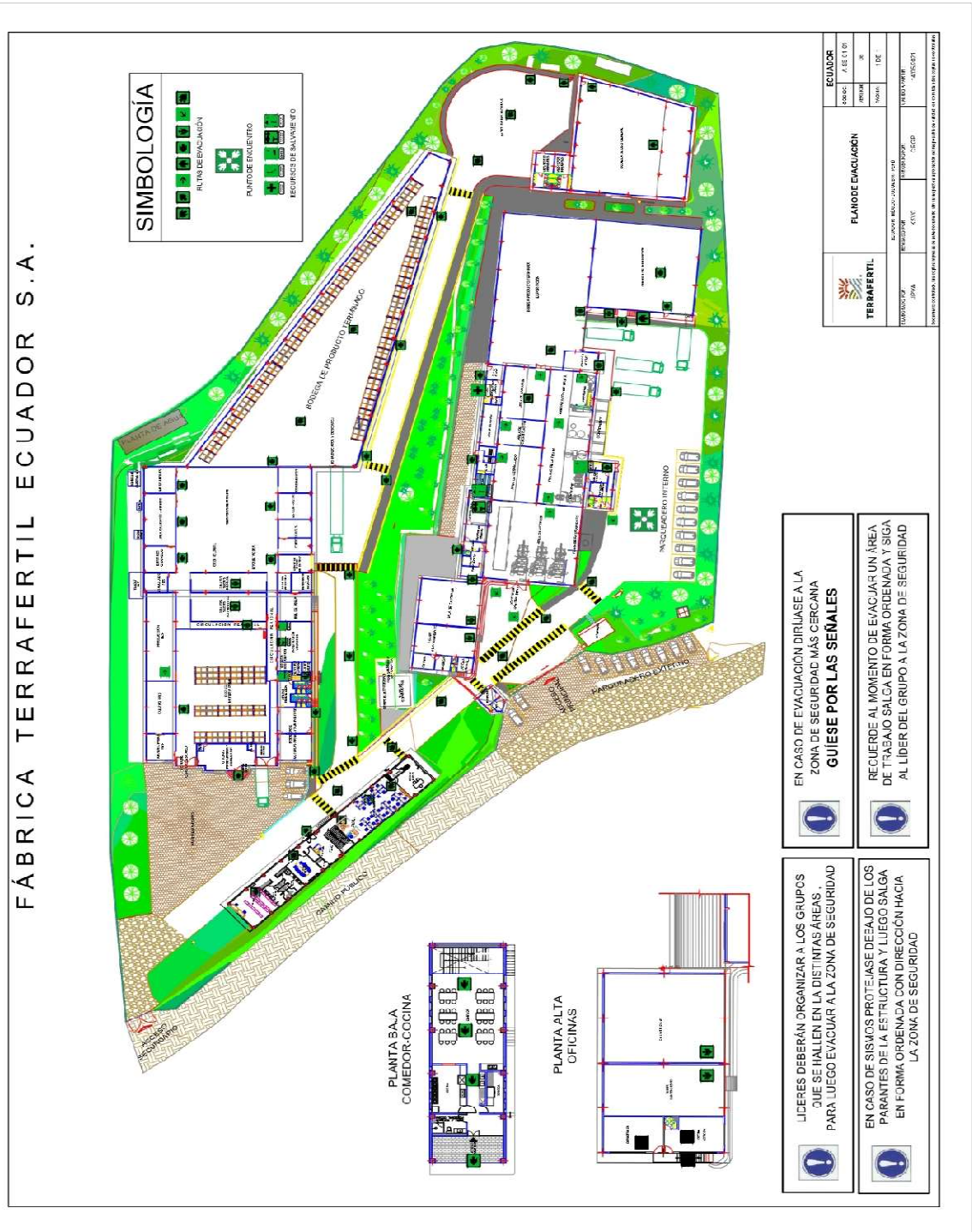
Asimismo, se constató el cumplimiento de la señalización de emergencia conforme a las especificaciones de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 3864-1:2013, considerando además la señalización correspondiente a atmósferas explosivas (ATEX). A partir de la observación directa del área de trabajo, se elaboró un mapa de riesgos, recursos y evacuación, el cual sirve como una herramienta clave para la gestión de emergencias y la toma de decisiones ante situaciones críticas.

Este mapa permite identificar las zonas más vulnerables, reconocer los recursos disponibles y definir rutas de evacuación seguras.



Figura 37.

Plano con las rutas de evacuación Terrafertil.



Nota. Plano con las rutas de evacuación y puntos de encuentro.

### **5.1.2.1 Identificación de amenazas, vulnerabilidades y clasificación de riesgos**

Para la elaboración del plano de riesgos, se llevó a cabo la identificación de los principales peligros que podrían afectar a la empresa, poniendo especial énfasis en aquellos asociados a la presencia de polvo combustible, así como a eventos de incendio, explosión y riesgos eléctricos. Es importante señalar que, debido al enfoque del estudio, se priorizan estos riesgos; sin embargo, esto no implica que los demás sean menos relevantes. En un entorno industrial, todos los factores que puedan comprometer la integridad de las personas y la infraestructura deben ser considerados, con el fin de implementar acciones que contribuyan a la reducción de la accidentabilidad laboral.

Con base en la identificación realizada, las inspecciones de campo y la verificación de la simbología estandarizada conforme a la NTE INEN 3864-1:2013, se pudo constatar que no solo el área de condimentos presenta riesgos de atmósferas explosivas, sino también el área de producción de té. No obstante, dado que en este trabajo de titulación se delimitó el área de condimentos como objeto de análisis, se mantiene su enfoque totalizado para dicha zona.

Sin embargo, en el plano de riesgos se señalarán ambas áreas identificadas mediante la simbología correspondiente a atmósferas explosivas (ATEX). Por su parte, las demás áreas continuarán cumpliendo con la señalización adecuada, de acuerdo con los riesgos previamente identificados.

El plano de evacuación se lo construyó en base a los criterios establecidos en el Código de Seguridad Humana NFPA 101, donde se especifica que las rutas de salida deben estar bien señalizadas, ser seguras y contar con la señalización adecuada. Además, cada área

debe tener en su interior extintores apropiados según el tipo de material combustible presente.

Terrafertil S.A. ya contempla de un sistema de emergencias establecido, lo que demuestra ya un avance importante en materia de seguridad y salud en el trabajo. No obstante, este sistema debe fortalecerse mediante capacitaciones y prácticas continuas, con el fin de fomentar una cultura de seguridad que permita a los trabajadores reconocer los riesgos y actuar de manera adecuada ante un evento inesperado que pueda poner en peligro la vida de las personas.

**Tabla 35.**

*Amenazas en la empresa Terrafertil S.A.*

<b>Tipo de amenaza</b>	<b>Área afectada</b>	<b>Nivel de Riesgo</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Consecuencia</b>
Explosión por polvo combustible	Condimentos, Tés	Crítico	Alta	Daños humanos y estructurales
Incendio Eléctrico	Tableros, motores. (Aparamenta eléctrica)	Crítico	Media	Pérdidas de equipos / Riesgo de electrocución
Fugas de aire comprimido	Compresores y ductos de ventilación	Moderado	Media	Afectación auditiva y mecánica
Ciadas o golpes	Toda la empresa	Moderado	Media	Lesiones personales
Emergencia médica	Toda la empresa	Bajo	Media	Afectación personal

*Nota.* Amenazas verificadas en ciertas áreas.

Como se puede evidenciar en la tabla, existe una amenaza focalizada en explosiones por polvo combustible, así como en incendios de origen eléctrico. En este contexto, se vuelve necesario adoptar un enfoque que priorice la prevención de explosiones y el fortalecimiento de la respuesta inmediata ante incendios. Por ello, se elaboró un mapa que incluye las rutas de evacuación, puntos de encuentro, ubicación de equipos de emergencia, salidas de escape y la identificación de zonas ATEX.

A su vez, y de acuerdo con las inspecciones realizadas, los recursos disponibles como agentes extintores a nivel de toda la empresa se pueden agrupar en tres categorías: protección contra incendios, recursos médicos y sistemas de comunicación y alarma.

En general, la empresa cuenta con un total de 44 extintores tipo ABC (para sólidos, líquidos inflamables y equipos eléctricos). De estos, 2 son de agua (H<sub>2</sub>O), 32 de PQS, 9 de CO<sub>2</sub> y 1 de tipo K. Estos extintores, según su clasificación y uso, tienen capacidades que van desde 10 a 20 lb y de 1 a 5 galones.

**Tabla 36.**

*Recursos y medios de emergencias de la empresa Terrafertil S.A.*

<b>Recurso / Medio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Ubicación</b>
Extintores ABC (H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> , PQS, K)	44	Bodegas MP y PT, Oficinas, Cocina, Producción, Mantenimiento.
Botiquines de primeros auxilios	2	Oficina de mercado nacional y Oficina de exportación.
Detectores de humo	81	Bodegas MP y PT, Oficinas, Cocina, Producción.
Detectores de polvo		
Lámparas de emergencia	34	Camara de maduración, Bodega de exportación, Materia prima y Producto terminado, Pasillos, Cocina, Área de salsas.
Pulsadores de incendio	9	Oficinas, Entrada a exclusas, Bodega de materia prima, Producción.
Bocas de incendio equipadas BIE	9	Entre consultorio médico y calidad, Bodega de producto terminado, Área de maduración, Exterior embarque de camiones, Bodega de materia prima.

*Nota.* La tabla presenta los recursos y medios de emergencia de acuerdo con su ubicación.

Como se puede evidenciar en la tabla anterior, la empresa cuenta con una cantidad considerable de recursos y equipos de emergencia, principalmente enfocados en el control de incendios. Sin embargo, se identifican ciertas deficiencias, especialmente en la ausencia

de detectores de polvo, los cuales deberían estar instalados en las áreas de condimentos y té.

De igual manera, no se dispone de iluminación de emergencia tipo LED ni de luces estroboscópicas, elementos que son importantes para una adecuada respuesta ante situaciones de emergencia.

En este sentido, las deficiencias identificadas han sido notificadas al equipo de Terrafertil S.A., con el fin de que se puedan implementar las acciones correctivas correspondientes.

#### **5.1.2.2 Propuesta del plan de emergencias según el formato del cuerpo de bomberos de Quito.**

El plan de acción de emergencias de la fábrica Terrafertil S.A. se encuentra estructurado bajo el marco oficial establecido por el Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Quito, en el cual se definen los requisitos mínimos que debe cumplir la industria para garantizar la seguridad de todo el personal, la continuidad del negocio y la adecuada coordinación con las instituciones de respuesta ante emergencias.

El formato establecido este compuesto por un total de nueve secciones las mismas que se detallan a continuación:

- Descripción de la organización.
- Identificación de Factores de riesgo (Incendios, Explosiones, Derrames, Inundaciones, Terremotos, etc.)
- Evaluación de factores de riesgos detectados.
- Prevención y Control de Riesgos.
- Mantenimiento.

- Protocolo de Alarma y Comunicación para Emergencias.
- Protocolo de intervención ante emergencias.
- Evacuación.
- Procedimiento para la implantación del Plan de Emergencias.

Todas las secciones mencionadas anteriormente dentro del Plan de Emergencias han sido estructuradas bajo un enfoque organizativo, considerando aspectos como el número total de trabajadores (235 colaboradores), la extensión de la empresa, el proceso productivo y la distribución física de sus diferentes áreas. En este sentido, el plan está orientado a la prevención y a la respuesta oportuna ante eventos como incendios, fugas o explosiones, detallando los procedimientos a seguir en cada caso.

Como es de conocimiento, toda empresa tiene la obligación de conformar brigadas de emergencia, las cuales deben contar con un responsable que coordine las acciones junto con la dirección general y los organismos externos. Entre estos se incluyen el Cuerpo de Bomberos como ente principal, el ECU 911, la Policía Nacional y la Cruz Roja, dependiendo de la ubicación y las necesidades de la empresa.

Cada brigada deberá estar conformada por un líder y al menos dos integrantes, designados en función del nivel de riesgo presente en la operación. Esta estructura permite una adecuada distribución de responsabilidades y una respuesta más eficiente ante situaciones de emergencia.

**Tabla 37.**

*Estructura jerárquica del plan de Emergencias.*

<b>Rol</b>	<b>Responsabilidad</b>	<b>Integrantes</b>
Jefe SHE	Acciones generales frente al riesgo, activa el plan y comunica con entes externos.	1

Jefe de planta	Acciones complementarias al jefe SHE. Activa la evacuación del personal y visitas en caso de que exista.	1
Brigada de Comunicación y Rescate	Garantizar la transmisión oportuna y efectiva de la información durante una situación de emergencia.	14
Brigada Contra Incendios	Prevenir, controlar y mitigar los eventos relacionados con fuego dentro de las instalaciones, con el fin de proteger a las personas, los bienes y la continuidad de las operaciones	14
Brigada de primeros Auxilios	Brindar atención inmediata a las personas afectadas durante una situación de emergencia, con el fin de estabilizar su condición hasta la llegada de personal especializado	14

*Nota.* La tabla muestra la estructura jerárquica de las brigadas en caso de una emergencia.

La estructura organizativa establecida facilita que el personal actúe de manera ágil y coordinada frente a cualquier situación imprevista, lo que contribuye a acortar los tiempos de respuesta y disminuir el riesgo de pérdidas humanas o materiales. Seguidamente, se detallan las reglas de emergencia, los niveles de alerta y las medidas correspondientes para cada tipo de incidente, según los escenarios contemplados en la evaluación de riesgos.

### **5.1.2.3 Procedimiento de actuación frente a incendios, explosiones y emergencias.**

Los procedimientos operativos son relevantes para responder ante emergencias, debido a que indican de forma clara qué acciones debe seguir el personal cuando ocurre un evento inesperado. En la empresa, los principales riesgos están relacionados con incendios por acumulación de polvo combustible, posibles explosiones en áreas clasificadas como ATEX en la sección de condimentos, fallas en equipos o sistemas, y situaciones que afectan a los trabajadores, como caídas o problemas de salud durante la jornada.

Entonces para ello se conforma una estructura de tres aspectos a cumplirse bajo la cooperación del personal que se encuentra conformando las brigadas de emergencia.

- **Aviso.** – Cualquier empleado que observe o detecte situaciones de riesgo independientemente del lugar en el que se encuentre tiene toda la obligación de comunicar a su jefe inmediato o al técnico de seguridad.
- **Respuesta.** – Activación de la alarma e inmediatamente toda la empresa, personal operativo y administrativo detiene sus operaciones. El personal debe trasladarse al punto de encuentro por medio de las turas de evacuación definidas. Las brigadas de emergencia se activan y empiezan analizar de acuerdo con las funciones asignadas hasta determinar el nivel de daño suscitado
- **Recuperación.** – Cada líder de área es encargado de verificar que todos sus colaboradores se encuentran en el punto de encuentro, en caso de que estén incompletos se menciona esta novedad a la brigada de rescate y comunicación. Finalmente se notifica a las autoridades y se documenta el incidente en el registro del Comité de Seguridad y Respuesta a Emergencias (CSRE).

Por medio de los simulacros ejecutados, se manifiesta que el tiempo máximo que tarda el personal en evacuar desde el punto más lejano hasta el punto de encuentro es de 4,09 minutos. Sin embargo, se identificó que es importante seguir trabajando en la capacitación y concientización del personal, con el objetivo de formar una cultura de seguridad dentro de la empresa.

Estos resultados manifiestan la importancia de mantener procesos constantes de formación y la actualización periódica del plan de emergencias. De esta manera, se busca que los trabajadores cuenten con las herramientas necesarias para actuar de manera

organizada y eficiente frente a cualquier evento que pueda comprometer su seguridad o las operaciones de la empresa.

### ***5.1.3 Elaboración del plan de capacitaciones en riesgo de atmósfera explosiva.***

Con el objetivo de reforzar los controles administrativos y organizacionales establecidos en el plan de prevención ATEX. Se reconoce que la disminución del riesgo de explosiones por polvo combustible no depende únicamente de la implementación de controles de ingeniería, sino también de las prácticas seguras del personal, de una adecuada señalización y comunicación del riesgo, así como del conocimiento técnico necesario para su correcta gestión.

Entonces como primer aspecto se analiza que debe cumplir el plan de capacitaciones con el fin de poder llegar hacia todo el personal de producción considerado los siguientes puntos.

- Observación directa de las actividades desarrolladas en el área de producción.
- Evaluación del proceso de molienda, empaque y cribado.
- Revisión del mapa de riesgos y de las zonas ATEX previamente identificadas.
- Análisis de las características del personal técnico y operativo.

A partir de este diagnóstico se evidenció que el personal del área de producción se encuentra expuesto de manera recurrente al polvo combustible en suspensión, así como a factores como equipos eléctricos, fricción mecánica y actividades de limpieza que, si no se realizan correctamente, podrían generar posibles fuentes de ignición.

Asimismo, se identificó que las principales brechas de conocimiento del personal están relacionadas con:

- La identificación de atmósferas potencialmente explosivas.

- Reconocimiento de las zonas ATEX.
- Manejo correcto de equipos eléctricos.
- Procedimientos para actividades de mantenimiento y limpieza.
- Acción correcta ante emergencias por incendio o explosiones de polvo.

Esta observación reconoce la necesidad de construir un plan de capacitación direccionado a los riesgos ATEX, con la finalidad de fortificar la prevención de accidentes laborales y reducir las posibles pérdidas económicas asociadas a eventos explosivos.

#### **5.1.3.1 Diseño del plan de capacitaciones**

La capacitación en riesgos asociados a atmósferas explosivas constituye un elemento clave dentro del sistema de prevención, puesto que permite que el personal que labora en el área de producción comprenda los fundamentos para identificar, controlar y actuar frente a la presencia de sustancias o polvos inflamables. El propósito de este proceso formativo no se limita únicamente al cumplimiento de lo establecido en la Directiva ATEX 1999/92/CE y en el Reglamento SEVESO III (Directiva 2012/18/UE), sino que también busca consolidar una cultura de prevención en todos los niveles de la organización.

Asimismo, la implementación de este plan de capacitación contribuye a fortalecer los conocimientos del personal de la empresa, lo que a su vez favorece la disminución de riesgos y mejora la eficacia de las medidas de control que ya se encuentran implementadas.

Dicho esto, el plan de capacitaciones tiene como objetivo general capacitar al personal de la empresa Terrafertil S.A. para que puedan reconocer, analizar y prevenir los riesgos relacionados con la presencia de atmósferas explosivas (ATEX), con el fin de reducir la posibilidad de accidentes laborales y evitar pérdidas económicas ocasionadas por explosiones generadas por polvo combustible.

Los objetivos específicos de la capacitación se centran en ofrecer al personal la información coherente sobre cómo se pueden formar las atmósferas explosivas y cómo se comportan íntimamente con los procesos de trabajo. Asimismo, se enfoca en concienciar a los trabajadores sobre los riesgos que representa el polvo combustible cuando se encuentra suspendido en el aire.

Igualmente se busca proporcionar la comprensión y caracterización de las zonas ATEX existentes en la empresa, así como vigorizar la aplicación de medidas de prevención y control durante las actividades diarias de producción. De igual manera, la capacitación tiene como propósito orientar al personal en el uso adecuado de equipos, herramientas y elementos de protección personal diseñados para operar en ambientes con riesgo de explosión, además de prepararlos para responder de manera oportuna y adecuada ante posibles situaciones de emergencia relacionadas con eventos explosivos.

Por otro lado, la estructura del programa de capacitaciones está orientado a ser cumplido por módulos que permiten fortalecer el cumplimiento de los procedimientos y prácticas de seguridad mediante talleres, simulaciones y otras actividades prácticas. Para el área de producción se ejecuta una formación de carácter práctico, encaminada principalmente a la limpieza y al mantenimiento de dispositivos, el uso correcto de los equipos de protección personal (EPP), la forma correcta de como recolectar y depositar el polvo en los recipientes y finalmente el manejo adecuado de los extractores, puesto que estas acciones se encuentran relacionadas con la posible formación de atmósferas explosivas.

