



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Estudio y adaptación de las instalaciones de una industria
alimentaria al cumplimiento de la normativa de seguridad
industrial.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Seguridad Industrial

AUTOR/A: Monsó Castellano, Lydia

Tutor/a: García Fayos, Beatriz

Cotutor/a: Arnal Arnal, José Miguel

Cotutor/a externo: Miquel Royo, David

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

RESUMEN

El nuevo enfoque en la política de la Unión Europea exige el cumplimiento de las Directivas relacionadas con la seguridad de las máquinas y equipos utilizados en las instalaciones, de forma que estos garanticen unos niveles de calidad y seguridad suficientes. El cumplimiento de las Directivas establece la presunción de conformidad con los requisitos esenciales de seguridad y salud cuando las instalaciones se lleven a cabo siguiendo las pautas establecidas en las correspondientes normas armonizadas. Las Directivas europeas son transpuestas a nivel nacional a través de una ley o un real decreto, estructurando así la legislación española.

El presente Trabajo Final de Máster (TFM) surge de la necesidad manifestada por una empresa dedicada al sector alimentario y en concreto a la fabricación de productos de panadería para poner sus instalaciones en conformidad con la normativa española vigente de protección contra incendios (PCI) y atmósferas explosivas (ATEX) que le aplica.

La puesta en conformidad de estas instalaciones transcurre de acuerdo con lo establecido en la legislación española y en concreto con el Real Decreto 2267/2004, Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales y el Real Decreto 681/2003, Protección de la salud y seguridad de los trabajadores expuesto a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

La industria alimentaria objeto del presente TFM consta de una planta productiva de 6534 m² de superficie construida en el año 2017, de acuerdo con los datos del Registro Catastral. El proyecto abarca la zona productiva correspondiente a la nave de producción donde se encuentran las dos líneas de fabricación, los silos de almacenamiento de materia prima y el almacén de producto terminado.

Para las zonas seleccionadas, se realizarán dos estudios diferenciados: uno relacionado con las atmósferas explosivas consistente en el estudio de toda aquella zona en la que sea posible formar ATEX mediante un procedimiento de clasificación de zonas, evaluación de riesgos de explosión, inspección de equipos existentes y medidas correctoras que se deben aplicar, y otro relacionado con las instalaciones de protección contra incendios, en el que se realizará el estudio de los equipos de extinción de incendios ya existentes y del nivel de riesgo de la planta productiva, con el objetivo de determinar las mejoras necesarias en la instalación.

Por último, se llevará a cabo una valoración económica del coste que implica la adecuación de la planta productiva para el cumplimiento de la normativa en materia de seguridad industrial.

Este proyecto está directamente relacionado con la Agenda 2030, que marca sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como metas de carácter económico, social y ambiental. El ODS 3, 8 y 9 abarcan las estrategias relacionadas con la seguridad industrial, objeto principal del cumplimiento de la normativa.

Palabras clave: legislación; norma; incendio; ATEX; seguridad.

RESUM

El nou enfocament en la política de la Unió Europea exigeix el compliment de les Directives relacionades amb la seguretat de les màquines i equips utilitzats en les instal·lacions, de manera que aquests garantiscen uns nivells de qualitat i seguretat suficients. El compliment de les Directives estableix la presumpció de conformitat amb els requisits essencials de seguretat i salut quan les instal·lacions es duguen a terme seguint les pautes establides en les corresponents normes harmonitzades. Les Directives europees són transposades a nivell nacional a través d'una llei o un reial decret, estructurant així la legislació espanyola.

El present Treball Final de Màster (TFM) sorgeix de la necessitat manifestada per una empresa dedicada al sector alimentari i en concret a la fabricació de productes de fleca per posar les seues instal·lacions en conformitat amb la normativa espanyola vigent de protecció contra incendis (PCI) i atmosferes explosives (ATEX) que li aplica.

La posada en conformitat d'aquestes instal·lacions transcorre d'acord amb el que estableix la legislació espanyola i en concret amb el Reial decret 2267/2004, Reglament de Seguretat Contra Incendis en els Establiments Industrials i el Reial decret 681/2003, Protecció de la salut i seguretat dels treballadors exposats als riscos derivats d'atmosferes explosives en el lloc de treball.

La indústria alimentària objecte del present TFM consta d'una planta productiva de 6534 m² de superfície construïda l'any 2017, d'acord amb les dades del Registre Cadastral. El projecte abasta la zona productiva corresponent a la nau de producció on es troben les dues línies de fabricació, els sitges d'emmagatzematge de matèria primera i el magatzem de producte acabat.

Per a les zones seleccionades, es realitzaran dos estudis diferenciats: un relacionat amb les atmosferes explosives consistent en l'estudi de tota aquella zona en què siga possible formar ATEX mitjançant un procediment de classificació de zones, avaluació de riscos d'explosió, inspecció d'equips existents i mesures correctores que s'han d'aplicar, i un altre relacionat amb les instal·lacions de protecció contra incendis, en el qual es realitzarà l'estudi dels equips d'extinció d'incendis ja existents i del nivell de risc de la planta productiva, amb l'objectiu de determinar les millores necessàries en la instal·lació.

Finalment, es durà a terme una valoració econòmica del cost que implica l'adequació de la planta productiva per al compliment de la normativa en matèria de seguretat industrial.

Aquest projecte està directament relacionat amb l'Agenda 2030, que marca els seus Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS) com a metes de caràcter econòmic, social i ambiental. L'ODS 3, 8 i 9 abasten les estratègies relacionades amb la seguretat industrial, objectiu principal del compliment de la normativa.

Paraules clau: legislació; norma; incendi; ATEX; seguretat.

ABSTRACT

The new approach in European Union policy requires compliance with Directives related to the safety of machines and equipment used in installations, ensuring they provide adequate levels of quality and safety. Compliance with the Directives establishes a presumption of conformity with the essential safety and health requirements when installations are carried out following the guidelines set out in the corresponding harmonized standards. European Directives are transposed at the national level through a law or a royal decree, thus structuring Spanish legislation.

This Master's Final Project (TFM) arises from the need expressed by a company dedicated to the food sector, specifically to the production of bakery products, to bring its installations into compliance with the current Spanish regulations on fire protection (PCI) and explosive atmospheres (ATEX) that apply to it.

The compliance of these installations proceeds in accordance with Spanish legislation and specifically with Royal Decree 2267/2004, Fire Safety Regulations in Industrial Establishments, and Royal Decree 681/2003, Protection of the health and safety of workers exposed to risks arising from explosive atmospheres in the workplace.

The food industry subject of this TFM consists of a production plant with a constructed area of 6534 m² built in 2017, according to the data from the Land Registry. The project covers the productive area corresponding to the production hall where the two production lines, the raw material storage silos, and the finished product warehouse are located.

For the selected areas, two separate studies will be conducted: one related to explosive atmospheres, consisting of the study of any area where it is possible to form ATEX through a zone classification procedure, explosion risk assessment, inspection of existing equipment, and corrective measures to be applied; and another related to fire protection installations, which will include the study of existing fire-fighting equipment and the risk level of the production plant, with the objective of determining the necessary improvements to the installation.

Finally, an economic assessment of the cost involved in adapting the production plant to comply with industrial safety regulations will be carried out.

This project is directly related to the 2030 Agenda, which sets out its Sustainable Development Goals (SDGs) as economic, social, and environmental targets. SDGs 3, 8, and 9 encompass strategies related to industrial safety, the main objective of regulatory compliance.

Key words: legislation; standard; fire; ATEX, safety.

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFM

- Documento 1. Memoria.
- Documento 2. Presupuesto.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

MÁSTER UNIVERSITARIO EN SEGURIDAD INDUSTRIAL

**ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS
INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA
ALIMENTARIA AL CUMPLIMIENTO
DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD
INDUSTRIAL**

DOCUMENTO 1: MEMORIA

AUTORA: LYDIA MONSÓ CASTELLANO

TUTORA: BEATRIZ GARCÍA FAYOS

COTUTOR: DAVID MIQUEL ROYO

Curso Académico: 2023-24

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA Y ACADÉMICA	1
1.1. Motivación y justificación técnica.....	1
1.2. Justificación académica.....	3
1.3. Contribución a los ODS.....	4
CAPÍTULO 2. OBJETIVOS	6
CAPÍTULO 3. INTRODUCCIÓN	7
3.1. Conceptos de referencia en materia de ATEX.....	10
3.2. Conceptos de referencia en materia de PCI.	15
CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA.....	17
4.1. Estudio de las instalaciones.	18
4.2. Clasificación de zonas ATEX.....	19
4.2.1. Identificación de las sustancias inflamables.	19
4.3. Evaluación del riesgo de explosión.....	25
4.4. Medidas correctoras.....	29
4.5. Inspección de equipos.....	31
4.6. Estudio de los sistemas PCI existentes.....	34
CAPÍTULO 5. RESULTADOS	50
5.1. Evaluación y adecuación de atmósferas explosivas (ATEX).	50
5.1.1. Identificación de las sustancias inflamables.	52
5.2. Identificación de zonas.....	54
5.3. Clasificación de zonas.....	58
5.4. Evaluación del riesgo de explosión.....	64
5.5. Medidas correctoras.....	78
5.6. Inspección de equipos.....	86
5.7. Evaluación y adecuación de la instalación de protección contra incendios (PCI).	92
5.7.1. Características del establecimiento industrial.	92
5.8. Diseño de la instalación de PCI.	98
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES	106
CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de explosiones según su clase y Kmax.	13
Tabla 2. Clasificación de BZ.....	14
Tabla 3. Clasificación de las clases de fuego.....	16
Tabla 4. Tabla de clasificación de zonas.....	23
Tabla 5. Prioridad de la acción correctora y plazos de aplicación.	23
Tabla 6. Efectividad de las fuentes de ignición.	26
Tabla 7. Categorización de la probabilidad de explosión.	27
Tabla 8. Clasificación de nivel de riesgo según la probabilidad y las consecuencias.....	28
Tabla 9. Definición de los diferentes niveles de riesgo.....	28
Tabla 10. Prioridad de la acción correctora y plazos de aplicación.	30
Tabla 11. Condiciones de funcionamiento en función del nivel de protección.....	32
Tabla 12. Clasificación del material eléctrico según la temperatura de ignición del material.	33
Tabla 13. Categorización del nivel de riesgo intrínseco de cada sector de incendio de la edificación..	38
Tabla 14. Máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio	38
Tabla 15. Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes.....	39
Tabla 16. Estabilidad al fuego de elementos constructivos de cerramiento.	40
Tabla 17. Distribución de detectores de humo.	43
Tabla 18. Hidrantes exteriores en función de la configuración de la zona, su superficie construida y su nivel de riesgo intrínseco.....	46
Tabla 19. Necesidades de agua para hidrantes exteriores.	47
Tabla 20. Caracterización de las sustancias implicadas (GAS/LÍQUIDO).....	52
Tabla 21. Caracterización de las sustancias implicadas (POLVO).....	53
Tabla 22. Descripción de las zonas con posibilidad de formación de ATEX.....	55
Tabla 23. Clasificación de la zona 1 de la instalación.....	59
Tabla 24. Clasificación de la zona 2 de la instalación.....	60
Tabla 25. Clasificación de la zona 3 de la instalación.....	61
Tabla 26. Clasificación de la zona 4 de la instalación.....	62
Tabla 27. Evaluación de riesgos de la zona 1.....	65
Tabla 28. Evaluación de riesgos de la zona 2.....	68
Tabla 29. Evaluación de riesgos de la zona 3.....	72
Tabla 30. Evaluación de riesgos de la zona 4.....	76
Tabla 31. Resumen de resultados de los escenarios de la evaluación de riesgos.	77
Tabla 32. Medidas correctoras a aplicar en la instalación.....	79
Tabla 33. Inspección de los equipos utilizados en zonas clasificadas.....	87
Tabla 34. Resultados del cálculo de la densidad de carga de fuego ponderada y corregida (Qs) y el nivel de riesgo intrínseco (NRI) de cada sector de incendio.	94
Tabla 35. Categorización del nivel de riesgo intrínseco de cada sector de incendio de la edificación..	95
Tabla 36. Resumen de la sectorización de la edificación.....	95

Tabla 37. Resistencia al fuego de los elementos estructurales portantes de cada sector de incendio.	96
Tabla 38. Resistencia al fuego de los elementos estructurales de cerramiento de cada sector de incendio.....	97
Tabla 39. Requisito de SCTEH en cada sector de incendio.	98
Tabla 40. Requisito de detectores de incendio en cada sector de incendio.	98
Tabla 41. Distribución de detectores de humo.	99
Tabla 42. Requisito de sistemas manuales de alarma de incendio en cada sector de incendio.....	100
Tabla 43. Requisito de sistemas de comunicación de alarma de incendio en cada sector de incendio.	100
Tabla 44. Requisito de hidrantes exteriores en cada sector de incendio.	101
Tabla 45. Requisito de hidrantes exteriores en cada sector de incendio.	102
Tabla 46. Requisito de extintores de incendio portátiles en cada sector de incendio.	103
Tabla 47. Requisito de BIEs en cada sector de incendio.....	103
Tabla 48. Requisito de alumbrado de emergencia en cada sector de incendio.	104
Tabla 49. Requisito de señalización en cada sector de incendio.	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados con la seguridad industrial.....	4
Figura 2. Encabezado del Real Decreto 681/2003 tras su publicación en el BOE.	9
Figura 3. Factores implicados en una explosión.	11
Figura 4. Señalización de una zona clasificada por riesgo de ATEX.	14
Figura 5. Representación del triángulo de fuego para la formación de un incendio.	15
Figura 6. Diagrama de bloques de las etapas del presente TFM.	17
Figura 7. Gráfico de evaluación de la dilución del escape.	22
Figura 8. Gráfica para estimar distancias de emplazamientos.	24
Figura 9. Esquema de establecimiento de tipo A.	34
Figura 10. Esquema de establecimiento de tipo B.	34
Figura 11. Esquema de establecimiento de tipo C.	34
Figura 12. Esquema de establecimiento de tipo D.	35
Figura 13. Esquema de establecimiento de tipo E.	35
Figura 14. Ejemplo de un exutorios.	41
Figura 15. Detector de humo.	42
Figura 16. Pulsador de alarma de incendios.	44
Figura 17. Hidrante exterior.	45
Figura 18. Extintor portátil.	47
Figura 19. Boca de incendio equipada (BIE).	48
Figura 20. Diagrama de flujo del proceso de la harina.	51
Figura 21. Diagrama de bloques de las etapas.	51
Figura 22. Consulta gráfica de datos catastrales de la empresa.	92
Figura 23. Sectorización de la empresa.	93

CAPÍTULO 1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA Y ACADÉMICA

1.1. Motivación y justificación técnica.

El crecimiento del sector industrial es cada día más visible en el territorio nacional: la cifra de negocios en el año 2022 alcanzó casi el millón de euros, lo que supuso un aumento del 26,5% respecto del año anterior (INE, 2024). Dentro del sector industrial, la industria alimentaria es su primera rama principal, ya que representa el 2,5% del PIB de España tal y como muestra el Informe anual de la industria alimentaria española 2021-2022 (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 26 de enero de 2024).

La industria alimentaria incluye dentro de su producción un riesgo químico: en ella se procesan y almacenan materias primas y productos en forma de gas, vapor, niebla y polvo capaces de generar atmósferas explosivas. Por ello la seguridad industrial debe trabajar de forma simultánea a las actividades industriales para garantizar que se reducen al mínimo sus riesgos derivados del proceso que realicen, bien sea contemplando medidas de prevención del peligro como de contención de las consecuencias derivadas de este, con el fin de evitar daños en las personas, instalaciones o medioambiente.

La empresa objeto de este Trabajo Fin de Máster (TFM), y que denominaremos QUIMISAS, S.A. como nombre ficticio por motivos de confidencialidad, pertenece a dicho sector y necesita asesoramiento de ingeniería en cuanto a instalaciones de protección contra incendios, clasificación de zonas ATEX e inspección de equipos para atmósferas explosivas con el fin de garantizar que sus instalaciones cumplen con la normativa española vigente referente al marco de seguridad industrial debido a la necesidad de renovación de la póliza del seguro. El proyecto se ha desarrollado en el marco de unas prácticas en empresa en la empresa de ingeniería INTEGRA Soluciones Técnicas Industriales, S.L.

La empresa lleva a cabo su proceso de producción haciendo uso de sustancias inflamables o combustibles que, en forma de gas y polvo, tienen la capacidad de formar atmósferas explosivas (ATEX). Las atmósferas explosivas representan un riesgo para la salud y seguridad de los trabajadores del sector industrial y para las instalaciones. Además de evitar su formación y su propagación, es de vital importancia minimizar las consecuencias principales de este fenómeno: los incendios. Las instalaciones de protección contra incendios están diseñadas para mitigar los daños asociados a un incendio accidental en la medida de lo posible. El Real Decreto 681/2003 (España, 2003) establece los requisitos de seguridad y salud de los trabajadores que se encuentren expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en su lugar de trabajo. Pese a que la normativa no exige un tiempo de revisión máximo de las instalaciones y, con ello, del Documento de Protección Contra Explosiones de estas, sí que indica la necesidad de revisar periódicamente este documento con el fin de

mantenerlo lo más actualizado posible, adaptando las instalaciones conforme a las medidas correctoras necesarias y protegiendo en todo momento a los trabajadores de los riesgos derivados de las atmósferas explosivas. Por ello, la empresa objeto de este TFM plantea la necesidad de llevar a cabo la elaboración del DPCE con el fin de adaptarlo a las instalaciones actuales, requisito establecido por la empresa aseguradora.

Asimismo, la empresa de estudio del presente proyecto precisa realizar la adecuación de las instalaciones de protección contra incendios (PCI) de acuerdo a la normativa vigente debido a la necesidad de renovación de la póliza del seguro de la propiedad.

Tanto las ATEX como las instalaciones de PCI quedan englobadas dentro de la normativa de seguridad industrial. La seguridad industrial es la disciplina encargada de la prevención y limitación de riesgos, así como la de los productos, protección contra accidentes y siniestros capaces de producir daños a las personas, bienes y medio ambiente, derivados de la actividad industrial (Generalitat Valenciana, 2024).

El marco normativo con el que cuenta la Unión Europea dicta una serie de Directivas cuya aplicación es de obligado cumplimiento, y establecen las directrices en materia de seguridad para los equipos, instalaciones y personas sustentándose en un gran número de normas armonizadas. Las normas armonizadas están creadas mediante comités de expertos europeos, y sientan las bases del diseño de equipos e instalaciones de forma que permiten asumir la presunción de conformidad con las directrices marcadas por las Directivas europeas. La legislación española abarca una serie de leyes, reales decretos y normativa específica a cada instalación de forma que se establezcan unos requisitos de seguridad y salud mínimos para poder asegurar que ese equipo o instalación es totalmente seguro para realizar la actividad bajo ciertas condiciones.

La aplicación de la normativa de ATEX y PCI a las instalaciones de la industria objeto del presente TFM lograrán el cumplimiento de la legislación vigente, así como un menor riesgo de la actividad industrial para las personas, los bienes y el entorno.

1.2. Justificación académica.

En relación con el marco académico, este TFM requiere de la aplicación de los conocimientos obtenidos a lo largo del Máster Universitario en Seguridad Industrial, siendo este el único máster universitario que abarca conocimientos específicos sobre la seguridad industrial en España. Su presentación y posterior defensa permite obtener los 12 créditos ECTS correspondientes al Trabajo Fin de Máster y completar, por tanto, los estudios del citado máster universitario en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de la Universidad Politècnica de València (UPV).

Para su realización se han aplicado los contenidos de algunas asignaturas del máster universitario como *Gestión y organización de la seguridad industrial*, para el conocimiento de normativa vigente en España aplicable a la seguridad industrial, *Seguridad industrial en equipos e instalaciones industriales*, donde fue posible la ampliación de conocimientos de atmósferas explosivas, y *Protección y control del riesgo en equipos, productos, servicios e instalaciones industriales*, que permitió conocer la estructura del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Entornos Industriales (RSCIEI) y su aplicación en las industrias.

1.3. Contribución a los ODS.

La seguridad industrial está relacionada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que se encuentran en la Agenda 2030 de la Organización de Naciones Unidas (Centro de Noticias de la ONU, 2015). Estos ODS son los objetivos globales diseñados para lograr un futuro mejor y más sostenible para toda la población mundial, y fueron creados por la Asamblea General de las Naciones Unidas. Dentro de ellos, el principal ODS relacionado con este TFM es el ODS número 8: “Trabajo decente y crecimiento económico”, aunque también puede asociarse con otros ODS, como el número 3 “Salud y bienestar” o el número 9 “Industria, innovación e infraestructura”, mostrados en la figura siguiente.



Figura 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados con la seguridad industrial.

ODS 3 – Salud y bienestar: dado que la seguridad industrial se preocupa por la reducción del riesgo asociado a equipos e instalaciones y por tanto a la prevención de accidentes laborales, contribuye indirectamente a la promoción de la salud y el bienestar de los trabajadores. La preparación del entorno laboral segura proporciona a los empleados un ambiente de trabajo óptimo para mantener su salud física y mental.

ODS 8 – Trabajo decente y crecimiento económico: la seguridad industrial promueve prácticas de seguridad en el lugar de trabajo, lo que disminuye el coste económico derivado de accidentes y enfermedades laborales a la vez que mejora la productividad de la industria.

ODS 9 – Industria, innovación e infraestructura: la implementación de la seguridad o la mejora de las técnicas de seguridad ya existentes en una industria implica innovar en tecnología de procesos y de gestión para mitigar los riesgos derivados del proceso, logrando instalaciones que sean más seguras y fiables derivado del cumplimiento normativo asociado.

Cada uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible establece unas metas que plantea cumplir en el periodo de tiempo que transcurre desde la creación de la Agenda 2030 hasta el año 2030 (Ministerio de Derechos Sociales, Consumo y Agenda 2030). El presente TFM contribuye a diferentes metas acogidas en cada ODS, como son:

- 3.9 SALUD MEDIOAMBIENTAL (QUÍMICOS Y POLUCIÓN).

La prevención de atmósferas explosivas y de incendios provocados por productos químicos permite reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por agentes químicos peligrosos o la contaminación del entorno.

- 8.4 PRODUCCIÓN Y CONSUMO EFICIENTE Y RESPETUOSO.

La creación de empresas más seguras permite que la producción tenga menos cantidad de mermas aumentando su eficiencia considerablemente. Al disminuir la cantidad de pérdidas en materia prima, es posible desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente.

- 8.8 DERECHOS LABORALES Y TRABAJO SEGURO.

La prevención de atmósferas explosivas y la protección contra incendios, ambos campos tratados en este trabajo promueven metodologías y medidas de aplicación para lograr un entorno de trabajo seguro y sin riesgos para todos los trabajadores.

- 9.4 MODERNIZAR INFRAESTRUCTURA, TECNOLOGÍA LIMPIA.

