

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK
FACULTAD DE CIENCIAS DEL TRABAJO Y
COMPORTAMIENTO HUMANO

Trabajo de fin de carrera titulado:

**DISEÑO DE UN MANUAL DE PREVENCIÓN ANTE LA
PRESENCIA DE ATMOSFERAS EXPLOSIVAS (ATEX) Y
POLVOS COMBUSTIBLES BAJO NORMATIVA SEVESO**

Realizado por:

CHRISTIAN RENE BENITEZ MOREIRA

Director del proyecto:

PhD. Luis Fernando Freire Constante

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Quito, 22 de febrero del 2018

DECLARACIÓN JURAMENTADA DE AUTORES

Yo, CHRISTIAN RENE BENITEZ MOREIRA, con cédula de identidad # 172328581-1 declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Christian Rene Benítez Moreira

C.C 172328581-1

DECLARATORIA DEL DIRECTOR

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**DISEÑO DE UN MANUAL DE PREVENCIÓN ANTE LA PRESENCIA DE
ATMOSFERAS EXPLOSIVAS (ATEX) Y POLVOS COMBUSTIBLES BAJO
NORMATIVA SEVESO**

Realizado por:

CHRISTIAN RENE BENITEZ MOREIRA

Como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Ha Sido dirigido por el profesor

PhD. Luis Fernando Freire Constante

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor

DIRECTOR

DECLARATORIA PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

Ing. Pablo Davila.

Ing. Aimet Vilaret.

Después de revisar el trabajo presentado,
lo han calificado como apto para su defensa oral ante
el tribunal examinador

Ing. Pablo Dávila.

Ing. Aimet Vilaret.

Quito 22 de febrero 2018

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorar cada día mas, a mi amada esposa, por su apoyo y ánimo que me brinda día con día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales. A mis adorados hijos Christian Sebastián, Christian Matías y a mi nueva bebe Luciana Nicole, a quienes siempre cuidaré para verlos hechos personas capaces y que puedan valerse por sí mismos. A mi madre por ser la persona que me acompaño durante todo mi proyecto estudiantil y de vida. A mi Padre que desde el cielo me ilumina y me guía

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto es el resultado del esfuerzo conjunto de todos los que formamos parte de esta tesis. Por esto agradezco a mi director de tesis PhD. Luis Fernando Freire Constante, quien a lo largo de este tiempo ha puesto a prueba sus capacidades y conocimientos en el desarrollo de este nuevo Manual de Prevención De Atmosferas Explosivas, el cual ha finalizado llenando todas nuestras expectativas. A mi madre quien a lo largo de toda mi vida me ha apoyado y motivado en mi formación académica, a mi esposa que creyó en mí en todo momento y no dudo de mis habilidades. A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió y abre sus puertas a jóvenes para prepararles para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN JURAMENTADA DE AUTORES.....	ii
DECLARATORIA DEL DIRECTOR	iii
DECLARATORIA PROFESORES INFORMANTES.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE FÓRMULAS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPITULO I.....	15
INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 El problema de investigación.....	15
1.1.1 Planteamiento del problema.....	15
1.1.1.2 Pronóstico	17
1.1.1.3 Control pronóstico	17
1.1.2 Objetivo general	17
1.1.3 Objetivos específicos.....	17
1.1.4 Justificaciones.....	18
1.1.3.1 Justificación teórica.....	18
1.1.3.2 Justificación metodológica	19
1.1.3.3 Justificación práctica	19
1.1.3.4 Relevancia social.....	19
1.1.3.5 Obligatoriedad jurídica.....	20
1.2 Marco teórico.....	20
1.2.1 Estado actual del conocimiento sobre el tema.....	20
1.2.2.1 Definición de atmósfera explosiva	20
1.2.2.2 Tipos de atmósferas ATEX.....	21

1.2.2.3	Identificación de las situaciones de peligro	24
1.2.2.4	Materiales con potencial de generación de polvos combustibles	27
1.2.2.5	Definición de una zona con riesgo de explosión	29
1.2.2	Adopción de una perspectiva teórica.....	36
1.2.2.1	Principios generales para la evaluación de los riesgos específicos de las atmósferas explosivas	36
1.2.2.2	Sustancias que provocan una atmósfera explosiva.....	37
1.2.2.3	Materias sintéticas, Metales, Productos químicos	38
1.2.2.4	Líquidos inflamables.....	38
1.2.2.5	Polvos de sustancias sólidas inflamables.....	39
1.2.2.6	Gases y vapores	40
1.2.2.7	Líquidos, nieblas, polvos y efectos previsibles de las explosiones	40
1.2.2.8	Prevención y protección contra explosiones	43
1.2.2.9	Prevención o reducción de la formación de atmósfera explosiva en las inmediaciones de instalaciones.....	45
1.2.2.10	Utilización de aparatos detectores avisadores de gas	47
1.2.2.11	Prevención de las fuentes de combustión	49
1.2.2.12	Alcance de las medidas de protección.....	49
1.2.2.13	Limitación de los efectos de las explosiones.....	50
1.2.3	Identificación y caracterización de variables	52
CAPITULO II. MÉTODO.....		54
2.1	Nivel de estudio	54
2.2	Modalidad de investigación.....	55
2.3	Método.....	55
CAPITULO III. ANÁLISIS DE RESULTADOS		70
3.1	Estadísticas de accidentes a nivel mundial de explosiones.....	70
3.3.1.1	Cifras de accidentes e incidentes por presencia de atmosferas explosivas Continente Americano.....	70
3.3.1.2	Cifras de accidentes e incidentes por presencia de atmosferas explosivas Continente Europeo.....	73

3.3.1.3 Cifras de accidentes e incidentes por presencia de atmosferas explosivas Continente Asiático	75
3.3.1.4 Cifras de accidentes e incidentes por presencia de atmosferas explosivas a nivel mundial	76
3.3.1.5 Discusión de Resultados	77
3.2 Análisis a Normativa SEVESO III	79
3.2.1 Introducción a la normativa.....	79
3.3.2 Ámbito de aplicación	80
3.2.3 Evaluación de peligros de accidente grave por una determinada sustancia peligrosa	81
3.2.4 Obligaciones de carácter general del industrial.....	83
3.2.5 Política de prevención de accidentes graves	84
3.2.6 Informe de seguridad.....	85
3.2.7 Planes de emergencia	86
3.2.8 Planificación de la ocupación del suelo.....	87
3.2.9 Datos e información mínimos que deben tenerse en cuenta en el informe de seguridad	89
3.2.10 Componentes de un sistema de gestión de la seguridad.....	90
CAPITULO IV. DISCUSIÓN	92
4.1 Conclusiones	92
4.2 Recomendaciones	93
BIBLIOGRAFIA	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de los límites en la ocurrencia de explosividad.....	22
Tabla 2 Parámetros en atmósferas explosivas conformada por gases.....	22
Tabla 3 Parámetros en atmósferas explosivas conformada por polvos combustibles.....	23
Tabla 4 Identificación de las situaciones de peligro.....	26
Tabla 5 Material de plástico e industria Química.....	28
Tabla 6 Alimentos que generan polvos combustibles.....	28
Tabla 7 Productos agrícolas y carbonosos que generan polvos combustibles.....	29
Tabla 8 Ejemplos Zona 0.....	31
Tabla 9 Ejemplos Zona 1.....	31
Tabla 10 Ejemplos Zona 2.....	31
Tabla 11 Alcance que poseen las medidas de protección.....	35
Tabla 12 Principales ejemplos de sustancias inflamables.....	37
Tabla 13 Efectos previsibles de las explosiones.....	42
Tabla 14 Envergadura de las medidas de protección.....	50
Tabla 15 Identificación y caracterización de variables de estudio.....	53
Tabla 16 Estado de la sustancia inflamable.....	58
Tabla 17 Clasificación del tipo de sustancia.....	58
Tabla 18 Tabla para determinar el grado de ventilación.....	58
Tabla 19 Descripción de la disponibilidad de ventilación.....	59
Tabla 20 Determinación del tipo de zona.....	60
Tabla 21 Descripción de las zonas.....	61
Tabla 22 Codificación de las diferentes fuentes de combustión.....	61
Tabla 23 Determinación de la probabilidad de aparición de una fuente de combustión.....	62
Tabla 24 Descripción del nivel de gravedad de los accidentes.....	62
Tabla 25 Determinación de la frecuencia de explosión.....	65
Tabla 26 Codificación del nivel de riesgo.....	65
Tabla 27 Cifras de accidentes e incidentes por presencia de atmósferas explosivas Continente Americano.....	70
Tabla 28 Cifras de accidentes e incidentes de atmósferas explosivas en Continente Europeo	73

Tabla 29 Cifras de accidentes e incidentes por presencia de atmosferas explosivas Continente Asiático	74
Tabla 30 Cifras mundiales de accidentes e incidentes de atmosferas explosivas por continente	76
Tabla 31 Analisis comparativo Ámbito de aplicación Seveso III	81
Tabla 32 Analisis comparativo Evaluación de peligros de accidente grave por una determinada sustancia peligrosa Seveso III.....	82
Tabla 33 Analisis comparativo Obligaciones de carácter general del industrial Seveso III	83
Tabla 34 Analisis comparativo Política de prevención de accidentes graves Seveso III	84
Tabla 35 Analisis comparativo Informe de seguridad Seveso III	85
Tabla 36 Analisis comparativo Planes de emergencia Seveso III.....	87
Tabla 37 Analisis comparativo Planificación de la ocupación del suelo Seveso III	88
Tabla 38 Analisis comparativo Datos e información mínimos que deben tenerse en cuenta en el informe de seguridad.....	89
Tabla 39 Analisis comparativo Marco del sistema de gestión de la seguridad (propuesta de manual de prevención).....	91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ejemplo de la clasificación de una zona de un área de riesgo	33
Figura 2 Clasificación de las zonas al interior de un área de riesgo donde se presentan polvos inflamables	35
Figura 3 Cifras de muertos en accidentes por presencia de atmosferas explosivas Continente Americano	71
Figura 4 Cifras de incidentes por presencia de ATEX en Continente Americano	72
Figura 5 Cifras de accidentes e incidentes de atmosferas explosivas en Continente Europeo	73
Figura 6 Cifras de incidentes por presencia de atmosferas explosivas en Continente Europeo.....	74
Figura 7 Cifras de accidentes e incidentes por presencia de atmosferas explosivas Continente Asiático	75
Figura 8 Cifras de incidentes por presencia de ATEX en Continente Asiático	76
Figura 9 Cifras mundiales de muertos por presencia de atmosferas explosivas por continente	76
Figura 10 Cifras mundiales de incidentes por presencia de atmosferas explosivas por continente	77

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1 Cálculo de la tasa de escape	62
Fórmula 2 Cálculo del caudal mínimo teórico	63
Fórmula 3 Cálculo del volumen teórico Vz.....	63
Fórmula 4 Cálculo de Reformas en aire tomando en cuenta la unidad de tiempo	64
Fórmula 5 Cálculo de volumen total ventilado (m3).....	64
Fórmula 6 Cálculo del radio ATEX	64

RESUMEN

Una atmosfera explosiva es una composición de elementos inflamables, aire, gases, vapores, polvos y nieblas que se encuentran presentes al interior de los procesos de fabricación, desde el más simple al más complejo, posee presencia en la industria agropecuaria, maderera, grafica, petroquímica, laboratorios farmacéuticos, harineras, que sin las medidas de prevención pueden llegar a producir una explosión.

La guía para la Seguridad y Salud en Atmósferas Explosivas Cepyme señala que al interior de la Unión Europea al año se registran al menos 2000 explosiones de polvo o gas como resultado del proceso de acopio, manejo, transformación donde se emplea materiales combustibles, la presencia del riesgo de una explosión causada por atmosferas explosivas polvos, gas ocurre en muchos procesos.

Tras el análisis a nivel mundial se ha identificado el requerimiento de efectuar un estudio enfocado al desarrollo de un manual de prevención ante la presencia de ATEX y polvos combustibles bajo la normativa Seveso ya que en el Ecuador hasta la fecha no existe normativa, estudios previos que regulen, gestionen la prevención, mitigación de los impactos que produce una explosión producida por un ATEX en las personas, equipos e instalaciones al interior de las industrias ecuatorianas.

La ejecución de la investigación generara un aporte a la mitigación del riesgo de ATEX, polvos combustibles y accidentes de trabajo en las industrias, creando un documento que se use como guía para los responsables de la organización de la seguridad.

Palabras clave: atmosferas explosivas, polvos combustibles, normativa Seveso, riesgo de explosión, instalaciones.

ABSTRACT

An explosive atmosphere is a composition of flammable elements, air, atmospheric conditions that form gases, vapors, dust, mists that are present within most manufacturing processes, transformation from the most specialized to the simplest, has a presence in the agricultural industry, wood industry, specialized workshops that use paint, petrochemicals, plastic transformers, chemistry, pharmaceutical laboratories, metal textiles, silos with cereal, graphic industry, flour factories, distribution warehouses that in certain conditions may explode .

The Safety and Health Guide for Explosive Atmospheres Cepyme 2016 points out that at least 2,000 explosions of dust or gas are registered in the European Union each year as a result of the process of collection, handling, transformation where combustible materials are used, presence of the risk of an explosion caused by dust, gas occurs in many processes. After the global level analysis, the requirement to conduct a study focused on the development of a manual of prevention in the presence of atmospheric ATEX, combustible dust under the Seveso standard has been identified since in Ecuador to date there are no regulations, previous studies regulate, manage the prevention, mitigation of the impacts produced by an explosion produced by an explosive atmosphere in personnel, equipment, facilities within the Ecuadorian industries.

The execution of the research seeks to generate a contribution to the mitigation of the presence of risk of explosive atmospheres, combustible dust, and work accidents inside a facility, creating a document to be used as a guide for those responsible for the organization of safety.

Keywords: explosive atmospheres, combustible dust, Seveso regulations, explosion risk, facilities.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 El problema de investigación

1.1.1 Planteamiento del problema

1.1.1.1. Diagnóstico

El reglamento de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a una atmósfera explosiva define a una atmosfera explosiva como: "una combustión rápida que genera gases calientes que se expansionan, dando lugar a una onda de presión (onda aérea) y a un frente de llama que se propaga rápidamente. (Real Decreto 681, 2003, pág. 12)

Al interior de los procesos productivos de la industria química, gráfica, textil, agropecuaria, maderera, petroquímica, procesadoras de plástico, laboratorios de tipo farmacéuticos, silos, harineras etc. Se ha identificado la posibilidad de generación de un ATEX para que posteriormente ocurra una explosión que puede llegar a causar daño en el bienestar de las personas que laboran diariamente en las instalaciones y también a sus equipos, maquinarias, herramientas etc. (Bosch, Ramon, 2006)

En la guía para la Seguridad y Salud en Atmósferas Explosivas se ha identificado que: “En la Unión Europea cada año se producen más de 2000 explosiones de polvo o gas como consecuencia de su elaboración, manipulación, almacenamiento y transporte de materiales

combustibles, el riesgo de explosión, por gases, vapores inflamables y polvos combustibles se da en la mayoría de procesos. (Cepyme, 2016, pág. 12)

Una explosión se caracteriza por la presencia de la emisión de ondas de choque que tienen un fijo nivel de presión, cuando se inicia una explosión el nivel de presión puede provocar estallidos, deterioro a edificios, instalaciones, equipos, perjuicio a la salud de las personas a través de lesiones leves y graves inclusive la muerte, ante esta realidad se ha identificado que el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) expresan que: "Hay personas golpeadas, derribadas o enterradas bajo edificios derrumbados o heridos por cristales volantes. Aunque los efectos de la presión excesiva pueden provocar directamente la muerte, es probable que esto se produzca con las personas que trabajan muy cerca del lugar de la explosión " (Organización Internacional del Trabajo, 1990, p. 32)

Las medidas más habituales enfocadas a la prevención son: la evaluación del nivel de riesgo a las instalaciones, entrega de informes técnicos, elaboración de planes de protección y control de emergencia, entrega de autorizaciones para la ejecución de trabajos en lugares con riesgo, implementación de sistemas de protección colectiva como ventilación, inhibición, señalización y uso de equipos de protección industrial, etc. (Bosch, Ramon, 2006)

En el análisis de la realidad ecuatoriana se ha identificado que hasta la fecha no existe ningún tipo de normativa que gestione la mitigación de los impactos que produce una explosión derivada de la presencia de un ATEX, ni la ejecución de ningún estudio previo que evidencie, cuantifique los impactos que produce una explosión y promueva acciones de prevención.

1.1.1.2 Pronóstico

¿Qué mecanismos de control se pueden emplear para la prevención ante la ocurrencia de una explosión provocada por la presencia de ATEX, polvos combustibles al interior de las instalaciones?

1.1.1.3 Control pronóstico

Se pretende aportar al proceso de evaluación y prevención de los riesgos al interior de las instalaciones físicas de las industrias ecuatorianas a través de la ejecución de una propuesta de un manual que busca la mitigación, de la presencia de ATEX, polvos combustibles tomando en consideración los lineamientos, métodos, técnicas que forman parte de la Normativa Seveso.

1.1.2 Objetivo general

Diseñar un manual de prevención a través del uso de la Normativa Seveso para la mitigación y prevención, ante una posible explosión provocado por la presencia de atmosferas explosivas, polvos combustibles al interior de las instalaciones físicas que poseen las industrias.

1.1.3 Objetivos específicos

- Analizar a través de las normativas internacionales las respectivas teorías, modelos que tratan la presencia de atmosferas explosivas, polvos combustibles, los instrumentos empleados a través del uso de fuentes secundarias de información que sirvan de base teórica en el desarrollo de la propuesta de manual de prevención.
- Efectuar un análisis de tipo técnico legal manejando la normativa internacional para la identificación de los respectivos lineamientos que deben manejarse para el diseño de

acciones enfocadas a la prevención y mitigación del riesgo de presentarse una explosión provocada por la presencia de ATEX, polvos combustibles en las instalaciones físicas.

- Desarrollar un manual de prevención empleando los lineamientos, procesos, insumos, herramientas de control que señala la normativa Seveso para que a mediano plazo se contribuya con la prevención de riesgo, que ocasiona una explosión por la presencia de ATEX al interior de las industrias.

1.1.4 Justificaciones

En la ejecución de este proyecto de investigación que se enfoca en el diseño de un manual de prevención ante la presencia de ATEX, polvos combustibles a través de la Normativa Seveso se justifica a través de los siguientes puntos:

1.1.3.1 Justificación teórica

Este proyecto se elaboró con el propósito de generar un aporte a los conocimientos que hasta la actualidad no se han presentado sobre los riesgos que genera un ATEX, polvos combustibles al interior de las instalaciones de las industrias tomando como eje fundamental la normativa Seveso.