Al mismo tiempo, se abordaron temas sobre correcto manejo de sustancias inflamables, la lectura e interpretación de los protocolos de peligro y la inercia adecuada de los métodos de enclavamiento eléctrico, tomando como referencia la norma NFPA 654:2017 para la prevención de incendios y explosiones por polvo. La metodología aplicada fue de carácter

participativo y demostrativo, con el propósito de facilitar el aprendizaje a través de la observación, la práctica directa y el análisis de situaciones reales.

Para la ejecución del programa, se definió un cronograma donde se detallan las actividades y los responsables de cada una. Estas acciones se desarrollarán mediante material didáctico, ejercicios prácticos y evaluaciones, con el objetivo de identificar posibles riesgos y fortalecer conductas seguras, integrando la prevención en las actividades diarias del personal operativo y técnico.

**Tabla 38.**

*Cronograma de actividades para cumplir con el plan de capacitaciones.*

No.	Actividad	Mes			Responsable
		Mayo	Junio	Julio	
1	Presentación y aprobación del plan de capacitaciones ATEX				Gerencia
2	Difusión del plan a personal administrativo				Jefe de SOO
3	Diseño material teórico para la capacitación				Asistentes técnicos de SOO
4	Ejecución de los módulos de capacitación				Jefe SOO - Asistentes - Supervisores
5	Evaluación de conocimientos				Jefe SOO
6	Instalación de señalética ATEX				Equipo de mantenimiento
7	Verificación de señalética				Jefe SOO - Gerencia
8	Evaluación del plan				Departamento de seguridad

*Nota.* El plan de capacitaciones tiene una duración de cuatro meses.

También se presenta la estructura de contenidos del programa de capacitación, en la cual se detallan los temas que serán abordados durante el proceso formativo. Esta organización permite establecer de manera clara los aspectos fundamentales relacionados con la prevención de riesgos en atmósferas explosivas, facilitando la comprensión

progresiva de los conceptos, las medidas de control y las buenas prácticas que deben aplicarse en las actividades diarias del área de producción.

**Tabla 39.**

*Módulos del plan de capacitaciones.*

<b>Número de Módulo</b>	<b>Tema</b>	<b>Duración</b>	<b>Personal</b>
1	Introducción a Las Atmósferas Explosivas (ATEX)	40 min	Personal de producción
2	Identificación de Zonas ATEX y Señalización.	40 min	Personal de producción
3	Manejo de Seguros de Equipos Eléctricos y Sistemas de Ventilación.	40 min	Personal de producción
4	Metodología 5S aplicada a la producción de condimentos.	40 min	Personal de producción
5	Procedimiento de Emergencia y Evacuación en ambientes ATEX.	40 min	Personal de producción
6	Gestión de Riesgos ATEX y Permisos de trabajo.	40 min	Personal de producción, supervisores, área SOO

*Nota.* El plan de capacitaciones está compuesto por 6 módulos, cada uno tiene una duración de 40 minutos.

Como parte complementaria del proceso formativo, se estableció un sistema de seguimiento y retroalimentación orientado a evaluar la efectividad de la capacitación y su impacto en la reducción de conductas inseguras. Este mecanismo contempla observaciones en campo, listas de verificación operativa y evaluaciones del conocimiento aplicado al finalizar cada módulo. A partir de los resultados obtenidos, se podrán ajustar los contenidos y reforzar aquellos aspectos considerados críticos para la prevención de atmósferas explosivas.

## Conclusiones

A partir de la caracterización de las materias primas utilizadas en el área de condimentos, se identificó que la canela, la cebolla y el ajo presentan condiciones que favorecen la formación de atmósferas explosivas, debido a su origen orgánico, bajo contenido de humedad ( $\leq 7\%$ ) y propiedades físicas que facilitan su dispersión. En este sentido, la canela y la cebolla se clasificaron como polvos finos, con tamaños menores a  $250\ \mu\text{m}$  y  $150\ \mu\text{m}$  respectivamente, y con alto potencial de dispersión, mientras que el ajo presentó partículas de mayor tamaño ( $250$  a  $420\ \mu\text{m}$ ) y un nivel de dispersión medio.

Los resultados demuestran que existen niveles elevados de material particulado en todas las actividades del proceso productivo, sin embargo, las concentraciones más altas se dan durante la etapa donde se ejecuta el cargado de la materia prima hacia la tolva. Para ello, la canela tiene valores de hasta  $95\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  para PM 2,5 y  $325\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  para PM 10; la cebolla,  $255\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $275\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; y en el ajo,  $129\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $132\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente. Estos valores son los que nos permitieron identificar que esta operación es el principal punto de generación de polvo dentro del proceso.

A partir de las medidas realizadas y de la frecuencia que el polvo permanece en suspensión, se obtiene que la clasificación de zonas ATEX está contemplada de la siguiente manera: la zona 20 se ve comprendida por la actividad donde se carga la materia prima hacia la tolva, la zona 21 va sellado y termosellado de tapas y fajillas y la zona 22 el área de paletizado. De esta forma se refleja los distintos niveles de riesgo según la operación realizada.

Por otro lado, en base al análisis de las fuentes de ignición es necesario concluir que dentro del área existen equipos eléctricos y sistemas térmicos como la selladora por

inducción y el termo túnel como los principales componentes de riesgos. En cuanto a la probabilidad, las actividades comprendidas entre la carga de materia prima y la limpieza son las que presentan un mayor riesgo, seguidas por el mezclado y la dosificación. De forma general, la evaluación demuestra niveles de riesgo alto en la carga, mezclado y limpieza, y un riesgo moderado en el dosificado y envasado, lo que confirma que el área presenta condiciones críticas.

Como medida de control, se propone el diseño de una campana extractora piramidal, localizada sobre la tolva de dosificación, con el fin de captar todo el polvo combustible generado en este proceso. El sistema está diseñado con una velocidad de recolección de 1.2 m/s, y los ductos deben tener un diámetro de 248 mm, con el fin de conseguir una velocidad de transporte de 20 m/s, evitando la acumulación de partículas. Además, se consideró un ventilador centrífugo anti chispa, con motor trifásico de 3 HP certificado ATEX, junto con otras medidas como la puesta a tierra, el uso de variador de frecuencia y la señalización adecuada. Con esto, se busca reducir la cantidad de polvo en el ambiente y el riesgo asociado.

De manera complementaria, se construyó un plan de emergencias que contiene la identificación de amenazas, rutas de evacuación, procedimientos de actuación y la conformación de brigadas considerando el personal que trabaja en la empresa. También se diseñó un plan de capacitación enfocado en atmósferas explosivas, el control de las fuentes de ignición que existan en el área y la aplicación de medidas preventivas dentro de los procesos de producción.

En conclusión, los resultados muestran que la presencia de polvo combustible, las condiciones del proceso y la existencia de fuentes de ignición en el área de condimentos generan una zona expuesta a la formación de atmósferas explosivas. La concentración de polvo registradas por el equipo, la clasificación de zonas ATEX y la valoración del nivel de

riesgo que esto produce es notable la necesidad de aplicar medidas de control en este lugar de trabajo. En este sentido, la propuesta del sistema de extracción, junto con el plan de emergencias y el de capacitación, permite mejorar las condiciones de seguridad y reducir los riesgos laborales en la empresa.

## Recomendaciones

En función de los resultados obtenidos, se plantean las siguientes recomendaciones para reducir el riesgo de formación de atmósferas explosivas en el área de condimentos y mejorar las condiciones de seguridad. Estas acciones se centran en los puntos críticos determinados durante la evaluación y complementan las medidas propuestas.

Se recomienda, como control, construir un sistema de extracción localizada en la parte superior de la tolva, es decir, en la etapa donde se realiza la carga de materia prima, puesto que en esta operación se registraron las concentraciones más altas de material particulado, superando los  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo que la convierte en el principal foco de generación de polvo.

Es importante mejorar las prácticas de limpieza en el área, evitando el uso de aire comprimido, debido a que esta acción aumenta la dispersión de polvo en toda el área. En su lugar, se recomienda utilizar métodos más seguros, como la limpieza húmeda o equipos de aspiración.

Además, se sugiere reforzar el control de las fuentes de ignición mediante el mantenimiento preventivo y periódico de los equipos eléctricos, como la selladora por inducción y el termo túnel, para reducir el riesgo de chispas o sobrecalentamientos.

Finalmente, se plantea continuar con los programas de capacitación del personal, enfocados en el reconocimiento de los riesgos por polvo combustible y en la aplicación de prácticas seguras en las actividades diarias, con el fin de fortalecer una cultura preventiva dentro del área.

### Referencias Bibliográficas

- Acuerdo Ministerial 13: Reglamento de Seguridad Del Trabajo Contra Riesgos En Instalaciones., 1 (1998).
- Acuerdo Ministerial Nro. MDT-2024-196, 4 (2024). <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/10/ACUERDO-MINISTERIAL-NRO.-MDT-2024-196-signed.pdf>
- Acuerdo Ministerial Nro. MDT-2025-122, 1 (2025). <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2025/09/Acuerdo-Ministerial-Nro.-MDT-2025-122-signed.pdf>
- Alonso Martín, M. del C. (2010). *NTP 0876: Evaluación de los riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas*. <https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/25-serie-ntp-numeros-856-a-890-ano-2011/nota-tecnica-de-prevencion-ntp-876>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. *Registro Oficial*, 449(20), 25–2021. [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- ASPREN. (2018, February 12). *ATEX (Atmósferas Explosivas)*. <https://www.aspren.org/atex-atmosferas-explosivas/>
- Berard, L., Otxoterena, P., & Dederichs, A. (2023). Compounds produced by the pyrolysis of powders and dusts present in the alimentary industry. *Combustion Science and Technology*, 195(3), 419–433. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00102202.2021.1956911>
- Código Del Trabajo, 20 (2020). [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)

- Comunidad Andina. (2004). *Decisión 584: Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo*. Comunidad Andina.
- De Guevara, M. A. L. . (2025). *Prevención de riesgos laborales: MP1782* (1st ed.). Editorial Tutor Formación. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/285808>
- Decreto Ejecutivo N.º 255: Reglamento de Seguridad y Salud En El Trabajo (2024). <https://www.seguridadecuador.com/decreto-255-mayo-2024-reglamento-de-seguridad-y-salud-en-el-trabajo/>
- DEM S.A. (2020). *Seguridad contra incendios* (4th ed.). [https://www.demsa.com.ar/assets/pdf/biblioteca/manual\\_preencion\\_incendios.pdf#page=286.07](https://www.demsa.com.ar/assets/pdf/biblioteca/manual_preencion_incendios.pdf#page=286.07)
- Díaz, J. M. Cortés. (2025). *Técnicas de prevención de riesgos laborales* (12th ed.). Editorial Tebar Flores. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/287849>
- Directiva 1999/92/CE Del Parlamento Europeo y Del Consejo, de 16 de Diciembre de 1999, Relativa a Las Disposiciones Mínimas Para La Mejora de La Protección de La Salud y La Seguridad de Los Trabajadores Expuestos a Los Riesgos Derivados de Atmósferas Explosivas (2000).
- Drysdale, Dougal. (2022). *An introduction to fire dynamics* (3rd ed.). John Wiley & Sons Ltd. [https://books.google.com.ec/books?id=8Au5oOMAdsoC&printsec=frontcover&source=gbv\\_book\\_other\\_versions\\_r&cad=4#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=8Au5oOMAdsoC&printsec=frontcover&source=gbv_book_other_versions_r&cad=4#v=onepage&q&f=false)
- Dufranc, I. M. G., Martínez, V. M., & Martínez, V. M. (2025). Incendios (cada vez más) impredecibles. In *Incendios (cada vez más) impredecibles. Una propuesta*

- interdisciplinar desde la Naturaleza de STEM* (1st ed.). Servicio de Publicaciones e Imagen Institucional. <https://doi.org/10.36443/9791387585099>
- Echaurren, A. N. (2023). Práctica reflexiva docente como método de investigación aplicada en educación. *Revista Realidad Educativa*, 3(1), 24–45. <https://doi.org/10.38123/rre.v3i1.284>
- García Laureano, R. (2025). *Seguridad y salud: MF0075* (1st ed.). Editorial Tutor Formación. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/289970>
- Ghajar, A., & Cengel, Y. (2021). *Heat and mass transfer: fundamentals and applications*.
- Hoyuelos Álvaro, F. J., Santamaría Herrera, A., & Casado Marcos, C. (2022). *Guía práctica ATEX madera*.
- INEN 731:Extintores Portátiles y Estacionarios Contra Incendios (2009). <https://es.scribd.com/document/295161924/INEN-de-Extintores-731>
- Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo. (2020). *Revista Seguridad y Salud en el Trabajo*. 6–12. <http://www.insht.es>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (1982). *NTP 29: Instalaciones de recogida de polvos combustibles. Control del riesgo de explosión*.
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (1995). *NTP 369: Atmosferas potencialmente explosivas: instalaciones eléctricas*. <https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/11-serie-ntp-numeros-366-a-400-ano-1996/ntp-369-atmosferas-potencialmente-explosivas-instalaciones-electricas>

- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2003). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo* (Madrid, junio 2021). Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. <http://cpage.mpr.gob.es>
- International Electrotechnical Commission. (2019). *IEC 60079: Explosive atmospheres*. IEC.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 45001:2018 Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo — Requisitos con orientación para su uso*.
- International Organization for Standardization. (2025, December 10). *ISO 13943 - Seguridad contra incendios*. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0060846>
- International Organization for Standardization. (2026). Reacción en cadena del fuego. In *ISO 3941:2026 — Classification of fires*. <https://chatgpt.com/c/697e1e0a-afc0-832d-a2b0-87b8ef664ab5>
- Manterola, C., Hernández-Leal, M. J., Otzen, T., Espinosa, M. E., Grande, L., Manterola, C., Hernández-Leal, M. J., Otzen, T., Espinosa, M. E., & Grande, L. (2023). Estudios de corte transversal: Un diseño de investigación a considerar en ciencias morfológicas. *International Journal of Morphology*, 41(1), 146–155. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022023000100146>
- Martin Alonso, M. del C. (2009). *Explosive atmospheres: Methodology on risk assessment of unit operations and equipment*. <https://www.insst.es/documents/94886/362212/Evaluaci%C3%B3n+de+riesgos+en+a>

tm%C3%B3sferas+explosivas+%28ATEX%29.+Poster+t%C3%A9cnico.+A%C3%B1o+2009.pdf

Ministerio de Trabajo. (1984). *NTP 99: Métodos de extinción y agentes extintores*.

<https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/3-serie-ntp-numeros-086-a-120-ano-1984/ntp-99-metodos-de-extincion-y-agentes-extintores>

Moroń, W., & Ferens, W. (2024). Analysis of fire and explosion hazards caused by industrial dusts with a high content of volatile matter. *Fuel*, 355, 129363.

<https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2023.129363>

National Fire Protection Association. (2019). *NFPA 652: standard on the fundamentals of combustible dust*. National Fire Protection Association (NFPA). [www.nfpa.org](http://www.nfpa.org).

National Fire Protection Association. (2024a). *NFPA 70E: standard for electrical safety in the workplace*. NFPA.

National Fire Protection Association. (2024b). *NFPA Fire Protection Handbook* (21st ed.). National Fire Protection Association.

National Fire Protection Association. (2026). *NFPA 10: Norma para extintores portátiles*. <https://www.nfpa.org>

Nestlé. (2018, September 4). *La familia Nestlé da la bienvenida a Terrafertil*.

<https://www.nestle.com.ec/es/media/news/la-familia-nestle-da-la-bienvenida-terrafertil>

- Ordenanza Metropolitana No. 470: Incendios, 2 (2013).  
<https://es.scribd.com/doc/264947116/0001-Ordenanza-470-Incendios-Quito-Con-Anexos>
- Organización Internacional del Trabajo. (1981). *Convenio sobre seguridad y salud de los trabajadores, 1981 (núm. 155)*. OIT.
- Parlamento Europeo, & Consejo de la Unión Europea. (2012). Directiva 2012/18/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de julio de 2012, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. In *Diario Oficial de la Unión Europea* (Number L 197, pp. 1–37). Unión Europea.
- Perelli, S., D'Angelo, D., & Pellegrini, L. (2023). Analysis of dust fires and explosions in the food processing industry. *Chemical Engineering Transactions*, 104, 169–174.  
<https://doi.org/10.3303/CET23104029>
- Ramos-Galarza, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Real Decreto 681/2003*. (2003).
- Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios, 3 (2009).  
[www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Rojas, W. (2022). La relevancia de la investigación cualitativa. *Stodium Veritatis*, 20(2022), 79–97.  
[https://www.academia.edu/98869408/La\\_relevancia\\_de\\_la\\_investigaci%C3%B3n\\_cualitativa](https://www.academia.edu/98869408/La_relevancia_de_la_investigaci%C3%B3n_cualitativa)

- Santamaría, A. (2024). *Productos pulverulentos y la formación de atmósferas explosivas* [Universidad de Burgos].  
<https://aplicaciones.ciencia.gob.es/teseo/#/tesis/O839988/detalle>
- Semawi, N. H., Sulaiman, S. Z., Gimbun, J., Md Kasmani, R., Abdul Mudalip, S. K., Che Man, R., Md Shaarani, S., & Mohd Arshad, Z. I. (2023). Preliminary study on food-based dust explosion: effect of physicochemical properties and thermal behavior. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2023.04.674>
- Specifex. (2024, August 20). *Comprensión de los parámetros de riesgo de explosión de polvo*. Dust Explosion Risk Parameters.  
<https://specifex.com/blogs/atex/understanding-dust-explosion-risk-parameters-in-hazardous-environments>
- Supo, J. (2025). *Niveles de investigación: Una clasificación emergente fundamentada en el análisis de datos para la investigación científica* (1st ed., Vol. 1). Bioestadístico.  
[https://bioestadistico.com/libro/Supo\\_2025\\_Niveles\\_de\\_Investigacion.pdf](https://bioestadistico.com/libro/Supo_2025_Niveles_de_Investigacion.pdf)
- Támara, V. G. (2022). Enfoque cuantitativo: taxonomía desde el nivel de profundidad de la búsqueda del conocimiento. *Llalliq*, 2(1), 13.  
<https://doi.org/10.32911/llalliq.2022.v2.n1.936>
- Tuchman, R., & Brinkley, R. (1990). *A history of the Bureau of Mines Pittsburgh research center*. <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/9743>
- Vito Duque, N. L. (2024). *Estudio de los riesgos de explosión e incendio y propuesta de medidas correctoras en la línea de fabricación de sopas deshidratadas de una industria alimentaria*. Universitat Politècnica de València.  
<https://riunet.upv.es/handle/10251/209495>

- Wang, C., Li, C., Tong, W., & Ji, J. (2026). Experimental study on the dynamic development of burning parameters of an unbounded fuel layer on a steel substrate. *Fire Safety Journal*, 159. <https://doi.org/10.1016/J.FIRESAF.2025.104597>
- WEG. (n.d.). *Áreas clasificadas IEC-Ex/ATEX*. Retrieved March 24, 2026, from <https://www.weg.net/catalog/weg/US/es/Motores-El%C3%A9ctricos/Motor-de-Inducc%C3%ADon---IEC/%C3%81reas-clasificadas-IEC---Ex-ATEX>
- Yuan, Z., Khakzad, N., Khan, F., & Amyotte, P. (2015). Dust explosions: A threat to the process industries. *Process Safety and Environmental Protection*, 98, 57–71. <https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2015.06.008>

## Apéndice

## Apéndice A. Autorización para el uso de datos de Terrafertil S.A.



Tabacundo, 24 de Marzo de 2026

Señor

**Steven Carvajal**

Presente. -

De mi consideración. -

Por medio de la presente, yo, Xavier Valencia en mi calidad de Apoderado Especial de TERRAFERTIL S.A., autoriza al colaborador Steven Carvajal, quien actualmente se encuentra cursando la Maestría en Seguridad Industrial, a utilizar información de la empresa con fines exclusivamente académicos para el desarrollo de su trabajo de investigación.