La aplicación de la normativa vigente en materia de seguridad implica la constante modernización de los equipos y la infraestructura de las industrias, velando en todo momento por la seguridad y la mejora de la producción haciendo más sostenible el proceso realizado.

CAPÍTULO 2. OBJETIVOS

El objeto de este Trabajo Final de Máster es la puesta en conformidad de las instalaciones de una industria alimentaria dedicada a la fabricación de productos de panadería con el fin de garantizar que dichas instalaciones cumplan con la normativa española vigente referente al marco de seguridad industrial y que, además, sean seguras para la realización del proceso productivo de la empresa. Para ello, se realiza un análisis sobre los riesgos existentes en la instalación y se aplican los requisitos establecidos por la normativa sobre protección contra incendios en los establecimientos industriales y formación de atmósferas explosivas, ya que la actividad realizada en la empresa requiere del uso de materias primas en forma de líquido, gas y polvo que pueden dar lugar a la formación de mezclas explosivas y, como consecuencia, de incendios.

Para lograr el objetivo principal, este trabajo plantea diferentes objetivos secundarios como son:

- Estudiar los datos de partida y las especificaciones establecidas por la empresa para la realización del estudio.
- Estudiar las propiedades de los productos químicos de interés y seleccionar la normativa a aplicar.
- Realizar el estudio de ATEX y de protección contra incendios de la parte del proceso afectado.
- Determinar las medidas preventivas de seguridad y protección, tanto principales como secundarias, para establecer todas las características técnicas, legales y de seguridad necesarias.
- Realizar el presupuesto económico de la propuesta planteada, siguiendo en todo momento los criterios establecidos por la empresa y la normativa vigente.

CAPÍTULO 3. INTRODUCCIÓN

La seguridad industrial es un componente crucial en el funcionamiento de cualquier tipo de industria, ya que su objetivo principal se basa en proteger la seguridad de los trabajadores, equipos e instalaciones de posibles riesgos y accidentes derivados de la actividad productiva que se realiza. En la actualidad, la importancia de la seguridad industrial ha crecido exponencialmente debido a diferentes factores, incluyendo el avance tecnológico y la ampliación de información sobre este campo.

El concepto de “Seguridad industrial” tiene su origen en la Revolución industrial, una época en la que el aumento de actividad industrial en fábricas daba lugar a un aumento significativo de accidentes laborales graves o mortales. Por ello, apareció la necesidad de mejorar las condiciones de trabajo y reducir con ello el número de accidentes, aplicando medidas preventivas y normativa asociada a seguridad. A partir del siglo XVIII, comenzaron a regularse las condiciones de higiene y seguridad en las fábricas, estableciéndose leyes y regulaciones para minimizar los riesgos industriales, ya sean riesgos mecánicos, explosión de sustancias tóxicas, gestión de residuos peligrosos o la prevención de incendios. Con el paso de los años, a medida que evolucionaba la tecnología y el desarrollo de las industrias, se contemplaban nuevas medidas preventivas que permitiesen abarcar los nuevos procesos productivos de forma segura (Prysmex, 2022), especialmente en lo que afectaba a los equipos e instalaciones, y estableciendo una diferenciación entre la disciplina de protección de los trabajadores (Prevención de Riesgos Laborales) y la de protección de equipos, instalaciones y productos (Seguridad Industrial).

Hoy en día, tanto grandes, medianas como pequeñas empresas optan por la mejora tecnológica de sus equipos e instalaciones para aumentar la eficiencia operativa. A la par, la creciente preocupación por el cambio climático y la sostenibilidad ha sido proporcional a la inversión en seguridad industrial, impulsando a las empresas a adoptar prácticas más seguras y ecológicas. Esto incluye la prevención de accidentes que puedan provocar daños en el ecosistema próximo a las industrias o a la atmósfera (por ejemplo, emisiones de sustancias tóxicas derivadas de su combustión tras un incendio).

En España, el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo es el responsable de la regulación de la seguridad industrial. Este Ministerio ofrece servicios diseñados a fortalecer los estándares de producción y asegurar que los bienes y servicios cumplan las expectativas de calidad a la vez de ser seguros para su uso y consumo. Para ello, ha sido clave la coordinación y cooperación del gobierno con las industrias y los cuerpos normativos, fortaleciendo así la imagen de España como un país comprometido con la seguridad en la producción industrial.

La seguridad industrial, además de ser de obligatoria aplicación, otorga múltiples beneficios ya que permite la actividad industrial con menor impacto ambiental y menor número de accidentes laborales. No obstante, abarca mucho más que la prevención de un riesgo; también está dentro de su alcance la determinación y formación en procedimientos de actuación ante un accidente. Por ello, se le relacionan una serie de medidas como la protección de maquinaria, almacenamiento y manejo de compuestos inflamables o prevención y protección contra incendios.

Además, la seguridad industrial y la prevención de riesgos laborales (PRL) están estrechamente relacionadas, ya que ambos campos tienen como objetivo principal la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores en los entornos laborales. Sin embargo, cada una abarca aspectos específicos; la seguridad industrial se centra en medidas técnicas y organizativas que previenen los accidentes y mitigan los riesgos asociados a las operaciones industriales, mientras que PRL es un enfoque más amplio sobre todas las actividades y medidas dirigidas a los riesgos sobre los trabajadores, entre los que se incluyen otros ajenos a la propia maquinaria, como son riesgos ergonómicos o condiciones higiénicas en el trabajo (PrevenGo Prevención, 2023).

El avance de la seguridad industrial y la recopilación de estudios e información relacionada con esta materia se debe, en parte, al análisis de accidentes pasados producidos en diferentes partes del mundo. Uno de los accidentes destacables en España fue en una refinería de la empresa petroquímica Repsol, ubicada en Puertollano (Ciudad Real) en el año 2003. Se cree que la causa del accidente fue un fallo eléctrico que favoreció la liberación de gases de un tanque de almacenamiento de butano, un líquido inflamable. Estos gases, en presencia de un punto caliente y en contacto con el oxígeno atmosférico que actúa como comburente, produjeron una deflagración que extendió el incendio a una unidad próxima de siete tanques cargados de gasolina. Esta atmósfera explosiva se cobró la vida de nueve trabajadores y una veintena de heridos (Confederación Empresarial de Ourense, 2020). No obstante, las atmósferas explosivas pueden formarse en una variedad de entornos industriales, bien sean plantas químicas y farmacéuticas hasta silos de almacenamiento de grano o estaciones de servicio, por lo que son un punto crítico a tratar en materia de seguridad industrial. En relación con las atmósferas explosivas y la posibilidad de formación de estas, existe otro componente clave a tener en cuenta: la prevención de incendios. Un incendio en un entorno industrial representa un peligro para los trabajadores y las instalaciones, además de un posible desencadenante de explosiones secundarias que agraven el accidente. Por ello, la prevención de las ATEX y de los incendios van ampliamente relacionadas.

La legislación española aplicable a la seguridad industrial se estructura en base a las Directivas Europeas, definidas por la Unión Europea (UE) o la Comunidad Económica Europea (CEE) como:

“ Actos legislativos en los cuales se establecen objetivos que todos los países de la UE deben cumplir. Sin embargo, corresponde a cada país elaborar sus propias leyes sobre cómo alcanzar esos objetivos. ” (Unión Europea, s.f.)

Cada una de las Directivas establece los criterios que debe cumplir su ámbito de aplicación con el fin de normalizar los estándares mínimos de seguridad de los sistemas industriales de cada uno de los países de la Unión Europea. La directiva de aplicación al presente proyecto es la Directiva 2014/34/UE (Europa, 2014), sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.

Cada una de las Directivas establecidas por la Unión Europea se adoptan a la legislación española mediante trasposición a Reales Decretos en un plazo de tres años como máximo, los cuales entran en vigor tras su publicación en el Boletín Oficial del Estado (BOE), a modo de texto consolidado que indica que se trata de una versión válida y actualizada, tal y como se observa en el ejemplo de la siguiente figura.



LEGISLACIÓN CONSOLIDADA

Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

Figura 2. Encabezado del Real Decreto 681/2003 tras su publicación en el BOE (España, 2003).

Los Reales Decretos de aplicación a este TFM son el Real Decreto 681/2003 sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo (España, 2003), y el Real Decreto 2267/2004, Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (España, 2004).

Esta normativa aplicable al presente proyecto se complementa, además, con normas armonizadas en lo referente a cuestiones técnicas. Estas normas son elaboradas por comités técnicos expertos en las materias de alcance de cada norma, y establecen aspectos técnicos precisos sobre el tema del que se trata. La aplicación de las normas armonizadas supone la presunción de conformidad del equipo o instalación de acuerdo con los requisitos y disposiciones de esa directiva a la que aplica, siempre que se cumpla con todos los criterios establecidos en la norma.

En resumen, la seguridad industrial es un campo multidisciplinario que ha evolucionado significativamente desde su origen, y que ha ido adaptándose a los diferentes descubrimientos y mejoras referentes a los procesos industriales. Dentro de los diferentes campos de la seguridad industrial, la formación de atmósferas explosivas y, como consecuencia, de incendios, representan aspectos críticos en entornos donde la implementación de medidas preventivas y el cumplimiento de las regulaciones establecidas por el Gobierno de España son esenciales para garantizar la salud y seguridad de los trabajadores, así como la protección de las instalaciones en las que se encuentran.

Dentro del ámbito de prevención de atmósferas explosivas y de incendios, existen diferentes conceptos clave fundamentales para entender cómo se forman y se desarrollan estos fenómenos, y con ello cómo es posible prevenirlos o controlarlos.

3.1. Conceptos de referencia en materia de ATEX.

Algunos de los conceptos de referencia significativos en materia de atmósferas explosivas (ATEX) son los siguientes.

1. Atmósferas explosivas (ATEX).

Existen dos tipos de ATEX, las generadas por gases o vapores inflamables y las causadas por polvos combustibles:

Una **atmósfera de gas explosivo** es una mezcla de una sustancia inflamable (en estado de gas o vapor) con aire en condiciones atmosféricas en la que, en caso de aparecer una fuente de ignición, la combustión se propaga a toda la mezcla no quemada.

Una **atmósfera de polvo explosivo** es una mezcla de sustancia inflamable (en forma de polvo) con aire en condiciones atmosféricas en la que, en caso de aparecer una fuente de ignición, la combustión se propaga a toda la mezcla no quemada.

Una **fente de ignición** es la fuente de energía capaz de iniciar la combustión de la mezcla combustible (aire). Algunas fuentes de ignición características son chispas mecánicas, chispas eléctricas o electricidad estática entre otras.

2. Explosión.

Una **explosión** aparece cuando se produce la confluencia de tres factores en tiempo y espacio: aire, polvo/gas/vapor inflamable y una fuente de ignición, todos ellos dentro de un espacio confinado.

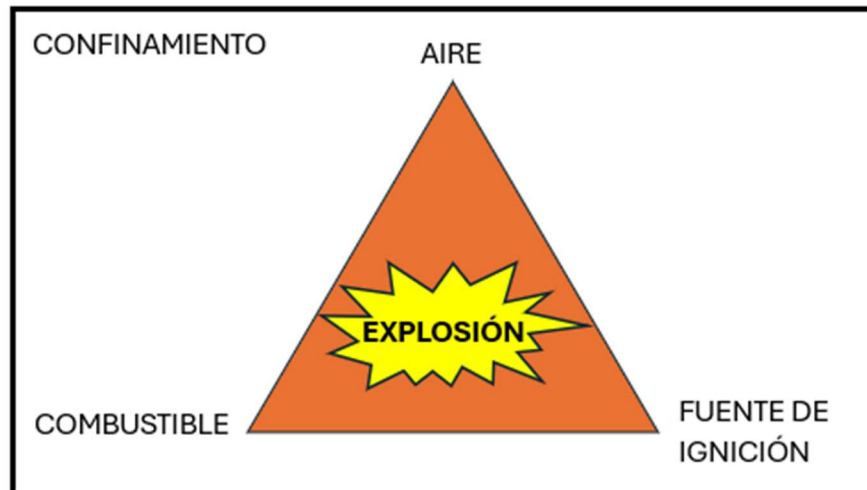


Figura 3. Factores implicados en una explosión.

3. Definiciones y terminología.

A continuación, se enumera una lista de términos relevantes desde el punto de vista de la legislación en materia de ATEX.

Área de riesgo: Aquella en la que pueden formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales para proteger la seguridad y la salud de los trabajadores afectados.

Áreas que no presentan riesgo: Aquéllas en las que no cabe esperar la formación de atmósferas explosivas en cantidades tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales.

Condiciones normales de explotación: Utilización de las instalaciones de acuerdo con sus especificaciones técnicas de funcionamiento.

Gas o vapor inflamable: Es un gas o un vapor que, mezclado con el aire en ciertas proporciones, formará una atmósfera de gas explosiva.

Líquido inflamable: Es un líquido capaz de producir un vapor inflamable en todas las condiciones de operación previsibles.

Mezclas híbridas: Mezclas de polvo y aire combinados en cantidades importantes con vapores y gases inflamables. Si la concentración de vapores o de gases no supera el 20% del límite inferior de explosividad del vapor o del gas correspondiente, el sistema puede considerarse en la mayoría de los casos como una mezcla pura de polvo y aire. Por encima de ese nivel, puede requerirse un examen específico.

Niebla inflamable: Son gotas pequeñas de líquido inflamable dispersas en el aire de forma que originen una atmósfera explosiva.

Polvo: Pequeñas partículas sólidas presentes en la atmósfera que se depositan por su propio peso, pero que pueden permanecer en suspensión en el aire un cierto tiempo.

Polvo combustible: Polvo que se puede quemar o poner en incandescencia y que puede formar mezclas explosivas con el aire, a temperaturas normales y presión atmosférica.

Sustancias inflamables o combustibles: Aquellas capaces de formar atmósferas explosivas, a no ser que el análisis de sus propiedades demuestre que, mezcladas con el aire, no sean capaces por sí solas de propagar una explosión.

Zona 0: Área de trabajo 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 forma permanente, o por un periodo de tiempo prolongado, o con frecuencia.

Zona 1: Área de trabajo 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.

Zona 2: Área de trabajo en la que 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 permanezca durante breves periodos de tiempo.

Zona 20: Área de trabajo 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 de tiempo prolongado, o con frecuencia.

Zona 21: Área de trabajo en la que es probable la formación ocasional, en condiciones normales de explotación, de una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire.

Zona 22: Área de trabajo en la que no es probable, en condiciones normales de explotación, la formación de una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire o en la que, en caso de formarse, dicha atmósfera explosiva sólo permanece durante un breve periodo de tiempo.

Zona 0ED, 1ED, 2ED, 20ED, 21ED, 22ED: Zonas de extensión despreciable o desclasificadas derivado de sus condiciones de ventilación y disponibilidad.

Terminología de las características de sustancias líquidas o gaseosas.

Punto de inflamación: Temperatura más baja del líquido a la que, bajo ciertas condiciones normalizadas, este líquido desprende vapores en cantidad tal que se puede formar una mezcla vapor/aire inflamable.

Densidad relativa: Relación entre la densidad de un gas o de un vapor y la densidad del aire en las mismas condiciones de presión y temperatura (la del aire es 1,0).

Límite inferior de inflamabilidad (LII): Concentración en el aire de gas o vapor inflamable por debajo de la cual la atmósfera de gas no es explosiva.

Límite superior de inflamabilidad (LSI): Concentración en el aire de gas o vapor inflamable por encima de la cual la atmósfera de gas no es explosiva.

Temperatura de ignición: Temperatura más baja de una superficie caliente a la cual, bajo las condiciones especificadas, se produce la ignición de una sustancia inflamable en forma de una mezcla de gas o vapor con el aire.

Terminología de las sustancias pulverulentas.

Temperatura mínima de ignición en capa (TIC): Es la menor temperatura a la que se inicia el proceso de ignición de una muestra de polvo depositada en forma de capa.

Energía mínima de ignición (EMI): Es la menor energía eléctrica, obtenida por descarga capacitiva, que es capaz de iniciar la ignición de una nube de polvo

Temperatura mínima de inflamación en nube (TIN): Es la menor temperatura a la que se inicia el proceso de ignición de una muestra de polvo en forma de nube.

Presión máxima de explosión (Pmax): El valor máximo de presión alcanzado durante la explosión de una mezcla óptima polvo/aire en un recipiente cerrado bajo condiciones específicas.

Kst: Constante característica de cada tipo de polvo combustible que se emplea para establecer una clasificación que indique la severidad de la explosión resultante.

Clase de explosión (St): Clasificación que depende de la constante característica (Kst) y que indica la severidad de la explosión resultante, tal y como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de explosiones según su clase y Kmax.

Clasificación de explosiones		
Clase	K_{max} (bar·m/s)	Característica
St 0	0	No hay explosión
St 1	0-200	Explosión débil
St 2	200-300	Explosión fuerte
St 3	>300	Explosión muy fuerte

Resistividad: La resistividad de un polvo indica si el mismo es aislante o conductor. La mayoría de los polvos son aislantes y, por ello, pueden acumular carga electrostática. En caso de que el polvo sea conductor los equipos eléctricos deben cumplir requisitos específicos.

Temperatura de descomposición (Tdesc): Temperatura a la cual el sólido comienza a descomponerse generando en algunos casos vapores inflamables.

Burning Behavior number (BZ): Permite evaluar si una capa o depósito de polvo va a propagar la llama. Dependiendo de la capacidad del polvo de propagar el polvo se le asigna un número, tal y como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de BZ.

BZ	Característica
BZ1	No se inflama
BZ2	Se inflama brevemente y se extingue brevemente
BZ3	Se incendia localmente sin propagarse la llama
BZ4	Propagación de la inflamación latente
BZ5	Propagación de llama abierta
BZ6	Combustión muy rápida

Concentración mínima de explosión (CME): Concentración mínima de polvo a la cual se puede iniciar una ignición.

Concentración límite de oxígeno (CLO): Es el menor contenido de oxígeno necesario en la atmósfera para que pueda tener lugar una explosión.

4. Señalización de las zonas con riesgo de ATEX.

Las zonas donde existe la posibilidad de formación de atmósferas explosivas deben señalizarse de acuerdo a las características establecidas por el Real Decreto 681/2003. Estas características son:

- La señalización deberá presentar forma triangular.
- La señalización deberá presentar letras negras sobre fondo amarillo, bordes negros y el amarillo deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal).



Figura 4. Señalización de una zona clasificada por riesgo de ATEX.

Esta señalización será informativa pero en ningún caso será una medida sustitutoria a las medidas técnicas y organizativas de protección. La señalización de las zonas es únicamente una indicación de información hacia los trabajadores, la cual alertará sobre la existencia de este riesgo, e incluirá la obligatoriedad de hacer uso de calzado antiestático y ropa de trabajo adecuada para su uso en zonas con riesgo de formación de ATEX.

3.2. Conceptos de referencia en materia de PCI.

Algunos de los conceptos de referencia significativos en materia de protección contra incendios (PCI) son los siguientes.

Fuego: Es una reacción química de combustión que emite calor y luz. Para que se inicie el fuego, deben estar presentes tres elementos: combustible, oxidante y una fuente de ignición.

Triángulo del fuego: representación gráfica de los elementos necesarios para que se produzca un incendio, los cuales son combustible, oxígeno presente en el aire atmosférico, y una fuente de ignición. Si uno de estos tres elementos es eliminado durante el proceso, el fuego se apaga. La Figura 5 muestra el triángulo de fuego que da origen a un incendio.

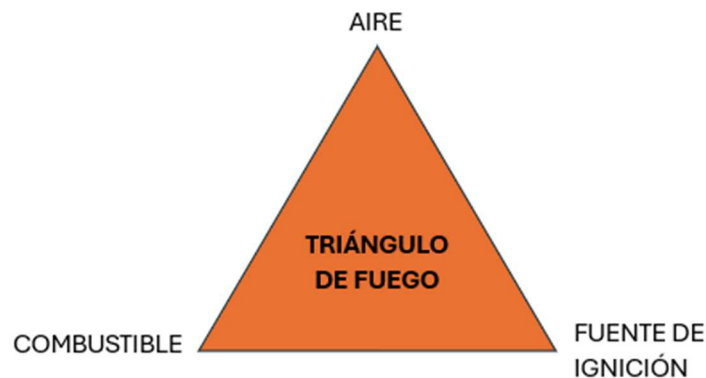


Figura 5. Representación del triángulo de fuego para la formación de un incendio.

Combustible: Es cualquier material que pueda arder y mantener la combustión. Los combustibles pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos. Su facilidad para arder depende de su temperatura de ignición y de la cantidad de calor que puede producir.

Oxidante: Normalmente es el oxígeno atmosférico quien actúa como oxidante de la reacción. No obstante, algunos entornos pueden tener presentes otros oxidantes, como por ejemplo el cloro.

Fuente de ignición: Energía necesaria para iniciar y mantener la combustión. Las fuentes de ignición pueden ser de diferentes tipos, bien sea calor, chispas eléctricas o mecánicas, llamas, superficies calientes, etc.

Extinción de incendios: Es el proceso de eliminar uno o más de los elementos del triángulo de fuego para apagar el incendio. Por ello, la extinción de incendios puede incluir la eliminación de la fuente de ignición, del oxígeno o del combustible.

Carga de fuego: Es la cantidad total de energía calórica que es posible liberar por un material combustible en caso de incendio, medida en MJ/m².

Flashover: Es el fenómeno en el que la temperatura de una habitación alcanza un punto crítico en el que todos los materiales combustibles en su interior se inflaman casi simultáneamente, causando una propagación muy rápida del fuego.

Clases de fuego: Los incendios están clasificados según diferentes clases del tipo de material combustible involucrado, tal y como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de las clases de fuego.

Clase	Característica
A	Fuegos de materiales combustibles sólidos (madera, papel, tela).
B	Fuegos de líquidos inflamables (gasolina, aceites).
C	Fuegos de equipos eléctricos.
D	Fuegos de metales combustibles (magnesio o titanio).
K	Fuegos de aceites y grasas de cocina.

Riesgo de incendio: Es la probabilidad de que se produzca un incendio en un lugar determinado. La evaluación del riesgo de incendio es necesaria para la planificación de la seguridad contra incendios.

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

El presente Trabajo Final de Máster (TFM) se estructura siguiendo diferentes etapas, representadas en la figura siguiente y detalladas a continuación de esta.