Que fue desarrollada en España a través del reglamento enfocado a las medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas según la normativa de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas (Decreto RD 840/2015, 2015) que el principal objetivo es el establecimiento de un conjunto de normas que se enfocan en la prevención de la ocurrencia de

accidentes graves que son calificados como graves y que se acompañan de un cumplimiento obligatorio por parte de las industrias que trabajan con cierto tipo de sustancias que son calificadas como peligrosas.

1.1.3.2 Justificación metodológica

En el cumplimiento de los objetivos específicos de la investigación se ha identificado que se empleará a la metodología que expone el nivel, modalidad de estudio, los métodos pertinentes de control, caracterización de los procesos, análisis de los riesgos cuya exposición determine la presencia de ATEX y su respectiva prevención a través del empleo de la normativa Seveso.

1.1.3.3 Justificación práctica

La realización de este proyecto de investigación se enfoca en la creación de una iniciativa que se enfoque en la protección del trabajador ante la presencia de riesgo al interior de una instalación a través de la elaboración de un manual conformado con ideas y lineamientos según manifiesta la normativa Seveso y en un mediano plazo a través de su implementación se minimice la presencia de riesgo de atmosferas explosivas, polvos combustibles, y accidentes de trabajo al interior de las industrias, creando un documento el cual sirva de guía a los responsables de la organización de la seguridad.

1.1.3.4 Relevancia social

Desde el punto de vista social la ejecución de este proyecto busca contribuir con el diseño de un manual de prevención ante la presencia de atmosferas explosivas, polvos combustibles empleando los lineamientos que señala la Normativa Seveso, dado que en el Ecuador hasta la fecha no existe normativa, estudios previos y herramientas que regulen, gestionen la prevención y mitigación de los impactos que produce una explosión generada por una atmósfera explosiva en el personal, equipos e instalaciones.

1.1.3.5 Obligatoriedad jurídica

Considerando la obligatoriedad jurídica se argumenta que la ejecución de esta investigación que busca el diseño de un manual de prevención ante la presencia de ATEX atmosferas explosivas, polvos combustibles empleando la Normativa Seveso como parte del proceso de evaluación y prevención de los riesgos en el lugar de trabajo cumple con los lineamientos que hace énfasis el Seguro General de Riesgos del trabajo el cual obliga a las industrias ecuatorianas al impulso del desarrollo, implementación de acciones enfocadas a la prevención y mitigación del riesgo que impacta directamente al bienestar del trabajador porque se encarga de dar cumplimiento a la legislación que actualmente se encuentra en vigencia.

1.2 Marco teórico

1.2.1 Estado actual del conocimiento sobre el tema

1.2.2.1 Definición de atmósfera explosiva

El reglamento de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo que forma parte de la legislación española menciona que una atmósfera explosiva se define como: “la mezcla con el aire, en condiciones atmosféricas, de sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, en la que, tras una combustión, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada.”(Real Decreto 681, 2003, pág. 12)

Mientras que Guía técnica para la seguridad y salud en atmósferas explosivas señala que: “Atmósfera potencialmente explosiva es aquella atmósfera que puede convertirse en explosiva debido a circunstancias locales y de funcionamiento.” (Cepyme, 2016, pág. 12)

Y en el texto legal prevención de riesgos laborales se ha identificado que: “Se entiende por atmósfera explosiva (ATEX) toda mezcla, en condiciones atmosféricas, de aire y sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos en la que, tras la combustión, se propaga la combustión hacia la mezcla no quemada.” (Agencia estatal Boletín oficial del estado , 2012 , p. 23)

Una atmósfera explosiva es el conjunto de elementos explosivos que se presentan en una representación de polvo, gas o niebla que al mezclarse junto con el aire, en condiciones atmosféricas producen explosiones que impactan directamente en el personal, equipos, instalaciones, provocando una serie de daños físicos, materiales, y humanos. En la actualidad existen un conjunto de normativas internacionales que se encargan de la regulación del accionar de las industrias en sus respectivas áreas productivas y la defensa del bienestar del trabajador, las infraestructuras, equipos.

1.2.2.2 Tipos de atmósferas ATEX

Una atmósfera ATEX se clasifica en dos tipos que serán desarrollados a continuación:

a. Atmósferas de gas explosivas

La Guía técnica para la seguridad y salud en atmósferas explosivas señala que “La atmósfera explosiva puede generarse por dilución en aire de gases, vapores o nieblas inflamables.” (Cepyme, 2016, pág. 34)

En una atmosfera explosiva se ha identificado la presencia de los límites que regulan los niveles de explosividad los cuales son el límite superior e inferior, los mismos que serán detallados a continuación.

Tabla 1 Clasificación de los límites en la ocurrencia de explosividad

Parámetro	Descripción del parámetro	Clasificación
Límites para la ocurrencia de explosividad	En la formación de una atmosfera explosiva es necesario que se considere los niveles de concentración de gas, vapor o niebla explosiva según los límites inferior y superior.	Límite Inferior de Explosividad (LIE): posee un mínimo concentración de composición no explosiva. Límite Superior de Explosividad (LSE): Se presenta el máximo nivel de composición no explosiva.

Elaborado por: El Autor

Fuente: Guía técnica para la seguridad y salud en atmósferas explosivas (Cepyme, 2016)

Tabla 2 Parámetros en atmósferas explosivas conformada por gases

Parámetro	Descripción del parámetro
Temperatura	Es la temperatura mínima según las condiciones normales de presión de la cual proviene la cantidad necesaria de vapor para que se presente una inflamación a través de la presencia de un foco de combustión.
Temperatura de combustión	Se define como la temperatura mínima para que una cierta sustancia entre en combustión espontáneamente, este tipo de característica que poseen las sustancias provee de una limitación máxima a los equipos eléctricos que pueden entrar en contacto.
Temperatura máxima	Se considera como la temperatura máxima que alcanza un cierto producto tomando en consideración las condiciones más desfavorables, pero dentro de los límites tolerables para un instrumento o sustancia para la producción de la combustión.
Energía mínima	Se define como la energía mínima para que obtenga la inflamación de la atmosfera una cierta aglomeración este parámetro es altamente importante porque es el modo de protección que se define como seguridad interior.

Elaborado por: El Autor

Fuente: Guía técnica para la seguridad y salud en atmósferas explosivas de Cepyme, (2016)

Una atmosfera de gas inflamable es una mezcla de varios elementos que son considerados como

b. Atmósfera con polvo explosivo

La Guía técnica para la seguridad y salud en atmósferas explosivas diseña que una atmósfera explosiva es: “la mezcla de aire, en condiciones atmosféricas, con sustancias inflamables bajo la forma de polvo o de fibras en las que, en caso de combustión, la combustión se propaga al resto de la mezcla no quemada.” (Cepyme, 2016, pág. 38).

Los parámetros básicos que existen en una atmósfera explosiva producida por la presencia de polvos combustibles que influyen directamente en la presencia de riesgo de explosión son:

Tabla 3 Parámetros en atmósferas explosivas conformada por polvos combustibles

Parámetro	Descripción del parámetro
Concentración pequeña de explosión	Es la cantidad mínima de polvo que está suspendido en el aire para que produzca la explosión y su propagación. Se presenta en unidades de masa o volumen por ser una media relacionada con el LIE de gases.
Temperatura mínima de combustión a nube (TIN)	Se considera como la temperatura más baja en una suspensión de polvo en el aire, se produce espontáneamente la combustión y propagación de la llama. Depende fundamentalmente de la turbulencia del polvo, la cual influye sobre el tiempo de contacto con la superficie caliente.
Temperatura mínima de combustión en capa (TIC)	Se considera como la temperatura mínima de una superficie caliente donde el polvo se encuentra depositado y puede inflamarse, pero requiere de la presencia de otros factores como lo es el espesor de la capa, pero una disminución de éste favorece la evacuación de calor, necesitando mayor temperatura de combustión.
Energía mínima de combustión (EMI)	Se define como la energía mínima de una chispa, que tiene la capacidad de producir la combustión de un polvo que tiene suspensión en el aire. Su valor se establece a través de chispas eléctricas y varía en función del tipo de polvo y del tamaño de éste.
Mayor concentración de oxígeno permitido en la prevención de la combustión	Es la concentración máxima de oxígeno que se puede tener para que no se pueda producir la explosión de una suspensión de polvo combustible.
Mayor nivel de Presión de explosión	Es la presión máxima alcanzada en el aparato de ensayo correspondiente. Este parámetro define la resistencia requerida para soportar la explosión de un producto determinado.
Nivel máximo de presión	Define la velocidad de crecimiento de la presión, dándonos una idea, junto con el parámetro anterior, de la gravedad y violencia de la explosión.

Elaborado por: El Autor

Fuente: Guía técnica para la seguridad y salud en atmósferas explosivas de Cepyme, (2016)

Una Atmósfera con polvo explosivo es una mezcla de varias sustancias inflamables que se presentan en forma de polvo, nube, aire y las respectivas condiciones atmosféricas, ante la presencia de una combustión se encargan de la expansión de los restos de la mezcla que no ha sido quemada.

1.2.2.3 Identificación de las situaciones de peligro

La Nota Técnica de Prevención Evaluación de los riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas (NTP 876, 2010) señala que los principios básicos que generalmente se emplean en la fase de evaluación de riesgos son:

- Tipificación de las situaciones de peligro que se presentan como resultado de la formación de ATEX junto con la presencia de focos de combustión.
- Cálculo del nivel de probabilidad en el proceso de formación, duración de los ATEX y la valoración de la presencia, activación de los focos de combustión.
- Identificación del nivel de gravedad o el nivel de impacto que genera los efectos derivados de la explosión.
- Evaluación/valoración del nivel de riesgo de explosión.
- Diseño de un conjunto de propuestas, medidas enfocadas a la adopción de medidas que reduzcan el riesgo de explosión.
- Aplicación de la actualización, revisión de la evaluación.

A continuación, se exponen las fases básicas que deben emplearse en el proceso de evaluación de riesgos derivados de la presencia de una atmósfera explosiva, la cual inicia desde

la premisa la cual señala que para la producción de una explosión con efectos peligrosos es necesario que se presenten cuatro condiciones, las cuales son:

- a) Eminente grado de dispersión que poseen las sustancias de tipo inflamables/combustibles.
- b) Nivel de concentración ambiental que poseen las sustancias inflamables al interior del rango de explosividad.
- c) Límite de cantidad peligrosa que posee la atmósfera explosiva

La Nota Técnica de Prevención Evaluación de los riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas (NTP 876, 2010) señala que en la identificación de las situaciones de peligro es necesario que se analice el nivel de peligro de explosión que se forma por la presencia de ATEX, la presencia/activación de focos de combustión que pueden ser de origen eléctrico-electrostático, mecánico, químico o térmico, sin dejar de lado a las sustancias y productos inflamables y/o combustibles ya que son generadores de ATEX, junto con las capas, depósitos, acumulaciones de polvo inflamable, en esta fase hay que incluir el estudio de instalaciones, procesos industriales, equipos, etc., con un mayor énfasis a los puntos y actividades en que las sustancias inflamables que se emplean tienen la posibilidad de mezclarse junto con el aire para la formación de la atmósfera explosiva.

El punto primordial para la identificación del suceso de formación de una atmósfera explosiva es la obtención del conocimiento de los parámetros de inflamabilidad junto con los de explosividad que poseen las sustancias, productos empleados al interior de las varias etapas de los procesos productivos que pueden ser el manejo de materia prima, productos intermedios, finales, subproductos, la identificación de las características que posee cada producto, y la

respectiva explosividad se han considerado como los parámetros indispensables en el análisis del riesgo. (NTP 876, 2010)

En la tabla 4 se exponen los principales parámetros para que permiten la identificación, categorización de los niveles de inflamabilidad/explosividad que posee una sustancia, producto según su estado de presentación siendo:

- a. Gas, vapor o niebla.
- b. Nube de polvo en aire.

Muchos de los productos de uso cotidiano muestran un conjunto de características que deben conocerse tal como es el caso del azúcar que posee un conjunto de ciertas condiciones que expone un nivel de energía de inflamación muy baja.(NTP 876, 2010)

Tabla 4 Identificación de las situaciones de peligro

ESTADO DE PRESENTACION DE LAS SUSTANCIAS INFLAMABLES-COMBUSTIBLES		
	Gas, Vapores y nieblas	Polvos
Parámetros característicos	Rango de (%) de inflamabilidad /explosividad	Granulometría
	(límite inferior -límite superior	Concentración mínima explosiva
	Temperatura de inflación (flash point)	Energía mínima de combustión
	Temperatura auto inflación	Temperatura de combustión en capa
	Grupo y subgrupo IIA, IIB o ICC	Temperatura de combustión en nube
	Intersicio experimental máximo de seguridad	Presión máxima de explosión
	Energía mínima de inflación	Constante de explosión (k)
	Gradiente máximo de inflamación	Resistividad- conductividad electrica
	Corriente máxima de inflación	Concentración límite de oxígeno
	Densidad relativa	Susceptibilidad- estabilidad térmica
	Coefficiente de vapor	

Fuente: Nota Técnica de Prevención (NTP) 876

Las acciones enfocadas a la identificación de la presencia de los peligros son consideradas como la fase que posee una mayor importancia al interior de un proceso enfocado a la valoración, para su aplicación es necesario una previa identificación de la información precisa, detallada sobre los trabajadores, equipos e instalaciones que son parte de los procesos productivos, al obtener información concreta, específica y completa se permite planificar acciones que reduzcan la presencia de los peligros que generalmente se producen por un mal uso.

1.2.2.4 Materiales con potencial de generación de polvos combustibles

Según la National Fire Protection Association a través de la Norma para la prevención de incendios y explosiones de polvo en la fabricación, procesado, manipulación de partículas sólidas combustibles se ha identificado que: “la partícula sólida combustible, las partículas más grandes a través de la manipulación, procesamiento pueden llegar a descomponerse hasta llegar a una forma pequeña, sólida creando la condición más crítica que se asocia con los polvos combustibles.” (NFPA 654, 2005)

Ante esta perspectiva es necesario mencionar que la presencia de los polvos es considerada como un problema ya que se encuentran suspendidos en el aire junto con la concentración óptima en presencia de una fuente viable de combustión, en zonas donde existe confinamiento de equipos, personas al interior de las instalaciones, pero sin todas estas condiciones, el polvo o sólido mantiene la capacidad de combustión, pero la naturaleza de la combustión no genera una explosión.

A continuación, se mencionan los materiales plásticos, metálicos y químicos que tienen riesgo potencial en la reproducción de polvos combustibles, a través de un análisis de la

información que proporciona la norma para la prevención de incendios y explosiones de polvo en la fabricación, procesado, manipulación de partículas sólidas combustibles de la National Fire Protection Association (NFPA 654, 2005) donde hace énfasis a la gestión específica de cada tipo de polvo.

Tabla 5 Material de plástico e industria Química

Plástico	Metal	Industria Química
Acetileno de vinilo, Poli acetato de vinilo, Poli propileno, Celulosa moldeada Poli acrilamida, Poli etileno Co-polímero, Poli Acrilonitrilo Resina epoxi o fenólica Co polímero de etileno Poli acrilato de metilo Emulsión de polímero alcohol poli vinílico Melanina y su resina Butiral de poli vinilo Urea-formaldehído, Cloruro de poli vinilo (PVC), Terpeno de resina de fenol	Aluminio Carbonilo de Hierro Zinc, Bronce, Magnesio	Ácido adípico Azufre Estearato sódico Ácido ascórbico Carboximetilcelulosa Lactosa Acetato de calcio Dextrina Metilcelulosa Antraquinona Estearato cálcico Paraformaldehido Ascorbato sódico Estearato de plomo

Elaborado por: El Autor

Fuente: Norma para la prevención de incendios y explosiones de polvo en la fabricación, procesado, manipulación de partículas sólidas combustibles NFPA 654

Adicionalmente se ha analizado a los alimentos que generan polvos combustibles, los mismos que se presentan a continuación:

Tabla 6 Alimentos que generan polvos combustibles

Alimentos
Ajo, Alfalfa, Algodón, Almidón de arroz, Almidón de maíz, Almidón de trigo, Azúcar, Cacao en polvo, Café, Cáscara de coco, Cáscara de limón, Cebolla en polvo Especias en polvo, Fécula de patata, Girasol, Gluten, Goma garrofín, Goma xantana, Harina de arroz, Harina de avena, Harina de cacahuete, Harina de centeno, Harina de maíz, Harina de papa, Harina de trigo, Limón, Malta, Manzana, Melocotón, Mezcla de tabaco, Papa, Perejil (deshidratado), Polvo de arroz, Polvo de grano de trigo, Polvo de nuez, Polvo de soja, Remolacha, Semillas de lino, Semillas de yuca cruda Semillas de girasol, Sémola, Tomate, Zanahoria.

Elaborado por: El Autor

Fuente: Norma para la prevención de incendios y explosiones de polvo en la fabricación, procesado, manipulación de partículas sólidas combustibles NFPA 654

Finalmente, los productos agrícolas que generan polvos combustibles son:

Tabla 7 Productos agrícolas y carbonosos que generan polvos combustibles

Productos agrícolas	Productos Carbonosos
Almidón de arroz, Celulosa Leche en polvo, Almidón de Maíz Corcho, Leche descremada seca Almidón de trigo, Clara de huevo Maíz, Azúcar, Harina de soja, Suero de leche, Azúcar de remolacha, Harina de trigo, Tapioca, Cebada, Lactosa	Carbón activado, Coca-Cola Negro de carbón, Carbón bituminoso, Coque de petróleo, Pasta de celulosa Carbón de madera, Hollín de pino, Petróleo, Celulosa, Lignino, Polvo Químico

Elaborado por: El Autor

Fuente: Norma para la prevención de incendios y explosiones de polvo en la fabricación, procesado, manipulación de partículas sólidas combustibles NFPA 654

La presencia de polvos combustibles ya sean de origen orgánico, inorgánico cuando consiguen un tamaño, y nivel de concentración óptimo, junto con condiciones adecuadas que mezcladas con el aire, tienen el riesgo de generar condiciones potenciales para que se produzca una explosión al interior de las instalaciones de las industrias, por lo que es recomendable efectuar como acción preventiva la limpieza continua que evite la acumulación de este tipo de material en lugares donde se efectúan las actividades productivas y donde se ubican los trabajadores.