La información autorizada corresponde al Plan de Emergencias de TERRAFERTIL y a las Fichas Técnicas de la canela, cebolla en polvo y ajo granulado.

El plazo de esta autorización será de tres (3) meses, contados a partir del presente mes en curso.

Se deja constancia de que la información proporcionada deberá ser utilizada únicamente para fines académicos, manteniendo la confidencialidad y reserva correspondiente, sin que pueda ser divulgada a terceros ajenos a dicho propósito.

En constancia de lo anterior, suscribo el presente documento.

Xavier Valencia



**Apoderado Especial****TERRAFERTIL S.A.**

MÉXICO | ECUADOR | CHILE | COLOMBIA | PERÚ | BRASIL | UK | USA | REPÚBLICA DOMINICANA

TERRAFERTIL S.A.

Principal s/n via Laguna de Mojanda, Telf: (+593) 2 361 4127 / 2 361 4122, Tabacundo - Ecuador  
Av. 6 de Diciembre E10A y Juan Boussingault, ED. T6, Of. 506, (+593) 2 475 0914, Quito - Ecuador


## Apéndice B. Ficha técnica de la canela.

FICHA TÉCNICA DE PRODUCTO TERMINADO		CORPORATIVO
		Código: R-CCA-07-06
<b>TERRAFERTIL</b>		Versión: 04
• ECUADOR • MÉXICO • COLOMBIA • PERÚ • CHILE • BRASIL • UK • USA		Página: 1 de 1
<h3>2 PT CANELA MOLIDA BULK</h3>		
<b>DESCRIPCIÓN</b> Corteza limpia, seca y molida del árbol canelo (Cinnamomum zeylanicum o Cinnamomum verum).		
<b>ENVASE PRIMARIO</b> Funda flexible multicapa	<b>ENVASE SECUNDARIO</b> Caja de cartón corrugado	
<b>ESPECIFICACIONES DE TOLERANCIA</b> HUMEDAD: <14% Café rojizo Aromático característico Flujo libre		
<b>ALMACENAMIENTO</b> Mantener el producto en un lugar limpio, fresco, seco y libre de olores extraños.		
<b>VIDA ÚTIL</b> Doce meses sin abrir el embalaje de origen, en condiciones de almacenamiento y transporte adecuados		
<b>USO PREVISTO</b> Apto para Todo tipo de personas Método de Consumo Como ingrediente de platos salados o dulces. No requiere de cocción o tratamiento, es de consumo directo. Mercado Objetivo Producto para todo tipo de personas		
<b>USO INADECUADO</b> Evitar el uso en padecimientos gastrointestinales		
<b>PESO NETO UNIDAD</b> Producto al granel		
<b>CALIDAD MICROBIOLÓGICA</b>		
Aerobios Totales		<100000 UFC/g
Coliformes		<100 UFC/g
E. Coli		<10 UFC/g
Mohos y levaduras		<1000 UFC/g
Enterobacterias		<100 UFC/g
Salmonella en 25 g		AUSENCIA EN 25g
CODIGO BPM		0043-BPM-AN-0514
<b>FECHA ULTIMA REVISIÓN</b>		<b>VERSIÓN</b>
24-feb-25		05
<b>AVISO ALERGÉNICO:</b> El producto fue elaborado en una planta que procesa: maní, nueces de árbol, trigo, sultitos, lactosa / leche y tartrazina.		
Elaborado por:	Revisado por:	Valido a partir de:
DESS	KSYC	19/03/2021
Aprobado por:		CRGP

Apéndice C. Ficha técnica de la cebolla.

<b>FICHA TÉCNICA DE PRODUCTO TERMINADO</b>		<b>CORPORATIVO</b>	
		Código:	R-CCA-07-06
		Versión:	04
		Página:	1 de 1
• ECUADOR • MÉXICO • COLOMBIA • PERU • CHILE • BRASIL • UK • USA			




**TERRAFERTIL**

## CEBOLLA EN POLVO

<b>DESCRIPCIÓN</b>	Bulbos de cebolla lavada, secada y deshidratada
<b>ENVASE PRIMARIO</b>	Funda flexible multicapa
<b>ENVASE SECUNDARIO</b>	Caja de cartón corrugado
<b>ESPECIFICACIONES DE TOLERANCIA</b>	
<b>ESPECIFICACIONES FÍSICO-QUÍMICAS</b>	HUMEDAD: <9%
<b>COLOR</b>	Blanco a beige claro
<b>OLOR-SABOR</b>	Moderadamente aromático característico
<b>ASPECTO</b>	Polvo granulado suelto
<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>VIDA ÚTIL</b>
Mantener el producto en un lugar fresco y seco. No exceder los 20°C, ni el 65% de humedad relativa	Doce meses sin abrir el embalaje de origen, en condiciones de almacenamiento y transporte adecuado
<b>USO PREVISTO</b>	<b>USO INADECUADO</b>
Apto para toda la población	Puede favorecer la halitosis. Contiene sustancias biocidas, por lo que es de riesgo en personas con problemas de tiroides; produce flatulencia, por su contenido de oligosacáridos y otros compuestos no biotransformables (rafinosa, estaquosa, verbascosa y arabinosa), por lo que debe evitarse en paciente con colostomía e ileostomía; en reflujo gastroesofágico, gastroenteritis, diarrea, colitis, colon irritable, colecistitis y colelitiasis.
Método de Consumo como ingrediente en platos salados o dulces. No requiere cocción o tratamiento alguno, es de consumo directo.	
Producto para todo tipo de personas	



Producto al granel


<b>PESO NETO UNIDAD</b>	<b>CALIDAD MICROBIOLÓGICA</b>
	<100000 UFC/g
<b>Aerobios Totales</b>	<100 UFC/g
<b>Coliformes</b>	<10 UFC/g
<b>E. Coli</b>	<1000 UFC/g
<b>Mohos y levaduras</b>	AUSENCIA EN 25 g
<b>Enterobacterias</b>	0043-BPM-AN-0514
<b>Salmonella en 25 g</b>	
<b>CODIGO BPM</b>	
<b>FECHA ULTIMA REVISIÓN</b>	<b>VERSIÓN</b>
18-may-21	02

<b>AVISO ALERGÉNICO:</b> El producto fue elaborado en una planta que procesa: maní, nueces de árbol, trigo, sulfitos, lactosa / leche y tartrazina.	
Elaborado por:	Revisado por:
<b>DESS</b>	<b>KSVC</b>
Aprobado por:	
<b>CRGP</b>	
Valido a partir de:	
<b>19/03/2021</b>	


Apéndice D. Ficha técnica del ajo.

<b>FICHA TÉCNICA DE PRODUCTO TERMINADO</b>		<b>CORPORATIVO</b>	
		Código:	R-CCA-07-06
		Versión:	04
		Página:	1 de 1
• ECUADOR • MÉXICO • COLOMBIA • PERU • CHILE • BRASIL • UK • USA			
<b>AJO GRANULADO GRANEL</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Ajo lavado, deshidratado y molido. Tamaño 40 - 60 mesh		
<b>ENVASE PRIMARIO</b>	<b>ENVASE SECUNDARIO</b>		
Funda flexible multicapa	Caja de cartón corrugado		
<b>ESPECIFICACIONES DE TOLERANCIA</b>			
<b>ESPECIFICACIONES FÍSICO-QUÍMICAS</b>	HUMEDAD: <7%		
<b>COLOR</b>	Blanco con partes amarillentas		
<b>OLOR-SABOR</b>	Aromático picante, ligeramente dulce, característico		
<b>ASPECTO</b>	Flujo libre		
<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>VIDA ÚTIL</b>		
Mantener el producto en un lugar fresco y seco. No exceder los 20°C, ni el 65% de humedad relativa, evitando la luz directa del sol y el aire	Doce meses sin abrir el embalaje de origen, en condiciones de almacenamiento y transporte adecuados		
<b>USO PREVISTO</b>	<b>USO INADECUADO</b>		
Apto para Método de Consumo Mercado Objetivo	Todo tipo de personas Puede ser consumido como ingrediente en especia o condimento Producto para todo tipo de personas		
<b>AVISO ALERGÉNICO: El producto fue elaborado en una planta que procesa: maní, nueces de árbol, trigo, sulfitos, lactosa / leche y tartrazina.</b>			
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Valido a partir de:
<b>DESS</b>	<b>KSVC</b>	<b>CRGP</b>	<b>19/03/2021</b>



<b>PESO NETO UNIDAD</b>	Producto al granel
<b>CALIDAD MICROBIOLÓGICA</b>	
<b>Aerobios Totales</b>	<100000 UFC/g
<b>Coliformes</b>	<100 UFC/g
<b>E. Coli</b>	<10 UFC/g
<b>Mohos y levaduras</b>	<1000 UFC/g
<b>Enterobacterias</b>	
<b>Salmonella en 25 g</b>	Ausencia en 25 g
<b>CODIGO BPM</b>	0043-BPM-AN-0514
<b>FECHA ULTIMA REVISIÓN</b>	29-mar-21
<b>VERSIÓN</b>	02

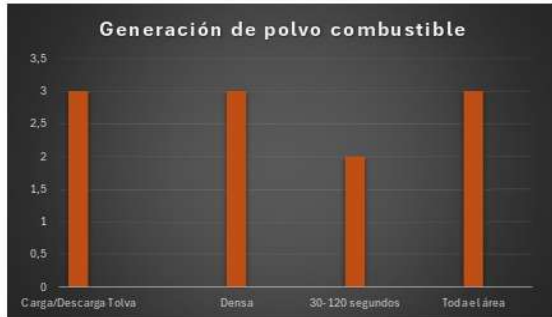
## Apéndice E. Matriz evaluación del área.

	<b>Apéndice E. Matriz estructurada de identificación de condiciones generadoras de polvo combustible. Basado en la NFPA 652 Y Guía INSST.</b>		<b>Departamento SST</b>		
			Código:	R-ATEX-STCC-26-TESIS	
			Versión:	1	
			Página:	1 de 1	
Área evaluada:	Condimentos	Fecha de evaluación:	25/2/2026		
Turno:	2	Hora:	12:10:00		
Recuerde seleccionar el ítem que mayor se observa. El nivel de riesgo debe ser evaluado según lo siguiente, Riesgo alto 3, riesgo medio 2, Riesgo bajo 1.					
<b>Generación de polvo (Nube suspendida)</b>					
Criterio de evaluación	Ítem	Condición Observada	Ítem seleccionado	Nivel de riesgo	Observación Técnica
¿En qué etapa del proceso se levanta más polvo?	1	Carga / Descarga Tolva	<b>1</b>	<b>3</b>	Se nota la nube de polvo al cargar la mpa en la to
	2	Mezclado			
	3	Envasado			
	4	Limpieza en seco			
¿Se forma nube visible?	1	Leve	<b>3</b>	<b>3</b>	La nube de polvo es visible y densa
	2	Moderada			
	3	Densa			
¿Cuánto tiempo permanece visible en el aire?	1	5 - 30 segundos	<b>2</b>	<b>2</b>	El tiempo en el aire dura de 30 a 120 segundos
	2	30 - 120 segundos			
	3	> 2 minutos			
¿El polvo se dispersa por toda el área o solo en un punto?	1	Toda el área	<b>1</b>	<b>3</b>	La nube de polvo se espase por toda el area
	2	Punto específico			
Recuerde que para los siguientes criterio evaluados se debe considerar su nivel de criticidad. Si el riesgo es bajo, su valor sera 1. Si el riesgo es Medio, valor 2. Si el Riesgo es Alto, valor 3. Si el riesgo es Muy					
<b>Acumulación de polvo</b>					
Criterio de evaluación	Condición Observada	Valorización	Observación Técnica		
¿Existe acumulación de polvo en las siguientes localizaciones ?	Superficies horizontales	2	La acumulación de polvo es visible a simple vista		
	Motores eléctricos	3			
	Tableros eléctricos	2			
	Vigas o estructuras superiores	3			
	Luminarias	2			
	Parte superior de maquinaria	3			
	Piso	1			
Recuerde que para el aspecto de ventilación, si es buena se le da una puntuación de 3 si es regular 2 y si es mala o no existe 0.					
<b>Ventilación</b>					
Criterio de evaluación	Condición Observada	Valorización	Observación Técnica		
¿El polvo "sale" del área o se queda suspendido? ¿Se percibe circulación del aire?	Ventilación natural	0,3	En el area existen dos extractores		
	Extractores mecánicos	2			
	Extracción localizada en tolva	0			
	No existe sistema específico	0			
Recuerde que para los siguientes criterio evaluados se debe considerar su nivel de criticidad. Si el riesgo es bajo, su valor sera 1. Si el riesgo es Medio, valor 2. Si el Riesgo es Alto, valor 3.					
<b>Fuentes potenciales de ignición</b>					
Criterio de evaluación	Condición Observada	Valorización	Observación Técnica		
¿Existe fuentes potenciales de ignición en el área?	Motores eléctricos en operación continua	3			
	Tableros eléctricos	3			
	Contactos expuestos	2			
	Superficies calientes	3			
	Fricción Mecánica	2			
	Bandas transportadoras	3			
	Posible generación de electricidad estática	2			
	Uso de herramientas metálicas	0			
	Si la limpieza es realizada conforme lo indica la condición observada por favor marque la casilla, o caso contrario no.				
<b>Condiciones de orden y limpieza</b>					
Criterio de evaluación	Condición Observada	Verificación	Observación Técnica		
¿La limpieza en el área cada que tiempo se la ejecuta y bajo que circunstancias?	Limpieza diaria	<input checked="" type="checkbox"/>			
	Limpieza semanal	<input checked="" type="checkbox"/>			
	Uso de aire comprimido para limpiar	<input checked="" type="checkbox"/>			
	Limpieza de vigas o superficies horizontales	<input checked="" type="checkbox"/>			
	Uso de aspiradora industrial	<input type="checkbox"/>			
	Se barre en seco	<input checked="" type="checkbox"/>			
<b>Confinamiento del área</b>					
Criterio de evaluación	Condición Observada	Valorización	Observación Técnica		
¿El confinamiento del área se ve comprendido por ?	Área cerrada completamente	3			
¿Hay techos bajos?	Semi abierta	0			
¿Hay acumulación en altura?	Abierta	0			

**RESUMEN GERENCIAL**

**Generación de polvo combustible (Nube suspendida)**

Condición Observada	Criterio	Dato Seleccionado	Nivel de riesgo
Carga / Descarga Tolva	1	Carga/Descarga Tolva	3
Mezclado			
Envasado			
Limpieza en seco			
Leve	2	Densa	3
Moderada			
Densa	3	30-120 segundos	2
5 - 30 segundos			
30 - 120 segundos			
> 2 minutos	4	Toda el área	3
Toda el área			
Punto específico			



**Acumulación de polvo**

Condición Observada	Valorización
Superficies horizontales	2
Motores eléctricos	3
Tableros eléctricos	2
Vigas o estructuras superiores	3
Luminarias	2
Parte superior de maquinaria	3
Piso	1



**Ventilación**

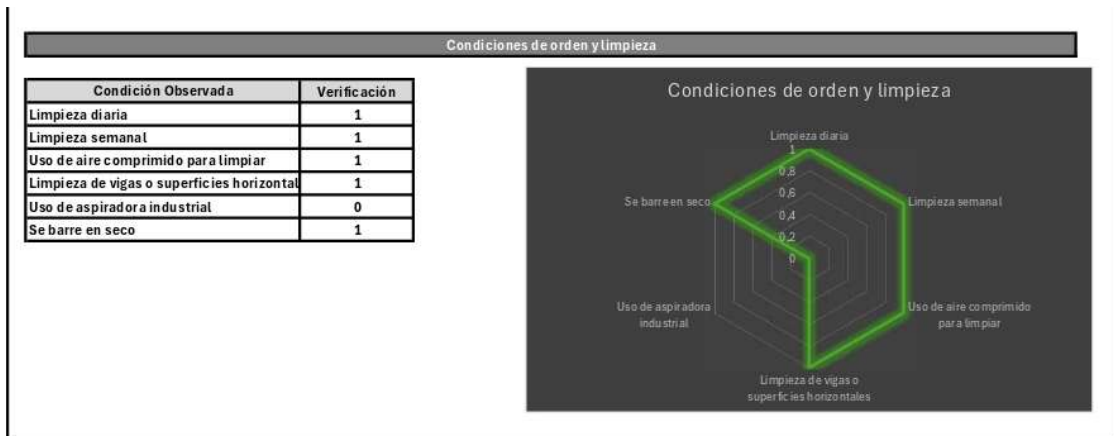
Condición Observada	Valorización
Ventilación natural	0,3
Extractores mecánicos	2
Extracción localizada en tolva	0
No existe sistema específico	0




**Fuentes potenciales de ignición**

Condición Observada	Valorización
Motores eléctricos en operación continua	3
Tableros eléctricos	3
Contactos expuestos	2
Superficies calientes	3
Fricción Mecánica	2
Bandas transportadoras	3
Posible generación de electricidad estática	2
Uso de herramientas metálicas	0





## Apéndice F. Matriz evaluación de riesgo ATEX.

		<b>Apéndice F - Evaluación de Riesgos en Atmósferas explosivas ATEX - Basada en El Real Decreto 681</b>		<b>Departamento SST</b>	
		Código:	R-ATEX-STCC-26-TESES		
		Versión:	1		
		Página:	1 de 1		
Área evaluada :	Condimentos	Fecha de evaluación:	10/3/2026		
Turno:		Hora :	12:10:00		
1 - IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS					
Sustancia	Estado	Tamaño de partícula	Humedad	Combustible	Observación
Canela	Polvo	<250 µm	<10%	<input checked="" type="checkbox"/>	Productos orgánicos
Cebolla	Polvo	<250 µm	<10%	<input checked="" type="checkbox"/>	
Ajo	Granulado Fino	250-420 µm	Bajo	<input checked="" type="checkbox"/>	
2 - POSIBILIDAD DE FORMACIÓN ATEX					
Proceso	Generación de polvo	Posibilidad nube de polvo	Observación		
Limpieza del área	Alta	Alta	Uso de aire comprimido		
Carga de materia prima en la tolva	Alta	Alta	Descarga de sacos		
Mezclado mp en la tolva	Media	Media	Movimiento continuo		
Dosificado	Media	Media	Manipulación directa		
Envasado	Baja	Baja	Sistema parcialmente cerrado		
Sellado	Baja	Baja	No genera polvo		
Paletizado	Muy Baja	Muy Baja	Producto ya sellado		
3 - IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES FUENTES DE IGNICIÓN					
Equipo / Elemento	Tipo de fuente de ignición	Nivel de riesgo	Condición observada		
Motores eléctrico de los equipos	Chispa eléctrica o calentamiento	2	Funcionamiento continuo		
Tableros eléctricos	Cortocircuito o chispa	2	Instalación eléctrica		
Selladora por inducción	Superficies calientes	3	Generación de calor		
Termotúnel	Superficies calientes	3	Uso de resistencias térmicas		
Bandas transportadoras	Fricción Mecánica	1	Movimiento continuo		
Electricidad estática	Descarga de electricidad estática	2	Manipulación de envases y polco		
4 - DETERMINACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE ACTIVACIÓN DE DICHAS FUENTES					
Proceso	Presencia de polvo	Formación de nube	Fuente de ignición	Probabilidad	
Limpieza	Alto	Alto	Medio	Alto	
Carga de materias primas	Alto	Alto	Medio	Alto	
Mezclado	Alto	Medio	Medio	Medio	
Dosificado	Medio	Medio	Medio	Medio	
Envasado	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	
5 - ESTIMACIÓN DE LOS POSIBLES EFECTOS DE UNA EXPLOSIÓN					
Proceso	Personas expuestas	Daño a instalaciones	Impacto en la operación	Nivel de consecuencia	
Limpieza	3	2	2	3	
Carga de materias primas	3	3	3	3	
Mezclado	2	3	2	2	
Dosificado	2	2	2	2	
Envasado	1	2	2	2	
6 - Valoración del riesgo en ATEX					
Proceso	Probabilidad	Consecuencia	Nivel de riesgo		
Limpieza	Frecuente	Importante	A	Riesgo intolerable	
Carga de materias primas	Frecuente	Catastrófico	A	Riesgo intolerable	
Mezclado	Probable	Importante	A	Riesgo intolerable	
Dosificado	Ocasional	Secundario	B	Riesgo alto	
Envasado	Ocasional	Secundario	B	Riesgo alto	