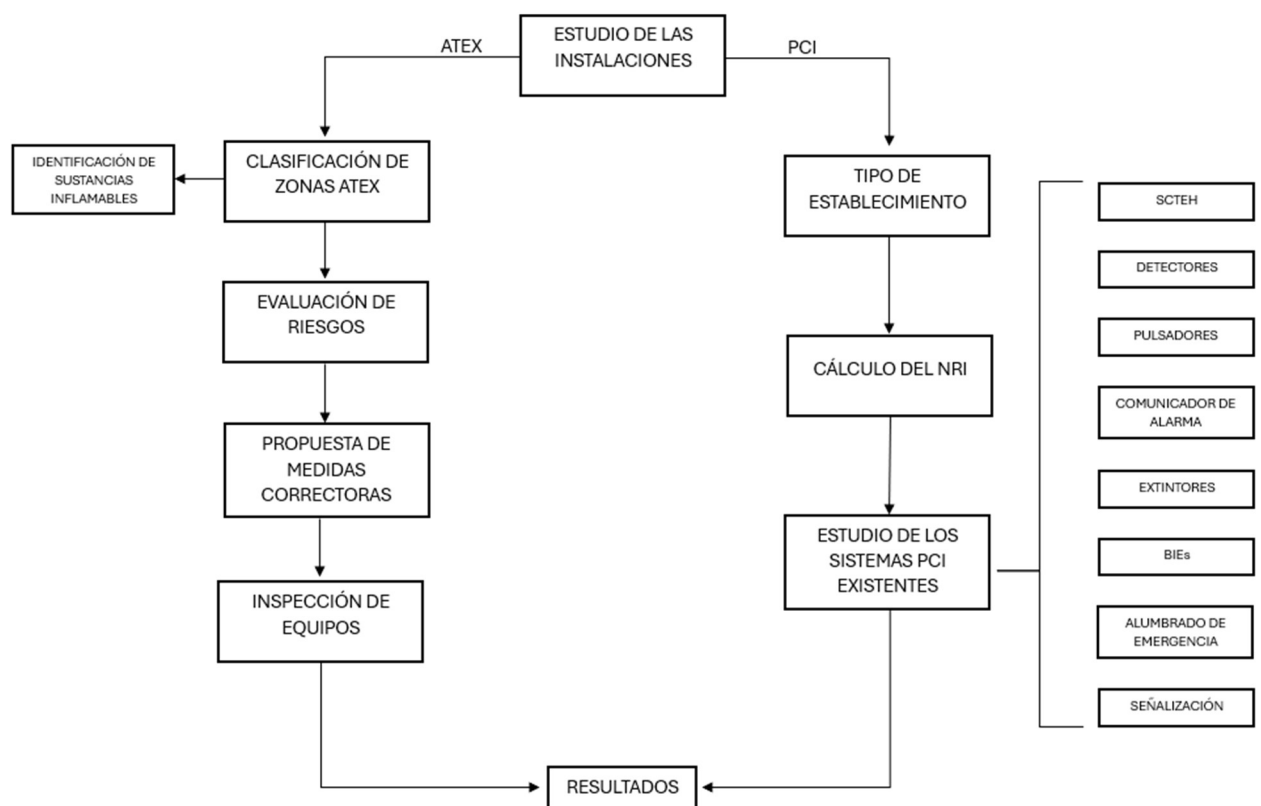


Figura 6. Diagrama de bloques de las etapas del presente TFM.

Pese a que se especifican dos caminos en la diferenciación de etapas de este TFM, ambas están ampliamente relacionados: los incendios son una consecuencia de la formación de atmósferas explosivas, luego prevenir las ATEX implica directamente la prevención de incendios.

4.1. Estudio de las instalaciones.

La fase inicial del TFM se centra en el estudio exhaustivo de las instalaciones mediante una visita a la planta productiva.

Dentro de este estudio se incluye la inspección visual de las instalaciones para una mejora de la visión espacial que se tiene sobre el plano, una toma de fotos y datos de cada uno de los sectores.

Una vez finalizada la inspección visual, se le solicita al cliente la documentación necesaria, listada a continuación.

- Planos actualizados de la instalación.
- Fichas de Datos de Seguridad (FDS) de las sustancias inflamables trasegadas.
- Registros de inspecciones realizadas en equipos eléctricos y mecánicos que realizan su funcionamiento en zonas donde se utilizan sustancias inflamables.
- Registros de formación de los trabajadores en materia de ATEX.
- Procedimientos de trabajo para realizar operaciones de mantenimiento y limpieza en zonas donde existe posibilidad de formación de ATEX.

Una vez obtenida la mayor parte de la información listada anteriormente, se realiza la metodología de cada una de las partes que conforman el DPCE de una instalación.

4.2. Clasificación de zonas ATEX.

Se procede al cálculo y clasificación de las zonas donde es posible la formación de una atmósfera explosiva (ATEX). Para dicho procedimiento, se aplican los conceptos de referencia establecidos en la introducción del presente TFM.

La clasificación de zonas ATEX comienza con la identificación o caracterización de las sustancias implicadas, que serán aquellas que presenten propiedades de inflamabilidad.

4.2.1. Identificación de las sustancias inflamables.

Una condición necesaria (aunque no suficiente) para que se forme una explosión es la presencia de sustancias inflamables en el proceso de trabajo o producción. En un proceso pueden intervenir una o varias sustancias clasificadas como inflamables, y por tanto, capaces de generar un riesgo de explosión.

Las sustancias inflamables pueden estar presentes de forma evidente como materia básica o materia auxiliar del proceso, o de manera no tan obvia, como producto residual, intermedio o acabado, e incluso generadas como consecuencia de un mal funcionamiento de la instalación.

Es necesario identificar todas las sustancias peligrosas que pueden estar presentes en la instalación y en el proceso, ya que sus características determinarán en gran medida las acciones a adoptar en adelante para garantizar los niveles de seguridad adecuados. En el caso de convivir varias sustancias inflamables, se considerarán los parámetros del grupo y clase de temperatura de la más restrictiva presente en la zona clasificada.

Desde el punto de vista del tipo de sustancias peligrosas se puede distinguir entre gases, vapores, nieblas y polvos combustibles. Mientras que el tratamiento de los tres primeros tipos de sustancias será similar, habrá notables diferencias con el tratamiento que se brindará a los polvos combustibles.

a) Líquidos inflamables.

Para los líquidos inflamables, se hace uso de la información proporcionada por las Fichas de Datos de Seguridad de las sustancias o, en su defecto, por los datos obtenidos en bases de datos; las bases de datos frecuentadas para el estudio ATEX del presente proyecto son la norma UNE 202007:2006 IN (AENOR, 2006) y *Gestis Substance Database*.

Los datos representativos de las sustancias inflamables que quedan presentes en la tabla de resultados de la identificación de las sustancias son los siguientes:

- Nombre, fórmula y número CAS de la sustancia.
- Temperatura de inflamación en grados Celsius.
- Límite inferior de inflamabilidad (LII) en porcentaje.
- Límite superior de inflamabilidad (LSI) en porcentaje.

- Punto de ebullición en grados Celsius.
- Densidad relativa del gas o vapor respecto al aire.
- Temperatura de autoignición en grados Celsius.
- Grupo y clase de temperatura para la clasificación de la sustancia según el resto de las características.

Con estos datos, se clasifica la sustancia en grupo y clase de temperatura, de forma que se conoce el marcado ATEX requerido por los equipos en la zona clasificada que se encuentran.

b) Polvos combustibles.

De igual forma que los líquidos inflamables, se extraen los datos más representativos de las Fichas de Datos de Seguridad o de las bases de datos mencionadas anteriormente. Estos datos quedan presentes en la tabla de resultados de la identificación de las sustancias son los siguientes:

- Tamaño de la partícula en micrómetros.
- Concentración mínima de explosividad (CME) en gramos por metro cúbico.
- Presión máxima de explosión en bares.
- Constante de severidad de explosión (Kst).
- Clase de explosión.
- Energía mínima de ignición en milijulios.
- Temperatura mínima de ignición en capa en grados Celsius.
- Temperatura mínima de ignición en nube en grados Celsius.
- Polvo conductor (C) o no conductor (NC).
- Grupo de polvo para la clasificación de la sustancia según el resto de las características.

A partir de la temperatura mínima de ignición en capa y la temperatura mínima de ignición en nube, se calcula la temperatura de seguridad para la selección de equipos en la zona clasificada por polvos combustibles, que será la menor obtenida de las fórmulas siguientes.

$$T_{seguridad} = \frac{2}{3} \cdot TIN \quad (ec. 1)$$

$$T_{seguridad} = TIC - 75^{\circ}C \quad (ec. 2)$$

Siendo TIN la temperatura de ignición en nube y TIC la temperatura de ignición en capa. Por tanto, la temperatura de seguridad de menor valor obtenido de las dos fórmulas anteriores será la que deberán poder alcanzar, como máximo, los equipos en los que se trasiegue polvo combustible.

Tras la identificación de las sustancias inflamables implicadas en el proceso productivo, se realiza la definición de todas aquellas zonas en las que es posible que exista la presencia de una atmósfera explosiva.

La clasificación de zonas ATEX se rige por el procedimiento establecido por la norma UNE EN 60079-10 para la clasificación de emplazamientos con posibilidad de formación de una atmósfera explosiva. Este procedimiento comienza con establecer la probabilidad de formación de mezclas de sustancias inflamables gas, vapor, niebla o polvo con aire dando lugar a una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa, siendo:

- Grado de escape continuo (C): Escape que se espera que ocurra frecuentemente o durante largos periodos de tiempo.
- Grado de escape primario (P): Escape que se produce de forma periódica leve u ocasionalmente durante funcionamiento normal.
- Grado de escape secundario (S): Escape que no se prevé en funcionamiento normal y, si se produce, es probable que ocurra infrecuentemente y en periodos de corta duración.

Tras conocer el grado de escape, se diferencian dos formas de clasificación de zonas según si la sustancia es gas/líquido o es polvo.

Si la sustancia se encuentra en estado gas/líquido, se establecen las condiciones de ventilación de la zona donde se produciría la atmósfera explosiva. Dichas condiciones están definidas por tres características:

- Tipo: Natural o artificial (forzada).
- Disponibilidad de la ventilación: Buena, justa y pobre.
- Grado de dilución de la sustancia implicada: Alto, medio o bajo. Esta característica de la sustancia viene establecida en base a un cálculo teórico marcado por la norma UNE EN 60079-10-1 según la velocidad de la ventilación y la característica del escape, de acuerdo con el gráfico C.1 de la norma, que se muestra en la figura 7.

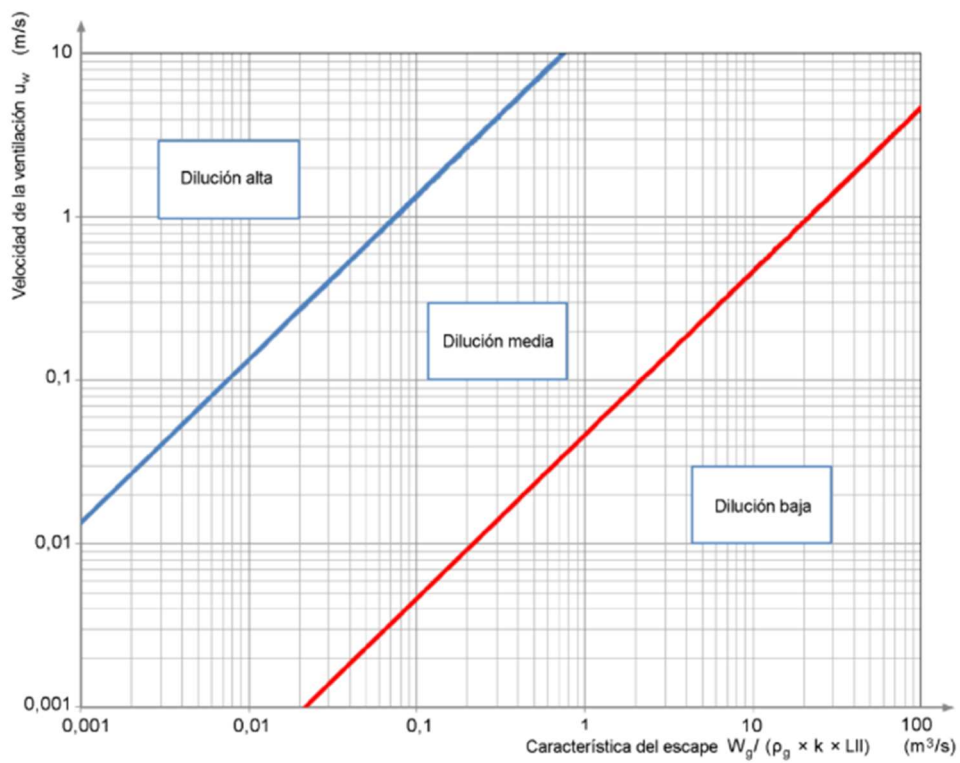


Figura 7. Gráfico de evaluación de la dilución del escape, Gráfico C.1 de la norma UNE EN 60079-10-1.

Tras la definición de las características anteriores, se establece la zona clasificada según la norma UNE EN 60079-10-1 (AENOR, 2022) que se muestra en la tabla 4.

ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

Tabla 4. Tabla de clasificación de zonas, tabla D.1 de la norma UNE EN 60079-10-1.

Grado de escape	Efectividad de la ventilación						
	Dilución alta			Dilución media			Dilución baja
	Disponibilidad de ventilación						
	Buena	Justa	Pobre	Buena	Justa	Pobre	Buena, justa o pobre
Continuo	No peligrosa (Zona 0 ED)	Zona 2 (Zona 0 ED)	Zona 1 (Zona 0 ED)	Zona 0	Zona 0 + Zona 2	Zona 0 + Zona 1	Zona 0
Primario	No peligrosa (Zona 1 ED)	Zona 2 (Zona 1 ED)	Zona 2 (Zona 1 ED)	Zona 1	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 o Zona 0 **
Secundario	No peligrosa (Zona 2 ED)	No peligrosa (Zona 2 ED)	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 1 e incluso Zona 0 **
<p>Zona 0 ED, 1 ED o 2 ED indica una zona teórica que en condiciones normales sería de extensión despreciable.</p> <p>* La zona 2 creada por un escape de grado secundario puede superar la atribuida a escapes de grado continuo o primario; en este caso debería tomarse la distancia mayor.</p> <p>** Será zona 0 si la ventilación es tan débil y el escape es tal que prácticamente la atmósfera explosiva gaseosa esté presente de manera permanente (es decir, en una situación próxima a la de "ausencia de ventilación").</p> <p>"+" significa "rodeada por". La disponibilidad de ventilación en espacios encerrados ventilados naturalmente nunca debe considerarse como buena.</p>							

Si la sustancia se encuentra en estado de polvo, la clasificación de las zonas será conforme al grado de escape en la zona estudiada, de acuerdo con la tabla siguiente:

Tabla 5. Prioridad de la acción correctora y plazos de aplicación.

Grado de escape	Zona
Continuo	Zona 20
Primario	Zona 21
Secundario	Zona 22

No obstante, cabe recalcar que la clasificación de las zonas clasificadas podrá verse afectada en función de las características o condiciones en las que se produce la atmósfera. Se deben contemplar medidas de contención de la atmósfera explosiva o de la fuga de sustancia producida para la realización de la clasificación de zonas.

Por último, la clasificación de zonas concluye con la delimitación de zonas ATEX. Para ello, se realiza el cálculo teórico marcado por la norma UNE EN 60079-10-1 en el que se establece la distancia de la zona peligrosa desde el punto de emisión de la sustancia inflamable, de acuerdo con el gráfico D.1 de la norma mencionada, que se muestra en la figura 8.

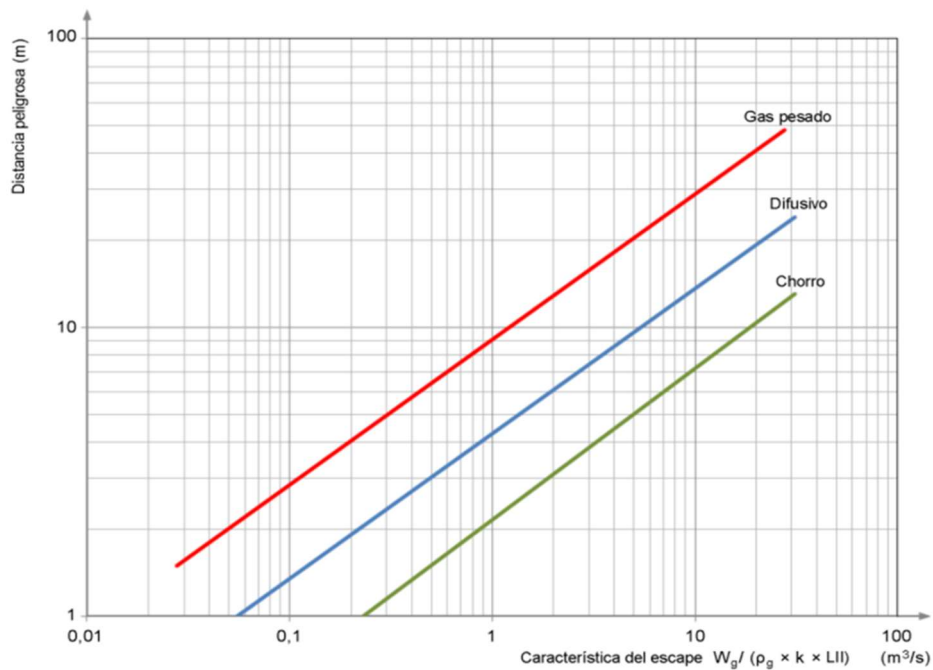


Figura D.1 – Gráfica para estimar distancias de emplazamientos peligrosos

Figura 8. Gráfica para estimar distancias de emplazamientos, Gráfico D.1 de la norma UNE EN 60079-10-1.

4.3. Evaluación del riesgo de explosión.

En base a las características de las instalaciones y las sustancias utilizadas en los procesos objeto de análisis, y que han sido descritas en los apartados precedentes, se ha aplicado un método sistemático para determinar de forma cualitativa los eventuales riesgos de explosión.

Para que exista un riesgo de explosión es necesario que se den simultáneamente:

- Presencia de sustancias inflamables con un elevado grado de dispersión.
- Concentración en oxígeno de las sustancias inflamables dentro de sus límites de explosividad.
- Presencia de una cantidad peligrosa de atmósfera explosiva.
- Presencia de una fuente de ignición efectiva.

Las fuentes de ignición indicadas en la norma UNE EN 60070-10-1 (AENOR, 2016) son:

- Superficies calientes.
- Llamas y gases calientes.
- Chispas de origen mecánico.
- Material eléctrico.
- Corrientes eléctricas parásitas.
- Electricidad estática.
- Rayo.
- Ondas electromagnéticas de radiofrecuencia (RF) de 10^4 a 3×10^{12} Hz.
- Ondas electromagnéticas de 3×10^{11} Hz a 3×10^{15} Hz.
- Radiación ionizante.
- Ultrasonidos.
- Compresión adiabática y ondas de choque.
- Reacciones exotérmicas, incluyendo la autoignición.

Una vez identificadas las posibles fuentes de ignición, debe examinarse la capacidad de la misma para provocar una explosión. En la siguiente tabla se determina las fuentes de ignición con suficiente probabilidad y energía para que resulten efectivas, las cuales se consideran en la evaluación del riesgo de explosión.

ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL
CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

Tabla 6. Efectividad de las fuentes de ignición.

Fuente de ignición	Presencia (SÍ / NO)	Efectividad de la fuente de ignición (SÍ / NO)
Superficies calientes	SÍ - Equipos eléctricos y mecánicos que superen la temperatura de autoignición de la sustancia inflamable en el funcionamiento normal o por mal funcionamiento.	SÍ
Llamas y gases calientes	SÍ - Las llamas producidas por actividades de mantenimiento (por ejemplo, soldeo). (No se contemplan las llamas producidas por la actividad de fumadores, ya que quedan estrictamente reguladas por parte del Real Decreto 28/2005, en la que se prohíbe fumar en los lugares de trabajo).	SÍ
Chispas de origen mecánico	SÍ - Chispas generadas durante el golpeo entre materiales metálicos durante operaciones de mantenimiento. - Equipos mecánicos que puedan generar chispas durante el funcionamiento normal o por mal funcionamiento.	SÍ
Material eléctrico	SÍ - Chispas generadas por arcos eléctricos o cortocircuito en equipos eléctricos. - Chispas generadas por cortocircuitos en cableado dañado mecánicamente.	SÍ
Corrientes eléctricas parásitas	NO	NO
Electricidad estática	SÍ - Descargas electroestáticas por acumulación en el trasiego de polvos. - Descargas electroestáticas por acumulación en el movimiento de los operarios.	SÍ
Rayo	SÍ - Descarga eléctrica por rayo.	NO *
Ondas electromagnéticas de radiofrecuencia (RF) de 10^4 Hz a 3×10^{12} Hz	SÍ - Durante el uso de teléfonos móviles o emisoras en zonas clasificadas.	NO **
Ondas electromagnéticas de 3×10^{11} Hz a 3×10^{15} Hz	NO	NO

* No se considera la efectividad de esta fuente de ignición debido a la instalación de pararrayos.

** No se considera la efectividad de esta fuente de ignición debido a la prohibición del uso de teléfonos móviles en las instalaciones.

Para la realización de la evaluación de riesgos de explosión se ha estudiado la probabilidad de que se genere una de estas fuentes de ignición y su efectividad en caso de que se produjera, tal y como se establece en la tabla anterior.

Una vez determinados ambos factores, y a su vez combinados con la probabilidad de que se genere una atmósfera explosiva establecida en la clasificación de zonas, se obtiene la probabilidad de explosión en base a la tabla siguiente:

Tabla 7. Categorización de la probabilidad de explosión.

		Probabilidad ATEX			
		Zona ED	Zona 2/22	Zona 1/21	Zona 0/20
PROBABILIDAD FUENTE DE IGNICIÓN	Frecuente	Remoto	Ocasional	Probable	Frecuente
	Probable en fto. normal	Improbable	Remoto	Ocasional	Probable
	Posible en caso de disfunc	Improbable	Remoto	Remoto	Ocasional
	Posible en caso de disfunc raro	Improbable	Improbable	Improbable	Remoto

La evaluación de las instalaciones se ha realizado teniendo en cuenta todos los modos de operación, es decir:

- Condiciones de operación normal.
- Operaciones de mantenimiento.
- Paradas y puestas en marcha.
- Condiciones anómalas/ Condiciones de fallo previsibles.

Para determinar el Nivel de Riesgo se considerarán dos factores:

- La probabilidad de que se materialice la explosión. Puede ser:
 - **Frecuente:** Ocurre continuamente.
 - **Probable:** Ocurre varias veces en la vida del sistema.
 - **Ocasional:** Ocurre alguna vez en la vida del sistema.
 - **Remoto:** Improbable, pero podría ocurrir en la vida del sistema.
 - **Improbable:** Es muy improbable, por lo que puede que no se produzca nunca.
- Las consecuencias de la explosión. Se pueden clasificar en:
 - **Catastrófico:** Muerte o pérdida de la instalación.

- **Mayor:** Daños severos en personas (accidente o enfermedad) o instalaciones.
- **Menor:** Daños menores en personas (accidente o enfermedad) o instalaciones.
- **Despreciable:** Daños mínimos en personas o instalaciones.

Con lo cual, el criterio para definir el Nivel de Riesgo de un evento en función de la probabilidad de que ocurra, y de las consecuencias que tendría, es el siguiente:

Tabla 8. Clasificación de nivel de riesgo según la probabilidad y las consecuencias.