1.2.2.5 Definición de una zona con riesgo de explosión

La Guía de buenas prácticas para la aplicación 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 de la (Directiva NTP ATEX 1999/92, 1999) señala que el principal objetivo de la sistematización a través de zonas al interior de una instalación tiene dos enfoques los cuales son:

- Definir las categorías de material al interior de las zonas indicadas, las condiciones en las que se encuentran acoplados los gases, vapores o niebla y/o polvo.
- Seleccionar a través de zonas los emplazamientos peligrosos con el objetivo de que se evite la presencia de fuentes de inflamación y la ejecución de una eficiente selección según el tipo de material siendo estos de tipo eléctrico y no eléctrico, al interior de estas zonas se deben establecer en base a la presencia de un ambiente explosivo que posee gases polvorientos.

Al interior de la Guía de buenas prácticas para la aplicación 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 se ha identificado que un área riesgo se considera como aquella que al interior posee las condiciones para la formación de atmósferas explosivas, en ciertas cantidades que requiera una implementación de ciertas acciones especiales enfocadas a la protección de los trabajadores ante los posibles riesgos de explosión.

A continuación, se va a mencionar las respectivas zonas identificadas que hace referencia la Guía de buenas prácticas para la aplicación 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 señala que Zona 0 es:

Un área en la que una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla está presente de modo permanente, o por un periodo de tiempo prolongado, o con frecuencia; la Zona 1 es un área en la que es probable, en condiciones normales de explotación, la formación ocasional de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla; la Zona 2 es un área en la que normalmente no es probable, en condiciones normales de explotación, la formación de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla, o en la que, en caso de formarse, dicha atmósfera explosiva sólo

permanece durante breves periodos de tiempo.(Directiva NTP ATEX 1999/92, 1999, p. 20)

Tabla 8Ejemplos Zona 0

Zona 0	
1	El interior de los recipientes de almacenamiento cerrados que contengan líquidos inflamables
2	Entornos próximos a la salida de los tubos de aireación de los depósitos atmosféricos de líquidos inflamables
3	El interior de aparatos de fabricación o de mezclas cerrados
4	Almacenes de piezas recién tratadas con sustancias que pueden desprender vapores inflamables como pinturas, productos de limpieza etc. Cuando no disponga de ventilación suficiente.

Fuente: NTPATEX 1999/92

Tabla 9Ejemplos Zona 1

Zona 1	
1	La proximidad inmediata de aberturas de líquidos y vaciado ocasional de líquidos inflamables
2	El exterior de recipientes que pueden abrirse ocasionalmente o la proximidad inmediata de aberturas de alimentación, bocas de carga y tomas de muestras
3	Los orificios de salida al aire libre de guardas apagan llamas hidráulicas
4	Extremis de los brazos articulados y de las mangas flexibles de caga de vehículos- cisternas y otros recipientes
5	Tapas y registros de carga y válvulas de vaciado de aparatos
6	Válvulas de tomas de muestra y de purgado libre al ambiente
7	Fosos y canalizaciones cerrados sin estanqueidad asegurada

Fuente: NTPATEX 1999/92

Tabla 10Ejemplos Zona 2

Zona 2	
1	Las áreas en que el escape puede proceder de una avería o situación anormal o accidental
2	Mirillas o tubos de nivel de vidrio en condiciones estancas
3	Cierres o sellado de bombas de compresores, válvulas
4	Aparatos de materiales frágiles (vidrio, cerámica) protegidos en los que accidentalmente podría producirse su rotura
5	Orificios de respiración de membranas de manorreductores (reductores de presión)
6	Cubetos de retención en condiciones de seguridad
7	Almacenamiento de productos inflamables de acuerdo a la legislación vigente.

Fuente: NTPATEX 1999/92

La misma Guía de buenas prácticas para la aplicación 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 señala que Zona 20 es:

Un área en la que una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire está presente de forma permanente, o por un periodo prolongado, o con frecuencia, Zona 21 es un área en la que ocasionalmente puede formarse, en condiciones normales de explotación, una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible contenido en el aire y Zona 22 es: “un área en la que no es probable, en condiciones normales de explotación, la formación de una atmósfera explosiva en forma de polvo combustible contenido en el aire y en la que, en caso de formarse, sólo permanece durante un periodo de tiempo corto.”(Directiva NTP ATEX 1999/92, 1999, p. 23)

A continuación, se va a presentar un ejemplo de la clasificación de una zona de un área de riesgo donde se expone una presencia de gases inflamables según señala la Guía de buenas prácticas para la aplicación 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 donde en la figura 1 se muestra una representación de un tanque de líquidos inflamables, en el cual se encuentra situado al aire libre, en el cual es llenado, vaciado con alta disciplina, posee una comunicación directa con la atmósfera ambiente a través del uso de un respiradero.(Directiva NTP ATEX 1999/92, 1999, p. 23)

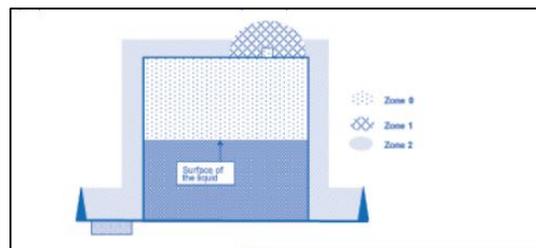
En el punto de combustión del líquido inflamable se ubica según la temperatura media anual junto con la densidad que poseen los vapores que se crean siendo superior a la que posee el aire, por lo cual en el interior es necesario contar con la apariencia extensa de una atmósfera

explosiva considerada como peligros, en el interior del tanque se ha identificado que se presenta la siguiente clasificación:

- La zona 0 se ubica al interior del tanque.
- La zona 1 se localiza en el respiradero donde se presentan un conjunto de varias salidas ocasionales de vapores donde se forman las mezclas explosivas se desembocan en el medio ambiente que rodea al respiradero.
- En condiciones meteorológicas perjudiciales extrañas, los vapores pueden llegar a derramarse empleando la pared exterior que posee el tanque para la formación de una atmósfera explosiva peligrosa por lo que los alrededores del tanque se consideran como la zona 2.

Se puede señalar que el tamaño que poseen las zonas externas del tanque se calcula en base a la función de la cantidad predecible de vapores libres sin considerar las propiedades que poseen los líquidos, el tamaño de la abertura, la frecuencia del cambio y sin dejar de lado la variación media considerando el nivel del líquido, el tamaño de las zonas de riesgo penderá de la capacidad de ventilación natural. (Directiva NTP ATEX 1999/92, 1999, p. 23)

Figura 1 Ejemplo de la clasificación de una zona de un área de riesgo



Fuente: Guía de buenas prácticas para la aplicación 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 (Directiva NTP ATEX 1999/92, 1999, p. 23)

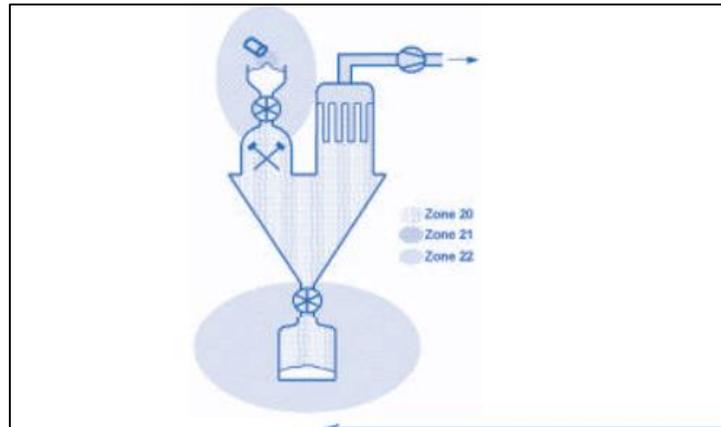
Otro de los ejemplos considerados según señala la Guía de buenas prácticas para la aplicación relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas muestra que la clasificación de las zonas al interior de un área de riesgo se presentan polvos inflamables donde en la figura 2 se expone una representación de un molino que posee una tolva de alimentación (carga manual), junto con un recipiente de descarga, filtro, se considera como un producto inflamable que posee la generación de polvo cuando se vuelca a mano comenzando en un barril hacia la tolva de alimentación, en la ejecución de la operación de la carga se generan de forma ocasional una mezcla explosiva de polvos, aire junto a la boca del barril lo que se define como la zona 21.(Directiva NTP ATEX 1999/92, 1999, p. 23)

Al interior del espacio que envuelve al recipiente de descarga existen depósitos de polvo donde en ciertos momentos donde se efectúa el arremolinamiento tiene la opción de crear una atmósfera explosiva peligrosa, por lo que se considera como la zona 22. En el molino, la presencia del polvo se encuentra presente a través de una forma de nube por ciertas razones de tipo operativas, pero en la limpieza de las mangas para la filtración se presenta la formación de una nube de polvo de intervalos regulares que se ubican al interior del molino, filtro por lo que se considera como la zona 20. (Directiva NTP ATEX 1999/92, 1999, p. 23)

El producto que se obtiene de la molienda es descargado de forma continua, lo hace al interior del recipiente de descarga donde se forma una nube de polvo junto con una mezcla explosiva donde se considera como la zona 20, como resultado de la estanqueidad que no es perfecta se presentan acumulaciones de polvo sobre la zona que se encuentra el recipiente de descarga y toma el nombre de zona 22, pero se debe considerar que el tamaño de las zonas 21, 22

depende de la presencia de la tendencia que posee el producto que se empleó en la producción de polvo. (Directiva NTP ATEX 1999/92, 1999, p. 23)

Figura 2 Clasificación de las zonas al interior de un área de riesgo donde se presentan polvos inflamables



Fuente: Guía de buenas prácticas para la aplicación 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 (Directiva NTP ATEX 1999/92, 1999, p. 23)

El alcance que poseen las medidas de protección proporcionan cierta dependencia del nivel de probabilidad de la presencia de la aparición de una atmósfera explosiva peligrosa (según la clasificación de las zonas de riesgo, permitiendo el establecimiento del alcance que poseen las medidas de protección para lo cual es necesario que se considere según señala la tabla 11.(Directiva NTP ATEX 1999/92, 1999, p. 23)

Tabla 11 Alcance que poseen las medidas de protección

Clasificación	Las fuentes de combustión* deben prevenirse de manera segura en caso de:
0 o 20	Funcionamiento sin avería (condiciones de explotación normales), averías previsibles y averías raras
1 o 21	Funcionamiento sin avería (condiciones de explotación normales) y averías previsibles
2 o 22	Funcionamiento sin avería (condiciones de explotación normales)

Fuente: Guía de buenas prácticas para la aplicación 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 (Directiva NTP ATEX 1999/92, 1999, p. 23)

Una zona de riesgo es aquella que se ubica al interior de las instalaciones de las industrias que tiene las condiciones requeridas para que se forme unas atmósferas explosivas, la misma resulta altamente peligrosa ya que puede provocar una explosión que afecte a los trabajadores y dañe a los equipos, instalaciones y que requiere del diseño e implementación de acciones enfocadas a la mitigación, protección.

1.2.2 Adopción de una perspectiva teórica

1.2.2.1 Principios generales para la evaluación de los riesgos específicos de las atmósferas explosivas

En la Nota Técnica de Prevención Evaluación de los riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas se ha identificado que los principios que deben considerarse en la evaluación de los riesgos ante la presencia de atmósferas explosivas son:

- ✓ Posibilidad de formación junto con la duración al interior de las atmósferas explosivas según la clasificación de las áreas.
- ✓ Posibilidad de la presencia junto con la activación de los probables focos de combustión interior de las áreas y las descargas electrostáticas.
- ✓ Tipo de infraestructuras, la presencia de sustancias usadas junto con la naturaleza que poseen los procesos las interacciones y la valoración de los efectos previsibles. (NTP 876, 2010)

1.2.2.2 Sustancias que provocan una atmósfera explosiva

De forma general es necesario que se identifique como una sustancia inflamable aquella que tiene la capacidad de generar una reacción ante la oxidación tal como lo expresa la normativa expuesta en la Nota Técnica de Prevención 332 sustancias peligrosas donde estas se encuentran catalogadas, marcadas como: “inflamables (R10), fácilmente inflamables (F o R 11/R15/R17) o, sumamente inflamables (F+ o R12) todas las demás sustancias y preparaciones (aún) sin clasificar pero que cumplen los correspondientes criterios de inflamabilidad o que, en general, deben considerarse inflamables.” (Directiva 67/548/CEE, 1997, p. 43)

Al interior de la normativa NTP 332: Clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas (Directiva 67/548/CEE, 1997) se ha identificado que los principales ejemplos de sustancias inflamables son:

Tabla 12 Principales ejemplos de sustancias inflamables

Tipo de gas	Ejemplo del tipo de gas
Gases y mezclas de gases inflamables	Gas licuado, gas natural de combustión, sustancias químicas gaseosas.
Líquidos inflamables	Disolventes, carburantes, crudos de petróleo, aceites combustibles, aceites lubricantes, aceites usados, lacas, sustancias químicas hidrosolubles y no hidrosolubles
Polvos de sólidos inflamables	Carbón, madera
Alimentos para consumo humano o animal	Azúcar, harina o cereales

Fuente: NTP 332: Clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas (Directiva 67/548/CEE, 1997)

1.2.2.3 Materias sintéticas, Metales, Productos químicos

En el libro Metodología de análisis sobre la protección de los riesgos derivados de atmósferas explosivas se ha identificado que: “cuando se logra el adecuado grado de dispersión, simultáneamente la concentración en las sustancias denominadas como inflamables al interior del aire y se ubican según los límites de explosividad se ha identificado la presencia de una atmósfera que es potencialmente explosiva.” (Bosch, Ramon, 2006, pág. 341)

Esta realidad ha identificado, que es necesario considerar las propiedades que tienen las sustancias, condiciones enfocadas al límite inferior como superior, el nivel de concentración mínima y máxima que cada sustancia, elemento posee para que exista una eficaz planificación en los procesos de manipulación y fabricación donde se emplea los gases y las respectivas mezclas.

1.2.2.4 Líquidos inflamables

Sobre los líquidos inflamables se ha identificado que en el libro Metodología de análisis sobre la protección de los riesgos derivados de atmósferas explosivas se ha identificado que: “señala que los límites de explosividad tanto a nivel inferior, superior que los vapores poseen muestran que el límite de la explosividad a nivel inferior se ubica en las nieblas y puntos de combustión, y la temperatura para la elaboración de los procesos.” (Bosch, Ramon, 2006, pág. 31)

Ante la presencia de los límites de explosividad se requiere que se emplee los mecanismos de inyección, vaporización, esparcimiento de un chorro líquido, condensación, el uso de un líquido a través del uso de presiones elevadas se presenta en los sistemas hidráulicos y se valore

los niveles de concentración máxima, mínimas que poseen las sustancias inflamables previo a su manipulación en aparatos que emplean líquidos.

1.2.2.5 Polvos de sustancias sólidas inflamables

El libro Clasificación y análisis de los métodos disponibles para la aplicación de la directiva ATEX señala que este tipo de sustancias poseen una: “formación de mezclas polvo/aire o de depósitos de polvo. Ejemplos: molienda o cribado; transporte, llenado o vaciado; secado., las concentraciones máximas de sustancias inflamables generadas o reinantes durante la manipulación de éstas en comparación con el límite inferior de explosividad.” (García Torrent, 2005, pág. 231)

Pero a su vez presenta los siguientes aspectos:

- Límites sobre la explosividad en el nivel inferior, superior.
- Composición de tipo granulométrica que generalmente es menor de 500 μm), junto con la humedad y el respectivo punto de carbonización.

Cuando se presenta la posibilidad de formación de una atmósfera explosiva es necesario que se identifique el punto al interior de las instalaciones donde puede presentarse, junto con el objeto de dar limitaciones a la presencia del potencial riesgo, es necesario que se observe las propiedades que las sustancias poseen, las respectivas especificaciones en la instalación, los procesos y el medio ambiente.(García Torrent, 2005)

Este tipo de sustancias poseen altos niveles de carbono y en muchas ocasiones poseen un origen orgánico, pero al ser almacenados tienen el riesgo de generar polvos que son considerados como fuentes de combustión que tienen la propiedad ser altamente inflamables a nivel interno,

externo y pueden activar incendios por el resultado de la fricción entre los principales materiales se encuentra la paja, heno, serrín, madera.

1.2.2.6 Gases y vapores

En el libro Clasificación y análisis de los métodos disponibles para la aplicación de la directiva ATEX sobre la densidad relativa del aire se ha identificado que: “densidad relativa respecto del aire, pues cuanto mayor sea el peso de los gases y vapores, tanto más deprisa descenderán y se irán mezclando progresivamente con el aire disponible, para acabar estancados en fosas, hoyos, canales y pozos.” (Acosta, 2006, pág. 173)

Al más mínimo movimiento del aire que puede ser la corriente natural, el marchar de las personas, variantes térmicas generan alta influencia en la rapidez de la mezcla junto con el aire porque el traslado de las moléculas hacia la trayectoria que posee una baja concentración en base a las características de tipo molecular porque posee un alto rol en los principios de medición de los riesgos ante la presencia de gas.