RESUMEN GERENCIAL					
Identificación de peligros					
Sustancia	Estado	Tamaño de partícula	Humedad	Combustible	Observación
Canela	Polvo	<250 µm	<10%	<input checked="" type="checkbox"/>	Productos orgánico
Cebolla	Polvo	<250 µm	<10%	<input checked="" type="checkbox"/>	
Ajo	Granulado Fino	250-420 µm	Bajo	<input checked="" type="checkbox"/>	
Posibilidad de Formación ATEX					
Proceso		Valorización			
Limpieza del área		3			
Carga de materia prima en la tolva		3			
Mezclado mp en la tolva		2			
Dosificado		2			
Envasado		1			
Sellado		1			
					
Identificación de posibles fuentes de ignición					
Condición Observada		Valorización			
Motores eléctrico de los equipos		2			
Tableros eléctricos		2			
Selladora por inducción		3			
Termotúnel		3			
Bandas transportadoras		1			
Electricidad estática		2			
					
Determinación de la probabilidad de activación de dichas fuente					
Proceso		Probabilidad			
Limpieza		3			
Carga de materias primas		3			
Mezclado		2			

Dosificado	2
Envasado	1



Estimación de los posibles efectos de una explosión

Proceso	Personas expuestas	Daño a instalaciones	Impacto en la operación	Nivel de consecuencia
Limpieza	3	2	2	3
Carga de materias primas	3	3	3	3
Mezclado	2	3	2	2
Dosificado	2	2	2	2
Envasado	1	2	2	2



Valoración del riesgo en ATEX

Proceso	Probabilidad	Consecuencia	Nivel de Riesgo
Limpieza	Frecuente	Importante	3
Carga de materias primas	Frecuente	Castrofico	3
Mezclado	Probable	Importante	3
Dosificado	Ocasional	Secundario	2
Envasado	Ocasional	Secundario	2




**Apéndice G. Manual del equipo PCE – MPC 10.**

<b>Apéndice G</b>		
	<b>Manual del Equipo Particle Counter PCE-MPC 10</b>	<b>Código:</b> PCE-MPC-10
		<b>Revisión:</b> 1 de 1
		<b>Vigencia:</b> 2026

**MANUAL DEL MEDIDOR PARTICLE COUNTER PCE-MPC 10**



**Contenido**

Introducción .....	3
Características .....	4
Accesorios .....	4
Parámetros que mide el equipo Particle Counter PCE-MPC 10 .....	4
Tabla de referencia (Parámetros para la salud) .....	5
Precauciones .....	5
Descripción del equipo .....	6
Instrucciones de uso .....	7
Encender el equipo .....	7
Medición de PM 2.5 / PM 10 .....	8
Modo de funcionamiento .....	8
Apagado del equipo .....	8

### Introducción

El Particle Counter PCE-MPC 10 es un equipo portátil de monitoreo ambiental diseñado para la evaluación integral de la calidad del aire en interiores. El dispositivo permite la medición simultánea de los siguientes parámetros:

- Índice de Calidad del Aire (AQI)
- Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)
- Compuestos Orgánicos Volátiles Totales (TVOC)
- Material Particulado PM2.5
- Material Particulado PM10

El equipo está orientado al control y seguimiento de contaminantes atmosféricos en tiempo real, facilitando la toma de decisiones en materia de seguridad industrial, higiene ocupacional y control ambiental.

Su diseño compacto y portátil permite una operación sencilla y versátil en diferentes entornos laborales, proporcionando visualización inmediata de los valores registrados mediante su pantalla integrada. Esto posibilita la evaluación continua de las condiciones ambientales y la implementación oportuna de medidas correctivas cuando los niveles superan los límites establecidos por normativa aplicable.



### Características

- Integra una pantalla LED a color que muestra de manera simultánea los valores registrados y el estado de funcionamiento del instrumento.
- Posee aberturas destinadas a la admisión y expulsión del aire, permitiendo un adecuado proceso de muestreo ambiental.
- Incorpora un botón principal para el encendido y apagado del dispositivo.
- Dispone de controles laterales que facilitan la navegación y selección de los distintos parámetros de medición.
- Está equipado con una batería recargable de 3000 mAh, que proporciona autonomía suficiente para jornadas de monitoreo.
- Presenta dimensiones aproximadas de 15,9 cm × 7,1 cm × 3,7 cm, favoreciendo su ergonomía y facilidad de transporte.
- Cuenta con sistema de desconexión automática tras 5 minutos sin uso, contribuyendo a la eficiencia energética.
- Su diseño compacto y liviano lo hace adecuado para inspecciones en diferentes ubicaciones y evaluaciones en campo.

### Accesorios


- Manual de usuario
- Cable USB Tipo C.

### Parámetros que mide el equipo Particle Counter PCE-MPC 10

Parámetro	Descripción
AQI	Partículas finas $\leq 2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
PM 2.5	Partículas $\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
PM 10	Partículas $\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
TVOC	Compuestos orgánicos volátiles presentes en el ambiente, generalmente asociados a emisiones de productos químicos y materiales.
CO2	Gas dióxido de carbono, utilizado como parámetro para evaluar la ventilación y renovación del aire en espacios interiores.

*Nota.* Parámetros medidos por el equipo.

Tabla de referencia (Parámetros para la salud)

Equipo	Estado	AQU1	PM 2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
	Bueno	$\leq 50$	$\leq 12$	$\leq 54$
	Moderado	51-100	12.1-35.4	55-154
	Nocivo para grupos sensibles	101-150	35.5-55.4	155-254
	Nocivo	151-200	55.5-150.4	255-354
	Muy Nocivo	2001-300	150.5-250.4	355-424
	Peligroso	$\geq 301$	$\geq 200.5$	$\geq 425$

Nota. Parámetros utilizados para la evaluación de material particulado.


### Precauciones

- No desmontar el equipo, ya que cualquier manipulación interna puede alterar su calibración y afectar la precisión de los resultados. Además, podría comprometer su correcto funcionamiento.
- Es importante evitar golpes o impactos fuertes, debido a que los componentes internos pueden dañarse fácilmente, lo que reduciría la vida útil del equipo o generaría mediciones inexactas.
- Para la limpieza no se deben utilizar solventes ni agua, ya que estos pueden deteriorar las superficies, los sensores o los circuitos internos. Se recomienda emplear únicamente los productos indicados por el fabricante.
- No es recomendable realizar mediciones inmediatamente después de un cambio de ambiente (por ejemplo, variaciones de temperatura o humedad), ya que el equipo necesita un tiempo de estabilización para garantizar lecturas confiables.

- Durante el proceso de medición, el equipo debe mantenerse estable y sin movimientos bruscos, puesto que cualquier agitación puede interferir en la captura de datos y afectar la exactitud del resultado.

### Descripción del equipo



Botones	Funciones
AQUÍ	- Indica el índice de calidad de aire. Presione nuevamente para silenciar el sonido.
PM 2.5 PM 10	- Contador de partículas,cambia entre PM 2.5, PM10.Presione de nuevo para ver la grafica de tendencia.
CO2	- Muestra los niveles de dióxido de carbono (CO2) y TVOC. Presione de nuevo para ver la muestra grafica de CO2.
/ ▶	- Presione para alternar entre el estado de funcionamiento y bloqueado.
	- Toque para encender,mantenga presionado durante 5 segundos y luego suelte para apagar.

#### Instrucciones de uso

##### Encender el equipo.

1. Antes de iniciar cualquier medición, se debe comprobar que el equipo cuente con carga suficiente para garantizar su correcto funcionamiento durante todo el proceso. Esto evita interrupciones inesperadas y posibles pérdidas de información.
2. Verificar que el equipo se encuentre en buen estado de limpieza, asegurándose especialmente de que las rejillas de ventilación o entrada de aire no estén obstruidas, ya que cualquier bloqueo podría afectar el desempeño del sensor y la precisión de las lecturas.
3. Para encender el equipo, mantener presionado el botón central durante aproximadamente dos segundos, hasta que la pantalla o los indicadores luminosos confirmen que el dispositivo ha iniciado correctamente.

4. Una vez encendido, es necesario esperar alrededor de 60 segundos para permitir que el sensor alcance condiciones estables de operación. Este tiempo de estabilización es fundamental para obtener resultados confiables.
5. Finalmente, utilizar los botones de navegación para desplazarse por el menú y seleccionar el parámetro que se desea medir, verificando en pantalla que la opción elegida sea la correcta antes de comenzar la medición.

#### **Medición de PM 2.5 / PM 10**

- Pulsar la tecla PM 2.5 en el área que desea realizar la medición.



- Colocar el equipo en posición vertical.
- Una vez ubicado el equipo se debe esperar 60 segundos para que el sensor pueda estabilizar la lectura, aspirar el aire.
- Registrar el valor final mostrado en la pantalla del dispositivo como el área evaluada, hora, fecha y valores medidos.

#### **Modo de funcionamiento**


Cuando se encuentra en modo funcionamiento el detector indica los datos detectados actuales en tiempo real, su indicador es running.

Si se encuentra en modo bloqueado, siempre permanece en la interfaz de medición actual y no actualiza los datos de medición.

#### **Apagado del equipo**

- Presionar el botón de apagado durante 3 segundos.
- Verificar que la pantalla se apague completamente.
- Guardar el equipo en su caja para evitar daños.

## Apéndice H. Plan de Emergencias.

	<p>Apéndice H – Plan de Emergencias</p>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mcs-03-26
		Versión:	01
		Página:	1 de 29

FÁBRICA TERRAFERTIL S.A.



# TERRAFERTIL

### DATOS INFORMATIVOS

**Razón Social:** Terrafertil S.A.

**Dirección:** Principal S/N Vía a laguna de Mojanda

**Número de personas:** 235

**Fecha de Elaboración:** marzo 2026


Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>2 de 29</b>

## ÍNDICE GENERAL

FÁBRICA TERRAFERTIL S.A.....	1
ÍNDICE GENERAL.....	2
1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	4
<b>1.1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO.</b> ....	4
<b>1.2. MEDIDAS DE SUPERFICIE Y ÁREA DE TRABAJO.</b> ....	4
<b>1.3. PERSONAL DE LA EMPRESA.</b> ....	4
<b>1.2. SITUACIÓN GENERAL FRENTE A EMERGENCIAS.</b> .....	6
2. IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGOS .....	7
<b>2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES:</b> .....	7
<b>2.2. FACTORES EXTERNOS QUE GENERAN POSIBLES AMENAZAS:</b> .....	10
3. EVALUACIÓN DE RIESGOS CONTRA INCENDIOS.....	11
<b>3.1. Análisis del Riesgo de Incendio (MESERI).</b> .....	12
<b>3.2. ESTIMACIÓN DE DAÑOS Y PÉRDIDAS.</b> .....	14
<b>3.3. PRIORIZACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGO.</b> .....	14
4. PREVENCIÓN Y CONTROL DE RIESGOS.....	14
<b>4.1. ACCIONES PREVENTIVAS Y DE CONTROL.</b> .....	14
<b>4.2 RECURSOS EXISTENTES DE PREVENCIÓN, DETECCIÓN, PROTECCIÓN Y CONTROL.</b> .....	15
5. MANTENIMIENTO.....	15
5.1. PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO.....	15
6. PROTOCOLO DE ALARMA Y COMUNICACIONES PARA EMERGENCIAS .....	16
<b>6.1. DETECCIÓN DE LA EMERGENCIA.</b> .....	16
<b>6.3. GRADOS DE EMERGENCIA Y DETERMINACIÓN DE ACTUACIÓN.</b> .....	17
<b>6.4. OTROS MEDIOS DE COMUNICACIÓN.</b> .....	17
7. PROTOCOLOS DE INTERVENCIÓN ANTE EMERGENCIAS.....	18
<b>7.1. ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES DE LAS BRIGADAS.</b> .....	18
<b>7.2. COMPOSICIÓN DE LAS BRIGADAS.</b> .....	21
<b>7.3. FORMA DE ACTUACIÓN DURANTE LA EMERGENCIA.</b> .....	21
<b>7.4. ACTUACIÓN ESPECIAL.</b> .....	21
<b>7.5. ACTUACIÓN DE REHABILITACIÓN DE EMERGENCIA.</b> .....	25
8. EVACUACIÓN. ....	25
<b>8.1. DECISIONES DE EVACUACIÓN.</b> .....	25
<b>8.2. VÍAS DE EVACUACIÓN Y SALIDAS DE EMERGENCIA</b> .....	26
<b>8.3. PROCEDIMIENTOS QUE SEGUIR PARA LA EVACUACIÓN DEL PERSONAL.</b> .....	26

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

 <b>TERRAFERTIL</b>	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>3 de 29</b>

9. PROCEDIMIENTOS PARA LA IMPLANTACIÓN DEL PLAN DE EMERGENCIA. ....	28
<b>9.1. SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN.....</b>	<b>28</b>
<b>9.2. CARTELES INFORMATIVOS.....</b>	<b>28</b>

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>4 de 29</b>

## 1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.

### 1.1. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO.

El presente Plan de Emergencias está elaborado de acuerdo con el formato establecido por el Cuerpo de Bomberos de Quito, el mismo que cumple con la normativa nacional vigente de seguridad y salud en el trabajo, así como también la Constitución de la República del Ecuador, Decreto Ejecutivo 255 y la Norma INEN-SO 45001.

Por políticas de seguridad y confidencialidad, los datos específicos de la empresa tanto la razón social y comercial, así como las referencias geográficas son datos que se han omitido puesto que pueden comprometer la seguridad de la institución. Sin embargo, se mantendrá la información técnica esencial que se necesite.


### 1.2. MEDIDAS DE SUPERFICIE Y ÁREA DE TRABAJO.

La empresa tiene una superficie de 17.792,49m<sup>2</sup>, de los cuales 7555.51 m<sup>2</sup> se encuentran construidos y 10236.98 m<sup>2</sup> corresponde a parqueaderos, áreas libres y áreas de carga.

AREAS	CONSTRUCCIÓN M2
Oficinas Administrativas, Cocina-Comedor	565,81
Mercado Nacional, Bodega Materia prima, Bodega Producto Terminado	3639.59
Mercado de exportación, Control de calidad, Bodega de Producto Terminado, Cámara de maduración, Mantenimiento, Calderos	2070.63
Cámaras de maduración.	424.70
Bodega de uso general.	719.33
Planta de tratamiento de agua, tanque de combustible	82.38
Garita, recepción, lavandería	53,07
<b>TOTAL</b>	<b>7555.51m2</b>

### 1.3. PERSONAL DE LA EMPRESA.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------


	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>5 de 29</b>

*Tabla 1: Cantidad de población trabajadora*

AREA	PROCESO	Nº DE TRABAJADORES	HOMBRES	MUJERES	EMBARAZADAS	PERSONA L CON DISCAPACIDADES	ENFERMOS CRONICOS
Administrativa y Técnica	Administración	22	9	13	1	1	9
	Técnicos	5	4	1	0	0	1
	Gestión de calidad	5	1	4	1	1	0
	SHE	5	2	3	1	1	0
Servicios varios	Guardiania	3	3	0	0	0	0
	Lavandería y limpieza	2	0	2	0	0	1
	Cocina	6	2	4	0	1	0
Bodegas MP/PT	Bodega	24	29	3	0	1	1
Mercado de Exportación	Supervisores	1	1	0	0	0	0
	Horno	11	11	0	0	0	0
	Desmallado	7	2	5	0	0	0
	Elaboración de picadillo	3	2	1	0	0	0
	Empaque	17	0	17	0	0	1
	Clasificación de fruta	9	9	0	0	0	0
	Preparación	53	28	25	0	0	0
	Lavado de gavetas	2	1	1	0	0	0
Mantenimiento	Mantenimiento	6	6	0	0	0	0
Mercado nacional	Supervisores	4	3	1	0	0	0
	Frutos secos	8	0	8	0	0	2
	Tés/ Tés con frutas	21	8	13	0	1	0
	Condimentos	4	0	4	0	0	2
	Miel	3	1	2	0	0	0
	Vinagres	8	4	4	0	1	0
	Granolas	2	2	0	0	1	0
	Codificación	3	1	2	0	1	0
Cuarentena	1	0	1	0	1	0	
<b>Total</b>		<b>235</b>	<b>130</b>	<b>112</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>17</b>

**Nota:** Los 40 colaboradores restantes no se consideran porque están en el área comercial (Quito) y no están dentro de planta.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>6 de 29</b>

## 1.2. SITUACIÓN GENERAL FRENTE A EMERGENCIAS.

### ANTECEDENTES.

Dentro de la empresa se han establecido diversas medidas orientadas a la prevención de incidentes y accidentes laborales. Hasta el momento no se han registrado eventos de emergencia que hayan generado daños graves a las personas, a las instalaciones o al proceso productivo. No obstante, debido a la naturaleza de las actividades industriales que se desarrollan, siempre existe la posibilidad de que se presenten situaciones adversas que puedan afectar el normal funcionamiento de las operaciones.

En este contexto, las actividades productivas implican el uso de maquinaria, equipos eléctricos, manipulación de materias primas y procesos industriales que pueden generar condiciones de riesgo, por lo que resulta necesario considerar la posible ocurrencia de eventos como incendios, fallas eléctricas u otros incidentes asociados a la operación de la planta. Asimismo, la organización puede verse expuesta a fenómenos de origen natural, tales como sismos u otros eventos que puedan presentarse en el territorio ecuatoriano.

Frente a este escenario, se vuelve indispensable contar con un plan de emergencia que permita establecer procedimientos claros de actuación ante posibles contingencias. Este instrumento contribuye a fortalecer la preparación del personal, definir responsabilidades y establecer mecanismos de respuesta que permitan proteger a los trabajadores, las instalaciones y la continuidad de las actividades dentro de la organización.

### • JUSTIFICACIÓN.

El presente Plan de Emergencia y Contingencia ha sido elaborado con la participación de los diferentes integrantes de la empresa. A partir de la identificación, clasificación y priorización de los riesgos existentes, se han planteado diversas acciones orientadas a reducir o controlar los posibles eventos que puedan presentarse. Para ello se contemplan distintas actividades en las que participan trabajadores, usuarios y personal en general, con el propósito de fortalecer la seguridad dentro de las instalaciones y proteger tanto a las personas como a los bienes de la organización.