Consecuencias \ Probabilidad	Catastrófico	Mayor	Menor	Despreciable
Frecuente	A	A	A	C
Probable	A	A	B	C
Ocasional	A	B	B	D
Remoto	A	B	C	D
Improbable	B	C	C	D

Donde:

Tabla 9. Definición de los diferentes niveles de riesgo.

Nivel de riesgo	Significado	Consecuencia
A	Alto	Es necesario adoptar medidas adicionales de eliminación o reducción del riesgo tanto como sea posible, hasta alcanzar al menos el nivel B. La prioridad de implantación será alta. Si es necesario se implementarán procedimientos provisionales para gestionar la situación temporal.
B	Medio	Es necesario adoptar medidas adicionales de eliminación o reducción del riesgo tanto como sea posible. En caso de que no sea posible reducir el riesgo, se puede aceptar mediante la existencia de procedimientos de seguridad. En ese caso, estos riesgos tienen que ser revisados periódicamente.
C	Bajo	Situación aceptable, aunque sería recomendable reducir el riesgo mediante la adopción de medidas de minimización.
D	Despreciable	No es necesario adoptar medidas adicionales.

4.4. Medidas correctoras.

A partir de la segmentación de las instalaciones, y la correspondiente evaluación de riesgos y clasificación de zonas realizadas, se recomienda una serie de medidas para la protección contra explosiones.

Para una mejor comprensión de la tabla de medidas correctoras recomendadas presentada en el capítulo de resultados de este proyecto, se definen algunos de los conceptos incluidos en la misma.

- o **Clase de medida:** Dentro de este apartado se indica la clase de medida que se está proponiendo y cuál es el principio de protección perseguido. Se diferencian las medidas técnicas y las medidas organizativas.

A: Medidas técnicas.

Son aquellas soluciones prácticas aplicadas para prevenir, controlar o mitigar riesgos. Algunos ejemplos son sistemas de ventilación, detectores de humo, equipos de extinción de incendios... Existen varios tipos dentro de las medidas técnicas, como son:

A1: Prevención de atmósferas explosivas.

A2: Prevención de fuentes de ignición.

A3: Limitación de los efectos de una explosión.

A4: Sistema de control de proceso.

B: Medidas organizativas.

Son estrategias, políticas y procedimientos implementados a nivel organizativo para gestionar y reducir los riesgos. Algunos ejemplos son la estructura organizacional, la formación del personal la creación de instrucciones de trabajo... Existen varios tipos dentro de las medidas organizativas, como son:

B1: Prevención de atmósferas explosivas.

B2: Prevención de fuentes de ignición.

- o **Estatus:** Grado de implantación de la medida recomendada.

Implantada: la medida se ha ejecutado

Pendiente: la medida no se ha ejecutado

En proceso: la medida está parcialmente implantada.

- o **Prioridad:** En este apartado se indica la prioridad recomendada de aplicación de la medida a adoptar a efectos de una eventual planificación. Los tramos de la prioridad se establecen en función de la importancia de la medida y/o de la gravedad del riesgo que se pretende minimizar. Los criterios orientativos de plazos, en función de la prioridad son los siguientes:

Tabla 10. Prioridad de la acción correctora y plazos de aplicación.

Prioridad	Plazos
A – Máxima	0 – 6 Meses
B – Media	0 – 18 Meses
C - Baja	0 – 24 Meses

4.5. Inspección de equipos.

En zonas con riesgo de explosión por la presencia de atmósferas explosivas se debe intentar minimizar la posibilidad de que se desencadene una explosión. Por ello, se debe intentar evitar la activación de fuentes de ignición, para lo cual, además de otras consideraciones, es necesario y obligatorio que los equipos (tanto eléctricos como no eléctricos) destinados a trabajar en dichas áreas de riesgo ATEX cumplan con determinadas condiciones de seguridad. Así, los equipos se dividen en diferentes grupos y categorías en función del uso previsto y del nivel de protección que ofrecen respectivamente.

Grupos de aparatos

En base al uso previsto, los aparatos se dividen en los siguientes grupos:

- o **Grupo I:** incluye aquellos aparatos destinados a utilizarse en trabajos subterráneos en las minas y en las partes de sus instalaciones de superficie en las que exista peligro debido al grisú o a polvos explosivos.
- o **Grupo II:** incluye aquellos aparatos destinados al uso en otros lugares en los que pueda haber peligro de formación de atmósferas explosivas.

Categorías de los aparatos

Los grupos de aparatos se subdividen en categorías dentro del Grupo II. Esta subdivisión depende del lugar donde esté previsto utilizar el aparato, y de si la ATEX está siempre presente, o por el contrario es más o menos duradera:

- o Categoría 1: comprende los aparatos diseñados para poder funcionar dentro de los parámetros operativos fijados por el fabricante y asegurar un nivel de protección muy alto para su uso previsto en emplazamientos donde sea muy probable que se produzcan de forma constante, duradera o frecuente atmósferas explosivas debidas a mezclas de aire con gases o vapores.
- o Categoría 2: comprende los aparatos diseñados para poder funcionar dentro de los parámetros operativos fijados por el fabricante y asegurar un nivel de protección alto para su uso previsto en emplazamientos donde sea probable que se produzcan atmósferas explosivas debidas a mezclas de aire con gases o vapores.
- o Categoría 3: comprende los aparatos diseñados para poder funcionar dentro de los parámetros operativos fijados por el fabricante y asegurar un nivel de protección normal para su uso previsto en emplazamientos donde sea poco probable que se produzcan atmósferas explosivas debidas a mezclas de aire con gases o vapores y donde, con arreglo a toda probabilidad, su formación sea infrecuente y su presencia sea de corta duración.

De acuerdo con los datos que ha facilitado sobre el emplazamiento y uso previstos para cada equipo, las características del mismo desde el punto de vista de su categoría deben ser conforme a la siguiente tabla.

Tabla 11. Condiciones de funcionamiento en función del nivel de protección.

NIVEL DE PROTECCIÓN	GRUPO II	PROTECCIÓN QUE SE OFRECE	CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO
	CATEGORÍA		
Muy alto	1	Dos medios de protección independiente garantizan la seguridad, aunque se produzcan dos fallos independientes el uno del otro.	No se corta la alimentación de energía y el aparato continúa en funcionamiento en las zonas 0, 1, 2 o 20, 21, 22.
Alto	2	Apto para funcionamiento normal y en caso de avería frecuente o de fallos que deban tenerse habitualmente en cuenta.	No se corta la alimentación de energía y el aparato continúa en funcionamiento en las zonas 1, 2, 21, 22.
Normal	3	Apto para funcionamiento normal.	No se corta la alimentación de energía y el aparato continúa en funcionamiento en la zona 2 o 22.

Clase de temperatura del material en función de la temperatura de ignición

Un material se clasificará de acuerdo con su clase de temperatura, esto es, según la temperatura superficial máxima que se puede alcanzar del equipo. Para la clasificación se debe conocer la temperatura de ignición de la sustancia que confluye por el equipo, siendo esta la temperatura determinante; si por el equipo confluyen diferentes sustancias inflamables, se selecciona la más restrictiva.

Tabla 12. Clasificación del material eléctrico según la temperatura de ignición del material.

Clase de temperatura del material eléctrico	Temperatura de ignición del gas o vapor
T1	>450°C
T2	>300°C
T3	>200°C
T4	>135°C
T5	>100°C
T6	>85°C

La temperatura de ignición depende del estado de la sustancia. En el caso de los polvos combustibles, la clase de temperatura del equipo se elige teniendo en cuenta la temperatura de seguridad del polvo en base a su temperatura de ignición en nube y en capa, de acuerdo con las ecuaciones establecidas para “ $T_{seguridad}$ ” en el apartado anterior referente a la clasificación de zonas ATEX.

La inspección de equipos queda reflejada entonces de forma tabulada, donde se indica la zona clasificada donde se encuentra el equipo, el marcado ATEX que requiere como mínimo y el marcado ATEX existente, dando como resultado:

- **FAVORABLE:** el equipo cumple con el grupo y clase de temperatura requerido para la sustancia trasegada.
- **A VERIFICAR:** la empresa cliente deberá aportar documentación que verifique que ese equipo es acorde para la zona clasificada en la que se encuentra o trabaja.
- **DESFAVORABLE:** el equipo no es correcto para su uso en la zona clasificada, siendo necesaria su reubicación fuera de la zona ATEX o su sustitución por un equipo que sí cumpla con las características requeridas.

4.6. Estudio de los sistemas PCI existentes.

En base a las características del establecimiento industrial, se debe clasificar en función de los tipos de edificios establecidos según la normativa de protección contra incendios Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales (RSCIEI) (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2016). Siguiendo las definiciones de la Guía de Aplicación del RSCIEI para la caracterización de los establecimientos industriales en relación con la seguridad contra incendios, existen diferentes tipos de establecimientos industriales:

- Tipo A: El establecimiento industrial ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos, ya sean estos de uso industrial u otros usos.

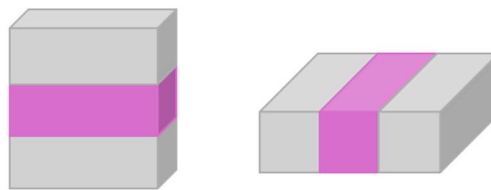


Figura 9. Esquema de establecimiento de tipo A.

- Tipo B: El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio que está adosado a otro u otros edificios, o a una distancia igual o inferior a tres metros de otro u otros edificios, de otro establecimiento, ya sean estos de uso industrial u otros usos.

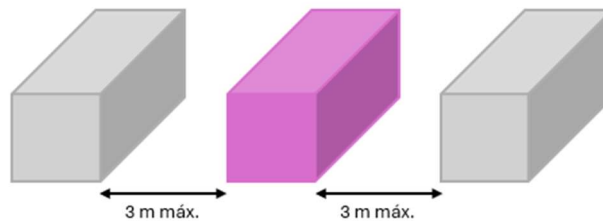


Figura 10. Esquema de establecimiento de tipo B.

- Tipo C: El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.

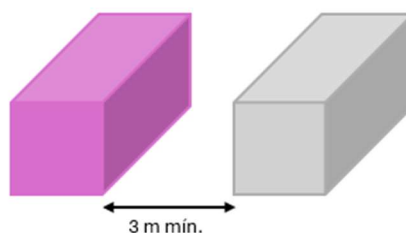


Figura 11. Esquema de establecimiento de tipo C.

- Tipo D: El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto, que puede estar totalmente cubierto, algunas de cuyas fachadas carece totalmente de cerramiento lateral.

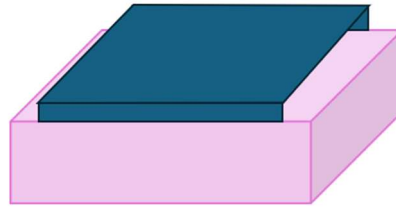


Figura 12. Esquema de establecimiento de tipo D.

- Tipo E: El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede estar parcialmente cubierto (hasta un 50 por ciento de su superficie), alguna de sus fachadas en la parte cubierta carece totalmente de un cerramiento lateral.

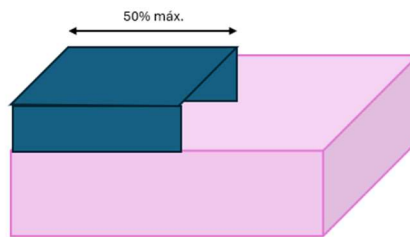


Figura 13. Esquema de establecimiento de tipo E.

Una vez conocido el tipo de edificación industrial que se propone en el proyecto, se procede a la sectorización del edificio. Según la Guía Técnica de Aplicación del RSCIEI (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2019), se entiende por “sector de incendio independiente”:

“aquel cuyos elementos constructivos delimitadores y cuyas puertas de paso cumplan los requisitos de comportamiento al fuego establecidos en el presente reglamento.”

Una de las sectorizaciones más comunes se lleva a cabo diferenciando las actividades realizadas en cada zona, tales como: almacenamiento, producción, sala de bombas de abastecimiento, oficinas, etc. Cada sector incluirá una zona diferenciada en la instalación, y se le aplicarán unas medidas y/o equipos de protección contra incendios distintos.

Conocida la diferenciación de sectores dentro de la edificación, es posible conocer el nivel de riesgo intrínseco de cada uno de los sectores. Para ello, se realiza el cálculo de la densidad de carga de fuego ponderada y corregida (Q_s) de cada uno de los sectores de incendio mencionados anteriormente.

El cálculo se realiza de acuerdo a las indicaciones RSCIEI (Guía Técnica de Aplicación del RSCIEI, 2019, Anexo I, apartado 3), donde se especifica la caracterización de los establecimientos industriales por su nivel de riesgo intrínseco.

- a) Para actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} \cdot S_i \cdot C_i}{A} \cdot R_a \left(\frac{MJ}{m^2} \right) o \left(\frac{Mcal}{m^2} \right) \quad (ec. 3)$$

Donde:

i corresponde a cada combustible presente en el sector de incendio calculado.

Q_s es la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector de incendio, en MJ/m² o Mcal/m².

q_{si} es la densidad de carga de fuego de cada zona con proceso, diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio i, en MJ/m² o Mcal/m². Estos valores se obtienen de la tabla 1.2 de la Guía Técnica de Aplicación del RSCIEI (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2019).

S_i es la superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego (q_{si}) diferente, en m².

C_i es el coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

A es la superficie construida u ocupada del sector de incendio, en m².

R_a es el coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad de la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, como puede ser producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento...

- b) Para actividades de almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{vi} \cdot C_i \cdot h_i \cdot s_i}{A} \cdot R_a \left(\frac{MJ}{m^2} \right) o \left(\frac{Mcal}{m^2} \right) \quad (ec. 4)$$

Donde:

i corresponde a cada combustible presente en el sector de incendio calculado.

Q_s es la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector de incendio, en MJ/m² o Mcal/m².

q_{vi} es la carga de fuego aportada por cada m^3 de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (en función de i) existente en el sector de incendio, en MJ/m^2 o $Mcal/m^2$. Estos valores se obtienen de la tabla 1.2 de la Guía Técnica de Aplicación del RSCIEI.

h_i es la altura de almacenamiento de cada uno de los combustibles (i), en m.

s_i es la superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento (en función de i) existente en el sector de incendio, en m^2 .

Además del nivel de riesgo intrínseco de cada sector, es necesario conocer el nivel de riesgo intrínseco del edificio o conjunto de sectores de un establecimiento industrial (Q_e), a los efectos de la aplicación de este reglamento, que se evalúa calculando la siguiente expresión:

$$Q_e = \frac{\sum_1^i Q_{si} \cdot A_i}{\sum_1^i A_i} = \frac{\sum_1^i Q_{si} \cdot A_i}{A_{total}} \left(\frac{MJ}{m^2} \right) \text{ o } \left(\frac{Mcal}{m^2} \right) \quad (ec. 5)$$

Donde:

i corresponde a cada sector de incendio que compone el edificio industrial.

Q_e es la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector de edificio industrial, en MJ/m^2 o $Mcal/m^2$.

Q_{si} es la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de cada uno de los sectores (i) que componen el edificio industrial, en MJ/m^2 o $Mcal/m^2$.

A_i es la superficie construida de cada uno de los sectores de incendio (i) que componen el edificio industrial, en m^2 .

s_i es la superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento (en función de i) existente en el sector de incendio, en m^2 .

A partir del valor obtenido del cálculo teórico anterior, se identifica en la tabla siguiente el nivel de riesgo intrínseco al que pertenece.

**ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL
CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL**

Tabla 13. Categorización del nivel de riesgo intrínseco de cada sector de incendio de la edificación. Fuente: Tabla 1.3 de la Guía Técnica de Aplicación del RSCIEI.

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m ²	MJ/m ²
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1275 < Q_s \leq 1700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1700 < Q_s \leq 3400$
ALTO	6	$800 < Q_s \leq 1600$	$3400 < Q_s \leq 6800$
	7	$1600 < Q_s \leq 3200$	$6800 < Q_s \leq 13600$
	8	$3200 < Q_s$	$1360 < Q_s$

Además se debe realizar la comprobación del resultado del nivel de riesgo intrínseco obtenido, de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 14. Máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio. Fuente: Tabla 2.1 de la Guía Técnica de Aplicación del RSCIEI.

Riesgo intrínseco del sector de incendio	Configuración del establecimiento		
	TIPO A (m ²)	TIPO B (m ²)	TIPO C (m ²)
BAJO	(1)-(2)-(3)	(2) (3) (5)	(3) (4)
1	2000	6000	SIN LÍMITE
2	1000	4000	6000
MEDIO	(2)-(3)	NO	(3) (4)
3	500	SÍ	5000
4	400	SÍ	4000
5	300	SÍ	3500
ALTO	NO ADMITIDO	(3)	(3) (4)
6	NO ADMITIDO	2000	3000
7	NO ADMITIDO	1500	2500
8	NO ADMITIDO	NO ADMITIDO	2000

Como último paso de la caracterización de la instalación, se calcula la resistencia al fuego de los elementos estructurales portantes y de cerramiento. La resistencia al fuego de los elementos estructurales está establecida por el RSCIEI, que marca las exigencias de comportamiento ante el fuego por el tiempo en minutos en el cual dicho elemento debe mantener la estabilidad mecánica.

Dentro del estudio del proyecto se diferencian dos tipos: elementos estructurales portantes y elementos estructurales del cerramiento.

- Un elemento estructural portante es aquel que conforma la estructura de la edificación destinada a soportar cargas, como por ejemplo muros, vigas o pilares.
- Un elemento estructural de cerramiento es aquel que delimita un espacio cerrando o clausurando una abertura, impidiendo el paso de la luz o el aire.

Para los elementos estructurales portantes, el RSCIEI establece la tabla 2.2 del Anexo I que se muestra a continuación.

Tabla 15. Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes. Fuente: Tabla 2.2 de la Guía Técnica de Aplicación del RSCIEI (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2019).

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	TIPO A		TIPO B		TIPO C	
	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante
BAJO	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)	R 90 (EF - 90)	R 60 (EF - 60)	R 60 (EF - 60)	R 30 (EF - 30)
MEDIO	NO ADMITIDO	R 120 (EF - 120)	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)	R 90 (EF - 90)	R 60 (EF - 60)
ALTO	NO ADMITIDO	NO ADMITIDO	R 180 (EF - 180)	R 120 (EF - 120)	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)

Para los elementos constructivos de cerramiento, el RSCIEI se rige por la tabla 5.2 del Anexo I que especifica que:

“La resistencia al fuego de toda medianería o muro colindante con otro establecimiento será, como mínimo:”

ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

Tabla 16. Estabilidad al fuego de elementos constructivos de cerramiento. Fuente: Tabla 5.2 de la Guía Técnica de Aplicación del RSCIEI (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2019).

	Sin función portante	Con función portante
Riesgo bajo	EI 120	REI 120 (RF-120)
Riesgo medio	EI 180	REI 180 (RF-180)
Riesgo alto	EI 240	REI 240 (RF-240)

Una vez conocidas las características de la edificación, se realizará un análisis de los equipos de extinción de incendios de la instalación, haciendo una comparativa sobre los equipos necesarios y existentes. Esta comparativa se basa en tablas que incluyen la siguiente información:

- Descripción: indicación del sector de incendio al que corresponde.
- Uso: indicación del uso del sector de incendio. Puede ser PROD (producción) o ALM (almacenamiento).
- Tipo: tipo de edificio de estudio, descritos previamente.
- NRI: Nivel de Riesgo Intrínseco, al que corresponde el sector de incendio descrito.
- SUP (m²): Superficie del sector de incendio descrito.
- La última columna corresponderá siempre al equipo estudiado, donde se incluye si se requiere según el RSCIEI para las características del sector de incendio y si existe en la actualidad o no.

Sistemas de control y evacuación de humos

Se estudiará si son necesarios sistemas de control y evacuación de humos (SCTEH). Son aquellos equipos diseñados para proteger las vías de evacuación dentro de un edificio mediante la contención y extracción de los humos hacia el exterior, garantizando así la seguridad de los ocupantes durante la evacuación ante un posible incendio. Algunos ejemplos de un SCTEH es una cortina de separación de humos o los exutorios. La figura 14 muestra un ejemplo de exutorio.



Figura 14. Ejemplo de un exutorios.

En base a los requisitos constructivos de los establecimientos industriales según su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco establecidos en la Guía Técnica de Aplicación del RSCIEI (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2019), los sectores de incendio que deberán disponer de sistema de evacuación de humos son:

- a) Sectores de incendio con actividad de producción.
 - Riesgo intrínseco medio y superficie construida mayor o igual a 2000 m².
 - Riesgo intrínseco alto y superficie construida mayor o igual a 1000 m².

- b) Sectores de incendio con actividad de almacenamiento.
 - Riesgo intrínseco medio y superficie construida mayor o igual a 1000 m².
 - Riesgo intrínseco alto y superficie construida mayor o igual a 800 m².

Por lo que, atendiendo a la clasificación y a la superficie de la nave, se procederá a especificar si son necesarios los sistemas de control y evacuación de humos así como sus principales características para el diseño e instalación.

Sistemas de detección de incendio

De igual forma que en el apartado anterior, se debe estudiar la necesidad de tener instalación de sistemas de detección en los sectores de incendio. Los sistemas de detección de incendio son aquellos equipos capaces de detectar un incendio en el tiempo más corto posible y emitir las señales de alarma (a dispositivos de alarma, equipos automáticos de lucha contra incendios, servicio de bomberos, etc.) y localización adecuadas para que puedan adoptarse las medidas apropiadas.



Figura 15. Detector de humo.

Según los requisitos de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales establecidos en la Guía Técnica de Aplicación del RSCIEI (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2019), se instalarán sistemas automáticos de detección de incendios en los sectores de los establecimientos industriales cuando en ellos se desarrollen:

- a) Actividades de producción, montaje, transformación, reparación u otras distintas al almacenamiento si:
- Están ubicados en edificios de tipo A y su superficie total construida es de 300 m² o superior.
 - Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 2000 m² o superior.
 - Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 1000 m² o superior.
 - Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 3000 m² o superior.
 - Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 2000 m² o superior.

b) Actividades de almacenamiento si:

- Están ubicados en edificios de tipo A y su superficie total construida es de 150 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 1000 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 500 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 1500 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 800 m² o superior.

Por lo que, atendiendo a la clasificación y a la superficie de la nave, se procederá a especificar si son necesarios los sistemas de detección de incendios así como sus principales características para el diseño e instalación.

Para sectores de incendio en los que se requiere la instalación de detectores de incendio, la norma UNE 23007-14 sobre los sistemas de detección y alarma de incendios establece la planificación, diseño, instalación, puesta en servicio, uso y mantenimiento de estos equipos. De acuerdo con la norma, el área máxima de vigilancia autorizada no debe ser mayor que los valores indicados en la tabla A.1. correspondiente con la siguiente tabla.