1.2.2.7 Líquidos, nieblas, polvos y efectos previsibles de las explosiones

a. Líquidos y nieblas

El libro Clasificación y análisis de los métodos disponibles para la aplicación de la directiva ATEX sobre el índice de evaporación se ha identificado que: “muestra que la identificación de la cantidad de la atmosfera explosiva permite la formación de una temperatura según el tamaño del área de evaporación, junto con la temperatura de trabajo y la sobrepresión

que genera una liberación a los líquidos pulverizados al interior del ambiente, la formación de nieblas de tipo explosivo. (Acosta, 2006, pág. 180)

b. Polvos

Sobre los polvos en el mismo libro Clasificación y análisis de los métodos disponibles para la aplicación de la directiva ATEX menciona que:

La presencia de los polvos levantados al interior del transporte a través de recipientes a un punto de trasiego o al interior de los secadores, la formación de los depósitos de polvo en especial las superficies horizontales o las que se encuentran levemente inclinadas, los arremolinamientos de los polvos y la Granulometría. (Acosta, 2006, pág. 183)

Adicionalmente en el libro Clasificación y análisis de los métodos disponibles para la aplicación de la directiva ATEX se muestra que es necesario que se consideren las circunstancias locales y operativas que se presentan a continuación:

- Forma en la manipulación de las sustancias que poseen un aislamiento hermético para los gases, líquidos, polvo y los aparatos que se encuentran abiertos que son los de carga, el vaciado.
- La posibilidad de ocurrencia de un derrame de sustancias a través de válvulas, conexiones de tubería, compuertas, etc.
- Las respectivas condiciones en la aportación, extracción del aire junto con los otros factores relacionados con la distribución de las instalaciones.
- Es necesario que se considere la presencia de las sustancias o mezclas combustibles con mayor énfasis donde no llega la ventilación como lo es las zonas que no se encuentran ventiladas por debajo del nivel del suelo como lo es los canales, pozos, fosas. (Acosta, 2006, pág. 180)

c. Efectos previsibles de las explosiones

Cuando ocurre una explosión se debe evaluar los siguientes efectos:

Tabla 13 Efectos previsibles de las explosiones

No	Tipo de impacto
1	Llamas
2	Radiación térmica
3	Ondas de presión
4	Proyección de fragmentos
5	Emisiones peligrosas de sustancias

Fuente: NTP 332: Clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas (Directiva 67/548/CEE, 1997)

Adicionalmente es necesario que se considere los siguientes aspectos:

- Cuando una atmosfera explosiva posee varios tipos de gas, vapor, niebla o polvo inflamable, es indispensable que se efectúe una valoración de los riesgos de explosión.
- Los efectos de la explosión pueden llegar a ser considerablemente mayores.
- Es necesario que se considere las áreas que pueden tener comunicación con las áreas que poseen riesgos a través de las aberturas.
- Es necesario que se considere los efectos de la destrucción de partes de las instalaciones donde se ubica la atmosfera explosiva al momento de valorar la formación de las atmosferas explosivas. (Acosta, 2006, pág. 180)

Una atmosfera explosiva puede estar conformada por polvos, vapores, gases, nieblas por lo que es necesario que se ejecute un análisis para la identificación de los riesgos en las zonas de almacenamiento, producción para que se puedan diseñar acciones que mitiguen los efectos de una explosión que pueden llegar a ser altos, graves y que se cuantifique los posibles impactos,

destrucción en las instalaciones y los gastos de tipo económico que se requieren para su sustitución o remplazo del equipo, insumos maquinarias dañadas.

1.2.2.8 Prevención y protección contra explosiones

Según la norma para la Seguridad de las máquinas Principio para la evaluación del riesgo es necesario que se considere como medidas de protección contra las explosiones a las que impiden la creación de atmosferas explosivas, que evitan la formación de las atmosferas explosivas peligrosas y buscar su atenuación de los efectos de provocan las explosiones que permitan el aseguramiento de la salud, seguridad de los trabajadores.

1. **Sustitución de las sustancias inflamables:** La protección es la sustitución de las sustancias inflamables que busca la prevención de la formación de atmosferas explosivas peligrosas a través de las siguientes acciones:

- ✓ Sustitución de productos disolventes o de limpieza inflamables por soluciones acuosas.
- ✓ Desarrollo del tamaño de partícula que poseen las sustancias utilizadas para que no se puedan formar mezclas explosivas.
- ✓ Remojo del polvo o uso de productos pastosos para que no se produzca una suspensión de polvo. (Norma UNE-EN 1050, 1994)

2. **Limitación de la concentración:** Los gases, polvos se caracterizan por tener capacidad de explosión según los límites de acumulación de la mezcla junto con el aire, que en ciertas condiciones operativas, ambientales tiene posibilidad de mantenerse lejos de los límites de explosividad, para este caso no existe riesgo de explosión cuando se cumple

con estas condiciones, para depósitos e infraestructuras cerradas es relativamente fácil el acaparamiento de gases que se ubican fuera de los límites de explosividad. (Norma UNE-EN 1050, 1994)

3. Inertización: La creación de una atmósfera explosiva peligrosa puede ser evitada a través de la disolución del oxígeno del aire en el interior de infraestructuras o a su vez emplear un combustible que posea sustancias que no sean químicamente reactivas (sustancias inertes), lo que se denomina energización, las condiciones sobre las medidas de seguridad que se deben considerarse son:

- ✓ Conocer la concentración máxima de oxígeno (la acumulación límite en oxígeno) o la acumulación máxima admisible de combustible.
- ✓ Pronosticar un margen de seguridad amplio, si existe la posibilidad de que la concentración de oxígeno varíe con rapidez o difiera mucho en distintas partes de la instalación.
- ✓ Meditar los posibles fallos de manipulación y defectos en los equipos.
- ✓ Identificar el tiempo que sea necesario para que las medidas de protección que se han implementado obtengan los resultados esperados en el accionar.

A continuación, se va a mencionar dos ejemplos de tipos de sustancias que pueden ser usadas, estas son:

- ✓ Se pueden emplear sustancias denominadas como inertes gaseosas tales como el nitrógeno, dióxido de carbono, gases nobles, gases de combustión y vapor de agua.

- ✓ Sobre las sustancias consideradas como inertes o pulverulentas se puede mencionar al sulfato de cal, fosfato amónico, el bicarbonato sódico, cal natural en polvo, etc. (Norma UNE-EN 1050, 1994)

El desarrollo de acciones de prevención requiere que se considere como parte del diseño de las medidas de protección que se enfocan a la formación de atmósferas explosivas que son altamente peligrosas, a la sustitución de las sustancias inflamables por otras como es las acuosas, uso de productos pastosos, seguido de la limitación de la concentración donde es necesario que se cumpla con los límites de concentración de la mezcla y finalmente se debe emplear a la Inertización donde es necesario que se identifique los niveles de concentración máxima de oxígeno.

1.2.2.9 Prevención o reducción de la formación de atmósfera explosiva en las inmediaciones de instalaciones

La norma para la Seguridad de las máquinas Principio para la evaluación del riesgo (Norma UNE-EN 1050, 1994) señala que la formación de una atmósfera explosiva peligrosa fuera de instalaciones debe prevenirse en la medida de lo posible mediante:

- Uso de infraestructuras cerradas a través de la aplicación de un aislamiento de tipo hermético a cada una de las partes de la instalación.
- Diseño de instalaciones adecuado en condiciones de funcionamiento previsible que permitan la aplicación de un mantenimiento periódico.

- Cuando no es posible que se efectúen acciones de prevención de la presencia de una fuga de sustancias inflamables es necesario que se evite la creación de una atmosfera explosiva a través de varias acciones enfocadas a una adecuada y eficaz ventilación.

Para que se pueda efectuar una eficiente valoración de los niveles de ventilación es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Presencia de gas, vapor, niebla donde es necesario que se identifique la cantidad máxima que pueden llegar a dispersarse, junto a la valoración de sus fuentes y la cuantificación de las condiciones para la propagación.
- Sobre los polvos se muestra que las acciones de la ventilación generalmente entregan un suficiente nivel de protección cuando el polvo se aspira en el punto donde se inicia su emanación y a la vez se previene la creación de depósitos de polvos que pueden llegar a ser peligrosos.
- Cuando se ha identificado la presencia de condiciones operativas altamente favorables se muestra que una ventilación altamente fuerte permite la reducción de las probabilidades que se establezca una atmósfera explosiva peligrosa que reduciendo los espacios que poseen un riesgo de explosión.

Pero cuando se ha identificado la presencia de condiciones operativas altamente desfavorables es necesario que se aplique un muestreo a la formación de la acumulación de polvo en diversos puntos, periodos. (Norma UNE-EN 1050, 1994)

Una atmosfera explosiva afuera de las instalaciones es necesario que se considere el uso de un aislamiento hermético a las instalaciones seguido de las condiciones del diseño para que se aplique un eficaz mantenimiento, la aplicación de una eficaz ventilación ya que su uso permite la

identificación de la cantidad máxima que puede llegar a una dispersión la cuantificación de las respectivas fuentes y la minimización de las probabilidades de que se presente una atmósfera explosiva peligrosa al interior de las instalaciones.

1.2.2.10 Utilización de aparatos detectores avisadores de gas

La Normativa relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas (Real Decreto 400/1996, 1996)muestra que:

- Se puede aplicar acciones de vigilancia al nivel de acumulación de gas al interior de las infraestructuras a través del uso de detectores de gas.
- El uso de los detectores de gas para la prevención de la formación de una atmosfera que puede considerarse como explosiva debe ser autorizado por los responsables de seguridad tal como lo expresa la normativa que regula el uso de los aparatos y sistemas de protección los cuales deben tener una respectiva marca que lo acompaña.
- Es necesario que se establezca periodos de uso, por lo cual se lo destine a la calibración, mantenimiento de los equipos para que exista un adecuado funcionamiento como lo indica el respectivo fabricante.
- Las condiciones que deben tenerse en consideración para el uso de los detectores de gas son la obtención de un adecuado conocimiento sobre las características de las substancias, la localización de las fuentes, el nivel de intensidad máximo al momento de su emisión, y finalmente las características que pueden producir una propagación.

- Identificación de la capacidad de funcionamiento que posee el aparato según las respectivas condiciones para el uso relacionado al tiempo de reacción, el nivel de umbral, las condiciones sobre la sensibilidad cuando se presentan interferencias en los estados considerados como peligrosos cuando falla alguna función que posee el aparato que identifica la presencia de gas.
- Oportunidad de que se pueda registrar de forma rápida las condiciones sobre los niveles de seguridad ante la presencia de mezclas para que estas sean previsibles a través de una eficaz selección del número junto con la localización a los puntos de la medición.
- Obtener información sobre las zonas que se encuentran expuestas al riesgo de explosión hasta que se obtenga resultados sobre la implementación de las medidas de seguridad que deben activarse a través del respectivo aparato, y es necesario que en las zonas contiguas se evite la presencia de la formación de fuentes de combustión.
- Promover de una forma eficiente la activación de la implementación de un conjunto de medidas de seguridad para la evitar la formación de una atmosfera explosiva al interior de las zonas que tienen una mayor proximidad con el riesgo y la prevención de accidentes por el resultado de una activación errónea. (Real Decreto 400/1996, 1996)

En un comentario personal se puede señalar que para la prevención de la formación de una atmosfera explosiva se pueden emplear aparatos, para la vigilancia del nivel de acumulación de gas que existe al interior de una zona específica que puede ser considera como de riesgo que poseen las instalaciones, pero es necesario que obtenga una previa autorización por los responsables de la gestión de la seguridad en las organizaciones y posteriormente se pueda levantar un registro rápido de los niveles de seguridad ante la presencia de mezclas, la eficaz

selección del respectivo número y la respectiva ubicación de los puntos donde se presentan mayores problemas.

1.2.2.11 Prevención de las fuentes de combustión

La Nota Técnica de Prevención Evaluación de los riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas, menciona que cuando no se pueda impedir la creación de una atmósfera explosiva considerada como peligrosa es necesario que se prevenga la combustión a través de evitar o la reducción de los niveles de probabilidad de que se presenten fuentes de combustión.(NTP 876, 2010)

Es necesario que se valore el alcance que poseen las medidas de protección que deben implementarse al interior de las áreas de riesgo siendo necesario que se clasifiquen las zonas en base a la posibilidad de que una atmósfera explosiva peligrosa concuerde en el tiempo, espacio junto con una fuente de combustión, para la identificación de las medidas de protección más eficaces es necesario que previamente se identifique cuáles son las diversas fuentes que generan combustión y sus respectivos modos de acción.

1.2.2.12 Alcance de las medidas de protección

La Guía técnica para la seguridad y salud en atmósferas señala que el alcance de las medidas de protección dependerá del nivel de probabilidad de que se presente una atmósfera explosiva denominada como peligrosa según la clasificación de las zonas de riesgo(Cepyme, 2016, pág. 12)

Para definir los respectivos alcances en la definición y planificación de las medidas enfocadas a la protección es necesario que se consideren los siguientes aspectos que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 14 Envergadura de las medidas de protección

Clasificación	Las fuentes de ignición debenser prevenidasde forma segura en los siguientes casos:
0 a 20	Labor sin averías (situaciones de aprovechamiento normal Desperfectos previsibles Desperfectos raros
1 a 21	Maniobra sin averías (situaciones de aprovechamiento normal Desperfectos previsibles
2 a 22	Labor sin averías (situaciones de aprovechamiento normal

Fuente:Guía técnica para la seguridad y salud en atmósferas explosivas de Cepyme, (2016)

El mayor alcance que puede tener la implementación de una medida de protección es la eficaz organización de acciones, actividades, periodos de trabajo que permitan la reducción de las cifras a un número mínimo de trabajadores, equipos, maquinas,e instalaciones que se encuentren expuestos a daños, evitar la exposición de los trabajadores a un menor índice de riesgo, la prevención de la formación de una atmósfera explosiva peligrosa al interior de las zonas de trabajo de las industrias y la identificación de un plan de emergencia que permita obtener información de los protocolos de actuación ante la ocurrencia de una situación de desastre.

1.2.2.13 Limitación de los efectos de las explosiones

Según el libro Clasificación de zonas en atmósferas explosivas se muestra que:

La combinación de medidas preventivas con otras medidas adicionales que limitan los efectos nefastos de las explosiones para los trabajadores permite alcanzar el máximo nivel posible de seguridad. Junto con las medidas preventivas, es necesario prever también, en caso necesario, medidas adicionales que entren en funcionamiento una vez se haya producido una combustión. (García Torrent, J, 2005)

Pero la Normativa relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas señala que en la aplicación de medidas de prevención

ante la ocurrencia de una explosión por presencia de una atmosfera explosiva es necesario que consideren varios puntos básicos que permitan una definición eficaz de los sistemas por lo que los datos que deben ser considerados son:

- Identificación del nivel de severidad por lo cual es necesario que se calcule la velocidad máxima que requiere para el incremento de los niveles de presión y los niveles a los que puede llegar a alcanzar.
- Calculo de los niveles de concentración mínima necesaria para la producción de una explosión y la identificación de los niveles mínimos de oxígeno requerido.
- Tipificación de los niveles de energía que se requieren para que se ocasione una combustión.
- Cuantificación de las medidas de protección ante la presencia de explosiones y las acciones de alivio a los niveles de presión.
- Eliminación de la explosión a través de la implementación de acciones de prevención como lo es el aislamiento, interrupción de la explosión enfocados a la transmisión de llamas, explosión.
- Es necesario que se adopten varias medidas de tipo estructural como lo es muros anti deflagración, en el establecimiento de las medidas de protección de tipo constructiva es necesario que se empleen aparatos, sistemas de seguridad tal como expone la Normativa Aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas que son consideradas como latentemente explosivas.(Real Decreto 400/1996, 1996)

La Normativa relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas señala que es necesario que se implementen acciones que desarrollen limitaciones a los efectos que produce una explosión desde el nivel más sencillo hasta el más

complejo y muestra que las medidas para la prevención de la formación de una atmósfera explosiva junto con las fuentes de combustión no pueden ejecutarse con la respectiva credibilidad suficiente. (Real Decreto 400/1996, 1996)

La aplicación de este tipo de medidas se crearon para dar límites a la presencia de los respectivos efectos de detonación con excepción de los gases, líquidos, tuberías pero no se puede situar a elementos que generan limitaciones a las consecuencias cuando se produce un accidente, por lo cual no existe el tiempo suficiente para que se genere una adecuada respuesta necesaria sobre la protección porque las presiones que se producen en ese momento son demasiado elevadas.

1.2.3 Identificación y caracterización de variables

En la investigación se ha identificado y caracterizado a las variables que el estudio posee los cuales son la independiente, dependiente a continuación se presenta su explicación detallada en la tabla 15.

Tabla 15 Identificación y caracterización de variables de estudio

Variables	Dimensiones	Indicadores
<p><u>INDEPENDIENTE</u></p> <p>Manual de prevención bajo normativa Seveso</p>	<p>Política de prevención</p> <p>Plan de emergencia interior</p> <p>Informe de seguridad</p> <p>Trámites administrativos</p> <p>Inspecciones</p> <p>Infracciones y Sanciones</p> <p>Accidentes</p> <p>Recopilación normativa y bibliográfica</p> <p>Anexos</p>	<p>Numero de políticas de prevención</p> <p>Componentes del plan de emergencia interior</p> <p>% de cumplimiento del informe de seguridad</p> <p>% de cumplimiento de los trámites administrativos</p> <p>Número de inspecciones a efectuarse</p> <p>Numero de Infracciones y Sanciones identificadas</p> <p>Número de accidentes ocurridos</p> <p>% de cumplimiento de la recopilación normativa y bibliográfica</p> <p>Numero de anexos empleados.</p>
<p><u>DEPENDIENTE</u></p> <p>Presencia de ATEX atmosferas explosivas y polvos combustibles</p>	<p>Presencia de gases, vapores o nieblas inflamables</p> <p>Parámetros básicos acerca de atmósferas explosivas</p> <p>Presencia de polvos el riesgo de explosión.</p> <p>Tipos de Polvos combustibles</p> <p>Materiales con potencial de generación de polvos combustibles</p> <p>Factores de riesgo</p>	<p>% de presencia de gases, vapores o nieblas inflamables.</p> <p>Tipo de parámetros sobre las atmósferas explosivas.</p> <p>Tipo de presencia de polvos que generan riesgo de explosión</p> <p>Identificación de los tipos de polvos combustibles</p> <p>Numero de materiales con con potencial de generación de polvos combustibles.</p> <p>Tipo de factores de riesgo</p>

Fuente: Ramírez, T. (1999). Cómo hacer un proyecto de investigación. Caracas: PANAPO.

Elaborado por: El autor

CAPITULO II. MÉTODO

2.1 Nivel de estudio

El nivel de estudio que se usó en la investigación es de dos clases que se presenta a continuación:

- Investigación descriptiva, analítica: la investigación inicio desde una descripción, análisis minucioso de las normativas internacionales las teorías, modelos que tratan a la presencia de atmosferas explosivas, polvos combustibles, los instrumentos empleados según señala la Norma de Prevención de riesgos laborales. Reglas generales para la implantación de un sistema de gestión de la prevención de riesgos laborales (UNE 81900:1996 EX, 1996) el reglamento de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo (Real Decreto 681, 2003), la Normativa relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, o Seveso III (Directiva 2012/18/UE del parlamento europeo y del consejo, 2012) que se enfocan en la ejecución de acciones para la mitigación de los impactos que genera en las instalaciones, equipos, personas.
- Investigación bibliográfica: Se usó varias fuentes secundarias conformadas por publicaciones, boletines estadísticos, investigaciones internacionales ya efectuadas permitiendo que se pueda contextualizar el problema de la investigación y la elaboración de una base teórica que sustente el desarrollo del proyecto.

2.2 Modalidad de investigación

La modalidad empleada en el desarrollo del proyecto fue la documental porque inicio con la recolección, elección, análisis de la información obtenida sobre los siete elementos o fases básicas que señala la Normativa relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, o Seveso III (Directiva 2012/18/UE del parlamento europeo y del consejo, 2012) en el anexo III los cuales son: la organización y el personal, identificación de peligros, evaluación de los riesgos de accidentes graves, control de la explotación, adaptación de las modificaciones, planificación ante situaciones de emergencia, seguimiento de los objetivos fijados, auditoría y revisión permitiendo que se pueda levantar una propuesta de un manual de prevención empleando los lineamientos, procesos, insumos, herramientas de control que señala la normativa Seveso para que pueda ser aplicado según las necesidades de las industrias.