### • OBJETIVOS DEL PLAN DE EMERGENCIA.

#### OBJETIVO GENERAL.

Diseñar un plan de emergencia que permita proteger la integridad de las personas, reducir los posibles impactos sobre el medio ambiente y minimizar las pérdidas materiales ante la ocurrencia de eventos adversos, especialmente aquellos relacionados con incendios o desastres naturales, garantizando además la recuperación de las operaciones en el menor tiempo posible dentro de la empresa. Asimismo, establecer procedimientos de evacuación que permitan a los trabajadores desplazarse de forma segura hacia las zonas de seguridad, definiendo las acciones y lineamientos necesarios para una adecuada respuesta ante situaciones de emergencia.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Garantizar la protección de la integridad física del personal operativo, así como de clientes, proveedores y visitantes que se encuentren dentro de las instalaciones, procurando mantener

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>7 de 29</b>

condiciones adecuadas de seguridad en todos los niveles de la organización.

- Fomentar la participación de todos los niveles de la empresa en las actividades relacionadas con Seguridad y Salud Ocupacional, promoviendo una cultura preventiva enfocada en la preparación y control de emergencias.
- Determinar el nivel de vulnerabilidad existente mediante un diagnóstico del estado actual de los recursos humanos y técnicos disponibles para la prevención y gestión de emergencias.
- Identificar y analizar las posibles situaciones de emergencia que podrían presentarse en las instalaciones, considerando eventos de origen tecnológico, natural o social.
- Establecer una estructura organizativa para la gestión de emergencias, definiendo funciones y responsabilidades que permitan una adecuada utilización de los recursos humanos y técnicos disponibles.
- Determinar el contenido y alcance de los programas de capacitación dirigidos a los integrantes del plan de emergencias, con el fin de fortalecer sus conocimientos y capacidades de respuesta.
- Difundir el contenido del plan de emergencia entre todo el personal de la empresa, con el propósito de que cada miembro conozca sus responsabilidades y los procedimientos a seguir en caso de una situación de emergencia.
- Planificar y ejecutar programas de capacitación y simulacros periódicos que permitan mantener actualizado el plan de emergencias y fortalecer la preparación de las brigadas ante posibles eventos adversos.

• **RESPONSABLES:**

*Tabla 2: Responsables del desarrollo.*

Johan Valladares	Jefe SHE	Jefe del plan de emergencia.
Brayan Carvajal	Estudiante de la Maestría	Elaboración del plan de emergencias.

## 2. IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGOS

### 2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES:

El ingreso a las instalaciones de la empresa se realiza a través de la puerta principal, la cual es utilizada por colaboradores, proveedores, clientes y visitantes. Asimismo, el establecimiento

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>8 de 29</b>

dispone de espacios destinados para el estacionamiento de vehículos tanto del personal como de visitantes. Los accesos peatonales se encuentran debidamente señalizados y organizados, permitiendo una circulación segura dentro de las instalaciones.

El control de ingreso y salida de personas es supervisado por el personal de vigilancia y seguridad de la empresa, quienes se encargan de verificar el acceso a las diferentes áreas.

La infraestructura de la empresa está conformada por seis plantas o secciones distribuidas según las actividades que se desarrollan en cada una de ellas. La primera corresponde al área de producción y bodega de exportación; la segunda está destinada a la producción para el mercado nacional y bodegas de materia prima y producto terminado; la tercera incluye los servicios industriales, como el taller de mantenimiento y el área de calderos; la cuarta comprende los cuartos de maduración; la quinta se destina a la producción de salsas; y la sexta corresponde a las oficinas administrativas.

De igual manera, las rutas y salidas de evacuación se encuentran señalizadas, lo que facilita la identificación de las salidas más cercanas en caso de presentarse una situación de emergencia.

#### • PROCESO DE SERVICIOS CON NÚMERO DE PERSONAS.

En la Tabla N° 1 se encuentran las diferentes áreas que generan procesos de servicios con el respectivo número de personas por cada una de éstas.

#### AREAS

##### Administración:

- Contabilidad.
- Recursos Humanos.
- Compras.
- Logística.
- Mejora Continua.

##### Seguridad y Salud Ocupacional:

- Departamento Técnico.
- Departamento Médico.

##### Mantenimiento:

- Servicios Generales de fábrica.
- Servicio Técnico.


##### Bodega de insumos y producto terminado:

- Mercado de Exportación.
- Mercado Nacional.

##### Bodega de exportación:

- Producto terminado.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>9 de 29</b>

**Control de calidad:**

- Oficina de control de calidad.
- Laboratorio.

**Producción o líneas de fábrica**

- Mercado de Exportación.
- Mercado Nacional.

• **TIPO DE CONSTRUCCIÓN Y AÑO.**

La edificación presenta una infraestructura de tipo moderno, cuyo diseño y proceso constructivo se han desarrollado considerando criterios arquitectónicos y estructurales acordes con la normativa vigente.

La planta se encuentra conformada por seis secciones construidas mediante un sistema mixto que integra estructura metálica, bloques, ladrillo y concreto, lo que proporciona estabilidad y funcionalidad a las diferentes áreas de trabajo.

El área administrativa cuenta también con una estructura de tipo mixto compuesta por columnas prefabricadas, bloques, hormigón y losa, además de cielo raso en su parte interior.

En el área destinada a perchero se identifican materiales considerados como sólidos combustibles, mientras que en el sector de cajas se encuentran equipos informáticos que disponen de un adecuado sistema de conexión a tierra para su funcionamiento seguro. Las zonas de bodegas se encuentran organizadas con pasillos amplios que facilitan el desplazamiento del personal y la movilización de materiales dentro de las instalaciones.


Finalmente, el área de parqueaderos corresponde a un espacio abierto destinado al ingreso y salida de vehículos, permitiendo una circulación adecuada dentro del establecimiento.

• **DETALLE CRONOLÓGICO.**

Años de construcción: En un inicio la edificación tiene 14 años de construcción:

- Planta N.º 1: 19 años de construcción + ampliación nueva
- Planta N.º 2: 14 años de construcción + ampliación nueva
- Planta N.º 3: 9 años de construcción
- Planta N.º 4: 6 años de construcción.
- Planta N.º 5: 6 años de construcción.
- Planta N.º 6: 6 años de construcción.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>10 de 29</b>

#### ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

- Estructura en hormigón armado
- Placa de concreto aligerada
- Sistema de construcción mixta
- Sistema de extintores contra incendio distribuido en toda la planta
- Red hídrica en puntos estratégicos de todas las plantas.
- Acabado de superficie en pisos de Hormigón 100 % en todas las áreas.
- Acabado de superficie en muros es con pintura esmalte

#### • RACKS Y BODEGAS

En el área de bodega de insumos, materia prima y producto terminado tenemos materiales de tipo sólidos combustibles.

- Papel, cartón, material de oficina.
- Muebles y enseres de madera.
- Productos a base de químicos.
- Vegetales en presentación sólida.
- Termoplásticos conformados.

#### 2.2. FACTORES EXTERNOS QUE GENERAN POSIBLES AMENAZAS:

La empresa se encuentra ubicada en el cantón Pedro Moncayo, en la provincia de Pichincha, Ecuador. Los terrenos que rodean sus instalaciones corresponden principalmente a áreas que no representan amenazas directas para el desarrollo de sus actividades.

El establecimiento dispone de vías de acceso adecuadas que facilitan el ingreso y salida hacia diferentes sectores del cantón. Estas rutas se mantienen en condiciones apropiadas, lo que permite una movilización eficiente tanto para las actividades operativas como para la eventual llegada de servicios de apoyo externo en caso de presentarse una situación de emergencia.


Asimismo, en las cercanías se dispone de instituciones de atención médica y organismos de respuesta que pueden brindar asistencia oportuna ante cualquier eventualidad.

#### • FACTORES NATURALES.

El terreno donde se ubican las instalaciones presenta una ligera pendiente, aunque sus condiciones de estabilidad reducen la probabilidad de deslizamientos. En los alrededores existen pequeños afluentes que, incluso durante temporadas de lluvia, no representan un riesgo significativo de inundación para las áreas más vulnerables de la planta.

No obstante, debido a las características geográficas del territorio ecuatoriano, la zona se encuentra expuesta a eventos de origen natural, como movimientos sísmicos o actividad volcánica. En este

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>11 de 29</b>

sentido, ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud, podría existir la posibilidad de afectaciones en la infraestructura de las instalaciones.

#### **ESCENARIOS POSIBLES.**

**Factores que afectan el riesgo:** Terrafertil S.A. se encuentra ubicada en la Zona Norte y por tal motivo reduce el nivel de riesgo de daños estructurales las características de diseño de la edificación donde está el establecimiento que cumplen con la normatividad sobre sismo resistencia establecida actualmente.

- **INCENDIO**

**Escenarios posibles:** Todas las áreas

**Factores que afectan el riesgo:** De acuerdo con las características propias de las instalaciones y las actividades que se desarrollan en su interior, el establecimiento dispone de diferentes áreas como oficinas administrativas, zonas de servicios industriales, bodegas y espacios de producción, en las cuales se encuentran diversos materiales con características combustibles. Por esta razón, se han implementado sistemas de protección contra incendios que incluyen red hídrica con gabinetes y rociadores, además de dispositivos de detección de humo y calor, complementados con extintores portátiles.

Asimismo, la presencia de maquinaria industrial, equipos de proceso, sistemas de almacenamiento de combustible, calderos y compresores utilizados en las operaciones productivas, entre otros equipos, hace que el nivel de riesgo dentro de las instalaciones sea considerado de carácter moderado.

- **AMENAZAS EXTERNAS**

**Escenarios posibles:** Todas las áreas

**Factores que afectan el riesgo:** Considerando el contexto de seguridad existente en el país, las instalaciones con características similares a las de este tipo de establecimiento podrían verse expuestas a posibles actos delictivos. Por esta razón, resulta necesario adoptar medidas preventivas adecuadas que permitan fortalecer la seguridad tanto a nivel institucional como en la gestión administrativa, con el fin de reducir posibles riesgos para la organización.

- **DESCARGA ATMOSFÉRICA**


**Escenarios posibles:** Todas las áreas

**Factores que afectan el riesgo:** Debido a su ubicación geográfica, el área presenta una baja incidencia de descargas eléctricas atmosféricas. No obstante, al analizar los niveles de exposición y la posible gravedad de este tipo de eventos, el riesgo asociado se considera de carácter medio. Por este motivo, se han implementado sistemas de protección contra descargas eléctricas mediante pararrayos instalados en puntos estratégicos, con el fin de brindar cobertura a las zonas identificadas como potencialmente vulnerables ante este tipo de fenómenos.

### **3. EVALUACIÓN DE RIESGOS CONTRA INCENDIOS.**

**Análisis de riesgos.**

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>12 de 29</b>

Un aspecto fundamental en la elaboración de un plan de emergencias es el análisis de riesgos dentro de la organización, el cual permite identificar los posibles daños que podrían generarse ante la ocurrencia de una emergencia, considerando las condiciones en las que se encuentran las personas, las instalaciones y los bienes expuestos. Para este análisis se emplea el Método Simplificado de Evaluación del Riesgo de Incendio (MESERI), una herramienta aplicable a este tipo de instalaciones. Este método se basa en un sistema de puntuación que evalúa distintos factores relacionados con la generación o incremento del riesgo de incendio, así como aquellos elementos que contribuyen a reducirlo o a proteger frente a sus efectos.


### **3.1. Análisis del Riesgo de Incendio (MESERI).**

El riesgo de incendio constituye la principal y más frecuente amenaza para el patrimonio y la continuidad de las empresas. El conocimiento del nivel de riesgo resulta fundamental a la hora de decidir las medidas de seguridad que se deben aplicar.

El método que se presenta en este análisis proporciona una sistemática asequible a los distintos niveles profesionales que precisan la evaluación del riesgo de incendio para la toma de decisiones para el tratamiento.

Una vez obtenidos los resultados aplicando la fórmula antes descrita, se los podrá calificar el nivel de riesgo de acuerdo a la tabla 5

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>13 de 29</b>

EVALUACION DEL RIESGO DE INCENDIO TERRAFERTIL S.A. AÑO 2024							
CONCEPTO		COEFICIENTE	PUNTOS	CONCEPTO	COEFICIENTE	PUNTOS	
<b>FACTORES DE CONSTRUCCIÓN</b>			<b>ORDEN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO</b>				
Nº de pisos	Atura (metros)		<b>3</b>	Alto	10	<b>10</b>	
1 o 2	Inferior a 6	3		Medio	5		
3 a 5	entre 6 y 15	2		Bajo	0		
6 a 9	entre 15 y 28	1		<b>ALMACENAMIENTO EN ALTURA</b>			
10 o más	más de 28	0		Menor de 2 m	3	<b>0</b>	
<b>SUPERFICIE DEL MAYOR SECTOR DE INCENDIO</b>				Entre 2 y 6 m	2		
de 0 a 500 m2		5		Superior a 6 m	0		
de 501 a 1.500 m2		4	<b>1</b>	<b>FACTOR DE VALOR ECONÓMICO DE LOS BIENES</b>			
de 1.501 a 2.500 m2		3		Concentración de valores			
de 2.501 a 3.500 m2		2		Inferior a 600 Euros/m2	3	<b>2</b>	
de 3.501 a 4.500 m2		1		Entre 600 y 1500 Euros/m2	2		
más de 4.500 m2		0	Superior a 1500 Euros/m2	0			
<b>RESISTENCIA AL FUEGO</b>			<b>FACTORES DE PROPAGABILIDAD</b>				
Resistencia al fuego (hormigón)		10	<b>10</b>	Vertical			
No combustible		5		Baja	5	<b>3</b>	
Combustible		0		Media	3		
<b>FALSOS TECHOS / SUELOS</b>			Alta	0			
Sin falsos techos		5	<b>3</b>	Horizontal			
Con falsos techos incombustibles		3		Baja	5	<b>3</b>	
Con falsos techos combustibles		0		Media	3		
<b>FACTORES DE SITUACION</b>			Alta	0			
Distancia (KM)	Tiempo llegada		<b>8</b>	<b>FACTORES DE DESTRUCTIBILIDAD</b>			
Menor de 5	5 minutos	10		Por calor			
Entre 5 y 10	5 y 10 minutos	8		Baja	10	<b>5</b>	
Entre 10 y 15	10 y 15 minutos	6		Media	5		
Entre 15 y 20	15 y 25 minutos	2		Alta	0		
Más de 20	mas de 25 min.	0	Por humo				
<b>ACCESIBILIDAD DE EDIFICIOS</b>			Baja	10	<b>5</b>		
Buena		5	Media	5			
Media		3	Alta	0			
Mala		1	Por corrosión				
Muy mala		0	Baja	10	<b>10</b>		
<b>FACTORES DE PROCESO / OPERACIÓN</b>			Media	5			
Peligro de activación			Alta	0			
Bajo		10	<b>5</b>	Por agua			
Medio		5		Baja	10	<b>5</b>	
Alto		0		Media	5		
<b>CARGA TÉRMICA</b>			Alta	0			
Baja (Inferior a 1000 MJ/m2)		10	<b>5</b>	<b>FACTORES REDUCTORES Y PROTECTORES</b>			
Moderada (Entre 1000 y 2000)		5		<b>CONCEPTO</b>	<b>SVH</b>	<b>CVH</b>	<b>PUNTOS</b>
Alta (Entre 2000 y 5000)		2		Extintores portátiles	1	2	2
Muy Alta (Superior a 5000)		0		Bocas de incendio equipadas	2	4	4
<b>INFLAMABILIDAD DE LOS COMBUSTIBLES</b>			Hidrantes exteriores	4	2	0	
Baja		5	Detección Automática	2	4	4	
Media		3	Rociadores automáticos	5	7	7	
Alta		0	Equipos de primera intervención	2	2	2	
			Equipos de segunda intervención	4	4	4	
			Plan de autoprotección/emergencia	2	4	4	
<b>SUBTOTAL (X)</b> .....			<b>86</b>	<b>SUBTOTAL (Y)</b> .....			<b>27</b>

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>14 de 29</b>

FÓRMULA (5/129)X + (5/30)Y			
<b>(5/19)</b>	<b>X</b>		
0,0388	86	3,33	
<b>(5/30)</b>	<b>Y</b>		
0,1667	27	4,50	<b>7,83</b>

CALIFICACIÓN DEL RIESGO	VALOR DE RIESGO P
Muy Malo	Inferior a 3
Malo	3 a 5
Bueno	5 a 8
Muy Bueno	Superior a 8

De acuerdo al estudio realizado se ha determinado que el nivel de riesgo de acuerdo al método de análisis MESERI es de P = 7,83 ubicándose entre 5 a 8 considerado bueno.

### 3.2. ESTIMACIÓN DE DAÑOS Y PÉRDIDAS.

Manteniendo el estándar de prevención y control de incendios básicamente se considera que los medios de protección existentes nos ayudarán a minimizar riesgos presentes y evitar pérdidas de daños materiales considerados como elementos importantes.

Esto es un efecto en cadena los daños empezarán por los materiales y posteriormente con las vidas humanas por tal motivo es importante mantener un buen control periódico de los distintos factores de riesgo de las instalaciones.

### 3.3. PRIORIZACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGO.

**ANEXO N° 1:** Se adjunta Mapa de Riesgos. La empresa, se encuentra ubicado Zona Noreste de la ciudad de Tabacundo por tal motivo la edificación se ha diseñado tomando en cuenta los daños que provocaría una eventual emergencia,

El diseño de la edificación donde está el establecimiento cumple con la normativa sobre sismo resistencia establecida actualmente.

Aunque las amenazas naturales como terremotos o la posible erupción del volcán puedan darse, no se puede dejar de lado el riesgo de incendio considerado aceptable.


Las principales medidas y procedimientos a tomar en este caso hay que llevarlos a cabo con mucha precaución; y en lo referente a riesgo de incendios, sugerimos referirnos al área específica de bodegas, calderos, área de combustible y cocina.

## 4. PREVENCIÓN Y CONTROL DE RIESGOS.

### 4.1. ACCIONES PREVENTIVAS Y DE CONTROL.

Para el control de los riesgos encontrados se recomienda aplicar acciones correctivas que servirán para el mejoramiento del sistema de seguridad.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>15 de 29</b>

- Conformación de brigadas de emergencia de acuerdo con el plan establecido.
- Formación y entrenamiento a las brigadas de emergencia conforme el plan de capacitación del Plan de Emergencia.
- Difusión de las normas de seguridad y medios de protección a todo el personal de la empresa.
- Implementar extintores en áreas desprotegidas tomando en cuenta el tipo de riesgo, para proteger los puntos vulnerables detallados en el plano de recursos y evacuación.
- Llevar hojas de registro de mantenimiento de medios de protección.
- Terminar de implementar el sistema de protección contra incendio (B.I.E) con el fin de minimizar el riesgo generado
- Capacitar todo el personal en prevención de incendios y manejo de extintores, activación del Plan de Emergencia y sistema de evacuación.
- Socialización, difusión del plan de emergencias con charlas y elementos de comunicación visual como afiches de las rutas de evacuación, croquis de recursos, y otros.

#### **4.2 RECURSOS EXISTENTES DE PREVENCIÓN, DETECCIÓN, PROTECCIÓN Y CONTROL.**

En toda la fábrica se tiene identificado los dispositivos de control de riesgo que nos permite detectar algún incidente, del cual se describe en el anexo A-SS-01-12 Lista de dispositivos de seguridad

**HIDRANTE:** El hidrante más cercano a la empresa se encuentra ubicado en parque Central de Tabacundo al lado Izquierdo de la Iglesia o en el Parque San Blas

**ANEXO N° 2:** Se adjunta Plano de Recursos.


#### **5. MANTENIMIENTO.**

El mantenimiento de los equipos e instalaciones estará a cargo de personal capacitado y calificado por la autoridad competente.