Tabla 17. Distribución de detectores de humo. Fuente: Tabla A.1. de la norma UNE 23007-14:2014.

Superficie del local (m ²)	Altura del local (m)	Pendiente ≤ 20°		Pendiente > 20°	
		S _v (m ²)	D _{máx} (m)	S _v (m ²)	D _{máx} (m)
SL ≤ 80	≤ 12	80	6,3	80	6,3
SL > 80	≤ 6	60	5,5	90	6,7
	6 < h ≤ 12	80	6,3	110	7,4
SL ≤ 30	≤ 7,5	30	3,9	30	3,9
	≤ 6	30	3,9	30	3,9
SL > 30	≤ 7,5	20	3,2	40	4,5
	≤ 6	20	3,2	40	4,5

Sistemas manuales de alarma de incendio

Los sistemas manuales de alarma de incendio son conjuntos de pulsadores que permiten transmitir voluntariamente por los ocupantes del sector una señal a una central de control y señalización permanentemente vigilada, de forma que sea fácilmente identificable la zona en la que ha sido activado el pulsador. La figura 16 muestra un ejemplo de pulsador de alarma de incendios.



Figura 16. Pulsador de alarma de incendios.

Siguiendo con las indicaciones del Anexo III de la Guía Técnica de Aplicación del RSCIEI (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2019), se especifica la instalación de sistemas manuales de alarma de incendio en los sectores de incendio de los establecimientos industriales cuando en ellos se desarrollen:

- a) Actividades de producción, montaje, transformación, reparación u otras distintas al almacenamiento, si:
 - Su superficie total construida es de 1000 m² o superior, o
 - No se requiere la instalación de sistemas automáticos de detección de incendios.
- b) Actividades de almacenamiento, si:
 - Su superficie total construida es de 800 m² o superior, o
 - No se requiere la instalación de sistemas automáticos de detección de incendios.

Por lo que, atendiendo a la clasificación y a la superficie de la nave, se procederá a especificar si son necesarios los sistemas manuales de alarma de incendio así como sus principales características para el diseño e instalación.

Sistemas de comunicación de alarma

Los sistemas de comunicación de alarma son aquellos equipos capaces de emitir señales acústicas y/o visuales a los ocupantes de un edificio. Las condiciones que debe cumplir conforme a la legislación son:

- 1) Se instalarán sistemas de comunicación de alarma en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales si la suma de la superficie construida de todos los sectores de incendio del establecimiento industrial es de 10000 m² o superior.
- 2) La señal acústica transmitida por el sistema de comunicación de alarma de incendio permitirá diferenciar si se trata de una alarma por “emergencia parcial” o por “emergencia general”, y será preferente el uso de un sistema de megafonía.

Sistemas de hidrantes exteriores

Los sistemas de hidrantes exteriores son sistemas de abastecimiento de agua para uso exclusivo del Cuerpo de Bomberos y personal debidamente formado.



Figura 17. Hidrante exterior.

Se instalará un sistema de hidrantes exteriores si concurren las condiciones que se reflejan en la tabla siguiente.

ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL
CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

Tabla 18. Hidrantes exteriores en función de la configuración de la zona, su superficie construida y su nivel de riesgo intrínseco. Fuente: Tabla 3.1 de la Guía Técnica de Aplicación del RSCIEI (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2019).

Configuración de la zona de incendio	Superficie del sector o área de incendio (m ²)	Riesgo intrínseco		
		Bajo	Medio	Alto
A	≥300 ≥1000	NO SÍ*	SÍ SÍ	-- --
B	≥1000 ≥2500 ≥3500	NO NO SÍ	NO SÍ SÍ	SÍ SÍ SÍ
C	≥2000 ≥3500	NO NO	NO SÍ	SÍ SÍ
D o E	≥5000 ≥15000	-- SÍ	SÍ SÍ	SÍ SÍ

Además de la instalación, se debe especificar la implantación de estos equipos. El número de hidrantes exteriores que deben instalarse se determina haciendo que se cumplan las condiciones siguientes:

- La zona protegida por cada uno de ellos es la cubierta por un radio de 40 metros desde el emplazamiento del hidrante.
- Al menos uno de los hidrantes (situado, a ser posible, en la entrada) debe tener una salida de 100 milímetros.
- La distancia entre el emplazamiento de cada hidrante y el límite exterior del edificio o zona protegidos debe ser al menos de cinco metros.

En relación con el caudal requerido por el hidrante y la autonomía que debe tener, se establece de acuerdo con los valores de la siguiente tabla.

**ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL
CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL**

Tabla 19. Necesidades de agua para hidrantes exteriores. Fuente: Tabla del Anexo III de la Guía Técnica de Aplicación del RSCIEI (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2019).

CONFIGURACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO					
	BAJO		MEDIO		ALTO	
TIPO	CAUDAL (L/MIN)	AUTON (MIN)	CAUDAL (L/MIN)	AUTON (MIN)	CAUDAL (L/MIN)	AUTON (MIN)
A	500	30	1000	60		
B	500	30	1000	60	1000	90
C	500	30	1500	60	2000	90
D y E	1000	30	2000	60	3000	90

Además, adjunta a esta última tabla se detalla que la presión mínima requerida por el RSCIEI en las bocas de salida de los hidrantes es de cinco bar cuando se están descargando los caudales indicados.

Extintores de incendio portátiles

Los extintores de incendio portátiles se instalarán en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales, justificando únicamente su no instalación en zonas de almacenamiento operado automáticamente impidiendo el acceso de personas. La figura 18 muestra un ejemplo de extintor portátil.



Figura 18. Extintor portátil.

No se concreta el tipo de extintores necesarios en la instalación ya que queda fuera del alcance del presente TFM. El tipo de extintores será facilitado a la empresa cliente posteriormente al estudio sobre las instalaciones de PCI existentes y/o requeridas por una empresa externa, abarcando en este estudio únicamente la necesidad de colocar extintores en los sectores de incendio de la planta productiva de estudio o no.

Sistemas de bocas de incendio equipadas

Los sistemas de bocas de incendio equipadas (BIEs) son equipos compuestos por una fuente de abastecimiento de agua, una red de tuberías para la alimentación de agua y los equipos de bocas de incendio equipadas necesarios. La figura 19 muestra un ejemplo de boca de incendio equipada.



Figura 19. Boca de incendio equipada (BIE).

Se instalarán BIEs en los sectores de incendio de los establecimientos industriales si:

- Están ubicados en edificios de tipo A y su superficie total construida es de 300 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 500 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 200 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 1000 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 500 m² o superior.

- f) Son establecimientos de configuraciones de tipo D o E, su nivel de riesgo intrínseco es alto y la superficie ocupada es de 5000 m² o superior.

Únicamente se justifica la no instalación de BIEs en aquellas zonas de almacenamiento operado automáticamente donde se impide el acceso a personas.

Sistema de alumbrado de emergencia

El alumbrado de emergencia son dispositivos de iluminación cuya función es alumbrar el recinto en el que se colocan hasta la salida del mismo en caso de fallo de la alimentación eléctrica.

Según establece el punto 16 del Anexo III del RSCIEI, es necesario disponer de un sistema de alumbrado de emergencia:

- a) Los locales o espacios donde estén instalados cuadros, centros de control o mandos de las instalaciones técnicas de servicios, o de los procesos que se desarrollan en el establecimiento industrial.
- b) Los locales o espacios donde estén instalados los equipos centrales o los cuadros de control de los sistemas de protección contra incendios.

Señalización

Según establece el RSCIEI, se procederá a la señalización de los medios de protección contra incendios de utilización manual cuando no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

En los siguientes apartados se exponen los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología desarrollada en las instalaciones de estudio.

La industria alimentaria objeto del presente TFM consta de una planta productiva de 6534 m² de superficie construida en el año 2017, de acuerdo con los datos del Registro Catastral. El proyecto abarca la zona productiva correspondiente a la nave de producción donde se encuentran las dos líneas de fabricación, los silos de almacenamiento de materia prima y el almacén de producto terminado.

Las instalaciones constan de una planta baja donde se encuentran las dos líneas de fabricación además de los almacenes, muelles de carga y descarga, los vestuarios de los operarios y un comedor, mientras que el área de oficinas se encuentra en la planta superior.

5.1. Evaluación y adecuación de atmósferas explosivas (ATEX).

Todas aquellas empresas afectadas por la potencial presencia de atmósferas explosivas dentro de su actividad deben adoptar las medidas necesarias para cumplir con los requisitos de la Directiva 1999/92/CE 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 dichas atmósferas explosivas en el lugar de trabajo (traspuesta a la legislación española en el RD 681/2003).

Cada una de las medidas contempladas en las instalaciones se recogen en el Documento de Protección Contra Explosiones (DPCE), el cual debe ser revisado periódicamente para asegurar su vigencia y la aplicación práctica de las medidas descritas en este. Independientemente de lo anterior, el DPCE se revisará cada vez que se produzcan modificaciones importantes de los riesgos o instalaciones afectadas.

La empresa QUIMISAS, S.A. dedica su actividad principal a la fabricación de productos de panadería, proceso productivo que utiliza productos en estado de gas, vapor, niebla o polvo y que pueden generar atmósferas explosivas, presentadas en el apartado siguiente.

Para el análisis de las zonas ATEX, no todas las etapas del proceso productivo están afectadas por el alcance de dicho estudio. Únicamente son de alcance las etapas del proceso en las que exista la posibilidad de formación de una nube o capa de polvo, o un escape de vapor o gas inflamable. En base a esto, las etapas del proceso productivo en las que existe posibilidad de formación de ATEX son las iniciales:

- Descarga de camión cisterna hacia los silos de almacenamiento de harina.
- Almacenamiento de harina en silos.
- Transporte neumático hasta el dosificador de la línea de producción.
- Dosificación de harina desde el dosificador hasta las amasadoras.

A partir de las amasadoras, la mezcla con agua no permite la formación de nubes o capas de polvo por harina luego el resto del proceso queda fuera del alcance del presente TFM. De forma esquemática, el proceso es el representado en la figura siguiente.

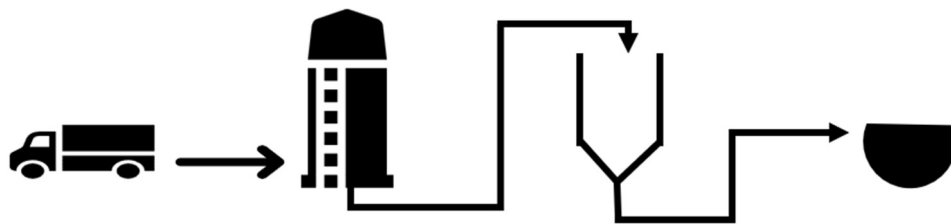


Figura 20. Diagrama de flujo del proceso de la harina.

De forma resumida, las etapas del proceso donde existe posibilidad de formación de nube o capa de polvo son las presentadas en la figura siguiente, de acuerdo con el diagrama de bloques de las etapas descritas.



Figura 21. Diagrama de bloques de las etapas.

5.1.1. Identificación de las sustancias inflamables.

De acuerdo con la identificación de sustancias inflamables o combustibles descrita en la metodología del presente proyecto, se establece la siguiente caracterización de sustancias implicadas mediante los datos obtenidos de la ficha de seguridad (FDS) de cada una de las sustancias, o en su defecto, de la norma UNE EN 202007:2006 IN o de la base de datos *GESTIS Substance DataBase*. La tabla siguiente muestra las principales propiedades de las sustancias gaseosas presentes en el proceso productivo y la tabla 20 las de los sólidos en polvo.

Tabla 20. Caracterización de las sustancias implicadas (GAS/LÍQUIDO).

Sustancia	Gas natural	Hidrógeno
Fórmula	CH ₄	H ₂
Nº CAS	74-82-8	1333-74-0
Temperatura de inflamación (°C)	-135	-221,3
LII (%)	4,4	4
LSI (%)	17	75
Punto de ebullición (°C)	-161,4	-252,7
Densidad relativa del gas o vapor respecto al aire	0,554	0,07
Temperatura de autoignición (°C)	537	500
Grupo y clase de temperatura	IIA T1	IIC T1

En la tabla anterior se muestra que las sustancias gaseosas presentes en el proceso productivo son el gas natural e hidrógeno. Por sus propiedades (punto de inflamación inferior a 38°C) puede verse que se trata de sustancias inflamables, por lo que son susceptibles de generar una atmósfera inflamable.

De igual manera, en la tabla 20 correspondiente a la tabla siguiente se establecen las características para las sustancias en forma de polvo presentes en el proceso productivo. En el caso que aplica, únicamente se identifica la harina de trigo que en forma de polvo puede formar una atmósfera explosiva.

Tabla 21. Caracterización de las sustancias implicadas (POLVO).

Sustancia	Harina de trigo
Tamaño de partícula (μm)	65
CME (g/m^3)	60
Pmáx (kPa)	8,3
Kst	87
Clase Exp	St1
EMI (mJ)	100
TMI n ($^{\circ}\text{C}$)	430
$2/3 \cdot \text{TIN}$ ($^{\circ}\text{C}$)	286,67
TMI c ($5\text{mm}^{\circ}\text{C}$)	490
TIC - 75 ($^{\circ}\text{C}$)	415
Tmax ($^{\circ}\text{C}$)	286
Grupo de polvo	IIIB

En las tablas anteriores se indica la categorización establecida para cada una de las sustancias trasegadas en el proceso conforme a la información obtenida de la base de datos. Esta categorización corresponde a: IIA T1 para gas natural, IIC T1 para hidrógeno y IIIB T286 para la harina de trigo.

5.2. Identificación de zonas.

En el siguiente punto se detallan las instalaciones donde se utilizan las sustancias anteriores, de forma que existe la posibilidad de que en su interior se generen mezclas explosivas de aire con alguna de dichas sustancias.

Para el detalle de estas instalaciones, se ha realizado la presentación de una tabla en la que se indica la numeración de la zona, el tipo de instalación que se va a describir, la propia descripción de esta zona, el proceso realizado en la instalación y las sustancias inflamables presentes en el proceso.

Tabla 22. Descripción de las zonas con posibilidad de formación de ATEX.

Zona	Tipo de instalación	Breve descripción de la instalación	Breve descripción del proceso	Sustancias inflamables presentes
ZONA 1. SILOS	Sala de silos de almacenamiento de harina.	<p>Sala de ubicación de los silos de almacenaje de harina, cargados desde el exterior de las instalaciones mediante camiones.</p> <p>La parte inferior de los silos incluye válvulas rotativas y filtros de partículas finas, además de células de carga para conocer en valor de pesada del interior del silo.</p> <p>Para la descarga de cisternas, se dispone de un cuadro de control de apertura de válvulas que permite parar la descarga en caso de sobrepresión interna del silo.</p> <p>Además, la parte exterior está habilitada con puesta a tierra para el camión cisterna durante la operativa de descarga.</p>	Los silos desembocan en dosificadores a los cuales se transporta la harina mediante un sistema de impulsión formado por bombas, ubicadas en la parte inferior de los silos.	Harina

<p>ZONA 2. ZONA TRIMIX</p>	<p>Zona de dosificación</p>	<p>Esta zona forma parte de la sala de producción de la instalación. Cuenta con varios dosificadores de la harina necesaria para el proceso.</p> <p>La sala de producción se encuentra refrigerada de forma que las condiciones de temperatura son controladas por los operarios.</p>	<p>El dosificador proporciona la cantidad de harina requerida para posteriormente mezclar la harina en las amasadoras donde se adicionará manualmente el resto de los ingredientes líquidos.</p> <p>Durante la adición de harina desde el dosificador, se realiza la aspiración localizada del producto para posteriormente filtrarlo y extraerlo por el sistema de aspiración que se encuentra en la parte exterior de la instalación.</p>	<p>Harina</p>
<p>ZONA 3. INSTALACIÓN DE GAS NATURAL</p>	<p>Instalación para la adecuación, distribución y consumo de gas natural para la alimentación de calderas y hornos.</p>	<p>Cada una de las partes de la instalación se encuentra ubicada en una zona distinta, bien sea en el exterior de la planta productiva como en el interior.</p> <p>La estación de regulación y medida (ERM) se encuentra ubicada en una zona próxima al parking privado de la empresa, separada físicamente mediante un vallado perimetral con dos puertas de acceso.</p> <p>El gas natural circulará desde la ERM hasta las diferentes instalaciones del proceso en las que se utiliza, bien sea hasta las calderas o hasta los hornos de las líneas productivas.</p>	<p>En esta instalación descrita se realiza la distribución de gas inflamable mediante tuberías, apareciendo la posibilidad de formación de atmósferas explosivas en caso de fuga de bridas y de los componentes de las rampas de gas.</p>	<p>Gas natural</p>

<p>ZONA 4. CARGA DE BATERÍAS</p>	<p>Puntos de carga de batería de hidrógeno.</p>	<p>Existen varias ubicaciones dentro de la instalación. Esta zona engloba todos los puntos de carga de la planta productiva.</p>	<p>Los puntos de carga de las baterías se encuentran ubicados alrededor de la zona de producción de la planta, luego cuentan con las mismas condiciones de ventilación general que el resto de la instalación.</p> <p>Durante el proceso de carga de baterías de plomo, existe la posibilidad de producirse emisiones de hidrógeno especialmente cuando la batería está totalmente cargada y continúa conectada al cargador, siendo este momento el pico de emisión de hidrógeno del proceso.</p>	<p>Hidrógeno</p>
---	---	--	---	------------------

5.3. Clasificación de zonas.

Siguiendo los criterios establecidos en la metodología descrita en el apartado 5 del presente proyecto para la clasificación de zonas, se obtienen los resultados presentes a continuación.

En la tabla donde se realiza la clasificación de zonas se identifica la instalación clasificada, la fuente de escape que se produce y su localización en la instalación, la diferenciación entre gas/vapor o polvo, la probabilidad de que se produzca un escape (Continuo, Primario o Secundario), las características de la ventilación para el caso de gas/vapor, el tipo de zona y la extensión de esta.

Cabe destacar que se considera la desclasificación de zonas cuando:

- Zonas con gas/líquido inflamable: existen sistemas de detección de fuga de gas inflamable conectados a una válvula que permita el cierre de la alimentación de gas o de corriente eléctrica a la zona clasificada, evitando así los factores necesarios para la formación de una atmósfera explosiva (sustancia inflamable, oxígeno y fuente de ignición).
- Zonas con polvo combustible: existe un procedimiento de limpieza específico para polvo que permite eliminar la sustancia sin formar una nube, evitando así un espesor de capa suficiente para la formación de atmósferas explosivas.

Tabla 23. Clasificación de la zona 1 de la instalación.

ZONA 1. SILOS

Ref.	Instalación	Fuente de escape		Gas, vapor o niebla	Polvo	Grado de escape (gas) / emisión (polvo)	Ventilación / Aspiración Localizada			Formación nube o capa polvo	Zona de riesgo actual	
		Descripción	Localización				Tipo	Grado	Disponibilidad		Tipo de zona	Extensión de la zona / Comentarios
1.1	Silos de harina	Presencia de polvo durante la carga del silo	Interior del silo	-	X	C	-	-	-	X	20	Todo el interior del silo.
1.2	Silos de harina	Presencia de polvo por fugas en conexiones de la tubería de transporte	Interior del faldón del silo	-	X	S	-	-	-	X	22	Todo el interior del faldón del silo.
1.3	Zona descarga cisternas	Presencia de polvo por rotura o mal posicionamiento de la manguera	Alrededor de las bocas de conexión	-	X	S	-	-	-	X	22 (ED) Sin clasificar	Sin extensión <i>Nota: Se desclasifica la zona con la existencia de un control de fugas y limpieza durante la operativa de descarga.</i>

Tabla 24. Clasificación de la zona 2 de la instalación.

ZONA 2. ZONA TRIMIX

Ref.	Instalación	Fuente de escape		Gas, vapor o niebla	Polvo	Grado de escape (gas) / emisión (polvo)	Ventilación / Aspiración Localizada			Formación nube o capa polvo	Zona de riesgo actual	
		Descripción	Localización				Tipo	Grado	Disponibilidad		Tipo de zona	Extensión de la zona / Comentarios
2.1	Dosificador	Presencia de polvo durante la descarga de harina	Boca de descarga del dosificador	-	X	S	-	-	-	X	22	Esfera de radio igual a 1 metro alrededor de la boca de descarga.
2.2	Dosificador	Presencia de polvo durante el trasiego de harina	Interior del equipo	-	X	C	-	-	-	X	20	Interior del dosificador por donde se trasiega harina hasta la boca de descarga.
2.3	Sistema de aspiración	Presencia de polvo debido a una fuga en conducciones del sistema de aspiración	Conducciones	-	X	S	-	-	-	X	22	Esfera de radio igual a 1 metro alrededor de las conducciones del sistema de aspiración.

Tabla 25. Clasificación de la zona 3 de la instalación.

ZONA 3. INSTALACIÓN DE GAS NATURAL

Ref.	Instalación	Fuente de escape		Gas, vapor o niebla	Polvo	Grado de escape (gas) / emisión (polvo)	Ventilación / Aspiración Localizada			Formación nube o capa polvo	Zona de riesgo actual	
		Descripción	Localización				Tipo	Grado	Disponibilidad		Tipo de zona	Extensión de la zona / Comentarios
3.1	ERM	Fugas de gas natural por los elementos que forman la ERM	Alrededor de los elementos de regulación y medida	X	-	S	Natural	Medio	Justa	-	2	En todo el recinto donde se encuentra la ERM.
3.2	Calderas	Fugas de gas en los elementos que componen la rampa de gas	Alrededor de los elementos de la rampa de gas	X	-	S	Natural	Medio	Justa	-	2 (ED) Sin clasificar	Sin extensión. Nota: Se desclasifica la zona debido a la disposición de sensores de gas enclavados con una válvula de corte de entrada de gas a la sala.
3.3	Hornos	Fugas de gas en los elementos que componen la rampa de gas	Alrededor de los elementos de la rampa de gas	X	-	S	Natural	Medio	Justa	-	2	Esfera de radio igual a 0,5 m alrededor de los quemadores de los hornos de las líneas de producción.
3.4	Tuberías de transporte del gas	Falta de estanqueidad en las uniones embridadas o en las válvulas existentes a lo largo de las tuberías	Conexiones y bridas	X	-	S	Natural	Medio	Justa	-	2	Esfera de radio igual a 1 m en todas direcciones alrededor de las válvulas, uniones embridadas e instrumentación que se encuentre pinchada a la tubería.

Tabla 26. Clasificación de la zona 4 de la instalación.

ZONA 4. CARGA DE BATERÍAS

Ref.	Instalación	Fuente de escape		Gas, vapor o niebla	Polvo	Grado de escape (gas) / emisión (polvo)	Ventilación / Aspiración Localizada			Formación nube o capa polvo	Zona de riesgo actual	
		Descripción	Localización				Tipo	Grado	Disponibilidad		Tipo de zona	Extensión de la zona / Comentarios
4.1	Zona de carga de batería	Durante la fase de carga de baterías	En la parte superior de la batería	X	-	S	Natural	Medio	Justa	-	2	Esfera de radio 1m alrededor de los bornes de las baterías.