2.3 Método

En la ejecución del proyecto de investigación se empleó la Metodología para la elaboración del documento de protección contra explosiones que manifiesta lo siguiente: “Constituye una medida de prevención y corrección fundamental en cuanto a la seguridad frente a la formación de atmósferas explosivas.” (Serra, Xavier de Frías, 2016, pág. 2)

Como han mencionado las respectivas normativas se muestra que el empresario tiene la obligación de levantar un documento que mantenga la seguridad al interior de las instalaciones donde emplean sustancias inflamables, combustibles y los otros elementos que son susceptibles de formar la presencia de atmósferas explosivas junto con el permanente peligro de explosión.

Adicionalmente en la misma Metodología para la elaboración del documento de protección contra explosiones se ha identificado que:

Para la realización del Dopex se basa en la norma UNE-EN 60079-10, en el manual práctico Clasificaciones de zonas en atmósferas explosivas, del CETIB y en los reales decretos siguientes: RD 681/2003, RD 400/1996 y RD 2177/2004. Además, algunas de las tablas que se utilizan para su realización se encuentran en las Notas Técnicas de Prevención (NTP) relacionadas con la evaluación de riesgos derivados de atmósferas explosivas, como las NTP 876, NTP 369 o NTP 370.(Serra, Xavier de Frías, 2016, pág. 8)

A continuación, se va a presentar de forma detallada la metodología desarrollada por (Serra, Xavier de Frías, 2016, pág. 8) que se empleó para la ejecución de algunas fases que señala la Normativa relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, o Seveso III (Directiva 2012/18/UE del parlamento europeo y del consejo, 2012) en el anexo III las cuales son:

1. Identificación de peligros

a. Visita a la planta

La Metodología para la elaboración del documento de protección contra explosiones señala que para que se efectuó una descripción de los procesos que se efectúan al interior del centro de trabajo permitiendo que se identifique las probables fuentes de combustión, escape, y la evaluación hacia el marco legal, los equipos, distintivos que señala la normativa SEVESO.

b. Descripción de las sustancias que se utilizan en el proceso

La organización que ha contratado los servicios del profesional en seguridad industrial tiene el compromiso de entregar toda la información sobre las sustancias inflamables que se emplean en el proceso, cuando no exista acceso a la información es necesario que se identifiquen las características de las sustancias a través de los siguientes aspectos:

- Estado que posee la sustancia inflamable donde recibirá la calificación de 1 si la sustancia se encuentra en forma de gas o vapor, y se le otorgará la 2 cuando la sustancia se muestra como polvo combustible.
- El Subgrupo que posee la sustancia inflamable se divide según señala la tabla 6.
- La identificación del tipo de sustancia tomando en cuenta su sensibilidad en base a la iniciación de la explosión producida por el contacto por una superficie caliente se la efectúa a través de la definición del tipo de temperatura enfocada a la temperatura superficial máxima.
- La identificación del Límite inferior de explosividad (LIE) se lo efectúa a través de la valoración de la concentración mínima de gas al interior del aire por debajo del límite demostrando que la ocurrencia de una explosión no es posible. (Serra, Xavier de Frías, 2016)

c. Densidad de la sustancia

Se considera como una propiedad física que se caracteriza, pero se define como el cociente que existe entre la masa y el volumen de la sustancia a ser tratada, su propiedad varía según la temperatura ya que en la medición de la densidad de la sustancia es necesario que se considere el nivel de temperatura al efectuar la medición, para el caso de las sustancias que no son homogéneas se procede a la división de la masa sobre el volumen para la obtención de la densidad promedio.(Serra, Xavier de Frías, 2016)

d. Estado de la sustancia inflamable

Es necesario que se identifique cuáles son los estados que posee la sustancia inflamable donde en la tabla 16 se los presenta a continuación:

Tabla 16 Estado de la sustancia inflamable

Subgrupo	CMI	IEMS
IIA	>0,8	>0,9
IIB	0,45- 0,8	0,5-0,9
IIC	< 0,45	< 0,50

Fuente: Serra, Xavier de Frías, (2016). Metodología del Dopex (documento de protección contra explosiones)

Elaborado por: El Autor

e. Tipos de sustancias

A continuación, se va a presentar la respectiva clasificación del tipo de sustancias que presenta

Tabla 17 Clasificación del tipo de sustancia

Tipo de temperatura	Temperatura superficial máxima (°C)
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85

Fuente: Serra, Xavier de Frías, (2016). Metodología del Dopex (documento de protección contra explosiones)

Elaborado por: El Autor

Tabla 18 Tabla para determinar el grado de ventilación

Grado de ventilación	Descripción
Alto	Es capaz de reducir de forma prácticamente instantánea la concentración inferior LI. Esta ventilación resulta en una zona ATEX de pequeñas dimensiones
Mediano	Es capaz de controlar la dispersión, manteniendo una situación estable, con una concentración inferior al LIE mientras que el escape se está produciendo, cuando el escape se detiene la atmosfera explosiva durante bastante tiempo, esta ventilación puede reducir el tamaño del ATEX
Bajo	No es capaz de controlar la concentración durante el escape y cuando

	este de detiene no es capaz de evitar la permanencia de la atmosfera explosiva durante bastante tiempo, esta ventilación no tiene efecto sobre el tamaño de la zona ATEX.
--	---

Fuente: Serra, Xavier de Frías, (2016).Metodología del Dopex (documento de protección contra explosiones)

Elaborado por: El Autor

Tabla 19 Descripción de la disponibilidad de ventilación

Disponibilidad	Descripción
Alto	La ventilación se mantiene prácticamente continua
Normal	La ventilación se mantiene continua en funcionamiento normal y puede presentar cortes poco frecuentes y de corta duración
Pobre	La ventilación no puede catalogar como de disponibilidad alto o normal

Fuente: Serra, Xavier de Frías, (2016).Metodología del Dopex (documento de protección contra explosiones)

Elaborado por: El Autor

f. Descripción de las fuentes de escape

La Norma Atmósferas explosivas. Parte 10-1: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas gaseosas señala que la ventilación y la posterior clasificación de zonas define a una fuente de escape como el lugar que emite gas, líquido inflamable, o vapor para formar una atmosfera explosiva las fuentes, que se clasifican en tres tipos que son:

- Grado de escape continuo: se genera de forma permanente o al interior de largos periodos.
- Grado de escape primario: este tipo de escape se produce periódicamente o a su vez esporádicamente al interior del funcionamiento normal.

- Grado de escape secundario: en este escape no se planifica la presencia de un funcionamiento normal, pero si es probable que se presente de forma frecuente en los periodos que poseen una corta duración. (UNE-EN 60079-10-1:2016, 2016)

La norma Atmósferas explosivas. Parte 10-1: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas gaseosas manifiesta que sobre la ventilación existen tres características principales que son:

- Tipo de ventilación: si la ventilación se efectúa a través de los movimientos del aire, o los grados de temperatura, medios mecánicos los cuales son los ventiladores se ha identificado que existen dos tipos que son la natural y la forzada.
- Grado de ventilación: Este grado consigue ser alto, medio o bajo según sea el medio para la producción de la ventilación. (UNE-EN 60079-10-1:2016, 2016)

Al definirse como continua o presenta cortes se clasifica en los siguientes tipos:

Tabla 20 Determinación del tipo de zona

Grado de escape	Ventilación						
	Grado						
	Alto			Mediano			Bajo
	Disponibilidad						
	Alta	Normal	Pobre	Alta	Normal	Pobre	Alta normal o pobre
Continuo	Zona 0 ED	Zona 0 ED o Zona 2	Zona 0 ED o Zona 1	Zona 0	Zona 0 + Zona 2	Zona 0 + Zona 1	Zona 0
Primario	Zona 1 ED	Zona 1 ED o Zona 2	Zona 1 ED o Zona 2	Zona 1	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 o Zona 0
Secundario	Zona 2 ED	Zona 2 ED	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 1 o Zona 0

Fuente: Norma Atmósferas explosivas. Parte 10-1: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas gaseosas (UNE-EN 60079-10-1:2016)

Elaborado por: El Autor

Tabla 21 Descripción de las zonas

Frecuencia y duración de la atmosfera explosiva	Gas	Polvo
	Zona ATEX	
Permanente o presente frecuentemente	0	20
Probable de forma ocasional	1	21
Improbable y por poco tiempo	2	22
No se espera su formación	Zona sin riesgo	Zona sin riesgo

Fuente: Serra, Xavier de Frías, (2016). Metodología del Dopex (documento de protección contra explosiones)

Elaborado por: El Autor

g. Cálculo del radio de la esfera de atmosfera explosiva

La Norma Atmosferas explosivas. Parte 10-1: Clasificación de emplazamientos. Atmosferas explosivas gaseosas señala que para la obtención de la extensión de las zonas que poseen atmosfera explosiva es necesario que se empleen las fórmulas integradas que se encuentra a partir de la Fórmula Cálculo de la tasa de escape donde trata la relación entre el volumen teórico, extensión del emplazamiento peligroso (UNE-EN 60079-10-1:2016, 2016)

A continuación, se explica a cada una de las fuentes de combustión:

Tabla 22 Codificación de las diferentes fuentes de combustión

Código	Descripción
S	Superficies calientes
G	Llamas y gases calientes (incluyendo partículas calientes)
CH	Chispas de origen mecánico
E	Material mecánico
CC	Corrientes eléctricas parasitarias, protección contra la corrosión catódica
EE	Electricidad estática
R	Rayos
CE	Campos magnéticos
RE	Radiación electromagnética
RI	Radiación ionizante
U	Ultrasonidos
C	Comprensión adiabática, ondas de choque gases circulantes
RQ	Reacción química exotérmica, incluyendo la auto combustión de polvo

Fuente: Norma Atmosferas explosivas. Parte 10-1: Clasificación de emplazamientos. Atmosferas explosivas gaseosas (UNE-EN 60079-10-1:2016, 2016)

Tabla 23 Determinación de la probabilidad de aparición de una fuente de combustión.

Nivel de probabilidad	Descripción
D	Fuente de combustión que puede aparecer en funcionamiento normal
C	Fuente de combustión que puede aparecer en caso de difusión
B	Fuente de combustión que pueden aparecer en caso de difusión rara
A	Fuente de combustión inexistente

Fuente: Serra, Xavier de Frías, (2016). Metodología del Dopex (documento de protección contra explosiones)

Tabla 24 Descripción del nivel de gravedad de los accidentes

Gravedad	
Descripción	Definición
Catastrófica	Muerte o destrucción de la instalación
Importante	Danos graves, enfermedades profesionales grave o danos elevados a la instalación
Secundaria o leve	Daño menor, enfermedades profesionales leve y menor daño a las instalaciones.
Insignificante	Menos que leve

Fuente: Serra, Xavier de Frías, (2016). Metodología del Dopex (documento de protección contra explosiones)

Elaborado por: El Autor

La Metodología para la elaboración del documento de protección contra explosiones manifiesta que: para identificar el valor del radio que posee la esfera ATEX se debe efectuar varios cálculos que se exponen a continuación:

- a) Cálculo de la tasa de escape: para efectuar su cálculo es necesario que se emplee la siguiente fórmula:

Fórmula 1 Cálculo de la tasa de escape

$$C = Cd. a. P[(S. M. T). (2. S + 1)(S + 1. S - 1)]0.5$$

Donde:

G = caudal másico de la sustancia emitida por el escape (kg/s)
Cd = coeficiente de descarga (valor máximo 0,8)
a = área transversal (m²)
P = presión aguas arriba (N/m²)
d = relación entre los calores específicos Cp/Cv (1,4 para la mayoría de gases)
M = masa molecular de la sustancia emitida (g/mol)
R = constante de los gases (8.314 J/kmol K)
T = temperatura absoluta (K)

b) Cálculo del caudal mínimo teórico: se enfoca en identificar el caudal mínimo sobre la ventilación (en m³ / s) requerido para desleír un escape hacia un nivel de concentración que se encuentre por debajo del LIE, su cálculo se efectúa a través de la consecutiva fórmula:

Fórmula 2 Cálculo del caudal mínimo teórico

$$Q_{vmin} = \frac{G_{max}}{k \cdot Lie} \cdot fr$$

G_{máx}: tasa máxima de escape (kg/s)
k: coeficiente de seguridad que incrementa el caudal de ventilación, de tal forma que la ventilación se diluye hasta k veces por debajo del LIE. Toma los valores de 0,25 por escapes continuos y primarios y 0,5 por escapes secundarios.
fr: factor de corrección que tiene en cuenta el efecto de la temperatura ambiente sobre el volumen de la mezcla de la atmósfera explosiva.

Se calcula según:

c) Cálculo del volumen teórico Vz: Se enfoca en la identificación del volumen teórico que posee la atmósfera explosiva al formarse cerca de una fuente para el escape su cálculo se lo realiza con la siguiente formula:

Fórmula 3 Cálculo del volumen teórico Vz

$$V_2 = fv * Q_{vmin} / C$$

Donde:
fv: factor que tiene en cuenta la ineficacia de la ventilación y que toma valores de fv = 1 (situación ideal de ventilación, el aire circula libremente) a fv = 5 (circulación de aire con dificultades debido a un grandísimo número obstáculos que pueden reducir la capacidad efectiva de dilución del sistema de ventilación).
C: renovaciones de aire por unidad de tiempo.

- C: Reformas en aire tomando en cuenta la unidad de tiempo: su cálculo se realiza con la siguiente fórmula:

Fórmula 4 Cálculo de Reformas en aire tomando en cuenta la unidad de tiempo

$$C = Qv0/Vo$$

Q_{v0}: caudal de ventilación real de la instalación (m³/s)
 V₀: volumen total ventilado (m³) En caso de que solo se disponga de ventilación natural, se deberá calcular el volumen teórico Vz con la siguiente fórmula, siendo el divisor las renovaciones de aire por unidad de tiempo para ventilación natural:

V₀: volumen total ventilado (m³): Cuando solo se dispone de ventilación natural es necesario que se calcule el volumen teórico a través del uso de la siguiente formula:

Fórmula 5 Cálculo de volumen total ventilado (m3)

$$V_2 = \frac{Qvmin}{0.03.v/0.5} f v$$

v = velocidad del viento (m/s)
 d) Cálculo del radio ATEX: se calcula aislando el radio de la ecuación utilizada para calcular el volumen de una esfera.

Donde el divisor es la renovación del aire por unidad de tiempo ante una ventilación natural.

- d) Cálculo del radio ATEX: su cálculo se efectúa a través del aislamiento del radio de la ecuación empleada para el calculado del volumen al interior de una esfera.(Serra, Xavier de Frías, 2016)

Fórmula 6 Cálculo del radio ATEX

$$r = \sqrt[3]{\frac{3}{4} \cdot \frac{V}{\rho}}$$

Tabla 25 Determinación de la frecuencia de explosión

Frecuencia		
Niveles	Descripción	Histórico
Frecuente	Probable que ocurra frecuentemente	Experiencia continua
Probable	Ocurrirá varias veces en la vida de la instalación	Ocurrirá frecuentemente
Ocasional	Es probable que ocurra alguna vez en la vida de la instalación	Ocurrirá varias veces
Remota	Improbable que ocurra alguna vez en la vida de la instalación	Improbable pero razonablemente se espera que ocurra
Improbable	Aunque improbable se puede asumir que ocurra, pero no se ha experimentado	Improbable que ocurra, pero posible

Fuente: Serra, Xavier de Frías, (2016). Metodología del Dopex (documento de protección contra explosiones)

Tabla 26 Codificación del nivel de riesgo

Tipo	Nivel de riesgo
A	Intolerable
B	Alto o importante
C	Medio o moderado
D	Aceptable o tolerable.

Fuente: Serra, Xavier de Frías, (2016). Metodología del Dopex (documento de protección contra explosiones)

Elaborado por: El Autor

2. Evaluación de los riesgos de accidentes graves

En esta etapa se requiere que se enumere las situaciones de peligro que se pueden presentar ante la presencia de atmósferas explosivas, el principal objetivo es la valoración de las consecuencias que arrojan este riesgo.

Se han identificado dos sub etapas las cuales son:

- a) Estimación de las fuentes de combustión: Al interior de la norma Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1: Conceptos básicos y metodologíaseñala que existen 13 tipologías de fuentes de combustión efectivas que

se deben emplear para el proceso de evaluación de la presencia de riesgo de atmósferas explosivas, el nivel de posibilidad de que se presente una fuente de combustión se registra al interior de la tabla 26.

b) Valoración del riesgo de explosión al interior de las zonas clasificadas: que se basa en los siguientes principios:

- Tipificación de las características que posee una situación de peligro.
- Apreciación de la presencia del riesgo.
- Evaluación de la presencia del riesgo
- Acciones que se enfocan en la reducción del riesgo.

En la estimación del riesgo se emplea la metodología de tipo cualitativa en base a la estimación que posee el riesgo según la frecuencia y gravedad del daño, sobre la apreciación del nivel de gravedad del daño se enfoca en los danos que genera una dudosa explosión al interior de las instalaciones como señala la tabla 24.

En cada fuente de escape se requiere que se asigne una periodicidad para la ocurrencia de una explosión, al considerar la frecuencia, gravedad en la explosión es necesario que se estime el nivel de riesgo según señala la tabla 22.(UNE-EN 1127-1:2012, 2012)

3. Planificación ante situaciones de emergencia

Para esta etapa se ha considerado que se deben efectuar los siguientes pasos:

1. Verificación del cumplimiento de la normativa

La Metodología para la elaboración del documento de protección contra explosiones muestra que en esta etapa es necesario que se verifique el nivel de cumplimiento al contenido de las respectivas normativas que se encuentran vigentes a nivel nacional e internacional y su correcta aplicación (Serra, Xavier de Frías, 2016)

A continuación, se presenta un análisis a puntos específicos de cada normativa:

- Comprobación del anexo II y el anexo III del reglamento de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo manifestando que se presentan un conjunto de prácticas mínimas que se enfocan a mejorar las condiciones de seguridad, protección de la salud en los trabajadores que se encuentran altamente expuestos a los impactos que producen las atmósferas explosivas. (Real Decreto 681, 2003)
- Estas disposiciones que se encuentran al interior del anexo deben aplicarse al interior de las áreas que se denominan como zonas de riesgo, así como los equipos que se ubican en esta área, que no presentan riesgos y que aporten al funcionamiento tomando en consideración las condiciones seguras que los equipos requieren al interior de las áreas de riesgo. (Real Decreto 681, 2003)
- En el anexo II del reglamento de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de

trabajo menciona como efectuar una correcta señalización en las zonas que poseen riesgo de atmósferas explosivas.(Real Decreto 681, 2003)

- Verificación de la Normativa relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas muestra que es necesario señalar que los equipos ya sean eléctricos o no eléctricos que se encuentran instalados en los sitios que tienen riesgo de formar atmósferas explosivas tienen que cumplir un conjunto de requisitos que deben encontrarse certificados y marcados según señala las disposiciones prescritas.(Real Decreto 400/1996, 1996)

2. Medidas correctoras: medidas técnicas y organizativas

La Metodología para la elaboración del documento de protección contra explosiones manifiesta que en esta etapa es necesario que se narren las medidas que se encuentran impuestas para que se genere acciones de protección contra explosiones, el contenido de las medidas técnicas debe hacer énfasis en las acciones que eviten la presencia de las atmósferas explosivas y/o fuentes de combustión, ya que al interior de una construcción cualquiera se delimite los impactos de las explosiones originadas en las instalaciones, es necesario que se incluya una descripción detallada de cada uno de los sistemas de control que son parte de los mecanismos de protección contra las explosiones.