##### **5.1. PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO.**

En el siguiente cuadro de mantenimiento se presenta el objeto de mantenimiento, responsables, periodicidad e instrumento a usar.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

 <b>TERRAFERTIL</b>	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>16 de 29</b>

**TABLA 13: Mantenimiento de Seguridad**

<b>MANTENIMIENTO DE SEGURIDAD</b>					
<b>OBJETO</b>	<b>CANT.</b>	<b>ACCION</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>PERIODO</b>	<b>METODO</b>
Detectores de humo	81	Pruebas de funcionamiento	Mantenimiento	6 meses	Check list
Sirena de emergencia	7	Pruebas de funcionamiento	Mantenimiento	6 meses	Check list
Pulsadores	9	Pruebas de funcionamiento	Mantenimiento	6 meses	Check list
Lámparas de emergencia	34	Pruebas de funcionamiento	Mantenimiento	6 meses	Check list
Extintores de incendio	27	Verificación de carga, presurización y ubicación, etiquetado	SSOMA	Mensual	Check list
Señalización de seguridad, evacuación e incendios	NA	Verificación de señalización y despeje de rutas y puertas de evacuación	Mantenimiento	Anual	Check list
Aseo	NA	Limpieza general de todas las áreas	Personal de turno	Continuo	Check list
Orden	NA	Control de orden en lugares de trabajo	Todo el personal	Continuo	Check list
Sistema eléctrico	NA	Verificación del correcto funcionamiento del sistema eléctrico	Mantenimiento	Plan de Mtto.	Check list
Sistema datos	NA	Verificación del correcto funcionamiento del sistema eléctrico	Mantenimiento	Plan de Mtto.	Check list
Maquinaria	180	Verificación del correcto funcionamiento del sistema eléctrico	Mantenimiento	Plan de Mtto.	Plan de Mnto.

## **6. PROTOCOLO DE ALARMA Y COMUNICACIONES PARA EMERGENCIAS.**

### **6.1. DETECCIÓN DE LA EMERGENCIA.**

#### **• TIPO DE DETECCIÓN.**

##### **ACTIVACIÓN CON PULSADOR.**

La activación personal por pulsador es cuando las personas observan o descubren el inicio de un fuego o incendio y se acercan al pulsador más cercano para activarlo de manera manual; y en caso de no tener

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>17 de 29</b>

cerca el dispositivo seguir el protocolo respectivo de emergencia para lo cual se tiene como medio advertencia temprana los pulsadores que se detallan en la TABLA 10.

#### ACTIVACION AUTOMÁTICA.

La empresa TERRAFERTIL S.A. cuenta con activación automática provisto de un sistema de alarma, audible a través de los detectores de humo instalados en todas las áreas, bodegas, y oficinas; éstos, ante la presencia de ciertas partículas por millón de humo en el ambiente, envían la respectiva señal para que se activen las sirenas y por lo tanto se active el Plan de Emergencia.

### 6.3. GRADOS DE EMERGENCIA Y DETERMINACIÓN DE ACTUACIÓN.

Los grados de emergencia estarán determinados de acuerdo a la magnitud del incendio o evento adverso detectado.

#### • EMERGENCIA EN FASE INICIAL O CONATO (GRADO I).

Determinada cuando se ha detectado un fuego en sus orígenes o cualquier otra emergencia de baja magnitud que no atente con la seguridad de los usuarios e instalaciones.

En esta etapa actuará los Brigadistas de que se encuentren de turno para controlar el evento y evitar que la situación pase a Grado II.

La activación total del plan de emergencia es en forma parcial y la evacuación en este punto no es necesaria siempre y cuando se asegure la eficacia para el control del siniestro.

#### • EMERGENCIA SECTORIAL O PARCIAL (GRADO II).

Determinada cuando se ha detectado un incendio o evento adverso de medianas proporciones.

En esta etapa actuarán todas las brigadas para controlar el evento y evitar que la situación pase a Grado III; además se asegurará la presencia de los respectivos organismos de socorro (Bomberos, Paramédicos o Policía, Cruz Roja).

Se aplicará la evacuación del personal de manera parcial de las oficinas, bodegas, áreas más afectadas, pero si se considera el avance del fuego ir directamente a una evacuación y activación totales del plan de emergencia.

#### • EMERGENCIA GENERAL (GRADO III).

Determinada cuando el incendio o evento adverso es de grandes proporciones, la seguridad humana y las instalaciones son un riesgo alto para todos los usuarios.

Se considera también en este punto los eventos generados por movimientos sísmicos, incendios de grandes proporciones, desplome estructural, amenazas de bomba, y otros.

En esta etapa actuará los respectivos organismos de socorro, quienes controlarán la situación, mientras que todo el personal e inclusive las brigadas evacuarán de manera total las instalaciones.

### 6.4. OTROS MEDIOS DE COMUNICACIÓN.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>18 de 29</b>

En la empresa TERRAFERTIL S.A. se tienen medios de comunicación como teléfonos con línea directa convencional y celular a los servicios de emergencia, seguridad privada.

## 7. PROTOCOLOS DE INTERVENCIÓN ANTE EMERGENCIAS.


### 7.1. ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES DE LAS BRIGADAS.

En base a la organización planteada para la estructuración de las Brigadas de Emergencia, se detallan a continuación las funciones y responsabilidades de sus respectivos componentes.

*Tabla 14: Función Brigadas*

<b>BRIGADA DE PRIMEROS AUXILIOS</b>	
<b>RESPONSABLES</b>	<b>FUNCIONES DE LA BRIGADA</b>
<b>Antes del evento</b>	
<b>Miembros de la brigada</b>	Solicitar la capacitación para el personal de la Unidad de Primeros Auxilios.
<b>Miembros de la brigada</b>	Disponer del equipo mínimo indispensable de Primeros Auxilios, botiquín y otros recursos para cumplir su tarea.
<b>Miembros de la brigada</b>	Conocer debidamente la zona de seguridad y establecer el sitio a donde llegarán los heridos, enfermos o extraviados, el mismo que será de fácil acceso.
<b>Miembros de la brigada</b>	Seleccionar el sitio donde ubicar las camillas, botiquines y otros implementos para ocupar durante la emergencia.
<b>Miembros de la brigada</b>	Instruir al personal de la Institución en normas de Primeros Auxilios.
<b>Miembros de la brigada</b>	Coordinar estrechamente con las otras Unidades.
<b>Miembros de la brigada</b>	Mantener un listado de hospitales, clínicas y centro de salud más cercanos a la institución.
<b>Miembros de la brigada</b>	Participar en ejercicios de simulación y simulacros.
<b>Durante el evento</b>	
<b>Miembros de la brigada</b>	Proporcionar Primeros Auxilios al personal que lo necesite, hasta que llegue la ayuda de especialistas.
<b>Miembros de la brigada</b>	Priorizar la atención de personas afectadas, dependiendo de su gravedad.
<b>Miembros de la brigada</b>	Coordinar las actividades con las otras Unidades.
<b>Miembros de la brigada</b>	Elaborar la lista de afectados con sus respectivos signos y síntomas y entregar en forma oportuna al Comité Institucional para Emergencias.
<b>Después del evento</b>	
<b>Miembros de la brigada</b>	Verificar el estado de salud de las personas afectadas de la institución
<b>Miembros de la brigada</b>	Verificar novedades de personal y material de la Unidad.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>19 de 29</b>

<b>Miembros de la brigada</b>	Elaboración del informe parcial de las novedades y tareas cumplidas por la Unidad.
-------------------------------	--

<b>BRIGADA CONTRA INCENDIOS</b>	
<b>RESPONSABLES</b>	<b>FUNCIONES DE LA BRIGADA</b>
<b>Antes del evento</b>	
<b>Miembros de la brigada</b>	Solicitar la capacitación en el combate contra incendios, para el personal integrante de la Unidad.
<b>Miembros de la brigada</b>	Revisar constantemente las instalaciones eléctricas así como los equipos o maquinarias existentes en la planta.
<b>Miembros de la brigada</b>	Disponer el equipo mínimo indispensable para combatir incendios, ubicarlos adecuadamente, revisarlos periódicamente, así como vigilar la fecha de su caducidad.
<b>Miembros de la brigada</b>	Mantener depósitos de agua, arena y otros elementos en lugares estratégicos.
<b>Miembros de la brigada</b>	Instruir al personal de la Institución en el combate de incendios.
<b>Miembros de la brigada</b>	Realizar inspecciones periódicas en el interior y exterior del edificio para detectar riesgos y amenazas.
<b>Miembros de la brigada</b>	Participar en ejercicios de simulación y simulacros.
<b>Durante el evento</b>	
<b>Miembros de la brigada</b>	Combatir el incendio en su inicio hasta donde sea posible, utilizando los medios disponibles.
<b>Miembros de la brigada</b>	Apoyar indirectamente las acciones que realice el Cuerpo de Bomberos.
<b>Miembros de la brigada</b>	Coordinar las actividades con las otras Unidades.
<b>Después del evento</b>	
<b>Miembros de la brigada</b>	Verificar novedades de personal y material de la Unidad
<b>Miembros de la brigada</b>	Agrupar al personal de la Institución y revisar novedades.
<b>Miembros de la brigada</b>	Realizar la evaluación de daños y análisis de necesidades de la Institución.
<b>Miembros de la brigada</b>	Elaborar el informe parcial de las novedades y tareas cumplidas por la Unidad.


<b>BRIGADA COMUNICACIÓN EVACUACION ALARMA, Y RESCATE Y SEGURIDAD</b>	
<b>RESPONSABLES</b>	<b>FUNCIONES DE LA BRIGADA</b>
<b>Antes del evento</b>	
<b>Miembros de la brigada</b>	Solicitar la capacitación al personal integrante de la Unidad, en técnicas para ser aplicadas en la Evacuación, Búsqueda y Rescate de las personas y bienes materiales que se encuentren en la Institución y sean posibles evacuarlos. Solicitar la capacitación al personal integrante de la Unidad.
<b>Miembros de la brigada</b>	Disponer el equipo mínimo indispensable para las actividades de evacuación, búsqueda y rescate.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>20 de 29</b>

<b>Miembros de la brigada</b>	Instruir al personal de la institución en normas de evacuación, búsqueda y rescate.
<b>Miembros de la brigada</b>	Señalización de vías de evacuación hacia la zona de seguridad.
<b>Miembros de la brigada</b>	Coordinar las actividades con el resto de Unidades
<b>Miembros de la brigada</b>	Realizar inspecciones periódicas en el interior y exterior de las instalaciones, a fin de detectar amenazas.
<b>Miembros de la brigada</b>	Identificar el lugar exacto donde deben llegar los heridos, enfermos y extraviados que serán evacuados.
<b>Miembros de la brigada</b>	Participar en los ejercicios de simulación y simulacros.
<b>Miembros de la brigada</b>	Solicitar la capacitación al personal integrante de la Unidad.
<b>Miembros de la brigada</b>	Instruir al personal de la institución en normas de comunicación.
<b>Miembros de la brigada</b>	Revisar continuamente los instrumentos de alarmas (acústicas y visuales).
<b>Miembros de la brigada</b>	Capacitar al personal, en el tipo de alarmas que se utilizará en la institución.
<b>Miembros de la brigada</b>	Mantener actualizados los números telefónicos de: Cruz Roja, Cuerpo de Bomberos, Policía Nacional, hospitales, casas de salud, médicos, y del personal que trabaja en la planta.
<b>Miembros de la brigada</b>	Disponer de señales suplementarias o alternas de alarmas.
<b>Miembros de la brigada</b>	Mantener una lista de personas o entidades vecinas a la planta, que dispongan de medios de comunicación.
<b>Miembros de la brigada</b>	Participar en los ejercicios de simulación y simulacros.
<b>Miembros de la brigada</b>	Realizar la evacuación del personal de la planta.
<b>Miembros de la brigada</b>	Si la situación lo permite, realizar la búsqueda y rescate de: personas, animales, documentos calificados, equipos, etc.
<b>Miembros de la brigada</b>	Activar la alarma al darse el evento.
<b>Miembros de la brigada</b>	Disponer de los medios de comunicación al Centro de Institucional de Comité de Emergencia (CIE) en la Zona de Seguridad.
<b>Miembros de la brigada</b>	Coordinar las actividades con el resto de las unidades.
<b>Miembros de la brigada</b>	Realizar las actividades en coordinación con las otras Unidades.
<b>Miembros de la brigada</b>	Verificar novedades de personal y material de la Unidad.
<b>Miembros de la brigada</b>	Elaborar el informe parcial de las novedades y tareas.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>21 de 29</b>

## 7.2. COMPOSICIÓN DE LAS BRIGADAS.

Las Brigadas de Emergencias están conformadas por personas de la Empresa, distribuidas de la siguiente manera:

- 1 (Integrante) Jefe de Emergencias
- 14 (Integrantes) Brigada primera Evacuación, Alarma, Rescate y seguridad.
- 14 (Integrantes) Brigada Contra-Incendios
- 14 (Integrantes) Brigada de Primeros Auxilios

Para mejor detalle ver Tabla N° 2.

UNIDAD DE COMUNICACION	
GUARDIA DE TURNO	CONSOLA PRINCIPAL
<b>SISTEMA DE CAMARAS DE VIGILANCIA, COMUNICACIÓN CON INTERCOMUNICADORES ENTRE MIEMBROS DE LAS BRIGADAS Y MONITOREO DE SEGURIDAD</b>	

En caso de necesitar ayuda de otras instituciones u empresas, se detalla en el siguiente cuadro los diferentes contactos a los cuales se puede acudir.

## 7.3. FORMA DE ACTUACIÓN DURANTE LA EMERGENCIA.

Los procedimientos de actuación en caso de emergencia se detallan de la siguiente manera:

- Identificar el tipo de emergencia.
- Avisar inmediatamente al Jefe de Seguridad o a la persona que se encuentre a cargo de la planta.
- Si la emergencia es de gran magnitud llamar al Cuerpo de Bomberos, Policial Nacional.


### **FLUJO DE PROCEDIMIENTOS EN CASO DE INCENDIOS HORARIOS DE OFICINA.**

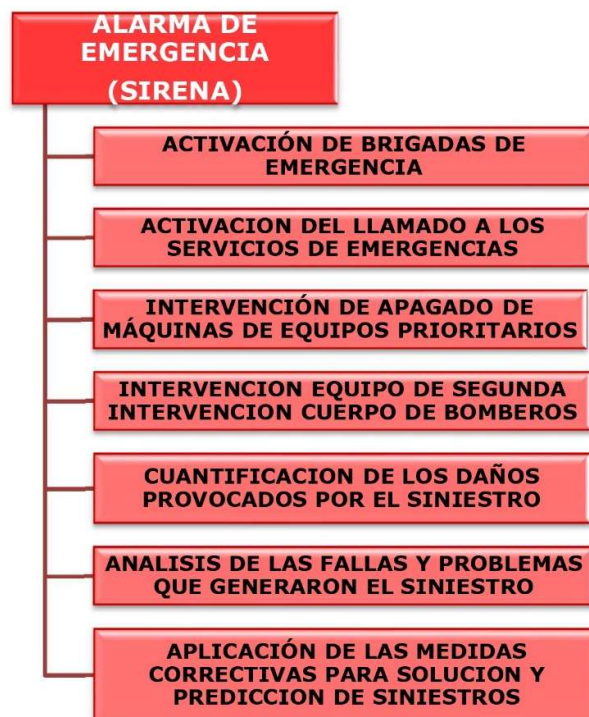
## 7.4. ACTUACIÓN ESPECIAL.

En este punto se detallan los procedimientos de actuación en caso de emergencia por horas de la noche, festivos y con visitas.

### **PROCEDIMIENTOS EN CASO DE EMERGENCIAS EN EL DIA.**

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>22 de 29</b>



- **SIRENA DE EMERGENCIA.**

Que es activada automáticamente o manualmente por personal presente en la empresa indicando la señal audible de emergencia

- **ACTIVACION DE BRIGADAS DE EMERGENCIA.**

Una vez dada la voz de alarma las brigadas de emergencia se activan teniendo en cuenta cada una de ellas la responsabilidad del caso, ya que del trabajo en equipo depende el éxito de garantizar la menor pérdida posible de los recursos de la empresa.

- **ACTIVACION DE EQUIPO DE MANTENIMIENTO**

El equipo de mantenimiento debe desconectar el funcionamiento de los equipos prioritarios de planta: calderas, suministro eléctrico y planta de agua

- **ACTIVACION DE LLAMADAS DE EMERGENCIA.**

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>23 de 29</b>

Una vez dada la voz del representante de seguridad se procederá a las llamadas de emergencia para apoyo de entidades externas como los bomberos, policía, cruz roja, etc.

- **INTERVENCION DEL CUERPO DE BOMBEROS.**

La intervención del Cuerpo de Bomberos se la hará una vez que se haya activado las llamadas de emergencia ante un peligro potencial para que inmediatamente procedan a controlar la emergencia o siniestro. Indicando la situación real y el protocolo de traslado y evacuación de heridos.

- **EVALUACIÓN DE LOS DAÑOS GENERADOS.**

La investigación de los daños generados se la realizará por parte del jefe de seguridad de la empresa y un representante de la administración. Y se procederá a la rehabilitación de los daños y puesta en marcha la reorganización de procesos de activación de los puestos de trabajo de los trabajadores.

- **INVESTIGACIÓN DE LOS PROBLEMAS Y ANÁLISIS DE CORRECTIVOS.**


La investigación de las causas de dicha emergencia se evaluará por parte del jefe de seguridad conjuntamente con un inspector del cuerpo de bomberos para que conjuntamente puedan definir las soluciones de dicho caso para tomar los correctivos necesarios para garantizar que no suceda esto en el futuro.

- **CORRECCIÓN DE PROBLEMAS A FUTURO.**

Una vez realizado todas estas etapas el jefe de seguridad emitirá un informe a la Dirección de la empresa con los detalles del siniestro con las respectivas recomendaciones para tomar acciones correctivas inmediatas para que no se vuelvan a suscitar estos hechos en el futuro siendo responsabilidad de la empresa garantizar la seguridad de las personas involucradas.

#### PROCEDIMIENTOS EN CASO DE EMERGENCIAS EN LA NOCHE Y FERIADOS

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>24 de 29</b>



Similar procedimiento para el caso de la noche a diferencia de la del día que la señal de alerta la darían los guardias de seguridad informando a los servicios de ayuda externos de la emergencia y a los números de contacto correspondientes a la TABLA CONTACTOS DE EMERGENCIA de los contactos designados para que se enteren de la emergencia de la empresa.

**Tabla 16: Rehabilitación después de emergencia**

REHABILITACION DESPUES DE LA EMERGENCIA					
Fecha de emergencia:			Lugar:		
PERSONAS			MATERIALES		
Nombre persona afectada	Lugar de traslado	Tratamiento del paciente	Área o maquinaria afectada	Rehabilitación del área afectada	nombre de la persona a cargo de la rehabilitación

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>25 de 29</b>

### **7.5. ACTUACIÓN DE REHABILITACIÓN DE EMERGENCIA.**

El cuadro que a continuación se presenta, será aplicado el momento de la rehabilitación, después de suscitada la emergencia.

#### **DEL PERSONAL HERIDO EN LA EMERGENCIA.**

- El personal médico evaluará a la persona herida e informará al jefe de seguridad de la empresa si es necesario el traslado a un centro de salud.
- Se registrará el nombre del centro de salud que fue internado, a cargo de qué médico y el tratamiento a seguir.

#### **DE LAS AREAS Y MÁQUINA AFECTADA EN LA EMERGENCIA.**

- El personal técnico hará una evaluación de las áreas o maquinarias afectadas (Jefe de mantenimiento o técnico de turno).
- El personal técnico encargado enlistará los daños y los requerimientos para su respectiva rehabilitación

## **8. EVACUACIÓN.**

### **8.1. DECISIONES DE EVACUACIÓN.**

La decisión de evacuación la tomará el Jefe de Seguridad y Salud Ocupacional de acuerdo al evento adverso.

Para determinar el criterio de la cantidad de personal o área a evacuar será de acuerdo al grado de emergencia y determinación de actuación.

#### **• EMERGENCIA EN FASE INICIAL O CONATO (GRADO I).**

La evacuación en este punto no es necesaria siempre y cuando se asegure la eficacia en el control del siniestro.

#### **• EMERGENCIA SECTORIAL O PARCIAL (GRADO II).**


Se aplicará la evacuación del personal de manera parcial del área u oficinas más afectadas, pero si se considera el avance del fuego ir directamente a una evacuación total.

#### **• EMERGENCIA GENERAL (GRADO III).**

La evacuación del personal de TERRAFERTIL S.A. en este punto será inminente, ya que su vida estaría en alto riesgo.

#### **NOTA:**

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>26 de 29</b>

Al originarse una emergencia se tendrá el sonido de las sirenas, momento en el cual se aplica el procedimiento de atención por parte de las Brigadas de Emergencia; posteriormente y si la evaluación así lo determina, **se evacuará cuando el personal escuche que suenan las alarmas por segunda ocasión.**

## 8.2. VÍAS DE EVACUACIÓN Y SALIDAS DE EMERGENCIA

Las vías de evacuación se encuentran designadas acorde a los planos de evacuación establecidos en la empresa ANEXO: 3.

## 8.3. PROCEDIMIENTOS QUE SEGUIR PARA LA EVACUACIÓN DEL PERSONAL.

### PRÁCTICAS Y SIMULACROS

El plan de emergencia deberá enseñarse a todos los empleados y practicarse periódicamente para asegurar su comprensión y operatividad, teniendo en cuenta lo siguiente:

#### Alcance

Deberán efectuarse prácticas y simulacros de evacuación en forma periódica que incluyan como mínimo:

- Reconocimiento de la señal de alarma y las instrucciones de emergencia.
- Rutas de salida.
- Reconocimiento del sitio de reunión
- Ejecución de acciones de salvamento
- Procedimientos

#### Frecuencia

- Cada área deberá tener una sesión teórica mínimo de 60 minutos una vez al año
- Realizar una práctica de evacuación independiente por lo menos una vez al año
- Realizar una práctica con todas las áreas mínimo una vez al año
- Instruir al personal nuevo en los procedimientos a seguir en caso de emergencia

#### Consideraciones de seguridad

Se deben adoptar todas las precauciones necesarias cada vez que se realice un simulacro de evacuación, entre ellas tenemos:

- Establecer vigilancia previa de los sitios estratégicos tanto dentro de las instalaciones como fuera de ellas.
- Dar aviso previo a las personas claves dentro de las instalaciones
- Adoptar provisiones para atención médica de posibles accidentados

1. Mantenga la calma.
2. Suspenda cualquier actividad que pueda ser peligrosa.
3. Siga las instrucciones.
4. Ayude a las personas discapacitadas.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>27 de 29</b>

5. Abandone la zona de un modo ordenado. Cierre las puertas, pero no con Llave (En caso de movimiento sísmico no cierre las puertas).
6. Salga por las Salidas de Emergencia establecidas previamente.
7. Aléjese de la estructura. Vaya directamente al punto de encuentro (según mapa establecido). Preséntese ante el coordinador de evacuación para hacer un recuento del personal.
8. No bloquee la calle o las vías de acceso.
9. Permanezca en el punto de encuentro hasta que se le dé otra indicación.

#### EN CASO DE INCENDIO:

1. Mantenga la calma.
2. Llame al Departamento de Bomberos.
3. Si se trata de un incendio pequeño, trate de extinguirlo con el tipo de extintor apropiado o por otros medios. No ponga en peligro su seguridad personal.
4. No permita que el fuego se interponga entre usted y la salida.
5. Desconecte el equipo eléctrico si está en llamas y si no fuese peligroso hacerlo.
6. Notifíquelo a su supervisor y al coordinador de evacuación si fuese posible.
7. Evacue la instalación si no puede extinguir el fuego. Ayude a las personas discapacitadas.
8. No rompa las ventanas.
9. No abra las puertas que estén calientes (antes de abrir una puerta toque la perilla si está caliente o hay humo visible, no la abra)
10. No intente salvar sus pertenencias personales.
11. Diríjase inmediatamente al punto de reunión.
12. No regrese a la zona afectada hasta que se lo permitan las autoridades a cargo.
13. No propague rumores.

#### TIEMPO DE SALIDA.

Para el cálculo de los tiempos de evacuación se ha tomado en cuenta a la población trabajadora de TERRAFERTIL S.A., y se ha seleccionado la distancia mayor de recorrido hasta el Punto de Reunión.

El tiempo considerado para la evacuación, está dado según la siguiente fórmula:


$$TS = \frac{N}{A \times K} + \frac{D}{V}$$

<b>N</b>	205
<b>A</b>	2,0
<b>K</b>	1,3
<b>D</b>	100
<b>V</b>	0,6
<b>TS</b>	245,5 <b>SEG</b>
<b>TS</b>	4,09 <b>MIN</b>

DONDE:

TS= Tiempo de salida  
 N= Número de personas  
 A= Ancho de salidas  
 D= Distancia total (metros)  
 K= Constante Exp. 1.3 personas / m-seg.  
 V= Velocidad desplazamiento 0.6 m/seg.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>28 de 29</b>

TS = 4,09 Minutos (Tiempo máximo de salida desde el puesto de trabajo más alejado hasta el punto de reunión).

Ver **anexos**: Se adjunta Plano de Evacuación.

## 9. PROCEDIMIENTOS PARA LA IMPLANTACIÓN DEL PLAN DE EMERGENCIA.

### 9.1. SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN.



La empresa TERRAFERTIL S.A. tiene instalado el siguiente sistema de señalización de acuerdo con la norma INEN NTE 439, se encuentran colocados diferentes rótulos con la leyenda de: “Área restringida No Fumar”, además está el respectivo pictograma de prohibición.

Estos letreros han sido ubicados en los sectores considerados de riesgo, ya que por la carga combustible que se tiene.

En lo referente a evacuación, se encuentran ubicados varios rótulos con la leyenda “Salida de Emergencia”; éstos se encuentran distribuidos de tal manera que conduzcan a las personas por las puertas preestablecidas en el presente plan.


De igual manera las puertas existentes tienen su respectiva rotulación como puertas de emergencia.

El siguiente paso que se cumplirá, es con respecto a los etiquetados reglamentarios para pegarlos en los propios extintores.



### 9.2. CARTELES INFORMATIVOS.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice H – Plan de Emergencias</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	<b>Mcs-03-26</b>
		Versión:	<b>01</b>
		Página:	<b>29 de 29</b>



Otro tipo de rótulo, más bien informativo, son los que identifican cada una de los sectores o áreas, que, aunque aparentemente no tiene relación dentro del tema de seguridad, pero si influye dentro de la interpretación de los planos y carteles de recursos y evacuación; además que una organización debe mantener el orden y coordinación en cualquier aspecto.

Se encuentran ubicados también, los carteles o mapas de evacuación que permiten al usuario la orientación dentro de las instalaciones, también sirve para ubicar los puntos donde se encuentran los recursos de lucha contra incendios.

En otra etapa se encuentra la elaboración de afiches con información resumida del Plan de Emergencia, éstos permitirán socializar constantemente los elementos básicos del plan.


### 9.3. CURSOS, PRÁCTICAS Y SIMULACROS.

En este punto se establece llevar a cabo las siguientes actividades:

- Conformación de Brigadas y Plan de Emergencia, 8 horas (Brigadistas).
- Curso de Técnicas de Evacuación y Transporte de Víctimas, 16 horas (Brigadistas).
- Técnicas de Rescate y Seguridad, 20 horas (Brigadistas).
- Curso de Prevención y Control de Incendios, 8 horas (Brigadistas).
- Curso primeros Auxilios Básicos, 40 horas (Brigadistas).
- Socialización del Plan de Emergencia y manejo de extintores, 4 horas por grupo (Todo el personal)
- Tres simulacros para el presente año.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

## Apéndice I. Dispositivos de seguridad.

	<b>Apéndice I - Recursos existentes de prevención, detección, protección y control</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mcs-03-26
		Versión:	01
		Página:	1 de 6

### Detectores de Humo




CANTIDAD	DETALLE	UBICACION
1	Detector de humo fotoeléctrico	Contabilidad
1	Detector de humo fotoeléctrico	Oficina de recursos humanos
1	Detector de humo fotoeléctrico	Oficina de calidad
2	Detector de humo fotoeléctrico	Sala de preparación
12	Detector de humo fotoeléctrico	Bodega de producto terminado de exportación
6	Detector de humo fotoeléctrico	Cámara de maduración
1	Detector de humo fotoeléctrico	Entrada a oficinas de mercado nacional
1	Detector de humo fotoeléctrico	Recepción materia prima MN
6	Detector de humo fotoeléctrico	Bodega materia prima MN
8	Detector de humo fotoeléctrico	Antesala bodega producto terminado MN
30	Detector de humo fotoeléctrico	Bodega de producto terminado MN
1	Detector de humo fotoeléctrico	Pasillo q comunica a esclusas MN
1	Detector de humo fotoeléctrico	Área de vinagres
1	Detector de humo fotoeléctrico	Área de miel
1	Detector de humo fotoeléctrico	Área de cuarentena
1	Detector de humo fotoeléctrico	Área de suministros de té
7	Detector de humo fotoeléctrico	Planta de salsas
81		

### Sirena de Emergencia



CANTIDAD	DETALLE	UBICACION
1	118 Db, 30W de potencia, consumo de 12 Vcd, 1200 mA.	Exterior Planta Mercado Nacional.
1	118 Db, 30W de potencia, consumo de 12 Vcd, 1200 mA.	Entrada de vinagres
1	118 Db, 30W de potencia, consumo de 12 Vcd, 1200 mA.	Entrada de bodega PT
1	118 Db, 30W de potencia, consumo de 12 Vcd, 1200 mA.	Pasillo etiquetado, granola
1	118 Db, 30W de potencia, consumo de 12 Vcd, 1200 mA.	Área de empaque exportación
1	118 Db, 30W de potencia, consumo de 12 Vcd, 1200 mA.	Bodega Exportación
1	118 Db, 30W de potencia, consumo de 12 Vcd, 1200 mA.	Área de Hornos – Preparación.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVA</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Válido a partir: <b>15/03/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	---------------------------------------


	<b>Apéndice I - Recursos existentes de prevención, detección, protección y control</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mcs-03-26
		Versión:	01
		Página:	2 de 6

*Lámparas de Emergencia*




CANT.	DETALLE	UBICACION
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Cámara de Maduración
2	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Bodega de exportación
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Área de salsas
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Entrada laboratorio
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Entrada oficina de control de calidad
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Entrada hornos-Oficina exportación
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Pasillo horno lineal - Horno Resecado GH
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Entrada sala de hornos - marmita
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Entrada esclusa exportación - pelado
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Entrada esclusa - baños - vestidores
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Entrada preparación de fruta - lavado gavetas
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Salida cocina
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Entrada oficinas administrativas principal
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Pasillo oficinas administrativas

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVA</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Válido a partir: <b>15/03/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	---------------------------------------

	<b>Apéndice I - Recursos existentes de prevención, detección, protección y control</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mcs-03-26
		Versión:	01
		Página:	3 de 6

1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Entrada oficinas mercado nacional
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Bodega MP nacional
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Pasillo Bodega MP - Mercado Nacional
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Pasillo esclusa Mercado Nacional
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Pasillo vinagres - bodega PT
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Entrada frutos secos maquinas
2	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Pasillo entrada tes
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Entrada frutos secos manual
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Entrada dilusión de miel
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Pasillo bodega PT nacional
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Entrada-salida área de tes especiales
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Entrada-salida condimentos
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Entrada-salida bodega PT
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Entrada preparación esencia
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Pasillo bodega MP- Granola
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Área de codificación
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Entrada granolas
1	Luminaria de emergencia con batería incluida LED, duración 100 min 120/277V, 60Hz. Marca Sylvania	Zona carga y descarga MP Nacional
34		

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVA</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Válido a partir: <b>15/03/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	---------------------------------------


	<b>Apéndice I - Recursos existentes de prevención, detección, protección y control</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mcs-03-26
		Versión:	01
		Página:	4 de 6

*Extintores*



N: EXT	LOCALIZACIÓN	TIPO	CAP. (LB/GLS)
E-01	ENTRADA BODEGA EXPORTACIÓN	H2O	2,5
E-02	ENTRADA BODEGA MP NACIONAL	H2O	2,5
E-03	ENTRADA BODEGA NACIONAL - OFICINAS	PQS	20
E-04	ENTRADA TANQUE GLP	PQS	20
E-05	SALA DE HORNOS - HORNO LINEAL	PQS	10
E-06	CALLE C - ÁREA TANQUE GLP	PQS	20
E-07	GARITA	PQS	10
E-08	COCINA	K	1,6
E-09	OFICINA DE CALIDAD	PQS	10
E-10	OFICINA PRODUCCION EXPORTACIÓN	PQS	10
E-11	INTERIOR ÁREA TES - EMPACADORA	PQS	10
E-12	TALLER MTTO - SALA DE CALDERAS	PQS	20
E-13	ENTRADA ÁREA DE VINAGRE	PQS	10
E-14	ENTRADA NACIONAL – ESCLUSA	PQS	20
E-15	ÁREA DE EMPAQUE EXPORTACIÓN	PQS	10
E-16	ÁREA HORNOS GRANOLA	PQS	10
E-17	ÁREA DE SALSAS	PQS	10
E-18	PASILLO CALDEROS - OFICINAS EXP.	PQS	10
E-19	PILETA - SILOS DE COMBUSTIBLE	CO2	10
E-20	COMEDOR	PQS	10
E-21	GENERADOR – SILOS DE COMBUSTIBLE	CO2	10
E-22	ÁREA DE AGRICOLA	PQS	10
E-23	ÁREA DE ELABORACIÓN DE ABONO	PQS	10
E-24	ENTRADA ARCHIVO GENERAL	PQS	20

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVA</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Válido a partir: <b>15/03/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	---------------------------------------

	<b>Apéndice I - Recursos existentes de prevención, detección, protección y control</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mcs-03-26
		Versión:	01
		Página:	5 de 6

E-25	SALA DE SISTEMAS	CO2	10
E-26	OFICINAS ADMINISTRATIVAS	CO2	10
E-27	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	CO2	5
E-28	SALA DE HORNOS – TABLEROS DE CONTROL	CO2	5

***Pulsadores de incendio***




CANTIDAD	DETALLE	UBICACIÓN
1	Pulsador de incendio	Contabilidad
1	Pulsador de incendio	Entrada a las oficinas de recursos humanos y calidad
1	Pulsador de incendio	Preparación salida a esclusas
1	Pulsador de incendio	Entrada a esclusas por preparación
1	Pulsador de incendio	Empaque
1	Pulsador de incendio	Entrada a oficinas MN
1	Pulsador de incendio	Entrada a té
1	Pulsador de incendio	Entrada a frutos secos
1	Pulsador de incendio	Salida de esclusas a pasillo MN
9		

***BOCA DE INCENDIO EQUIPADO (BIE)***



CANTIDAD	DETALLE	UBICACIÓN
1	Manguera, extintor, hacha	Entre consultorio y contabilidad
1	Manguera, extintor, hacha	Bodega de producto terminado exportación
1	Manguera, extintor, hacha	Cuarto de maduración
1	Manguera, extintor, hacha	Exteriores de zona de embarque bodega MN

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVA</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Válido a partir: <b>15/03/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	---------------------------------------

	<b>Apéndice I - Recursos existentes de prevención, detección, protección y control</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mes-03-26
		Versión:	01
		Página:	6 de 6

1	Manguera, extintor, hacha	Bodega materia prima MN
1	Manguera, extintor, hacha	Área de chocolates
1	Manguera, extintor, hacha	Entrada a salsas
2	Manguera, extintor, hacha	Bodega producto terminado MN
9		


### *Botiquines*



CANTIDAD	DETALLE	UBICACIÓN
1	Visina, paracetamol, ibuprofeno, ranitidina, naproxeno, nutrizym plus, panalgésig/diclofenaco tubo, sulfato de plata/crema para quemaduras, gasas, savlon, suero fisiológico, esparadrapo poroso/ hospitalario, toallas higiénicas, vendas de gasa, curitas.	OFICINAS DE MERCADO NACIONAL
1	Visina, paracetamol, ibuprofeno, ranitidina, naproxeno, nutrizym plus, panalgésig/diclofenaco tubo, sulfato de plata/crema para quemaduras, gasas, savlon, suero fisiológico, esparadrapo poroso/ hospitalario, toallas higiénicas, vendas de gasa, curitas.	OFICINAS DE EXPORTACIÓN

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVA</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Válido a partir: <b>15/03/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	---------------------------------------

## Apéndice J. Plan de capacitaciones.

	<b>Apéndice J - Plan de capacitación en riesgo por atmósferas explosivas - ATEX</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mcs-03-26
		Versión:	01
		Página:	1 de 20


FÁBRICA TERRAFERTIL S.A.



# TERRAFERTIL

**PLAN DE CAPACITACIÓN EN RIESGO POR ATMÓSFERAS  
EXPLOSIVAS - ATEX**


Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice J - Plan de capacitación en riesgo por atmósferas explosivas - ATEX</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mcs-03-26
		Versión:	01
		Página:	2 de 20

### Tabla de contenido

1.	Datos generales del plan.....	3
1.1.	Marco Normativo.....	3
2.	Justificación del plan de capacitaciones.....	4
3.	Objetivos del plan de capacitaciones.....	6
3.1.	Objetivo general.....	6
3.2.	Objetivos específicos.....	6
4.	Alcance del plan de capacitaciones.....	7
5.	Contenido del plan de capacitación.....	7
5.1.	Módulo 1: Introducción a Las Atmósferas Explosivas (ATEX).....	7
5.2.	Módulo 2: Identificación de Zonas ATEX y Señalización.....	9
5.3.	Módulo 3: Manejo de Seguros de Equipos Eléctricos y Sistemas de Ventilación.....	10
5.4.	Módulo 4: Metodología 5S aplicada a la producción de condimentos.....	11
5.5.	Módulo 5: Procedimiento de Emergencia y Evacuación en ambientes ATEX.....	12
5.6.	Módulo 6: Gestión de Riesgos ATEX y Permisos de trabajo.....	13
6.	Método de evaluación.....	15
7.	Asistencia mínima del 80%.....	15
8.	Evaluación teórica.....	15
9.	Informe anual de resultados y mejoras.....	16
10.	Porcentaje de personal capacitado.....	16
11.	Disminución de incidentes relacionados con ATEX.....	16
12.	Nivel de cumplimiento de procedimientos operativos.....	16
13.	Resultados obtenidos en simulacros de emergencia.....	17
14.	Cronograma por seguir.....	17

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice J - Plan de capacitación en riesgo por atmósferas explosivas - ATEX</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mcs-03-26
		Versión:	01
		Página:	3 de 20

### 1. Datos generales del plan.


Plan de Capacitación en Prevención de Atmósferas Explosivas (ATEX) se ha elaborado considerando las características operativas de una empresa dedicada al procesamiento de harina. Dentro de sus actividades principales se incluyen la recepción de materia prima, el proceso de molienda, el transporte interno del material, el ensacado y el almacenamiento del producto final. Durante estas etapas se genera de manera constante polvo combustible, lo cual incrementa de forma considerable la probabilidad de que se formen atmósferas potencialmente explosivas.

- **Nombre del programa:** Plan de capacitaciones en Prevención de Atmósferas Explosivas (ATEX)
- **Empresa:** Terrafertil S.A.
- **Área de aplicación:** Personal Operativo.
- **Número de trabajadores:**
- **Responsable del plan:** Responsable de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- **Periodicidad:** Anual con vigencia de 1 año con revisión y actualización.