Sobre las medidas organizativas en el documento debe contener instrucciones, autorizaciones, restricciones sobre la seguridad ante la presencia de atmósferas explosivas.

Las instrucciones deben orientarse a la formación de los trabajadores, información de la señalización en las áreas de riesgo y el uso correcto de la ropa protectora, etc.

- **Planificación:** Es responsabilidad de la organización la elaboración de un plan de trabajo conformado por acciones de mejora, medidas de protección, propuesta de correcciones, el plan debe poseer un orden de prioridad según el nivel de riesgo específico y debe poseer los plazos de actuación según los siguientes criterios:
 - Alto riesgo /importante (B): ejecución de una acción inmediata, antes de un mes
 - Riesgo medio/moderado (C): requiere una acción urgente en un periodo previo de seis meses.
 - Riesgo tolerable (D): la recomendación sugerida es que se implementen mejoras que no consideren un tiempo definido
- **Actuaciones de mejora y otras recomendaciones:**En esta etapa es necesario que se expongan las medidas correctoras complementarias que se van a aplicar al proceso y que no se han incluido en el área de medidas técnicas.
- **Conclusiones:** En esta fase se debe efectuar un resumen sobre las características más importantes que se han identificado en el diagnóstico como son la valoración del riesgo, medidas técnicas, organizativas, se debe mostrar las zonas que presentan un riesgo tolerable y las probables soluciones a los riesgos. (Serra, Xavier de Frías, 2016)

CAPITULO III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Estadísticas de accidentes a nivel mundial de explosiones

Como parte de la investigación se ha considerado de vital importancia analizar las principales estadísticas a nivel mundial sobre la ocurrencia de acciones mayores como resultado de la presencia de atmosferas explosivas:

3.3.1.1 Cifras de accidentes e incidentes por presencia de atmosferas explosivas Continente Americano

El primer punto analizado es las cifras de accidentes e incidentes por presencia de atmosferas explosivas Continente Americano donde se ha identificado el siguiente comportamiento:

Tabla 27 Cifras de accidentes e incidentes por presencia de atmosferas explosivas Continente Americano

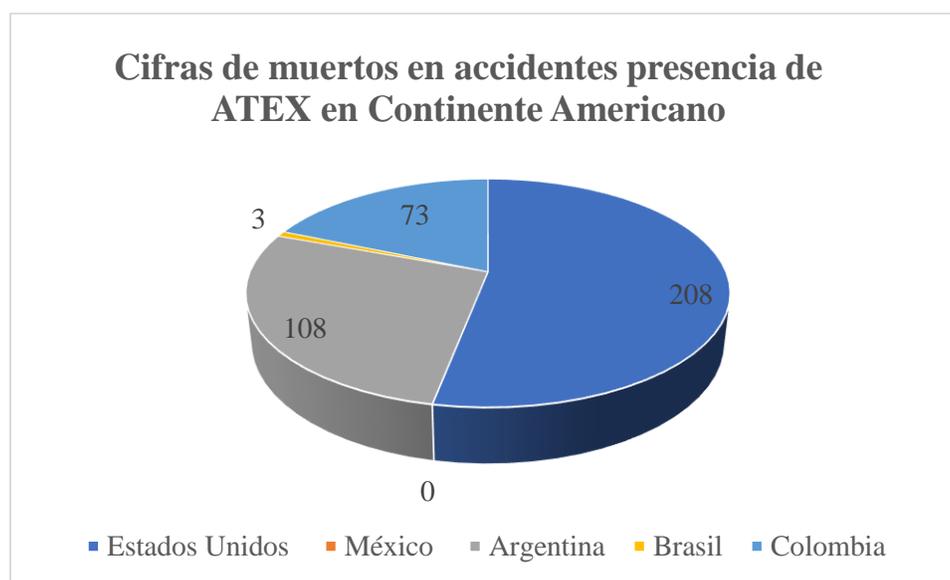
Continente	País	Ciudad	Año	Motivo		Razones
				Accidente	Incidente	
América	Estados Unidos	Lousiana	1977	36 muertos		Explosión de silo de granos
		Texas	1977	18 muertos		
		Missouri	1980	1 muerto		
		Texas	1981	9 muertos		
		Kansas	1998	7 muertos		
		Georgia	2008	14 muertos	36 heridos	Explosión polvo de azúcar
		North carolina	1977	6 muertos	38 heridos	Polvo de procesos de plásticos y resinas
		North carolina	2003	6 muertos	38 heridos	Explosión de polvo
		Kentucky	1985	7 muertos	37 heridos	Explosión de polvo de resina fenólica.
		Kentucky	2003	0 muertos	0 heridos	Nube de resina fenólica en polvo destrucción gran parte del área de producción
		Indiana	1983	1 muerto	6 heridos	Explosión de polvo de aros de aluminio.
		Lowa	1919	43 muertos		Polvo de almidón
		Lowa	1975	2 muertos		explosión de harina
		Milwaukee	1860	0 muertos	0 heridos	Polvo de harina destrucción de un molino
		Minneapolis	1878	18 muertos		Polvo de harina
Illinois	1893	1 muerto		explosión de harina de Litchfield		

Continente	País	Ciudad	Año	Motivo		Razones
				Accidente	Incidente	
América	Estados Unidos	Lousiana	1977	36 muertos		Explosión de silo de granos
		Alaska	2016	0 muertos	0 heridos	Polvo de harina de pescado daño planta de procesamiento de pescado.
		Massachusetts	1995		37 heridos	Explosión de polvo fibras polar de nylon
		West Virginia	2010	3 muertos	1 herido	Explosión polvo de circonio
	México	Nuevo León	2017	0 muertos	0 heridos	Nube de polvo inerte
	Argentina	Bahía Blanca	1985	22 muertos		Silos de granos
		Puerto San Martín	2001	3 muertos		nubes de polvo con ondas de presión
		San Lorenzo	2002	3 muertos		
		Punta Alvear Santa Fe	2000	0 muertos	0 heridos	
		Buenos Aires	1995	3 muertos		explosión ocurrida en al Molino
		Buenos Aires	2015	1 muerto		Explosión de maíz
	Brasil	Coímbra	2001	3 muertos		nubes de polvo con ondas de presión
	Colombia	Amaga	2010	73 muertos		acumulación polvo de carbón
Total				392 muertos	193 heridos	

Elaborado por: El Autor

Fuente: W, Robert (Kansas State Universty) – Revista MAPFRE-Seguridad N° 82

Figura 3 Cifras de muertos en accidentes por presencia de atmosferas explosivas Continente Americano



Elaborado por: El Autor

Análisis: Tras el procesamiento de las cifras recopiladas sobre accidentes por presencia de ATEX en Continente Americano se ha determinado que Estados Unidos registra el mayor índice de accidentes con una cifra de 208 muertos seguido de Argentina con 108 muertos.

Figura 4 Cifras de incidentes por presencia de ATEX en Continente Americano



Elaborado por: El Autor

Análisis: Tras el procesamiento de las cifras recopiladas sobre los incidentes (heridos) por presencia de ATEX en Continente Americano se ha determinado que Estados Unidos registra el mayor índice porque presenta a 193 heridos y en los otros países no se han identificado registros.

3.3.1.2 Cifras de accidentes e incidentes por presencia de atmosferas explosivas Continente Europeo

El segundo punto analizado es las cifras de accidentes e incidentes por presencia de atmosferas explosivas Continente Europeo por lo cual se ha identificado el siguiente comportamiento:

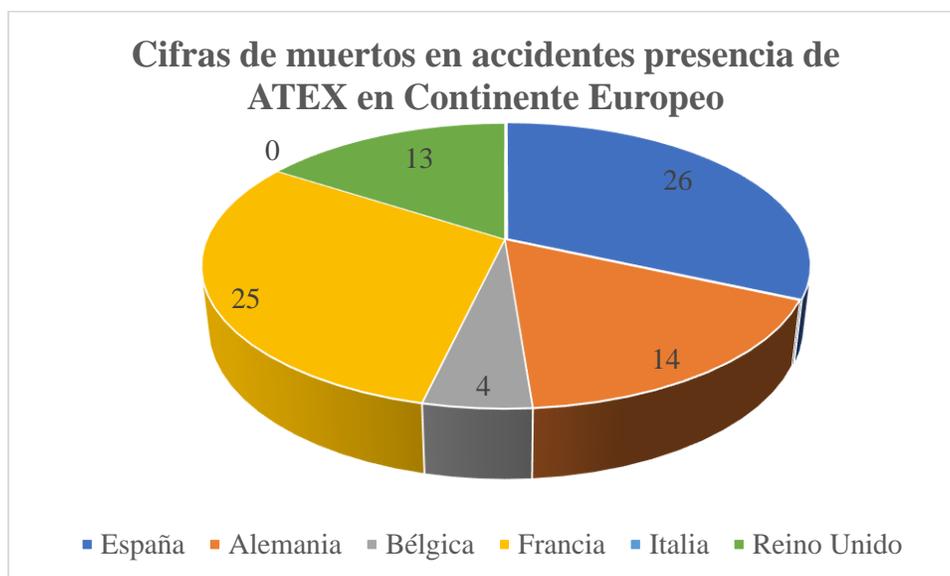
Tabla 28 Cifras de accidentes e incidentes de atmosferas explosivas en Continente Europeo

Continente	País	Ciudad	Año	Motivo		Razones
				Accidente	Incidente	
Europa	España	Lérida	1979	18 muertos		Explosión de silo de granos
		Pozoblanco	1984	0 muertos	0 heridos	
		Nogales	1993	1 muerto		
		Fuentepelayo	1993	1 muertos		Explosión de harina
		Palencia	1993	1 muerto	11 heridos	
		Huesca	2005	5 muertos		
	Alemania	Bremen	1979	14 muertos		Explosión de harina
	Bélgica	Tienen	1982	4 muertos		Explosión de azúcar
	Francia	Metz	1982	12 muertos		Explosión de silos
		Blaye	1997	13 muertos		
	Italia	Turín	1785		2 heridos	Explosión de harina
	Reino Unido	Banbury	1981	9 muertos	46 heridos	Almidón de maíz
BosleyCheshire		2015	4 muertos	4 heridos	Harina de madera	
Total				82 muertos	63 heridos	

Elaborado por: El Autor

Fuente: W, Robert (Kansas State Universty) – Revista MAPFRE-Seguridad N° 82

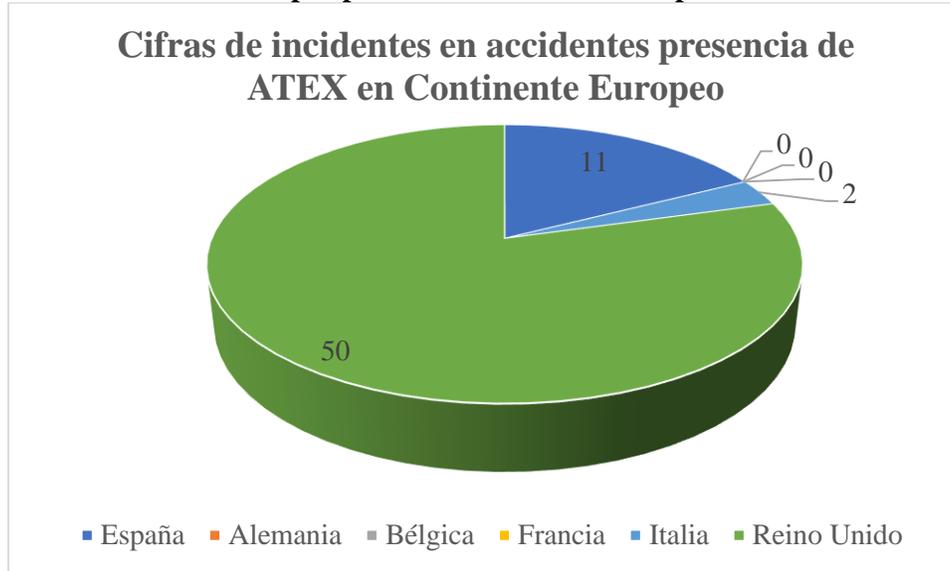
Figura 5 Cifras de accidentes e incidentes de atmosferas explosivas en Continente Europeo



Elaborado por: El Autor

Análisis: Tras el procesamiento de las cifras recopiladas en Continente Europeo se ha identificado que España presenta una cifra de 26 muertos que se considera como el mayor número de muertos por generación de accidentes por presencia de ATEX, seguido de Francia con 25 muertos por la misma causa.

Figura 6 Cifras de incidentes por presencia de atmosferas explosivas en Continente Europeo



Elaborado por: El Autor

Análisis: Tras el procesamiento de las cifras en Continente Europeose ha determinado queel Reino Unido presenta el mayor índice con una cifra de 50 incidentes (heridos) por el resultado de accidentes por la presencia de ATEX, seguido de España con 11 heridos.

Tabla 29 Cifras de accidentes e incidentes por presencia de atmosferas explosivas Continente Asiático

Continente	País	Ciudad	Año	Motivo		Razones
				Accidente	Incidente	
Asia	China	Kunshan	2008	114 muertos	146 heridos	Polvo de metal
		Harbin	1987	58 muertos	177 heridos	Polvo de lino
		Benxi, Liaoning	1942	1,549 muertos		Polvo de carbón
	Taiwán	Nuevo Taipei	2015	498 muertos	15 heridos	Polvo de carbón
	Australia	Monte Mulligan, Queensland	1921	75 muertos		
Total				2294 muertos	338 heridos	

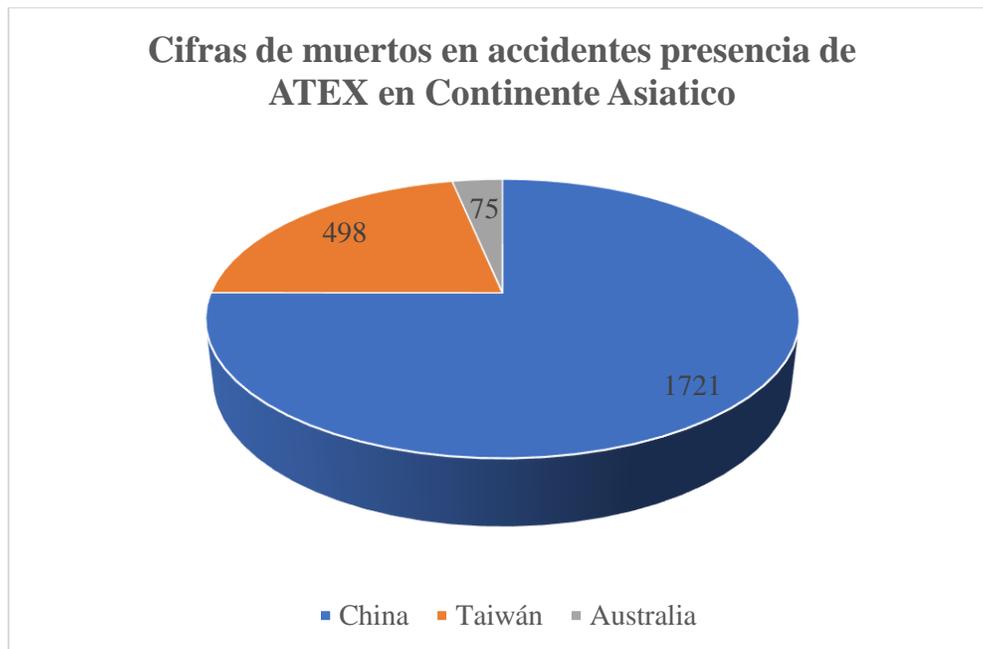
Elaborado por: El Autor

Fuente: W, Robert (Kansas State Universty) – Revista MAPFRE-Seguridad N° 82

3.3.1.3 Cifras de accidentes e incidentes por presencia de atmosferas explosivas Continente Asiático

El tercer punto analizado es las cifras de accidentes e incidentes por presencia de atmosferas explosivas Continente Asiático por lo cual se ha identificado el siguiente comportamiento:

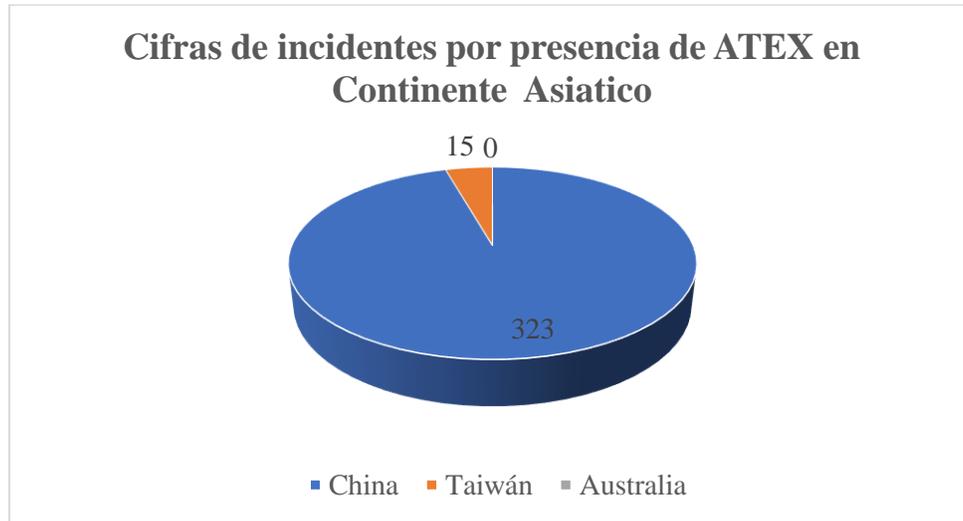
Figura 7 Cifras de accidentes e incidentes por presencia de atmosferas explosivas Continente Asiático



Elaborado por: El Autor

Análisis: Tras el procesamiento de las cifras recopiladas en Continente Asiático se ha determinado que China presenta el mayor índice de accidentes con una cifra de 1721 muertos por accidentes producidos por presencia de ATEX, seguido de Taiwán con 498 muertos.

Figura 8 Cifras de incidentes por presencia de ATEX en Continente Asiático



Elaborado por: El Autor

Análisis: Tras el procesamiento de las cifras recopiladas en Continente Asiático se ha determinado que China presenta el mayor índice de incidentes (heridos) con 323 por presencia de ATEX, seguido de Taiwán con 15 heridos.

Tabla 30 Cifras mundiales de accidentes e incidentes de atmosferas explosivas por continente

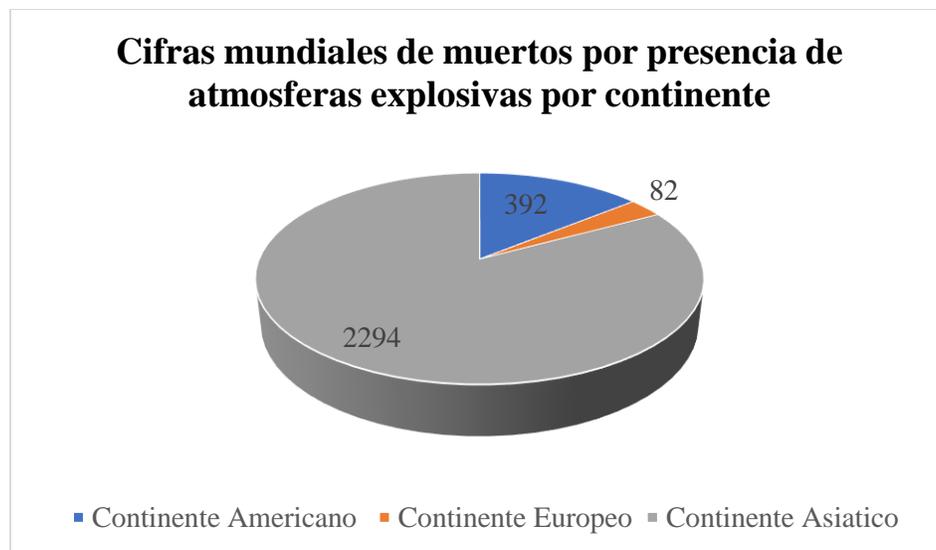
Nombre del continente	Cifra de muertos	Cifra de heridos (incidentes)
Continente Americano	392	193
Continente Europeo	82	63
Continente Asiático	2294	338
Total	2768 muertos	594 heridos

Elaborado por: El Autor

Fuente: W, Robert (Kansas State Universty) – Revista MAPFRE-Seguridad N° 82

3.3.1.4 Cifras de accidentes e incidentes por presencia de atmosferas explosivas a nivel mundial

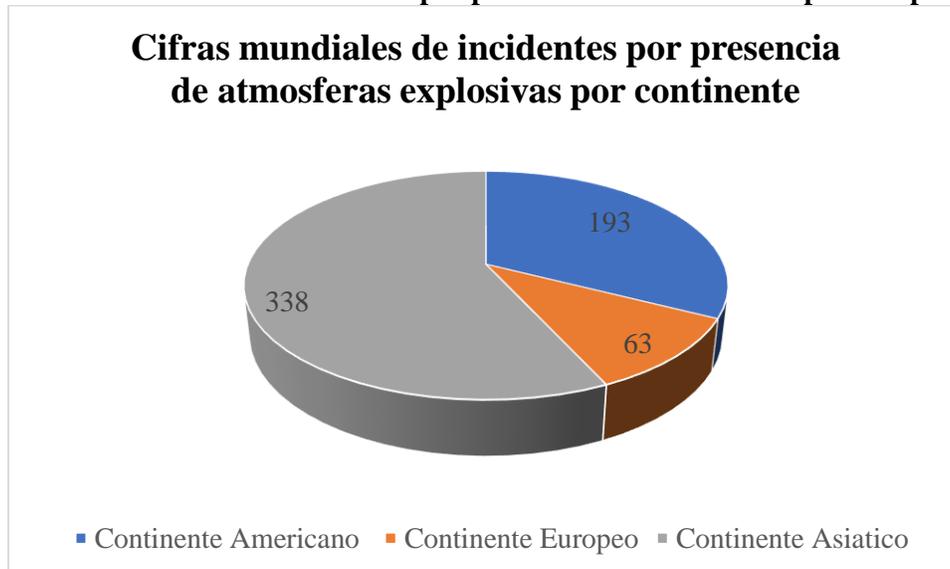
Figura 9 Cifras mundiales de muertos por presencia de atmosferas explosivas por continente



Elaborado por: El Autor

Análisis: Tras el procesamiento de las cifras recopiladas a nivel mundial se ha determinado que el continente asiático presenta en mayor índice de muertes por presencia de ATEX, con una cifra de 2294 muertos, seguido del continente europeo con 392 muertes.

Figura 10 Cifras mundiales de incidentes por presencia de atmosferas explosivas por continente



Elaborado por: El Autor

3.3.1.5 Discusión de Resultados

Tras el procesamiento de las cifras recopiladas a nivel mundial se ha determinado que los muertos que ha generado la presencia de ATEX al interior del continente americano muestra el

siguiente comportamiento Estados Unidos registra el mayor índice de accidentes con una cifra de 208 muertos seguido de Argentina con 108 muertos, mientras que Colombia registra 73 muertos y finalmente en Brasil se han detectado 3 muertos, pero en el continente Europeo se muestra las siguientes estadísticas: España presenta una cifra de 26, seguido de Francia con 25 muertos, mientras que Alemania con 14 muertos, Bélgica con 4 muertos y el reino Unido con 13 muertos y en el continente Asiático se ha detectado que China presenta el mayor índice de accidentes con una cifra de 1721 muertos por accidentes producidos por presencia de ATEX, seguido de Taiwán con 498 muertos, Australia con 75 muertos.

Sobre las cifras de incidentes a nivel mundial se ha identificado que en el continente americano se ha detectado que Estados Unidos registra a 193 heridos lo que se considera como el mayor índice y en los otros países no se han identificado registros, en el continente Europeose ha determinado que el Reino Unido presenta el mayor índice con una cifra de 50 incidentes (heridos) por el resultado de accidentes por la presencia de ATEX, seguido de España con 11 heridos, Italia 2 muertos y en el continente Asiático se presenta que China registra 323 heridos que se considera como el mayor índice de incidentes por presencia de ATEX, seguido de Taiwán con 15 heridos.

En la evaluación de las cifras mundiales de accidentes e incidentes en el continente americano, europeo y asiático se ha identificado que los accidentes de explosiones producidas por la presencia de atmosferas explosivas han registrado impactos graves que han cobrado la vida de 2768 personas, han dejado 594 heridos a nivel mundial mostrando que son cifras alarmantes por consecuencia de explosiones por la presencia de atmosferas explosivas que pudieron ser evitadas y muestra en nivel de importancia que posee el diseño de acciones que

permitan dar paso a la prevención de explosiones, protección de la salud de los trabajadores sobre los posibles impactos que causa una atmosfera explosiva.

Al considerar la realidad ecuatoriana la presentación de estas cifras apertura una nueva línea enfocada a la protección industrial ya que hasta la fecha no se han efectuado ningún tipo de iniciativas enfocadas a la prevención de la presencia de ATEX atmosférico y polvos combustibles al interior de las industrias ecuatorianas, permitiendo que se desarrolle nuevos mecanismos de prevención y concientización de los riesgos a los que se expone el trabajador, equipos, maquinarias, instalaciones.

3.2 Análisis a Normativa SEVESO III

3.2.1 Introducción a la normativa

La guía para trabajadores, delegados de la prevención sobre las obligaciones derivadas de la normativa de accidentes graves (Seveso) principios de actuación (Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS), 2015) señala que la normativa Seveso se aprobó tras la aprobación de la ocurrencia de una serie de accidentes o desastres químicos que tuvieron graves impactos en el bienestar de los trabajadores, medio ambiente y ciudadanía.

Los acontecimientos que tuvieron alto impacto fueron los que sucedieron en Flixborough (Gran Bretaña, 1974) y Seveso (Italia, 1976), por lo cual en el primer accidente se produjo por la salida de más de 40 toneladas de ciclohexano provocando una explosión interior de una planta industrial que se dedicaba la elaboración de fibras textiles esto dio como resultado la muerte de 29 trabajadores y cientos de heridos, en el segundo accidente se registró una explosión de un

reactor que pertenecía a la fábrica de la multinacional Roche localizada en Seveso Italia dando como resultado la presencia de una nube de dioxinas tóxicas haciendo necesario que se evacuen a más de 200.000 personas, 500 personas sufrieron quemaduras y más 80.000 animales fueron sacrificados con el fin de evitar que la sustancias ingrese al interior de la cadena trófica. (Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS), 2015)

Se puede indicar que el objetivo de la aplicación de la Normativa SEVESO III es el desarrollo de facultades, competencias por parte de los trabajadores, delegados a la planificación, implementación de acciones de prevención que sean reconocidas por la legislación de prevención de riesgos laborales y se pueda iniciar con una eficaz participación en la prevención, gestión del riesgo de accidentes que se encuentra relacionado con el manejo de sustancias peligrosas.

3.3.2 Ámbito de aplicación

En el desarrollo de este proyecto de investigación se procedió a efectuar un análisis a la normativa SEVESO III para la identificación de los campos de acción que pueden implementarse tomando en consideración la realidad que poseen las industrias ecuatorianas para que se diseñen e implementen medidas de protección preventiva ante la formación de atmósferas explosivas como resultado del uso de materiales que poseen potencial de generación de polvos combustibles en el proceso productivo.

El primer punto empleado en el análisis fue:

Tabla 31 Análisis comparativo Ámbito de aplicación Seveso III

Normativa relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, 2012 o SEVESO III	
1. Ámbito de aplicación	
<p>El artículo 2 de la normativa Seveso señala que la normativa no se aplica para:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una zona de almacenamiento militar • El manejo de peligros establecidos por causa de las radiaciones ionizantes que son el resultado del manejo de sustancias • Transporte de sustancias peligrosas • Exploración, explotación de minerales al interior de las minas y canteras • Exploración, explotación de minerales, hidrocarburos mar adentro. 	<p>Tras analizar el contenido del artículo 2 de la normativa se ha identificado que el ámbito de aplicación en el Ecuador es factible ya que se enfoca a las diversas industrias como lo es la agropecuaria, maderera entre otras, pero su aplicación no se enfoca a actividades que se realizan en el territorio ecuatoriano como lo es el almacenamiento militar, traslado de sustancias peligrosas, y sobre todo la exploración, explotación de minerales en las minas por lo que es necesario que se difunda su contenido entre los responsables de la seguridad en las organizaciones.</p>

Fuente: Artículo 2 de la normativa Seveso

Elaborado por: El Autor

Tras el análisis comparativo se manifiesta que la normativa Seveso III se aplica a las instalaciones de las industrias ecuatorianas que pertenecen a los establecimientos que forman parte de las siguientes industrias tales como la agropecuaria, maderera, talleres especializados que emplean pintura, las petroquímicas, transformadoras de plástico, química, laboratorios farmacéuticos, industria gráfica, harineras, almacenes de distribución pero no aplica a instalaciones o zonas de almacenamiento militares y el transporte de sustancias peligrosas y el almacenamiento temporal intermedio directamente relacionado con él, por carretera, ferrocarril, vía navegable.

3.2.3 Evaluación de peligros de accidente grave por una determinada sustancia peligrosa

El segundo punto analizado fue la Evaluación de peligros de accidente grave por una determinada sustancia peligrosa con el objetivo de hacer un énfasis de la importancia del análisis de la forma física, las propiedades inherentes, los niveles de concentración mínima, máxima que

poseen las sustancias peligrosas, las condiciones para el aislamiento, envasado genérico de las sustancias o mezclas peligrosas y la obligación de notificar al estado donde se obtuvo los siguientes aspectos:

Tabla 32 Análisis comparativo Evaluación de peligros de accidente grave por una determinada sustancia peligrosa Seveso III

Normativa relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, 2012 o SEVESO III	
2. Evaluación de peligros de accidente grave por una determinada sustancia peligrosa	
<p>El artículo 4 de la normativa Seveso muestra que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las organizaciones tienen la obligación de emitir una notificación al Estado para evaluar la posibilidad de uso de las sustancias. • En el informe se debe considerar la forma física, concentración, propiedades físicas, químicas. • Emitir una lista exhaustiva de las propiedades de las sustancias para la evaluación de las propiedades. • Entregar información sobre las condiciones operativas que poseen las sustancias como lo es la presión, temperatura y otras condiciones pertinentes. 	<p>En el análisis del artículo 4 de la normativa muestra que si se aplicara en el Ecuador se ha identificado que las industrias ecuatorianas tienen la obligación de presentar una notificación al estado sobre las sustancias que usan en sus procesos productivos en especial los líquidos inflamables, los polvos de sólidos inflamables, los materiales de plástico e industria química como son el Aluminio, Carbonilo de Hierro Zinc, Bronce etc.</p> <p>Los alimentos para consumo humano o animal que generan polvos combustibles como es el azúcar, leche liofilizada etc.</p> <p>Además se presenta la responsabilidad de presentar información sobre las condiciones de operabilidad enfocada a la presión, temperatura. Este accionar permite la identificación de los riesgos que pueden llegar a presentarse al interior de las instalaciones para que puedan prevenirse y reducir al máximo el número de accidentes e incidentes lo cual es considerado como positivo.</p>

Fuente: Artículo 2 de la normativa Seveso

Elaborado por: El Autor

Tras la evaluación de peligros de accidente grave por una determinada sustancia peligrosa al interior de la normativa Seveso III se ha identificado que se debe proceder a emitir una notificación por parte del estado para que una comisión evalúe el uso de las sustancias a través de una valoración de la forma física, propiedades inherentes, concentración máxima junto con las características sobre la ebullición, reactividad, viscosidad, solubilidad y otras propiedades pertinentes, la identificación de las condiciones operativas de las sustancias que se emplean

permiten el aseguramiento del uso al interior de los procesos operativos para que pueda prevenir o minimizar la presencia de riesgos de accidentes tales como una explosión, incendio.

3.2.4 Obligaciones de carácter general del industrial

El tercer punto considerado en el análisis fue las Obligaciones de carácter general del industrial donde se ha identificado que los estados tienen la responsabilidad de controlar que las industrias cumplan con las medidas necesarias para que exista prevención de accidentes graves y que impacten en la salud de los trabajadores, a su vez controlar la capacidad para ejecutar controles, inspecciones a las actividades enfocadas a la planificación por lo cual se obtuvo el siguiente análisis:

Tabla 33 Análisis comparativo Obligaciones de carácter general del industrial Seveso III

Normativa relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, 2012 o SEVESO III	
3. Obligaciones de carácter general del industrial	
<p>El Artículo 5 de la normativa Seveso muestra que el estado o los estados tienen la obligación de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controlar que las industrias implementen acciones enfocadas a la prevención de accidentes y la limitación de los impactos a la salud humana y al medio ambiente. • Vigilar que las industrias ante la autoridad competente demuestren capacidades, habilidades al momento de que se efectúen controles e inspecciones y se hayan implementado las medidas que la normativa señala. 	<p>Al analizar el artículo 5 de la normativa se ha identificado que en el caso de la aplicación de este artículo en la realidad ecuatoriana se muestra que el gobierno tiene la responsabilidad de vigilar que las industrias que se localizan en el territorio ecuatoriano apliquen acciones que se enfoquen en la prevención de la generación de acciones que en este caso es la aparición de atmósferas explosivas para que en un cierto plazo se limite la cantidad de impactos en la vida humana, calidad del medio ambiente y control que poseen habilidades capacidades para que no exista ningún tipo de contratiempo cuando se desarrollen controles e inspecciones.</p>

Fuente: Artículo 5 de la normativa Seveso

Sobre las obligaciones del industrial se ha identificado que la normativa Seveso III hace énfasis en el cumplimiento de las obligaciones que poseen las industrias para que se enfoquen en

la prevención de la ocurrencia de los accidentes graves que impacten tanto en la salud humana, medio ambiente, instalaciones ya que el 90% de los accidentes generalmente se producen por el poco conocimiento de las acciones de prevención y control por parte de los responsables de la seguridad al interior de las organizaciones.

3.2.5 Política de prevención de accidentes graves

El cuarto punto considerado en el análisis fue la Política de prevención de accidentes graves donde se ha identificado el compromiso de vigilancia que poseen los estados al diseño de un documento que se encuentra escrito conformado por la definición de su política para la prevención cuando ocurra accidentes graves y a su vez asegurar la correcta aplicación, para que se cumpla el objetivo que es garantizar en un alto grado la protección a la salud humana, calidad del medio ambiente, donde obtuvo el siguiente análisis:

Tabla 34 Análisis comparativo Política de prevención de accidentes graves Seveso III

Normativa relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, 2012 o SEVESO III	
4. Política de prevención de accidentes graves	
<p>El artículo 8 de la normativa Seveso muestra que el estado o los estados tienen la obligación de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controlar que las industrias elaboren un documento de protección conformado por la política de prevención de accidentes graves. • Verificar una correcta aplicación de la política de prevención de accidentes. • Velar por el cumplimiento de compromiso de una mejora permanente enfocado al control permanente de accidentes graves. • Cumplir las políticas de prevención en los periodos que exige la legislación nacional. • Inspeccionar que las industrias actualicen su política de prevención cada 5 años. 	<p>En el análisis de la normativa 8 se ha identificado que en el caso de aplicarlo el estado ecuatoriano tiene el compromiso de controlar que las industrias diseñen un documento donde exponga su política de prevención de accidentes graves que impacten a la salud y medio ambiente.</p> <p>Efectuar diversas inspecciones con el objetivo de que se verifique la correcta aplicación de la política de prevención, que se cumplan las políticas tal como exige la normativa nacional y verificar que la política de prevención de accidentes se actualice cada 5 años.</p> <p>Por lo que se puede señalar que su aplicación en el Ecuador es factible, beneficiosa ya que va a traer varios impactos positivos en materia de prevención de riesgos de trabajo.</p>

Fuente: Artículo 8 de la normativa Seveso

Elaborado por: El Autor

Sobre la Política de prevención de accidentes graves en la normativa Seveso III se ha identificado que el objetivo de su accionar es la prevención de accidentes a través de garantizar un alto grado de protección de la salud humana, del medio ambiente a través de la distribución de tareas y responsabilidades de gestión, la generación de un compromiso de mejoramiento continuo hacia el control frecuente sobre los riesgos de accidente grave para que exista un alto nivel de protección.