#### 1.1. Marco Normativo.

El plan se fundamenta en la normativa vigente a nivel internacional, regional y nacional relacionada con la prevención de riesgos asociados a la presencia de atmósferas explosivas. Este sustento normativo permite que las acciones y lineamientos contemplados se desarrollen bajo criterios técnicos reconocidos y buenas prácticas en seguridad industrial. De esta manera, se busca asegurar que las medidas de prevención, control y capacitación implementadas estén alineadas con los estándares establecidos

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice J - Plan de capacitación en riesgo por atmósferas explosivas - ATEX</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mcs-03-26
		Versión:	01
		Página:	4 de 20

para la protección de los trabajadores, las instalaciones y la continuidad segura de las operaciones.


- Directiva ATEX 1999/92/CE: Protección de la seguridad y salud de los trabajadores expuestos a atmosferas explosivas.
- UNE-EN 60079: Atmósferas explosivas que estén relacionadas a equipos eléctricos e instalaciones.
- NFPA 654 y 652: Prevención de incendios y explosiones originadas por polvo combustible.
- Decreto Ejecutivo 255: Reglamento de Seguridad y Salud en el trabajo.
- Resolución 957: Instrumento andino de Seguridad y Salud en el trabajo.

## 2. Justificación del plan de capacitaciones.

En el área de producción de condimentos de la empresa Terrafertil, los procesos relacionados al manejo, mezcla y envasado de materias primas en polvo pueden generar partículas finas que se dispersan en el ambiente durante las diferentes etapas operativas. Este tipo de materiales, por su tamaño reducido y facilidad de suspensión en el aire, pueden representar un riesgo cuando se acumulan en determinadas concentraciones dentro del área de trabajo.

Bajo ciertas condiciones, si estas partículas se combinan con el oxígeno presente en el ambiente y coinciden con una posible fuente de ignición generalmente originadas por equipos eléctricos, fricción mecánica o superficies calientes nace la posibilidad de que se produzcan eventos de combustión o explosión de polvo. Por esta razón, en instalaciones donde se manipulan productos pulverizados, como ocurre en el área de condimentos de Terrafertil,

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice J - Plan de capacitación en riesgo por atmósferas explosivas - ATEX</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mcs-03-26
		Versión:	01
		Página:	5 de 20

resulta fundamental implementar medidas de prevención, control y capacitación que permitan reducir la probabilidad de ocurrencia de este tipo de incidentes y garantizar condiciones seguras para el personal y las operaciones.


A partir de los resultados obtenidos en la investigación, se pudo identificar la existencia de zonas clasificadas como ATEX 20, 21 y 22 dentro del área de condimentos, particularmente en actividades relacionadas con la limpieza, así como en los procesos de carga y descarga de materia prima hacia la tolva. Estas operaciones generan dispersión de partículas finas en el ambiente, lo que favorece la formación de atmósferas potencialmente explosivas bajo determinadas condiciones.

De igual manera, el análisis realizado evidenció que el personal operativo, no solo del área de condimentos sino también de otras áreas de la planta, no dispone de una formación técnica suficiente respecto a los riesgos asociados a atmósferas explosivas. Esta situación puede incrementar la probabilidad de que se presenten prácticas o comportamientos inseguros frente a este tipo de escenarios.

Asimismo, la implementación de procesos formativos favorece el cumplimiento de la normativa vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo, al tiempo que promueve el desarrollo de una cultura organizacional enfocada en la prevención y el manejo adecuado de riesgos críticos.

Por lo tanto, el presente plan de capacitación se plantea como un componente complementario dentro del Plan de Prevención ATEX de la empresa, integrándose con las

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice J - Plan de capacitación en riesgo por atmósferas explosivas - ATEX</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mcs-03-26
		Versión:	01
		Página:	6 de 20

medidas de carácter técnico, administrativo y organizativo propuestas en el desarrollo de la investigación.

### 3. Objetivos del plan de capacitaciones.


#### 3.1. Objetivo general

Capacitar al personal de la empresa Terrafertil S.A. para que puedan reconocer, analizar y prevenir los riesgos relacionados con la presencia de atmósferas explosivas (ATEX), con el fin de reducir la posibilidad de accidentes laborales y evitar pérdidas económicas ocasionadas por explosiones generadas por polvo combustible.

#### 3.2. Objetivos específicos.

- Brindar al personal información clara sobre cómo se pueden formar las atmósferas explosivas y cómo se comportan en los diferentes procesos de trabajo.
- Generar conciencia en los trabajadores acerca de los riesgos que puede representar el polvo cuando se encuentra suspendido en el ambiente.
- Explicar de manera sencilla cómo identificar y comprender las zonas ATEX que se encuentran dentro de la empresa.
- Reforzar la aplicación de medidas de prevención y de control en las actividades diarias de producción y mantenimiento.
- Orientar al personal en el uso correcto de equipos, herramientas y elementos de protección personal que están diseñados para trabajar en ambientes con riesgo de explosión.
- Preparar a los trabajadores para que puedan actuar de forma adecuada y oportuna frente a situaciones de emergencia relacionadas con posibles explosiones.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice J - Plan de capacitación en riesgo por atmósferas explosivas - ATEX</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mes-03-26
		Versión:	01
		Página:	7 de 20

#### 4. Alcance del plan de capacitaciones.

El presente plan de capacitación está dirigido a todo el personal que trabaja en la empresa. Esto incluye a los trabajadores operativos, supervisores y responsables de área que, de una u otra manera, puedan estar expuestos a riesgos relacionados con la presencia de atmósferas explosivas.

El programa contempla la capacitación en distintos aspectos de las actividades que se desarrollan dentro de la empresa, entre ellos:

- Actividades que se realizan de forma habitual y aquellas que se presentan de manera ocasional.
- Procesos relacionados con la producción y las labores de mantenimiento.
- Operaciones que se llevan a cabo en áreas clasificadas como zonas ATEX.
- Procedimientos que seguir en situaciones de emergencia y evacuación.


#### 5. Contenido del plan de capacitación

##### 5.1. Módulo 1: Introducción a Las Atmósferas Explosivas (ATEX)

###### Objetivo del módulo:

Proporcionar al personal información básica sobre las atmósferas explosivas, especialmente aquellas relacionadas con la presencia de polvo combustible. Con ello se busca que los trabajadores comprendan cómo puede originarse una explosión, cuáles son las condiciones que pueden favorecer su aparición y qué riesgos pueden presentarse dentro de los entornos industriales.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice J - Plan de capacitación en riesgo por atmósferas explosivas - ATEX</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mes-03-26
		Versión:	01
		Página:	8 de 20

**Estructura del contenido:**

- Concepto de atmósfera explosiva y su significado dentro de los entornos industriales.
- Explicación básica de cómo se produce una explosión desde el punto de vista físico.
- El triángulo de la explosión: presencia de combustible, comburente (oxígeno) y una fuente de ignición.
- Diferencias principales entre un incendio y una explosión.
- Clasificación de las atmósferas explosivas, considerando aquellas generadas por gases, vapores y polvos.
- Importancia de aplicar medidas de prevención y control en los procesos industriales para reducir estos riesgos.
- Revisión de casos reales de accidentes ocasionados por polvo combustible.


**Duración:** 40 minutos.

**Metodología:**

La capacitación se desarrollará mediante una exposición teórica que permita explicar los conceptos principales del tema. Además, se complementará con el análisis de casos reales y el uso de material audiovisual, con el fin de facilitar la comprensión de los riesgos y reforzar el aprendizaje de los participantes.

**Dirigido a:** Personal de producción.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice J - Plan de capacitación en riesgo por atmósferas explosivas - ATEX</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mcs-03-26
		Versión:	01
		Página:	9 de 20

## 5.2. Módulo 2: Identificación de Zonas ATEX y Señalización.

### Objetivo del módulo:


Capacitar al personal de producción para que tengan la habilidad de reconocer correctamente las zonas ATEX dentro de la planta, comprender la señalización de seguridad y respetar las restricciones que aplican en estas áreas. De esta manera se busca evitar la generación de posibles fuentes que puedan provocar ignición en lugares donde existe riesgo de explosión.

### Estructura del contenido:

- Clasificación de las zonas ATEX relacionadas con la presencia de polvo combustible (zonas 20, 21 y 22).
- Criterios utilizados para determinar estas zonas, considerando con qué frecuencia y durante cuánto tiempo puede estar presente el polvo en el ambiente.
- Identificación de las áreas o procesos de mayor riesgo dentro del área, como los procesos de producción, sellado y empaçado.
- Señalización utilizada en zonas ATEX, incluyendo los colores, símbolos y su significado.
- Reglas básicas de comportamiento que deben seguirse al trabajar dentro de áreas clasificadas.
- Responsabilidades del personal que realiza actividades en estas zonas para mantener condiciones seguras de trabajo.

**Duración:** 40 minutos.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice J - Plan de capacitación en riesgo por atmósferas explosivas - ATEX</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mcs-03-26
		Versión:	01
		Página:	10 de 20

**Metodología:**

La capacitación se desarrollará mediante una clase teórica-práctica, en la cual se explicarán los conceptos principales y su aplicación dentro de la planta. Además, se realizarán ejercicios orientados a que los participantes puedan reconocer correctamente las zonas ATEX y la señalización de seguridad presente en las diferentes áreas de trabajo (Área posible de evaluación: Tés)

**Dirigido a:** Personal de producción.

**5.3.Módulo 3: Manejo de Seguros de Equipos Eléctricos y Sistemas de Ventilación.**


**Objetivo del módulo:**

Capacitar al personal de producción en el manejo adecuado y seguro de los equipos eléctricos y de los sistemas de ventilación que se utilizan en áreas ATEX. Con ello se busca fomentar prácticas de trabajo seguras que ayuden a prevenir fallas en los equipos, evitar la acumulación de polvo combustible y reducir las condiciones que podrían dar lugar a una explosión.

**Estructura del contenido:**

- Conceptos básicos de seguridad en el uso de equipos eléctricos en lugares donde puede existir riesgo de explosión.
- Explicación general sobre los equipos eléctricos que están diseñados y certificados para trabajar en áreas ATEX.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice J - Plan de capacitación en riesgo por atmósferas explosivas - ATEX</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mcs-03-26
		Versión:	01
		Página:	11 de 20

- Riesgos que pueden presentarse cuando las instalaciones o los equipos no son los adecuados para este tipo de ambientes.
- Importancia de contar con sistemas de ventilación y extracción que ayuden a reducir la acumulación de polvo en el ambiente.
- Buenas prácticas en el uso y operación de equipos eléctricos y ventiladores dentro de la planta.
- Importancia de comunicar o reportar cualquier condición insegura que pueda representar un riesgo durante las actividades de trabajo.

**Duración:** 40 minutos.

**Metodología:**


La capacitación se desarrollará mediante una exposición técnica acompañada de ejemplos prácticos que faciliten la comprensión de los temas tratados. Además, se realizará una revisión de los equipos instalados en la planta para relacionar la teoría con la práctica, y se promoverá la discusión de errores comunes que pueden presentarse durante las operaciones, junto con las medidas preventivas que deben aplicarse para evitarlos.

**Dirigido a:** Personal de producción.

**5.4. Módulo 4: Metodología 5S aplicada a la producción de condimentos.**

**Objetivo del módulo:**

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice J - Plan de capacitación en riesgo por atmósferas explosivas - ATEX</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mcs-03-26
		Versión:	01
		Página:	12 de 20

Aplicar la metodología **5S** como una herramienta de prevención que permita mantener el orden y la limpieza en las áreas de trabajo, reducir la acumulación de polvo combustible y disminuir el riesgo de explosiones en zonas ATEX.

**Estructura del contenido:**

- Introducción a la metodología **5S** y su aplicación en el entorno de trabajo.
- Relación entre el orden, la limpieza y la reducción del riesgo de explosiones.
- Aplicación práctica de cada una de las **5S** en las actividades de la industria.
- Control de derrames y prevención de la acumulación de polvo.
- Responsabilidades del personal para mantener las áreas de trabajo en buenas condiciones.
- Beneficios que aporta esta metodología en la seguridad y en la eficiencia de las operaciones.

**Duración:** 40 minutos.


**Dirigido a:** Personal de producción.

**5.5. Módulo 5: Procedimiento de Emergencia y Evacuación en ambientes ATEX.**

**Objetivo del módulo:**

Preparar al personal para que pueda actuar de forma segura y ordenada frente a emergencias relacionadas con atmósferas explosivas, asegurando una evacuación a tiempo, el cumplimiento de los procedimientos establecidos y la disminución de posibles daños a las personas y a las instalaciones.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice J - Plan de capacitación en riesgo por atmósferas explosivas - ATEX</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mcs-03-26
		Versión:	01
		Página:	13 de 20

**Estructura del contenido:**

- Tipos de emergencias que pueden presentarse en áreas con riesgo de atmósferas explosivas.
- Acciones para seguir en casos de explosión, incendio o liberación de polvo en el ambiente.
- Uso adecuado de las rutas de evacuación y de los puntos de encuentro.
- Funciones y responsabilidades del personal durante una emergencia.
- Importancia de la comunicación interna y de los sistemas de alerta.
- Valor de los simulacros para fortalecer la preparación y mejorar la respuesta ante emergencias.

**Duración:** 40 minutos.

**Metodología:**


La capacitación se desarrollará mediante una exposición teórica, acompañada de la revisión del plan de emergencia de la planta. Además, se plantearán escenarios de emergencia de forma simulada para analizar cómo debería actuar el personal ante este tipo de situaciones.

**Dirigido a:** Personal de producción.

**5.6. Módulo 6: Gestión de Riesgos ATEX y Permisos de trabajo.**

**Objetivo del módulo:**

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice J - Plan de capacitación en riesgo por atmósferas explosivas - ATEX</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mcs-03-26
		Versión:	01
		Página:	14 de 20

Reforzar la gestión del riesgo en zonas ATEX mediante el uso adecuado de los permisos de trabajo, el control de posibles fuentes de ignición y la evaluación de riesgos en actividades especiales. Con ello se busca asegurar el cumplimiento de los procedimientos de seguridad y promover decisiones responsables al trabajar en áreas clasificadas.

**Estructura del contenido:**


- Principios básicos para la gestión de riesgos en ambientes donde pueden formarse atmósferas explosivas.
- Identificación y análisis de riesgos ATEX en actividades que no se realizan de manera habitual.
- Uso de permisos de trabajo para tareas especiales, como trabajos en caliente, ingreso a espacios confinados o intervención en equipos.
- Control de posibles fuentes de ignición mediante medidas administrativas y técnicas.
- Responsabilidades del personal autorizado y de quienes supervisan estas actividades.
- Importancia de verificar y cerrar correctamente los permisos de trabajo una vez finalizadas las tareas.

**Duración:** 40 minutos.

**Metodología:**

La capacitación se desarrollará mediante una modalidad teórica-práctica, en la que se revisarán los procedimientos internos de la planta para comprender su correcta aplicación. Además, se realizarán ejercicios orientados a identificar riesgos y analizar la toma de decisiones

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

 <b>TERRAFERTIL</b>	<b>Apéndice J - Plan de capacitación en riesgo por atmósferas explosivas - ATEX</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mes-03-26
		Versión:	01
		Página:	15 de 20

adecuadas frente a diferentes situaciones que pueden presentarse durante las actividades de trabajo.

**Dirigido a:** Personal de producción.

#### **6. Método de evaluación.**

La evaluación del Plan de Capacitación ATEX tiene como propósito comprobar si se han alcanzado los objetivos planteados, así como valorar la efectividad del proceso de formación. Además, busca confirmar que los conocimientos adquiridos durante la capacitación sean aplicados de manera adecuada en las actividades diarias de trabajo. Para ello, se establecen los siguientes criterios de evaluación:


#### **7. Asistencia mínima del 80%.**

Este indicador busca asegurar la participación del personal en las capacitaciones. Se considera adecuado un nivel de asistencia igual o mayor al 80 %, ya que permite garantizar que los trabajadores reciban la información necesaria para reconocer y controlar los riesgos ATEX en sus actividades. La asistencia se registrará mediante listas firmadas y verificadas por el responsable de Seguridad y Salud en el Trabajo.

#### **8. Evaluación teórica.**

Las evaluaciones teóricas buscan verificar la comprensión de los conceptos básicos sobre atmósferas explosivas, zonas ATEX, medidas preventivas y procedimientos de emergencia. Obtener una calificación mínima del 70 % demuestra que el personal cuenta con los conocimientos necesarios para realizar sus actividades de forma segura.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice J - Plan de capacitación en riesgo por atmósferas explosivas - ATEX</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mcs-03-26
		Versión:	01
		Página:	16 de 20

#### 9. Informe anual de resultados y mejoras.

Al finalizar cada año se elaborará un informe técnico que reúna los resultados de las capacitaciones, identifique posibles brechas de conocimiento y registre incidentes o desviaciones. Con base en esta información se propondrán acciones de mejora para fortalecer la gestión del riesgo ATEX.

#### 10. Porcentaje de personal capacitado.

Este indicador mide el porcentaje de trabajadores que han recibido y aprobado la capacitación ATEX respecto al total de personal expuesto. Un valor alto refleja una buena cobertura del plan y el compromiso de la empresa con la prevención de riesgos.


#### 11. Disminución de incidentes relacionados con ATEX.

Este indicador permite evaluar la eficacia del plan mediante la disminución de incidentes, actos inseguros y condiciones de riesgo relacionados con atmósferas explosivas. Su análisis ayuda a verificar si la capacitación está contribuyendo realmente a la prevención de accidentes.

#### 12. Nivel de cumplimiento de procedimientos operativos.

Este indicador evalúa qué tan bien el personal cumple con los procedimientos establecidos para trabajar en zonas ATEX, realizar tareas de limpieza, mantenimiento y control de posibles fuentes de ignición. Un alto nivel de cumplimiento demuestra que los contenidos de la capacitación han sido comprendidos y aplicados correctamente en las actividades diarias.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------

	<b>Apéndice J - Plan de capacitación en riesgo por atmósferas explosivas - ATEX</b>	<b>Departamento SST</b>	
		Código:	Mcs-03-26
		Versión:	01
		Página:	17 de 20

### 13. Resultados obtenidos en simulacros de emergencia.

Este indicador permite evaluar cómo responde el personal frente a escenarios simulados de explosión por polvo combustible. Para ello se consideran aspectos como el tiempo de evacuación, el cumplimiento de los roles asignados, el uso correcto de los equipos y la efectividad en la comunicación durante la emergencia.

### 14. Cronograma por seguir.

El plan de capacitaciones de acuerdo con las necesidades identificadas y con el fin de cumplir los objetivos tanto el general como los específicos se estipulan las siguientes actividades detalladas en el cronograma.

Tabla 1. *Cronograma de actividades.*

No.	Actividad	Mes				Responsable
		Mayo	Junio	Julio	Agosto	
1	Presentación y aprobación del plan de capacitaciones ATEX					Gerencia
2	Difusión del plan a personal administrativo					Jefe de SOO
3	Diseño material teórico para la capacitación					Asistentes técnicos de SOO
4	Ejecución de los módulos de capacitación					Jefe SOO - Asistentes - Supervisores
5	Evaluación de conocimientos					Jefe SOO
6	Instalación de señalética ATEX					Equipo de mantenimiento
7	Verificación de señalética					Jefe SOO - Gerencia
8	Evaluación del plan					Departamento de seguridad

*Nota.* Actividades para ejecutar el plan de capacitaciones relacionado a atmósferas explosivas.

Elaborado por: <b>BSCC</b>	Revisado por: <b>JPVP</b>	Aprobado por: <b>XV</b>	Valido desde: <b>1/3/2026</b>
-------------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------