3.2.6 Informe de seguridad

El quinto punto que fue objeto de análisis fue el levantamiento del informe de seguridad donde se ha identificado la presencia del compromiso que poseen los gobiernos en ejecutar el respectivo control sobre la obligación que poseen los industriales en presentar un informe de seguridad donde demuestre la implementación de una política de prevención de accidentes junto con un sistema de seguridad según señala el anexo III además de la demostración de la presencia de peligros, los posibles escenarios, y la definición de las medidas necesarias para contrarrestarlas por lo que se obtuvo el siguiente análisis.

Tabla 35 Análisis comparativo Informe de seguridad Seveso III

Normativa relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, 2012 o SEVESO III	
5. Informe de seguridad	
<p>El artículo 10 de la normativa Seveso muestra que el estado o los estados tienen la obligación de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controlar que las industrias presenten un informe de seguridad donde demuestren la definición de una política de prevención de accidentes, la identificación de los posibles peligros y las acciones para combatirlos. • Verificación de que el informe contendrá la información los datos que señala el anexo II. 	<p>Tras el análisis del artículo 10 de la normativa se muestra que al ser aplicado en el Ecuador se evidencia la responsabilidad que posee el estado en controlar que las industrias presenten un informe de seguridad donde evidencien que han definido una política enfocada a la prevención de accidentes, junto con los posibles peligros y sus acciones para minimizarlos. Y es necesario que el estado verifique que el informe se encuentre conformado por la información que señala el anexo II de la normativa Seveso</p>

Fuente: Artículo 2 de la normativa Seveso

Sobre el informe de seguridad la normativa Seveso III señala que las industrias se encuentran obligadas a la presentación de un informe de seguridad donde debe demostrar la implantación de una política de prevención de accidentes graves y un sistema de gestión de la seguridad que lo mitigue, a su vez demuestre la identificación de los peligros de accidente graves al interior de los escenarios de accidente grave y que a su vez se han implementado las medidas más adecuadas para su prevención, limitación de los impactos para la salud humana, medio ambiente e instalaciones.

3.2.7 Planes de emergencia

El sexto punto que fue analizado fue el plan de emergencia donde se ha identificado la responsabilidad que tienen los estados en verificar que las industrias presenten un plan de emergencia interior conformado por la información necesaria para que se puedan definir planes de emergencia en exteriores y designar autoridades para que se diseñen un plan de emergencia exterior en el plazo de un año por lo cual se ha identificado el siguiente análisis.

Tabla 36 Análisis comparativo Planes de emergencia Seveso III

Normativa relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, 2012 o SEVESO III	
6. Planes de emergencia	
<p>El artículo 12 de la normativa Seveso muestra que el estado o los estados tienen la obligación de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controlar que las industrias elaboren un plan de emergencia interior. • Verificar que las industrias entreguen información para la elaboración de planes de emergencia exterior. • Designar una autoridad para que se elaboren planes de emergencia exterior. 	<p>Al analizar el artículo 12 de la normativa se muestra que si se aplicara en el Ecuador el estado ecuatoriano tiene la responsabilidad de controlar que las industrias desarrollen un plan de emergencia interior, a su vez entregar información para que las autoridades desarrollen planes de emergencia exterior y finalmente designar autoridades para que elaboren los planes de emergencia exterior.</p> <p>Su aplicación es totalmente factible, pero se requiere de un trabajo en equipo entre el estado y los industriales para la obtención de resultados eficaces, se beneficie de mayor forma al bienestar de los trabajadores, características del medio ambiente.</p>

Fuente: Artículo 2 de la normativa Seveso

Elaborado por: El Autor

Sobre los Planes de emergencia en la normativa Seveso III se muestra que las industrias tienen la obligación de elaborar un plan de emergencia interior enfocado a las medidas que deben aplicarse al interior del establecimiento y notificarlo a la autoridad competente para que la información ya levantada permita la elaboración de planes de emergencia exteriores y el cumplimiento de contener y controlar los incidentes de modo que estos sean mínimos para que estos limiten los impactos en la salud humana, medio ambiente, bienes, instalaciones, la aplicación de medidas con enfoque al restablecimiento de las condiciones del medio ambiente después de la ejecución de un accidente.

3.2.8 Planificación de la ocupación del suelo

El séptimo punto analizado es la planificación de la ocupación del suelo donde se identificó la obligación de vigilar que se cumplan los objetivos de prevención de accidentes graves definidos, que se minimice los impactos en la salud de los trabajadores, condiciones del

medio ambiente y que la política de uso del suelo, los procesos de aplicación se enfoquen a la aplicación de las respectivas políticas, necesidad donde se obtuvo el siguiente análisis:

Tabla 37 Análisis comparativo Planificación de la ocupación del suelo Seveso III

Normativa relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, 2012 o SEVESO III	
7. Planificación de la ocupación del suelo	
<p>El artículo 13 de la normativa Seveso muestra que el estado o los estados tienen la obligación de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vigilar el cumplimiento de los objetivos en la prevención de accidentes y minimizar los impactos en la salud humana, medio ambiente. • Efectuar el control de la infraestructura de los nuevos establecimientos. • Control de obras y zonas de uso público • Vigilar el cumplimiento de la política de asignación del suelo y los procesos de aplicación. • Aplicación de medidas adicionales para las instalaciones ya existentes para que no se incrementen los riesgos a la salud humana y el medio ambiente. 	<p>Al analizar el artículo 13 de la normativa se ha identificado que su aplicación es totalmente factible ya que las obligaciones del estado a ser cumplidas se adaptan sin ningún problema a la realidad ecuatoriana permitiendo que las industrias se comprometan en el cumplimiento de los objetivos enfocados a la prevención de accidentes la mitigación de los daños a la salud humana, medio ambiente.</p> <p>Su aplicación genera un conglomerado de beneficios a las industrias del país ya que permiten que se cumpla el control a la infraestructura enfocada a los establecimientos y la aplicación de medidas adicionales en caso de requerirlo para que los riesgos de daño a la salud humana, medio ambiente no se incrementen.</p>

Fuente: Artículo 13 de la normativa Seveso

Elaborado por: El Autor

Sobre la Planificación de la ocupación del suelo la normativa Seveso III muestra que es responsabilidad del estado controlar el cumplimiento de los accidentes graves, la respectiva limitación de los impactos enfocados a la protección de la salud humana, el medio ambiente a través de la formulación de políticas de ocupación del suelo, regular la construcción de nuevas obras como lo es las vías de comunicación, zonas de vivienda, zonas de uso público al interior de los establecimientos industriales, tomando en consideración las necesidades a largo plazo.

3.2.9 Datos e información mínimos que deben tenerse en cuenta en el informe de seguridad

El octavo punto analizado fue los datos mínimos que deben tenerse en cuenta en el informe de seguridad donde se identificó la obligación que posee el estado de vigilar que las industrias presenten un informe sobre la gestión, organización donde conste la presentación del entorno del establecimiento, la localización geográfica, descripción de las instalaciones, actividades que pueden presentar peligros, la descripción de los establecimientos los emplazamientos que no están considerados en el ámbito de aplicación, las zonas que incrementan el riesgo de accidentes graves y las que pueden producir un accidente grave por lo que se obtuvo el siguiente análisis:

Tabla 38 Análisis comparativo Datos e información mínimos que deben tenerse en cuenta en el informe de seguridad

Normativa relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, 2012 o SEVESO III	
8. Datos e información mínimos que deben tenerse en cuenta en el informe de seguridad	
<p>El anexo II de la normativa Seveso muestra que el estado o los estados tienen la obligación de:</p> <ul style="list-style-type: none">• Controlar que el informe de seguridad tenga información mínima de la gestión, organización que describa el entorno, la localización geográfica, descripción de las instalaciones, las actividades que presentan peligro, una descripción detallada de los emplazamientos no considerados en el ámbito de aplicación de la normativa, las zonas que incrementa el riesgo de accidentes y las que pueden producirlo.• Verificar que se entregue una descripción de las actividades principales de las industrias y desde el punto de vista de la seguridad donde expongan las fuentes de riesgo de un accidente y los métodos operativos.• Descripción de las sustancias peligrosas.	<p>Al analizar el anexo II de la normativa se ha identificado que su aplicación en el escenario ecuatoriano es factible ya que las responsabilidades que debe cumplir el estado son asumibles y los aspectos que deben cumplir las industrias con relación a los datos que debe contener el informe de seguridad con relación a la gestión, el inventario de sustancias identificación de las sustancias peligrosas así como su designación química, nomenclatura, cantidad máxima que puede estar presentes, características físicas, químicas toxicológicas y la identificación de los posibles peligros para la salud de los trabajadores ecuatorianos, el medio ambiente.</p> <p>En el momento que las autoridades de turno tomen la decisión de implementar esta normativa en área de seguridad en el trabajo se evidencia un sinnúmero de impactos positivos en las industrias en el cumplimiento del reglamento de seguridad en el trabajo reduciendo al mínimo el número de accidentes laborales.</p>

Fuente: Artículo II de la normativa Seveso

Sobre los Datos e información mínimos que deben tenerse en cuenta en el informe de seguridad se ha identificado que la normativa Seveso III señala que los industriales deben presentar información sobre localización geográfica, condiciones meteorológicas, geológicas, hidrográficas, los antecedentes, descripción de las instalaciones, actividades que presentan riesgo accidente grave información de emplazamientos que quedan fuera del ámbito de aplicación, las zonas y obras que puedan originar o incrementar el riesgo o las consecuencias de un accidente grave, descripción de las principales actividades, partes del establecimiento que sean importantes desde el punto de vista de la seguridad.

3.2.10 Componentes de un sistema de gestión de la seguridad

El último punto analizado en la normativa Seveso son los componentes que posee un sistema de gestión donde se ha identificado a 7 elementos básicos que permiten a las industrias gestionar de forma integral la prevención de accidentes, explosiones por la presencia de sustancias peligrosas no peligrosas que poseen potencial para la formación de atmosferas explosivas que se emplean en los procesos productivos para que se reduzca los daños en la salud de los trabajadores y en las instalaciones donde se obtuvo el siguiente análisis:

Tabla 39 Análisis comparativo Marco del sistema de gestión de la seguridad (propuesta de manual de prevención)

Normativa relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, 2012 o SEVESO III	
9. Marco del sistema de gestión de la seguridad (propuesta de manual de prevención)	
<p>El anexo III de la normativa Seveso muestra a siete elementos básicos que componen un sistema de gestión integral a la prevención de accidentes, incidentes por el manejo de sustancias peligrosas y potencialmente peligrosas que se presentan a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La organización y el personal. • Identificación de peligros y evaluación de los riesgos de accidentes graves. • Control de la explotación. • Adaptación de las modificaciones. • La planificación ante situaciones de emergencia. <p style="padding-left: 20px;">Seguimiento de los objetivos fijados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auditoría y revisión. 	<p>En el análisis del anexo III de la normativa se ha identificado que la aplicación del sistema de gestión de prevención de accidentes, e incidentes producido por el manejo de sustancias peligrosas y potencialmente peligrosas es factible en el escenario ecuatoriano ya que permite a las industrias la planificación, desarrollo de acciones que prevengan los daños a la salud de los trabajadores, medio ambiente, instalaciones, equipos.</p> <p>Adicionalmente va a generar un compromiso entre las industrias para que cumplan con los objetivos de prevención de accidentes ya fijado,</p>

Fuente: Artículo III de la normativa Seveso

Este lineamiento se lo ha considerado como el más importante porque muestra las fases que posee en sistema de gestión de la seguridad en la ejecución de la investigación se lo empleo para la formulación de la propuesta de manual de prevención empleando los lineamientos, procesos materiales, equipo, herramientas de control que señala la normativa Seveso que se expone en el anexo 2.

CAPITULO IV. DISCUSIÓN

4.1 Conclusiones

Tras la identificación del respectivo proyecto se han identificado las siguientes conclusiones:

- Las estadísticas recopiladas sobre accidentes por presencia de ATEX a nivel mundial muestran que al interior del Continente Asiático en China se ha presentado el mayor índice de accidentes con una cifra de 1721 muertos, seguido de Taiwán con 498 muertos; el segundo mayor índice de accidentes se ha registrado en el Continente Americano porque en Estados Unidos se registró una cifra de 208 muertos seguido de Argentina con 108 muertos y el tercer mayor índice se identificó en el Continente Europeo porque en España se registra una cifra de 26 muertos y Alemania con 25.
- El accionar de la normativa Seveso III se aplica a los establecimientos industriales agropecuarios, madereros, talleres especializados que emplean pintura, petroquímicas, transformadoras de plástico, química, laboratorios farmacéuticos, textil del metal, silos con cereal, industria gráfica, harineras, almacenes de distribución pero no aplica a instalaciones o zonas de almacenamiento militares y el transporte de sustancias peligrosas y el almacenamiento temporal identificando los accidentes en esta área.
- El sistema de gestión de la seguridad en la normativa severo III se encuentra conformado por 7 procesos que se presentan en la propuesta de manual de prevención empleando los lineamientos, procesos materiales, equipo, herramientas de control los que pueden ser adaptados sin ningún tipo de problema por cualquier organización ecuatoriana para que en

un mediano plazo pueda implementar planes de protección ante la presencia de ATEX atmosférico y polvos combustibles bajo la normativa ya mencionada.

- En el Ecuador hasta la fecha no se han identificado estudios, normativas, que regulen, gestionen la prevención, mitigación de los impactos que produce una explosión producida por una atmósfera explosiva en el personal, equipos, instalaciones al interior de las industrias por lo cual el desarrollo de este proyecto aporta notablemente al área de prevención de riesgos y la protección del bienestar de los trabajadores al interior de las instalaciones.

4.2 Recomendaciones

Tras la finalización de la ejecución del respectivo proyecto de investigación enfocado en el desarrollo de una propuesta de un manual de prevención ante la presencia de ATEX se han identificado las siguientes recomendaciones.

- Se recomienda que las organizaciones ecuatorianas desarrollen jornadas informativas sobre cifras recopiladas donde expongan las cifras de accidentes por presencia de ATEX en Continente Americano, Europeo, Asiático donde se ha énfasis a la cantidad de muertos y heridos que se han presentado y resaltado que a nivel de Europa se ha presentado el mayor índice de índice de accidentes con una cifra de 205 muertos.
- Es necesario que se considere el uso de la combinación de medidas técnicas y organizativas para la protección contra explosiones, mediante medidas organizativas según señala la normativa Seveso en necesario que se efectué un estudio previo para la identificación de los peligros creados por las radiaciones ionizante, El transporte de mercancías peligrosas el transporte de sustancias peligrosas por canalizaciones, la explotación de minerales en minas,

canteras y mediante perforación; en concreto a las actividades de exploración, extracción y tratamiento de los mismos.

- Se recomienda que las organizaciones ecuatorianas definan su sistema de gestión en base a la normativa severo III se encuentra conformado por 7 procesos para que se pueda implementar la propuesta de manual en base a la definición de responsabilidades del personal asociado a la gestión de los riesgos de accidentes, en todos los niveles de la organización, identificación de cuáles son las necesidades formativas del personal encargado de la seguridad, así como la organización de las actividades formativas y la participación de los empleados en el establecimiento de la seguridad.
- Se recomienda que se difunda el contenido de este proyecto de investigación ya que hasta la fecha en el Ecuador hasta la fecha no se han identificado estudios, normativas, que regulen, gestionen la prevención, mitigación de los impactos que produce una explosión producida por una atmósfera explosiva al interior de las instalaciones a través de la elaboración de convenios donde se pueda dar paso a la información, capacitación del personal en seguridad industrial y trabajadores.

BIBLIOGRAFIA

- Agencia estatal Boletín oficial del estado . (2012). *Prevención de riesgos laborales* . Madrid .
- Acosta, M. (2006). *Clasificación y análisis de los métodos disponibles para la aplicación de la directiva ATEX*; UPC.
- Bosch, Ramon. (2006). *Metodología de análisis sobre la protección de los riesgos derivados de atmósferas explosivas. Caso práctico*. Catalunya: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Bosch, Ramon. (2006). *Metodología de análisis sobre la protección de los riesgos derivados de atmósferas explosivas. Caso práctico*. ETSEIB. Catalunya: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Cepyme. (2016). *Guía técnica para la seguridad y salud en atmósferas explosivas*. Obtenido de <http://www.conectapyme.com/gabinete/publicaciones/atex.pdf>.
- Decreto RD 840/2015. (2015). *Control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas*.
- Directiva NTP ATEX 1999/92. (1999). *Guía de buenas prácticas para la aplicación 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*.
- Directiva 2012/18/UE del parlamento europeo y del consejo. (2012). *Normativa relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas*.
- Directiva 67/548/CEE. (1997). *NTP 332: Clasificación, envasado y etiquetado de sustancias*.
- García Torrent. (2005). *Clasificación de zonas en atmósferas explosivas*.
- García Torrent, J. (2005). *Clasificación de zonas en atmósferas explosivas*.
- Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS). (2015). *guía para trabajadores, delegados de la prevención sobre las obligaciones derivadas de la normativa de accidentes graves (Seveso)* .
- NFPA 654. (2005). *Norma para la prevención de incendios y explosiones de polvo en la fabricación, procesado, manipulación de partículas sólidas combustibles* .
- Norma UNE-EN 1050. (1994). *Seguridad de las máquinas. Principio para la evaluación del riesgo*. Madrid España.
- NTP 876. (2010). *Nota Técnica de Prevención Evaluación de los riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas (ATEX)*.
- Organización Internacional del Trabajo. (1990). *control de riesgos de accidentes mayores* . Ginebra.

Real Decreto 400/1996. (1996). *Normativa relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.*

Real Decreto 681. (2003). *Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de las atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.*

Serra, Xavier de Frías. (2016). *Metodología para la elaboración del documento de protección contra explosiones.*

UNE 81900:1996 EX. (1996). *Norma Prevención de riesgos laborales. Reglas generales para la implantación de un sistema de gestión de la prevención de riesgos laborales (S.G.P.R.L.*

UNE-EN 1127-1:2012. (2012). *norma Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1: Conceptos básicos y metodología.*

UNE-EN 60079-10-1:2016. (2016). *Norma Atmósferas explosivas. Parte 10-1: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas gaseosas.*