De acuerdo con los resultados representados en las tablas anteriores, se establecen los siguientes resultados.

En la primera tabla, relacionada con la zona ATEX identificada como “Zona 1. Silos” y correspondiente a los silos de almacenamiento de harina, se identifican 3 subzonas. La zona que presenta mayor probabilidad de formación de ATEX y, por tanto, mayor peligrosidad, es el interior del silo, donde la presencia de la atmósfera es continua, ya que la sustancia combustible (en este caso, la harina) se encuentra presente en todo momento y, por tanto, acumulación constante de polvo. Para el faldón del silo, se ha clasificado todo el faldón puesto que es un recinto cerrado en el que existe la posibilidad de que haya presencia de una nube de polvo por fuga en alguna de las conexiones de la tubería con el proceso productivo durante el funcionamiento del transporte neumático. Por último, se ha considerado como desclasificada la zona de descarga de cisternas, correspondiente a la subzona 1.3, debido a la existencia de un sistema de control de fugas para evitar la mezcla de polvo combustible con oxígeno y una fuente de ignición durante el proceso de descarga del camión cisterna.

En la segunda tabla, relacionada con la zona ATEX identificada como “Zona 2. Zona Trimix” y correspondiente a la sala de dosificación de harina procedente de la zona 1, se identifican 4 subzonas. La zona que presenta mayor probabilidad de formación de ATEX y, por tanto, mayor peligrosidad, es el interior del dosificador, donde la presencia de la nube de polvo es continua a través de las conducciones del equipo debido al trasiego de la propia sustancia. Para el sistema de aspiración localizada se ha considerado zona 20 para la atmósfera interna y zona 22 alrededor del equipo, ya que el filtro de mangas genera una nube de polvo durante la aspiración localizada (atmósfera interna) y otra nube de polvo cuando se rompe alguna de las mangas que lo conforman (atmósfera externa). Además, se ha clasificado una atmósfera externa alrededor del dosificador como zona 22 cuando se realiza la descarga por la boca del dosificador que sigue una periodicidad y no es continua.

En la tercera tabla, relacionada con la zona ATEX identificada como “Zona 3. Instalación de gas natural” se agrupan todas aquellas partes de la instalación en las que se utiliza o circula gas natural, por lo que se identifican 4 subzonas. Tanto la ERM (Estación de Regulación y Medida), como los hornos de las líneas y las tuberías por las que circula el gas natural, se han clasificado como zona 2 debido a la posibilidad de formación de una atmósfera explosiva en caso de que fugue vapor procedente del gas natural. No obstante, la sala donde se ubican las calderas queda desclasificada debido a la existencia de un sistema de detección de fugas que, en caso de detectar la presencia de gas en la sala, corta la alimentación de gas procedente de la ERM a la sala de calderas mediante una válvula de corte, impidiendo así que se alcance la concentración mínima necesaria para la formación de la ATEX.

En la última tabla, relacionada con la zona ATEX identificada como “Zona 4. Carga de baterías” se identifica únicamente una subzona que corresponde a cada uno de los cargadores de baterías colocados en diferentes ubicaciones de la zona de producción. Se ha clasificado como zona 2 debido a la liberación de hidrógeno durante la carga de la batería, especialmente cuando esta se encuentra totalmente cargada y continúa conectada al cargador.

5.4. Evaluación del riesgo de explosión.

En base a las características de las instalaciones y las sustancias utilizadas en los procesos objeto de análisis, y que han sido descritas en los apartados precedentes, se han obtenido los resultados de la evaluación de riesgos representados en la tabla siguiente donde quedará diferenciado el resultado en la columna de “Riesgo potencial” de acuerdo con la metodología del presente TFM.

La siguiente tabla incluye la referencia al punto de la clasificación de zonas que hace referencia, el equipo conforme a la clasificación de zonas, la ubicación en la que se encuentra la posible atmósfera explosiva, la zona clasificada anteriormente, la posible fuente de ignición con sus causas y el estudio de probabilidades, obteniendo como resultado el riesgo potencial.

Tabla 27. Evaluación de riesgos de la zona 1.

ZONA 1. SILOS

Ref.	Equipo	Ubicación	Zona	Fuente de ignición	Causas	Probabilidad (fuente ignición)	Probabilidad (explosión)	Consecuencia (explosión)	Riesgo potencial
1.1.1	Silos de harina	Interior del silo	20	Superficies calientes	Mal funcionamiento de los equipos eléctricos	Posible en caso de disfunción	Ocasional	Mayor	B
1.1.2	Silos de harina	Interior del silo	20	Llamas y gases calientes	Durante operaciones de mantenimiento	Posible en caso de disfunción	Ocasional	Mayor	B
1.1.3	Silos de harina	Interior del silo	20	Chispas de origen mecánico	Mal funcionamiento de los elementos giratorios	Posible en caso de disfunción	Ocasional	Mayor	B
1.1.4	Silos de harina	Interior del silo	20	Material eléctrico	Posible uso de equipos o instalaciones eléctricas no acorde a la categoría exigida	Posible en caso de disfunción	Ocasional	Mayor	B
1.1.5	Silos de harina	Interior del silo	20	Electricidad estática	Descargas electroestáticas	Posible en caso de disfunción raro	Remoto	Mayor	B

ZONA 1. SILOS

Ref.	Equipo	Ubicación	Zona	Fuente de ignición	Causas	Probabilidad (fuente ignición)	Probabilidad (explosión)	Consecuencia (explosión)	Riesgo potencial
1.2.1	Silos de harina	Interior del faldón del silo	22	Superficies calientes	Mal funcionamiento de los equipos eléctricos	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
1.2.2	Silos de harina	Interior del faldón del silo	22	Llamas y gases calientes	Durante operaciones de mantenimiento	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
1.2.3	Silos de harina	Interior del faldón del silo	22	Chispas de origen mecánico	Mal funcionamiento de los elementos giratorios	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
1.2.4	Silos de harina	Interior del faldón del silo	22	Material eléctrico	Posible uso de equipos o instalaciones eléctricas no acorde a la categoría exigida	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
1.2.5	Silos de harina	Interior del faldón del silo	22	Electricidad estática	Descargas electroestáticas	Posible en caso de disfunción raro	Improbable	Mayor	C

ZONA 1. SILOS

Ref.	Equipo	Ubicación	Zona	Fuente de ignición	Causas	Probabilidad (fuente ignición)	Probabilidad (explosión)	Consecuencia (explosión)	Riesgo potencial
1.3.1	Zona descarga cisternas	Alrededor de las bocas de conexión	22 (ED)	Superficies calientes	Mal funcionamiento de los equipos eléctricos	Posible en caso de disfunción	Improbable	Mayor	C
1.3.2	Zona descarga cisternas	Alrededor de las bocas de conexión	22 (ED)	Llamas y gases calientes	Durante operaciones de mantenimiento	Posible en caso de disfunción	Improbable	Mayor	C
1.3.3	Zona descarga cisternas	Alrededor de las bocas de conexión	22 (ED)	Chispas de origen mecánico	Mal funcionamiento de los elementos giratorios	Posible en caso de disfunción	Improbable	Mayor	C
1.3.4	Zona descarga cisternas	Alrededor de las bocas de conexión	22 (ED)	Material eléctrico	Posible uso de equipos o instalaciones eléctricas no acorde a la categoría exigida	Posible en caso de disfunción	Improbable	Mayor	C
1.3.5	Zona descarga cisternas	Alrededor de las bocas de conexión	22 (ED)	Electricidad estática	Descargas electroestáticas	Posible en caso de disfunción raro	Improbable	Mayor	C

Tabla 28. Evaluación de riesgos de la zona 2.

ZONA 2. ZONA TRIMIX

Ref.	Equipo	Ubicación	Zona	Fuente de ignición	Causas	Probabilidad (fuente ignición)	Probabilidad (explosión)	Consecuencia (explosión)	Riesgo potencial
2.1.1	Dosificador	Boca de descarga del dosificador	22	Superficies calientes	Mal funcionamiento de los equipos eléctricos	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
2.1.2	Dosificador	Boca de descarga del dosificador	22	Llamas y gases calientes	Durante operaciones de mantenimiento	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
2.1.3	Dosificador	Boca de descarga del dosificador	22	Chispas de origen mecánico	Mal funcionamiento de los elementos giratorios	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
2.1.4	Dosificador	Boca de descarga del dosificador	22	Material eléctrico	Posible uso de equipos o instalaciones eléctricas no acorde a la categoría exigida	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
2.1.5	Dosificador	Boca de descarga del dosificador	22	Electricidad estática	Descargas electroestáticas	Posible en caso de disfunción raro	Improbable	Mayor	C

ZONA 2. ZONA TRIMIX

Ref.	Equipo	Ubicación	Zona	Fuente de ignición	Causas	Probabilidad (fuente ignición)	Probabilidad (explosión)	Consecuencia (explosión)	Riesgo potencial
2.2.1	Dosificador	Interior del dosificador	20	Superficies calientes	Mal funcionamiento de los equipos eléctricos	Posible en caso de disfunción	Ocasional	Mayor	B
2.2.2	Dosificador	Interior del dosificador	20	Llamas y gases calientes	Durante operaciones de mantenimiento	Posible en caso de disfunción	Ocasional	Mayor	B
2.2.3	Dosificador	Interior del dosificador	20	Chispas de origen mecánico	Mal funcionamiento de los elementos giratorios	Posible en caso de disfunción	Ocasional	Mayor	B
2.2.4	Dosificador	Interior del dosificador	20	Material eléctrico	Posible uso de equipos o instalaciones eléctricas no acorde a la categoría exigida	Posible en caso de disfunción	Ocasional	Mayor	B
2.2.5	Dosificador	Interior del dosificador	20	Electricidad estática	Descargas electroestáticas	Posible en caso de disfunción raro	Remoto	Mayor	B

ZONA 2. ZONA TRIMIX

Ref.	Equipo	Ubicación	Zona	Fuente de ignición	Causas	Probabilidad (fuente ignición)	Probabilidad (explosión)	Consecuencia (explosión)	Riesgo potencial
2.3.1	Sistema de aspiración	Conducciones	22	Superficies calientes	Mal funcionamiento de los equipos eléctricos	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
2.3.2	Sistema de aspiración	Conducciones	22	Llamas y gases calientes	Durante operaciones de mantenimiento	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
2.3.3	Sistema de aspiración	Conducciones	22	Chispas de origen mecánico	Mal funcionamiento de los elementos giratorios	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
2.3.4	Sistema de aspiración	Conducciones	22	Material eléctrico	Posible uso de equipos o instalaciones eléctricas no acorde a la categoría exigida	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
2.3.5	Sistema de aspiración	Conducciones	22	Electricidad estática	Descargas electroestáticas	Posible en caso de disfunción raro	Improbable	Mayor	C

ZONA 2. ZONA TRIMIX

Ref.	Equipo	Ubicación	Zona	Fuente de ignición	Causas	Probabilidad (fuente ignición)	Probabilidad (explosión)	Consecuencia (explosión)	Riesgo potencial
2.4.1	Sistema de aspiración	Interior del filtro	Int 20/ Ext 22	Superficies calientes	Mal funcionamiento de los equipos eléctricos	Posible en caso de disfunción	Ocasional	Mayor	B
2.4.2	Sistema de aspiración	Interior del filtro	Int 20/ Ext 22	Llamas y gases calientes	Durante operaciones de mantenimiento	Posible en caso de disfunción	Ocasional	Mayor	B
2.4.3	Sistema de aspiración	Interior del filtro	Int 20/ Ext 22	Chispas de origen mecánico	Mal funcionamiento de los elementos giratorios	Posible en caso de disfunción	Ocasional	Mayor	B
2.4.4	Sistema de aspiración	Interior del filtro	Int 20/ Ext 22	Material eléctrico	Posible uso de equipos o instalaciones eléctricas no acorde a la categoría exigida	Posible en caso de disfunción	Ocasional	Mayor	B
2.4.5	Sistema de aspiración	Interior del filtro	Int 20/ Ext 22	Electricidad estática	Descargas electroestáticas	Posible en caso de disfunción raro	Ocasional	Mayor	B

Tabla 29. Evaluación de riesgos de la zona 3.

ZONA 3. INSTALACIÓN DE GAS NATURAL

Ref.	Equipo	Ubicación	Zona	Fuente de ignición	Causas	Probabilidad (fuente ignición)	Probabilidad (explosión)	Consecuencia (explosión)	Riesgo potencial
3.1.1	ERM	Alrededor de los elementos de regulación y medida	2	Superficies calientes	Mal funcionamiento de los equipos eléctricos	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
3.1.2	ERM	Alrededor de los elementos de regulación y medida	2	Llamas y gases calientes	Durante operaciones de mantenimiento	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
3.1.3	ERM	Alrededor de los elementos de regulación y medida	2	Chispas de origen mecánico	Mal funcionamiento de los elementos giratorios	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
3.1.4	ERM	Alrededor de los elementos de regulación y medida	2	Material eléctrico	Posible uso de equipos o instalaciones eléctricas no acorde a la categoría exigida	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
3.1.5	ERM	Alrededor de los elementos de regulación y medida	2	Electricidad estática	Descargas electroestáticas	Posible en caso de disfunción raro	Improbable	Mayor	C

ZONA 3. INSTALACIÓN DE GAS NATURAL

Ref.	Equipo	Ubicación	Zona	Fuente de ignición	Causas	Probabilidad (fuente ignición)	Probabilidad (explosión)	Consecuencia (explosión)	Riesgo potencial
3.2.1	Calderas	Alrededor de los elementos de la rampa de gas	2 (ED)	Superficies calientes	Mal funcionamiento de los equipos eléctricos	Posible en caso de disfunción	Improbable	Mayor	C
3.2.2	Calderas	Alrededor de los elementos de la rampa de gas	2 (ED)	Llamas y gases calientes	Durante operaciones de mantenimiento	Posible en caso de disfunción	Improbable	Mayor	C
3.2.3	Calderas	Alrededor de los elementos de la rampa de gas	2 (ED)	Chispas de origen mecánico	Mal funcionamiento de los elementos giratorios	Posible en caso de disfunción	Improbable	Mayor	C
3.2.4	Calderas	Alrededor de los elementos de la rampa de gas	2 (ED)	Material eléctrico	Posible uso de equipos o instalaciones eléctricas no acorde a la categoría exigida	Posible en caso de disfunción	Improbable	Mayor	C
3.2.5	Calderas	Alrededor de los elementos de la rampa de gas	2 (ED)	Electricidad estática	Descargas electroestáticas	Posible en caso de disfunción raro	Improbable	Mayor	C

ZONA 3. INSTALACIÓN DE GAS NATURAL

Ref.	Equipo	Ubicación	Zona	Fuente de ignición	Causas	Probabilidad (fuente ignición)	Probabilidad (explosión)	Consecuencia (explosión)	Riesgo potencial
3.3.1	Hornos	Alrededor de los elementos de la rampa de gas	2	Superficies calientes	Mal funcionamiento de los equipos eléctricos	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
3.3.2	Hornos	Alrededor de los elementos de la rampa de gas	2	Llamas y gases calientes	Durante operaciones de mantenimiento	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
3.3.3	Hornos	Alrededor de los elementos de la rampa de gas	2	Chispas de origen mecánico	Mal funcionamiento de los elementos giratorios	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
3.3.4	Hornos	Alrededor de los elementos de la rampa de gas	2	Material eléctrico	Posible uso de equipos o instalaciones eléctricas no acorde a la categoría exigida	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
3.3.5	Hornos	Alrededor de los elementos de la rampa de gas	2	Electricidad estática	Descargas electroestáticas	Posible en caso de disfunción raro	Improbable	Mayor	C

ZONA 3. INSTALACIÓN DE GAS NATURAL

Ref.	Equipo	Ubicación	Zona	Fuente de ignición	Causas	Probabilidad (fuente ignición)	Probabilidad (explosión)	Consecuencia (explosión)	Riesgo potencial
3.4.1	Tuberías de transporte de gas	Conexiones y bridas	2	Superficies calientes	Mal funcionamiento de los equipos eléctricos	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
3.4.2	Tuberías de transporte de gas	Conexiones y bridas	2	Llamas y gases calientes	Durante operaciones de mantenimiento	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
3.4.3	Tuberías de transporte de gas	Conexiones y bridas	2	Chispas de origen mecánico	Mal funcionamiento de los elementos giratorios	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
3.4.4	Tuberías de transporte de gas	Conexiones y bridas	2	Material eléctrico	Posible uso de equipos o instalaciones eléctricas no acorde a la categoría exigida	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
3.4.5	Tuberías de transporte de gas	Conexiones y bridas	2	Electricidad estática	Descargas electroestáticas	Posible en caso de disfunción raro	Improbable	Mayor	C

Tabla 30. Evaluación de riesgos de la zona 4.

ZONA 4. CARGA DE BATERÍAS

Ref.	Equipo	Ubicación	Zona	Fuente de ignición	Causas	Probabilidad (fuente ignición)	Probabilidad (explosión)	Consecuencia (explosión)	Riesgo potencial
4.1.1	Zona de carga de baterías	En la parte superior de la batería	2	Superficies calientes	Mal funcionamiento de los equipos eléctricos	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
4.1.2	Zona de carga de baterías	En la parte superior de la batería	2	Llamas y gases calientes	Durante operaciones de mantenimiento	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
4.1.3	Zona de carga de baterías	En la parte superior de la batería	2	Chispas de origen mecánico	Mal funcionamiento de los elementos giratorios	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
4.1.4	Zona de carga de baterías	En la parte superior de la batería	2	Material eléctrico	Posible uso de equipos o instalaciones eléctricas no acorde a la categoría exigida	Posible en caso de disfunción	Remoto	Mayor	B
4.1.5	Zona de carga de baterías	En la parte superior de la batería	2	Electricidad estática	Descargas electrostáticas	Posible en caso de disfunción raro	Improbable	Mayor	C

Tras la evaluación de riesgos de las diferentes zonas, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 31. Resumen de resultados de los escenarios de la evaluación de riesgos.

Zona	Nº de escenarios según el riesgo			
	Alto	Medio	Bajo	Despreciable
1	0	9	6	0
2	0	18	2	0
3	0	12	8	0
4	0	4	1	0

De acuerdo con los resultados, todas las zonas presentan riesgo medio de formación de ATEX. Estas zonas corresponden a los interiores del silo donde la posibilidad de formación de una AETX es previsible, de igual forma que en el interior del dosificador o del filtro, donde la nube de polvo durante el funcionamiento del proceso productivo es frecuente. Estos escenarios de riesgo medio representan situaciones donde la probabilidad de ocurrencia de un accidente por formación de atmósfera explosiva y/o las consecuencias de este fenómeno son significativas. Por ello, estos escenarios requieren acciones para eliminar o reducir el riesgo en la medida de lo posible, aunque menos severas que las medidas aplicables al riesgo alto, pudiendo ser medidas organizativas o formación del personal que realiza alguna operativa en estas zonas.

Los escenarios de riesgo bajo, también presentes en las cuatro zonas, no representan una amenaza inmediata significativa. No es necesaria la aplicación de medidas ante estos escenarios, pero sí se debe continuar con las medidas ya existentes para que este riesgo no se agrave.


5.5. Medidas correctoras.

Tras la evaluación de riesgos, y teniendo en cuenta los resultados presentes en la inspección de equipos del siguiente apartado, se presentan las medidas correctoras aplicadas o pendientes de aplicar en la instalación.

En la siguiente tabla se numeran las medidas correctoras relacionadas con el presente TFM, de forma que se describe la instalación a la que hace referencia, la descripción de la medida con su clasificación según el tipo de medida, el estado en el que se encuentra (implantada, en proceso o pendiente), los comentarios explicativos de la medida a implantar y la justificación del estado en el que se encuentran.

ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

Tabla 32. Medidas correctoras a aplicar en la instalación.

Ref.	INSTALACIÓN	MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN	CLASE DE MEDIDA	ESTATUS	PRIORIDAD	COMENTARIOS	JUSTIFICACIÓN DE RESULTADOS
1	Todas	Los componentes, equipos, máquinas, elementos de mando y control, sistemas de protección, etc. destinados a trabajar en las zonas clasificadas (según la "Clasificación de zonas") deben cumplir con los niveles de protección adecuado.	A2	En proceso	A - Máxima	<p>La "Inspección de equipos" actualmente instalados en la planta se presenta en el apartado correspondiente del presente documento. A partir de esta inspección se deben emprender diversas acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aquellos equipos cuyo resultado es INCORRECTO se deben cambiar o adaptar. - Los equipos en los que el resultado es A VERIFICAR se debe realizar lo indicado en la columna ACCIÓN. <p>Una vez tomadas estas medidas se considerará implantada la medida de minimización.</p>	Esta medida queda como "En proceso" ya que la Inspección de equipos está en proceso de evaluación, no dándose como concluida. Quedará como implantada una vez se hayan realizado las acciones indicadas en la columna ACCIÓN de la inspección de equipos.
2	Todas	Señalizar convenientemente las áreas con riesgo de explosión, adjuntando señalización de, prohibido hacer llama y prohibido uso de teléfonos móviles en zonas clasificadas, etc.	B2	Implantada	A - Máxima	<p>En el caso de recintos o armarios clasificados completamente, se debe colocar la señal en la puerta de acceso. Mientras que en el caso de zonas puntuales se puede señalar con una línea amarilla marcada en el suelo que delimite las zonas afectadas y rotulación de las letras EX.</p> <div style="text-align: center;">  <p>Zona con riesgos de atmósferas explosivas</p> </div>	Esta medida queda como "En proceso" ya que deberán señalizarse todas las zonas clasificadas según lo establecido en la clasificación de zonas del presente documento.

ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

Ref.	INSTALACIÓN	MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN	CLASE DE MEDIDA	ESTATUS	PRIORIDAD	COMENTARIOS	JUSTIFICACIÓN DE RESULTADOS
3	Todas	Todos los trabajos externos o internos distintos de los propios del proceso analizado, y que puedan ser origen de fuentes de ignición tales como superficies calientes, llamas, chispas, etc. estarán sometidos al sistema de Permiso de Trabajo.	B2	Pendiente	A - Máxima		Esta medida queda como "Pendiente" ya que la empresa no tiene establecidos Permisos de Trabajo para realizar trabajos que puedan generar fuentes de ignición en zonas clasificadas, luego deberá aportarse documentación que estandarice estos permisos.
4	Todas	Se recomienda el uso por parte del personal que trabaja en zonas clasificadas de calzado con propiedades antiestáticas.	A2	Implantada	---	El uso de calzado de seguridad tipo S1 o S2 o S3, asegura la continuidad entre el cuerpo y el suelo.	Esta medida queda como "Implantada" ya que la empresa establece la obligación de calzado de seguridad adecuado para las zonas clasificadas.
5	Todas	Todas las instalaciones exteriores clasificadas ATEX deben estar protegidas por un pararrayos.	A2	Implantada	---	Las instalaciones clasificadas por ATEX deben estar protegidas con instalación de pararrayos, disponiendo de un contrato de mantenimiento y revisiones anuales del sistema. Se deberá aportar documentación que verifique las revisiones anuales del pararrayos.	Esta medida queda como "Implantada" mediante la aportación de documentación que verifica las revisiones periódicas que se realizan al pararrayos.
6	Todas	Procedimentar la prohibición de utilización de teléfonos móviles en las zonas clasificadas.	B2	Implantada	---	Informar de la prohibición del uso de móviles en las zonas clasificadas mediante la señal correspondiente.	Esta medida queda como "Implantada" ya que la empresa establece la prohibición del uso de teléfonos móviles en todo el recinto.

ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

Ref.	INSTALACIÓN	MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN	CLASE DE MEDIDA	ESTATUS	PRIORIDAD	COMENTARIOS	JUSTIFICACIÓN DE RESULTADOS
7	Todas	Implantación de un procedimiento de inspección y mantenimiento de equipos destinados a trabajar en áreas de explosión, teniendo en cuenta los requisitos especiales para ellos según norma UNE 60079-17.	B2	En proceso	B - Media	La inspección deberá quedar registrada con un informe que especifique que se ha realizado conforme a la norma UNE EN 60079-17.	Esta medida queda como “En proceso” ya que se realizará posteriormente a la elaboración del presente DPCE, de acuerdo con los resultados que este documento proporcione.
8	Todas	Todos los elementos conductores de las zonas clasificadas deben estar conectados entre sí y a tierra, de manera que ninguno pueda quedar aislado. Estas conexiones equipotenciales deben estar sometidas a revisiones de mantenimiento periódico.	A2	Pendiente	B - Media	Se recomienda la realización de una inspección de la equipotencialidad de todos los elementos instalados en zonas clasificadas al menos una vez al año. La inspección deberá quedar registrada con un informe sobre la equipotencialidad de elementos conductores y pinzas de puesta a tierra.	Esta medida queda como “Pendiente” ya que la empresa no tiene establecida una periodicidad de revisión de la equipotencialidad de los elementos de las zonas clasificadas, ni tampoco establece un registro tras dicha revisión. Deberá procedimentarse la revisión de la equipotencialidad y registrarlo en un documento donde se especifique la fecha, el técnico responsable y los resultados obtenidos.

ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

Ref.	INSTALACIÓN	MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN	CLASE DE MEDIDA	ESTATUS	PRIORIDAD	COMENTARIOS	JUSTIFICACIÓN DE RESULTADOS
9	Todas	Asegurar que todos los trabajadores reciben la formación necesaria sobre prevención de riesgos en áreas con riesgo de explosión.	B1	Pendiente	A - Máxima	Se recomiendan al menos los siguientes cursos inicialmente: -Presentación del Documento de Protección contra Explosiones y las zonas clasificadas (todos los trabajadores). -Conocer la selección y mantenimiento de equipos destinados a trabajar en zonas clasificadas según la norma UNE EN 60079-17 (personal de ingeniería y mantenimiento). Debe estar justificada la formación específica de las personas que realizan estas labores.	Esta medida queda como "Pendiente" debido a que la empresa no justifica la formación de las personas mediante documentación/registro de dicha formación.
10	Todas	Establecer un programa de revisión y mantenimiento del Documento de Protección contra Explosiones (DCPE)	B2	Pendiente	B - Media	El DPCE debe ser un documento vivo, y como tal debe actualizarse siempre que se realice una modificación, ampliación y/o sustitución de equipos, procesos o sustancias. O bien, DPCE debe revisarse con una periodicidad ANUAL, revisando especialmente las MEDIDAS CORRECTORAS y actualizando, en su caso, las medidas implantadas.	Esta medida queda como "Pendiente" ya que la empresa no contaba con un DPCE anterior al presente documento. Se deberá establecer una periodicidad de revisión del documento incluso si no existen modificaciones sustanciales.
11	Todas	Se deben asegurar mediante mantenimiento preventivo el buen funcionamiento de los equipos no eléctricos que se encuentran en zonas clasificadas, para evitar cualquier tipo de desgaste o rotura que genere superficies calientes o chispas.	A2	Pendiente	B - Media	Las inspecciones realizadas a los equipos no eléctricos deben quedar registradas en un informe.	Esta medida queda como "Pendiente" debido a que la empresa no tiene registradas las inspecciones realizadas a los equipos no eléctricos de las zonas clasificadas, luego no permite la comprobación de las mismas.

ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

Ref.	INSTALACIÓN	MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN	CLASE DE MEDIDA	ESTATUS	PRIORIDAD	COMENTARIOS	JUSTIFICACIÓN DE RESULTADOS
12	Todas	Establecer programa de control y limpieza en las zonas donde se puede producir acumulación de polvo, para evitar que se puedan formar capas de espesor descontrolado (+5 mm), o al menos, estas capas de polvo tengan una duración corta (no más de un turno de trabajo). La limpieza de las diferentes zonas debe realizarse con equipos que cumplan los requisitos de seguridad contra explosiones adecuados a la zona donde van a operar.	B2	Pendiente	A - Máxima	La limpieza se debe realizar de manera que no se generen nubes de polvo. Por tanto, la limpieza con aire comprimido y con escoba no son métodos adecuados. Se debe realizar mediante aspiradora ATEX.	Esta medida queda como "Pendiente" ya que la empresa utiliza actualmente la limpieza con escoba, generando nubes de polvo. Se deberá realizar la limpieza mediante una aspiradora ATEX para las zonas clasificadas.
13	Todas	Establecer un plan de emergencia o de evacuación ante el riesgo de incendio o explosión.	B1	Pendiente	A - Máxima	Todos los operarios que trabajen en zonas clasificadas deberán ser conocedores del plan de emergencia o evacuación para conocer la actuación en caso de incendio y/o explosión.	Esta medida queda como "Pendiente" debido a que la empresa no tiene registros sobre la formación de los operarios en el Plan de emergencia ante incendio o explosión.

ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

Ref.	INSTALACIÓN	MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN	CLASE DE MEDIDA	ESTATUS	PRIORIDAD	COMENTARIOS	JUSTIFICACIÓN DE RESULTADOS
14	Todas	Establecer Instrucciones de Trabajo para las diferentes actividades a realizar en zonas clasificadas, donde se especifiquen los pasos a seguir para evitar la generación de fuentes de ignición.	B1	En proceso	B - Media	Para la planta productiva de estudio del presente proyecto, se deben establecer Instrucciones de Trabajo para: -Descarga de cisternas de producto inflamable. -Realización de la carga de baterías.	Esta medida queda como "En proceso" debido a que la empresa sí cuenta con una Instrucción de Trabajo para la carga de baterías, pero no para la descarga de cisternas de producto inflamable. Deberá establecerse una Instrucción de Trabajo para la descarga de camiones cisterna en la zona de Silos quedando entonces como implantada.
15	Silos de harina	Se desclasifica la zona de descarga de camiones cisterna debido a la existencia de un control de fugas y limpieza durante la operativa de descarga.	A1	Implantada	---		Esta medida queda como "Implantada" en base a los resultados obtenidos en la clasificación de zonas del presente documento.
16	Instalación de gas natural	Se desclasifica la sala de calderas mediante un sistema de detección y corte automático de gas en la tubería de entrada de gas a la sala.	A1	Implantada	---		Esta medida queda como "Implantada" en base a los resultados obtenidos en la clasificación de zonas del presente documento.
17	Instalación de gas natural	Realizar inspecciones reglamentarias en instalaciones receptoras de gas.	B1	Implantada	---		Esta medida queda como "Implantada" en base a los resultados obtenidos en la clasificación de zonas del presente documento.
18	Instalación de gas natural	Realizar inspecciones reglamentarias en equipos a presión.	B1	Implantada	---		Esta medida queda como "Implantada" en base a los resultados obtenidos en la clasificación de zonas del presente documento.

En base a los resultados obtenidos en la descripción de las medidas correctoras de la tabla anterior, se deberán realizar las siguientes acciones para establecer como medidas implantadas todas las mencionadas anteriormente.

- Señalizar adecuadamente las zonas clasificadas.
- Procedimentar y estandarizar los Permisos de Trabajo en zonas clasificadas.
- Realizar la inspección de equipotencialidad en zonas clasificadas.
- Mantener registros sobre las inspecciones internas realizadas y la formación de los trabajadores.
- Mantener actualizado el Documento de Protección Contra Explosiones.
- Realizar la Instrucción de Trabajo de la descarga de los camiones cisterna.
- Realizar la limpieza con aspiradora ATEX.

Una vez realizadas esas medidas correctoras, quedarán como “Implantadas” todas las medidas referentes a la instalación descrita en este documento. Estas medidas correctoras deben realizarse en base a la prioridad de aplicación de cada una de ellas, bien sea máxima (hasta 6 meses) o media (hasta 18 meses).

5.6. Inspección de equipos.

Los resultados obtenidos de la inspección de equipos realizada en las instalaciones se presentan a continuación.

En la siguiente tabla se identifican los equipos eléctricos presentes en las zonas clasificadas, y se observa si son adecuados o no según su marcado ATEX. Para ello, se describe el equipo, la zona en la que se encuentra, la clasificación establecida para dicha zona, el marcado requerido según la zona y la sustancia trasegada, el marcado ATEX que presentan (en caso de no localizarlo, se identifica con un guión), el resultado del estudio y las justificaciones u observaciones.

Tabla 33. Inspección de los equipos utilizados en zonas clasificadas.

REF.	EQUIPO / INSTALACIÓN	ELEMENTO	UBICACIÓN	CLAS. ZONAS	MARCADO ATEX REQUERIDO	MARCADO ATEX EXISTENTE	RESULTADO	ACCIÓN
1	Silos	Bomba de impulsión	Faldón silo	22	II3D IIIB T240	-	A VERIFICAR	<p>No se localiza el marcado ATEX del equipo. Se deberá aportar documentación que verifique que el marcado del equipo instalado cumple con la zona clasificada donde realiza su funcionamiento. En caso contrario, se deberá proceder a su sustitución.</p> <p>Nota: Esto aplica a todos los equipos de esta categoría de todos los silos de la instalación.</p>
1	Silos	Electroválvula	Faldón silo	22	II3D IIIB T240	-	A VERIFICAR	<p>No se localiza el marcado ATEX del equipo. Se deberá aportar documentación que verifique que el marcado del equipo instalado cumple con la zona clasificada donde realiza su funcionamiento. En caso contrario, se deberá proceder a su sustitución.</p> <p>Nota: Esto aplica a todos los equipos de esta categoría de todos los silos de la instalación.</p>

ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

REF.	EQUIPO / INSTALACIÓN	ELEMENTO	UBICACIÓN	CLAS. ZONAS	MARCADO ATEX REQUERIDO	MARCADO ATEX EXISTENTE	RESULTADO	ACCIÓN
1	Silos	Luminaria	Faldón silo	22	II3D IIIB T240	II2D IIIC T93	CORRECTO	<p>La categoría del equipo, grupo de polvo y temperatura son suficientes para la zona donde está instalada.</p> <p>Nota: Esto aplica a todos los equipos de esta categoría de todos los silos de la instalación.</p>
1	Silos	Célula de carga	Faldón silo	22	II3D IIIB T240	-	A VERIFICAR	<p>No se localiza el marcado ATEX del equipo. Se deberá aportar documentación que verifique que el marcado del equipo instalado cumple con la zona clasificada donde realiza su funcionamiento. En caso contrario, se deberá proceder a su sustitución.</p> <p>Nota: Esto aplica a todos los equipos de esta categoría de todos los silos de la instalación.</p>

REF.	EQUIPO / INSTALACIÓN	ELEMENTO	UBICACIÓN	CLAS. ZONAS	MARCADO ATEX REQUERIDO	MARCADO ATEX EXISTENTE	RESULTADO	ACCIÓN
1	Silos	Válvula rotativa	Faldón silo	22	II3D IIIB T240	-	INCORRECTO	<p>Equipo sin marcado ATEX instalado en zona clasificada, se deberá sustituir por equipo adecuado para la zona.</p> <p>Nota 1: El cableado eléctrico que no forma parte de un circuito de seguridad intrínseca (color azul) debe estar protegido contra riesgos mecánicos mediante tubo de acero o la utilización de cable armado.</p> <p>Nota 2: Esto aplica a todos los equipos de esta categoría de todos los silos de la instalación.</p>
2	Microdosificación	Motor mezclador	Dosificador	22	II3D IIIB T240	II2D IIIC T135	CORRECTO	La categoría del equipo, grupo de polvo y temperatura son suficientes para la zona donde está instalada.
2	Microdosificación	Luminaria	Zona trimix	22	II3D IIIB T240	II2D IIIC T93	CORRECTO	La categoría del equipo, grupo de polvo y temperatura son suficientes para la zona donde está instalada.
2	Microdosificación	Luminaria de emergencia	Zona trimix	22	II3D IIIB T240	II2D IIIC T83	CORRECTO	La categoría del equipo, grupo de polvo y temperatura son suficientes para la zona donde está instalada.

ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

REF.	EQUIPO / INSTALACIÓN	ELEMENTO	UBICACIÓN	CLAS. ZONAS	MARCADO ATEX REQUERIDO	MARCADO ATEX EXISTENTE	RESULTADO	ACCIÓN
2	Microdosificación	Filtro	Sistema de aspiración	Int 20/ Ext 22	Int II1D IIIB T240/ Ext II3D IIIB T240	-	A VERIFICAR	Se deberá aportar documentación que verifique que el filtro es adecuado para el polvo combustible trasegado.
3	Instalación de gas natural	Luminaria	ERM	2	II3G IIA T1	-	A VERIFICAR	Se debe verificar en la documentación del equipo que está certificado como ATEX, o al menos dispone del marcado requerido.
3	Instalación de gas natural	Contador	ERM	2	II3G IIA T1	II1G IIC T6	CORRECTO	La categoría del equipo, grupo de polvo y temperatura son suficientes para la zona donde está instalada.
3	Instalación de gas natural	Luminaria	Hornos	2	II3G IIA T1	-	A VERIFICAR	No se localiza el marcado ATEX del equipo. Se deberá aportar documentación que verifique que el marcado del equipo instalado cumple con la zona clasificada donde realiza su funcionamiento. En caso contrario, se deberá proceder a su sustitución.

En la tabla anterior, se diferencian los resultados obtenidos de la inspección de equipos mediante la diferenciación por colores:

- En verde quedan como “Correcto” aquellos equipos que son adecuados para su uso en la clasificación de la zona ATEX establecida, ya que presentan un marcado ATEX igual o más restrictivo que dicha clasificación.
- En amarillo quedan como “A verificar” aquellos equipos en los que no se localiza el marcado ATEX, bien por ser equipos que no se encuentran al alcance o porque algunos equipos, como es el caso del filtro, no tienen marcado ATEX pero sí existe documentación aportada por el fabricante que especifica que son adecuados para su uso con la sustancia trasegada. Por tanto, aquellos equipos que queden como “A verificar” deberán resolverse mediante la aportación de documentación por parte de la empresa, de forma que se verifique que estos equipos son adecuados para su uso en la zona clasificada en la que se encuentran.
- En rojo quedan como “Incorrecto” aquellos equipos que presentan un marcado ATEX que no es suficiente para la clasificación de la zona en la que se encuentran, o que no presentan este marcado. En el caso que aplica, la válvula rotativa de los silos no presentaba marcado ATEX, luego se deberá proceder a su sustitución por una con un marcado adecuado a la zona clasificada. Además, este equipo presentaba cableado dañado mecánicamente que, en zonas con presencia de atmósferas explosivas, puede actuar como fuente de ignición, por lo que se deberá proceder a su sustitución por cableado armado o de seguridad intrínseca.

5.7. Evaluación y adecuación de la instalación de protección contra incendios (PCI).

En los siguientes apartados se expone de forma concentrada los resultados obtenidos tras realizar el estudio de las instalaciones existentes de protección contra incendios siguiendo la metodología detallada en el punto 4 del presente documento.

5.7.1. Características del establecimiento industrial.

La planta productiva de QUIMISAS, S.A. es un establecimiento industrial que ocupa totalmente una parcela industrial con vías en tres de sus lados, y con el lado oeste restante colinda con una parcela industrial actualmente no edificada. Aunque la parcela vecina fuese construida, su distancia es de más de tres metros, por lo que la edificación estudiada corresponde al **tipo C**.



Figura 22. Consulta gráfica de datos catastrales de la empresa.

Todos los edificios, edificaciones y zonas de un establecimiento industrial deben clasificarse en sectores de incendio con su correspondiente configuración. Estos sectores de incendio tienen una limitación de superficie en función de la caracterización del establecimiento y del nivel de riesgo intrínseco del sector en virtud del punto 2 del Anexo II del RSCIEI. En caso del establecimiento industrial del presente proyecto, las configuraciones de incendio proyectadas no superan dichas limitaciones, conforme se especifica en los apartados siguientes.

La edificación está compuesta por varias zonas que comprenden la producción industrial y por instalaciones auxiliares (como son oficinas dedicadas a la administración) las cuales no son objeto del presente proyecto.

Sectores de incendio y nivel de riesgo intrínseco

El establecimiento objeto del presente proyecto se divide en cinco sectores diferentes dentro del establecimiento industrial; cada sector cuenta con una superficie diferente y, por ello, tendrán riesgos distintos.

A continuación se representan cada uno de los sectores de incendio en la figura siguiente.

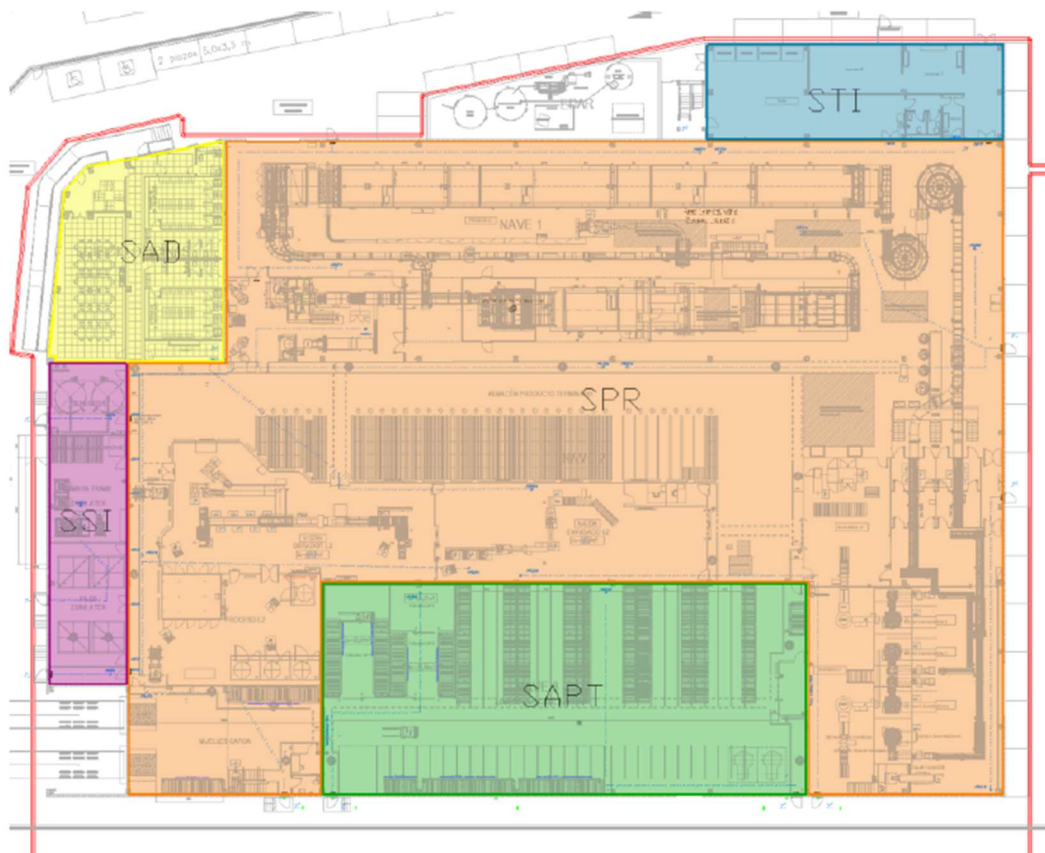


Figura 23. Sectorización de la empresa.

La sectorización de la planta se realiza de acuerdo a la diferenciación de las actividades realizadas en cada zona. Por ello, se diferencian:

- Sector 1 (SPR): Nave donde se ubican las líneas de producción y envasado. Corresponde al color naranja.
- Sector 2 (SAPT): Almacén de producto terminado, ubicado próximo al muelle de carga de camiones. Corresponde al color verde.

ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL
CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

- Sector 3 (SSI): Silos y depósitos de almacenamiento de materia prima, en concreto de harina y aceite. Corresponde al color rosa.
- Sector 4 (STI): Edificio “torre de instalaciones”, correspondiente a la sala de bombas de abastecimiento de la red de protección contra incendios. Corresponde al color azul.
- Sector 5 (SAD): Edificio administrativo, donde se ubican las oficinas. Este sector se encuentra fuera del alcance del proyecto. Corresponde al color amarillo.

Conocida la diferenciación de sectores dentro de la edificación, es posible conocer el nivel de riesgo intrínseco de cada uno de los sectores. Para ello, se realiza el cálculo de la densidad de carga de fuego ponderada y corregida (Qs) de cada uno de los sectores de incendio mencionados anteriormente.

Los valores obtenidos tanto para producción como para almacenamiento son los representados en la tabla siguiente.

Tabla 34. Resultados del cálculo de la densidad de carga de fuego ponderada y corregida (Qs) y el nivel de riesgo intrínseco (NRI) de cada sector de incendio.

SECTOR	ACTIVIDAD Ref: R.D. 2267/2004	Sup. constr. (m ²)	qsi (pro) (MJ/m ²)	Vi (m ³)	qsi (alm) (MJ/m ³)	Ci	Ra	Qs (MJ/m ²)	NRI
SPR	Panadería, laboratorios y hornos	3.780,16	200,00			1,30	1,00		
	Alimentación materias primas	300,00		100,00	3.400,00	1,30	2,00		
	Alimentación embalajes	120,00		80,00	800,00	1,30	1,50		
		4.200,16						474,18	BAJO-2
SAPT	Alimentación, embalaje	400,00	800,00			1,30	1,50		
	Pastas alimenticias	505,70		930,25	1.700,00	1,30	2,00		
		905,70						5.228,78	ALTO-6
SSI	Alimentación materias primas	229,56		308,76	3.400,00	1,30	1,50		
		229,56						8.917,40	ALTO-7
STI	Talleres instalaciones	767,43	100,00			1,30	1,00		
		767,43						11,86	BAJO-1

Conocida la densidad de carga de fuego ponderada y corregida de cada sector de incendio y, en base a la tabla 1.3 de la Guía Técnica de Aplicación del RSCIEI (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2019) presente en la figura siguiente, se conoce el nivel de riesgo intrínseco de cada sector y su categorización.

ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL
CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

Tabla 35. Categorización del nivel de riesgo intrínseco de cada sector de incendio de la edificación. Fuente: Tabla 1.3 de la Guía Técnica de Aplicación del RSCIEI.

Nivel de riesgo intrínseco	Densidad de carga de fuego ponderada y corregida		
		Mcal/m ²	MJ/m ²
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1275 < Q_s \leq 1700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1700 < Q_s \leq 3400$
ALTO	6	$800 < Q_s \leq 1600$	$3400 < Q_s \leq 6800$
	7	$1600 < Q_s \leq 3200$	$6800 < Q_s \leq 13600$
	8	$3200 < Q_s$	$1360 < Q_s$

A modo de resumen, se representa en la tabla siguiente la caracterización de los sectores de incendio obtenidos para la edificación estudiada.

Tabla 36. Resumen de la sectorización de la edificación.

SECTOR	NIVEL DE RIESGO	SUPERFICIE CONSTRUIDA	TIPO	MÁXIMA SUPERFICIE PERMITIDA	CUMPLE
SECTOR 1 – SPR	BAJO 2	4200,16 m ²	Tipo C	6000 m ²	✓
SECTOR 2 – SAPT	ALTO 6	905,70 m ²	Tipo C	4000 m ²	✓
SECTOR 3 – SSI	ALTO 7	229,56 m ²	Tipo C	2500 m ²	✓
SECTOR 4 – STI	BAJO 1	767,43 m ²	Tipo C	SIN LÍMITE	✓

En la tabla anterior se verifica que los sectores de incendio establecidos no superan los límites de superficie máxima admisible de cada sector de incendio en función de su nivel de riesgo intrínseco.

Además del nivel de riesgo intrínseco de cada sector, es necesario conocer el nivel de riesgo intrínseco del edificio o conjunto de sectores de un establecimiento industrial (Q_e). Siguiendo la metodología descrita en el punto 5 del presente documento, se obtiene un resultado de Q_e igual a 3030,44 MJ/m².

De igual forma que para los sectores de incendio, se utiliza la tabla 2.1 de la Guía Técnica de Aplicación del RSCIEI para conocer la categorización del nivel de riesgo intrínseco de la edificación, obteniéndose así un **RIESGO GENERAL MEDIO-5**.

Resistencia al fuego de los elementos estructurales

Al tratarse de un establecimiento industrial de tipo C, y siendo una nave que se encuentra sobre rasante, los sectores de incendio deberán presentar una estabilidad al fuego diferente en función de la categorización de nivel de riesgo: aquellos que presenten riesgo bajo tendrán R 30 pero los que muestren riesgo alto será R 90.

Tabla 37. Resistencia al fuego de los elementos estructurales portantes de cada sector de incendio. Fuente: Guía Técnica de Aplicación del RSCIEI.

ESTABILIDAD AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES PORTANTES		
SECTOR	NRI	ESTABILIDAD
S1 – SPR	BAJO – 1	R 30
S2 – SAPT	ALTO – 6	R 90
S3 – SSI	ALTO – 7	R 90
S4 – STI	BAJO – 1	R 30

Para los elementos constructivos de cerramiento, el RSCIEI se rige por la tabla 5.2 del Anexo I luego, de igual forma que para los elementos estructurales portantes:

ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL
CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

Tabla 38. Resistencia al fuego de los elementos estructurales de cerramiento de cada sector de incendio. Fuente: Guía Técnica de Aplicación del RSCIEI.

ESTABILIDAD AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CERRAMIENTO		
SECTOR	NRI	ESTABILIDAD
S1 – SPR	BAJO – 1	R 120
S2 – SAPT	ALTO – 6	R 240
S3 – SSI	ALTO – 7	R 240
S4 – STI	BAJO – 1	R 120

Una vez conocidas las características de la edificación, el estudio prosigue con un análisis de los equipos de extinción de incendios de la instalación, haciendo una comparativa sobre los equipos necesarios y existentes.

5.8. Diseño de la instalación de PCI.

Sistemas de control y evacuación de humos

De acuerdo a la metodología descrita, se comprueban los requisitos para cada uno de los sectores de incendio diferenciados en el establecimiento de estudio, representado en la tabla siguiente. Ninguno de los sectores de incendio de estudio cuenta con SCTEH y no es necesaria su instalación.

Tabla 39. Requisito de SCTEH en cada sector de incendio.

DESCRIPCIÓN	USO	TIPO	NRI	SUP (m ²)	SCTEH	
					REQUERIDO	EXISTENTE
SPR NAVE - PRODUCCIÓN	PROD	C	BAJO-1	4.200,16	NO	NO
SAPT NAVE - ALMACÉN	ALM	C	ALTO-6	905,70	NO	NO
SSI NAVE - SILOS	ALM	C	ALTO-7	229,56	NO	NO
STI EDIFICIO TORRE INSTALACIONES	PROD	C	BAJO-1	767,43	NO	NO

Sistemas de detección de incendio

Para el caso que aplica a este proyecto, las instalaciones son de tipo C, luego:

Tabla 40. Requisito de detectores de incendio en cada sector de incendio.

DESCRIPCIÓN	USO	TIPO	NRI	SUP (m ²)	DETECCIÓN	
					REQUERIDO	EXISTENTE
SPR NAVE - PRODUCCIÓN	PROD	C	BAJO-1	4.200,16	NO	NO
SAPT NAVE - ALMACÉN	ALM	C	ALTO-6	905,70	SI	NO
SSI NAVE - SILOS	ALM	C	ALTO-7	229,56	NO	NO
STI EDIFICIO TORRE INSTALACIONES	PROD	C	BAJO-1	767,43	NO	NO

Conforme se establece en la tabla anterior, es necesaria la instalación de sistema de detección automático en el sector 2 (SAPT), ya que supera la superficie marcada por la legislación. Por tanto, se deberá realizar el cálculo acorde a la tabla A.1. de la norma UNE 23007-14 especificado en la metodología.

En el caso que aplica, el sector SAPT tiene una superficie de 905,70 m² y una pendiente de 1,23, luego de la tabla se obtiene:

Tabla 41. Distribución de detectores de humo. Fuente: Tabla A.1. de la norma UNE 23007-14:2014.

Superficie del local (m ²)	Altura del local (m)	Pendiente ≤ 20°		Pendiente > 20°	
		S _v (m ²)	D _{máx} (m)	S _v (m ²)	D _{máx} (m)
SL ≤ 80	≤ 12	80	6,3	80	6,3
SL > 80	≤ 6	60	5,5	90	6,7
	6 < h ≤ 12	80	6,3	110	7,4
SL ≤ 30	≤ 7,5	30	3,9	30	3,9
	≤ 6	30	3,9	30	3,9
SL > 30	≤ 7,5	20	3,2	40	4,5
	≤ 6	20	3,2	40	4,5

En el caso que aplica, el sector SAPT tiene una altura de 6,7 metros luego la superficie máxima que ocupa cada detector corresponde a 80 m². De esta forma, es posible conocer el número de detectores teóricos mediante una división de la superficie del local entre la superficie que ocupa cada detector, obteniendo así un valor de 12 detectores de incendio.

Sistemas manuales de alarma de incendio

De acuerdo con la metodología descrita en el punto 5 del presente documento, se obtienen los resultados tabulados en la tabla siguiente.

**ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL
CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL**

Tabla 42. Requisito de sistemas manuales de alarma de incendio en cada sector de incendio.

DESCRIPCIÓN	USO	TIPO	NRI	SUP (m ²)	PULSADORES	
					REQUERIDO	EXISTENTE
SPR NAVE - PRODUCCIÓN	PROD	C	BAJO-1	4.200,16	SI	SI
SAPT NAVE - ALMACÉN	ALM	C	ALTO-6	905,70	NO	SI
SSI NAVE - SILOS	ALM	C	ALTO-7	229,56	NO	SI
STI EDIFICIO TORRE INSTALACIONES	PROD	C	BAJO-1	767,43	NO	SI

Como se observa en la tabla anterior, salvo en el sector 1 de producción en el que se cumplen ambas condiciones luego sí es requerido, no se establece la obligatoriedad de la instalación de pulsadores manuales de alarma de incendio. No obstante, dado que existe actualmente una instalación de detección manual, se mantendrá para redundar en la seguridad.

Sistemas de comunicación de alarma

De acuerdo con el establecimiento industrial de estudio del presente proyecto, se comprueban los requisitos para los sectores de incendio:

Tabla 43. Requisito de sistemas de comunicación de alarma de incendio en cada sector de incendio.

DESCRIPCIÓN	USO	TIPO	NRI	SUP (m ²)	ALARMA	
					REQUERIDO	EXISTENTE
SPR NAVE - PRODUCCIÓN	PROD	C	BAJO-1	4.200,16	NO	NO
SAPT NAVE - ALMACÉN	ALM	C	ALTO-6	905,70	NO	NO
SSI NAVE - SILOS	ALM	C	ALTO-7	229,56	NO	NO
STI EDIFICIO TORRE INSTALACIONES	PROD	C	BAJO-1	767,43	NO	NO

Teniendo en cuenta que la suma de la superficie construida de todos los sectores de incendio del establecimiento industrial es de 6714,85 m², y por tanto inferior a 10000 m², no se cumple la primera condición y por ello no serán necesarios los sistemas de comunicación de alarma.

Sistemas de hidrantes exteriores

En base a la metodología del proyecto y observando el riesgo intrínseco de cada sector y su superficie, se establece que:

Tabla 44. Requisito de hidrantes exteriores en cada sector de incendio.

DESCRIPCIÓN	USO	TIPO	NRI	SUP (m ²)	HIDRANTES	
					REQUERIDO	EXISTENTE
SPR NAVE - PRODUCCIÓN	PROD	C	BAJO-1	4.200,16	NO	NO
SAPT NAVE - ALMACÉN	ALM	C	ALTO-6	905,70	SI	NO
SSI NAVE - SILOS	ALM	C	ALTO-7	229,56	SI	NO
STI EDIFICIO TORRE INSTALACIONES	PROD	C	BAJO-1	767,43	NO	NO

La nota especificada en la Guía Técnica de Aplicación del RSCIEI dice:

“Cuando se requiera un sistema de hidrantes, la instalación debe proteger todas las zonas de incendio que constituyen el establecimiento industrial.”

Por tanto, la instalación de hidrantes en uno de los sectores implicará la extensión de dicha instalación al resto de sectores de incendio, siendo necesaria la instalación de hidrantes exteriores.

ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL
CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

Tabla 45. Requisito de hidrantes exteriores en cada sector de incendio.

DESCRIPCIÓN	USO	TIPO	NRI	SUP (m ²)	HIDRANTES	
					REQUERIDO	EXISTENTE
SPR NAVE - PRODUCCIÓN	PROD	C	BAJO-1	4.200,16	SI	NO
SAPT NAVE - ALMACÉN	ALM	C	ALTO-6	905,70		
SSI NAVE - SILOS	ALM	C	ALTO-7	229,56		
STI EDIFICIO TORRE INSTALACIONES	PROD	C	BAJO-1	767,43		

Conforme a las condiciones establecidas en el RSCIEI conforme a los hidrantes exteriores, las necesidades de hidrantes exteriores que ocupan este proyecto son:

- Establecimiento de tipo C, riesgo Medio 1500 lpm / 60 minutos.
- Establecimiento de tipo C, riesgo Alto 2000 lpm / 90 minutos.

Extintores de incendio portátiles

Los extintores de incendio portátiles se instalarán en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales, justificando únicamente su no instalación en zonas de almacenamiento operado automáticamente impidiendo el acceso de personas. Con ello, se establecen los siguientes resultados:

**ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL
CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL**

Tabla 46. Requisito de extintores de incendio portátiles en cada sector de incendio.

DESCRIPCIÓN		USO	TIPO	NRI	SUP (m ²)	EXTINTORES	
						REQUERIDO	EXISTENTE
SPR	NAVE - PRODUCCIÓN	PROD	C	BAJO-1	4.200,16	SI	SI
SAPT	NAVE - ALMACÉN	ALM	C	ALTO-6	905,70	SI	SI
SSI	NAVE - SILOS	ALM	C	ALTO-7	229,56	SI	SI
STI	EDIFICIO TORRE INSTALACIONES	PROD	C	BAJO-1	767,43	SI	SI

Por tanto, se mantienen los extintores de incendio portátiles ya instalados.

Sistemas de bocas de incendio equipadas

De acuerdo con los requisitos establecidos por el RSCIEI, y detallados en la metodología del proyecto, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 47. Requisito de BIEs en cada sector de incendio.

DESCRIPCIÓN		USO	TIPO	NRI	SUP (m ²)	BIEs	
						REQUERIDO	EXISTENTE
SPR	NAVE - PRODUCCIÓN	PROD	C	BAJO-1	4.200,16	NO	NO
SAPT	NAVE - ALMACÉN	ALM	C	ALTO-6	905,70	SI	NO
SSI	NAVE - SILOS	ALM	C	ALTO-7	229,56	NO	NO
STI	EDIFICIO TORRE INSTALACIONES	PROD	C	BAJO-1	767,43	NO	NO

Tal y como es posible comprobar, únicamente es de obligación la instalación de BIEs en el sector número 2.

ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL
CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

Sistemas de alumbrado de emergencia

En la tabla siguiente se comprueba la necesidad de instalación del sistema de alumbrado de emergencia.

Tabla 48. Requisito de alumbrado de emergencia en cada sector de incendio.

DESCRIPCIÓN	USO	TIPO	NRI	SUP (m ²)	ALUMBRADO EMERGENCIA	
					REQUERIDO	EXISTENTE
SPR NAVE - PRODUCCIÓN	PROD	C	BAJO-1	4.200,16	SI	SI
SAPT NAVE - ALMACÉN	ALM	C	ALTO-6	905,70	SI	SI
SSI NAVE - SILOS	ALM	C	ALTO-7	229,56	SI	SI
STI EDIFICIO TORRE INSTALACIONES	PROD	C	BAJO-1	767,43	SI	SI

Por tanto, se mantienen los sistemas de alumbrado de emergencia ya instalados.

Señalización

En la tabla siguiente se comprueba la necesidad de señalar los sistemas de extinción manuales en cada uno de los sectores.

ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL
CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

Tabla 49. Requisito de señalización en cada sector de incendio.

DESCRIPCIÓN	USO	TIPO	NRI	SUP (m ²)	SEÑALIZACIÓN	
					REQUERIDO	EXISTENTE
SPR NAVE - PRODUCCIÓN	PROD	C	BAJO-1	4.200,16	SI	SI
SAPT NAVE - ALMACÉN	ALM	C	ALTO-6	905,70	SI	SI
SSI NAVE - SILOS	ALM	C	ALTO-7	229,56	SI	SI
STI EDIFICIO TORRE INSTALACIONES	PROD	C	BAJO-1	767,43	SI	SI

Por tanto, se mantiene la señalización ya instalada.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

Se ha realizado el estudio ATEX y de las instalaciones de protección contra incendios para una empresa dedicada a la fabricación de panadería industrial que precisaba actualizar dichos estudios como requisito para la renovación de la póliza con la empresa aseguradora de la misma.

La empresa sobre la que trata este trabajo utiliza para la realización del proceso productivo sólidos combustibles en forma de polvo (harina de trigo en el caso que aplica) y líquidos capaces de emitir vapores inflamables (como es el caso del gas natural y el hidrógeno). Estas sustancias son susceptibles de generar atmósferas explosivas en las zonas de almacenamiento y de producción de la planta.

El estudio ATEX ha permitido identificar cuatro zonas susceptibles de formación de atmósferas explosivas, siendo las más peligrosas las zonas 20 debido a la presencia constante de la atmósfera. La clasificación de zonas 20 ha sido asignada a espacios donde existe trasiego y/o acumulación de harina en espacios confinados y sin aspiración localizada que permita extraer la nube de polvo y disminuir la concentración de harina en el aire, como es el caso del interior de los silos de almacenamiento, el interior del dosificador de harina a la línea de producción o el interior del filtro del sistema de aspiración localizada.

La evaluación del riesgo ha puesto de manifiesto como riesgo más elevado de la instalación el riesgo medio (B) asociado principalmente a zonas de silos de almacenamiento o de trimix, y siendo el resto de los riesgos identificados como C. En base a estos resultados, se han propuesto veintiuna medidas correctoras, de las cuales ocho están implantadas, seis se encuentran en proceso y siete están pendientes de implantar. De aquellas que se encuentran en estado pendiente, las más urgentes son medidas organizativas acerca de la implantación de Permisos de Trabajo para permitir la desclasificación temporal de una zona que permita realizar operaciones de mantenimiento en ella, establecer un plan de evacuación y emergencia en caso de incendio o explosión y formar a los trabajadores en materia de ATEX para evitar errores humanos que puedan desencadenar mayores consecuencias.

Algunas medidas paralelas a las planteadas que permitan la reducción de la clasificación de las zonas donde es posible la formación de atmósferas explosivas son mejorar la ventilación para aumentar la dilución de los vapores inflamables que puedan estar presentes debido al propio flujo del proceso productivo o a una fuga, la implementación de sistemas de contención y eliminación de fuentes de ignición, como por ejemplo la instalación de un sistema de detección con corte de alimentación eléctrica en caso de fuga, e incluso algunas más sencillas como la optimización de los procesos para minimizar al máximo la utilización de sustancias inflamables.

El estudio de los equipos de protección contra incendios existentes en las instalaciones ha permitido identificar aquellos equipos necesarios en la instalación de acuerdo a la normativa vigente en materia de protección contra incendios.

Para conocer los equipos que deben estar instalados para la correcta protección contra incendios de las instalaciones, se ha realizado una categorización del edificio en base a su superficie y su carga de fuego, obteniéndose con ello una sectorización de la instalación en función de la actividad realizada en cada zona y un nivel de riesgo intrínseco para cada uno de los sectores.

Conocidos los sectores de incendio de la instalación, se ha estudiado la necesidad de instalar cada uno de los equipos establecidos por el RSCIEI en base al nivel de riesgo intrínseco y la superficie de cada sector. De esta forma, se realiza la comparación del equipo requerido y el instalado actualmente, obteniéndose la necesidad de instalar sistemas de detección de incendios y BIEs en el sector 2 correspondiente al almacén de producto terminado, así como un sistema de hidrantes exteriores para toda la planta productiva.

En conclusión, el estudio realizado en el presente TFM ha permitido detectar y priorizar las medidas de seguridad que es necesario implementar para adaptar las instalaciones a la normativa ATEX (RD 681/2003) y de protección contra incendios (RD 2267/2004). Su implementación permitirá reducir el riesgo de la actividad industrial asociada a la fabricación de panadería para las personas, instalaciones y medioambiente así como cumplir con el requisito establecido por la empresa aseguradora para la renovación de la póliza.

CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA

- AENOR. (2006). *Guía de aplicación de la Norma UNE-EN 60079-10. Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Clasificación de emplazamientos peligrosos. UNE 202007:2006 IN.*
- AENOR. (2022). *Atmósferas explosivas. Parte 10-1: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas de gas. UNE-EN IEC 60079-10-1:2022.*
- AENOR. (2016). *Atmósferas explosivas. Parte 10-2: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas de polvo. UNE-EN 60079-10-2:2016.*
- AENOR. (2014). *Sistemas de detección y alarma de incendios. Parte 14: Planificación, diseño, instalación, puesta en servicio, uso y mantenimiento. UNE 23007-14:2014.*
- España. Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, 18 de junio de 2003, núm. 145, pp. 1-10. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2003/BOE-A-2003-12099-consolidado.pdf>
- España. Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. *Boletín Oficial del Estado*, 17 de diciembre de 2004, núm. 303, pp. 1-46. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2004/BOE-A-2004-21216-consolidado.pdf>
- Europa. Directiva 2014/34/UE, de 26 de febrero, sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 29 de febrero de 2014, pp. 1-48. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2014/096/L00309-00356.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (2024, 15 de marzo). *Estadística estructural de las empresas: sector industrial Año 2022*. [Consultado el 15 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.ine.es/dyngs/Prensa/EEESI2022.htm>
- Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. (2019). *Guía técnica de aplicación del Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales*. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Disponible en: <https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/seguridad-incendios/informacionadicional/20190218-v2.pdf>

- Ministerio de Trabajo, Migraciones y Seguridad Social. (2020, 27 de abril). *Guía sobre el riesgo de explosión en la industria y su enfoque global más allá del Documento de protección contra explosiones*. [Consultado el 15 de abril de 2024]. Disponible en: https://prl.ceo.es/wp-content/uploads/2020/04/GUIA_CEO_ATEX-V24.pdf
- Ministerio de Derechos Sociales, Consumo y Agenda 2030). (s.f.) *Objetivos de Desarrollo Sostenible / ODS*. [Consultado el 15 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.mdsocialesa2030.gob.es/agenda2030/index.htm#:~:text=ODS%203%3A%20Salud%20y%20bienestar&text=Garantizar%20una%20vida%20sana%20y,universal%20de%20la%20sanidad%20p%C3%BAblica>
- PrevenGo Prevención. (2023, 5 de septiembre). *¿Es lo mismo hablar de PRL que de SST?* [Consultado el 14 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://www.prevengoprevencion.com/blog.es-lo-mismo-hablar-de-prl-que-de-sst>
- Prysmex. (2022, 1 de noviembre). *Breve historia de la seguridad industrial desde la Edad Media hasta hoy*. [Consultado el 14 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://www.prysmex.com/blog/breve-historia-de-la-seguridad-industrial-desde-la-edad-media-hasta-hoy>
- Unión Europea. (s.f.). *Tipos de legislación de la UE*. [Consultado el 10 de agosto de 2024]. Disponible en: https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/law/types-legislation_es



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

MÁSTER UNIVERSITARIO EN SEGURIDAD INDUSTRIAL

ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA AL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

DOCUMENTO 2: PRESUPUESTO

AUTORA: LYDIA MONSÓ CASTELLANO

TUTORA: BEATRIZ GARCÍA FAYOS

COTUTOR: DAVID MIQUEL ROYO

Curso Académico: 2023-24

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 2. PRESUPUESTO	2
2.1. Presupuesto de adecuación de las zonas ATEX.	2
2.2. Presupuesto de adecuación de las instalaciones de PCI.	4
2.3. Costes asociados a la realización del estudio.	6
CAPÍTULO 3. COSTE TOTAL	8
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES	10

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla del presupuesto de adecuación de las zonas ATEX.	3
Tabla 2. Presupuesto de adecuación de la instalación de PCI.....	5
Tabla 3. Coste asociado al estudio realizado.	7
Tabla 4. Desarrollo del coste total.	9

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El presupuesto de documentación realiza una recopilación del coste aproximado de las adecuaciones estudiadas en el documento 1 del presente proyecto, correspondiente a la memoria, así como del coste del estudio de ingeniería realizado.

El presupuesto de ejecución de las adecuaciones planteadas durante el desarrollo del estudio para la adaptación de la planta productiva diferencia la adecuación de la instalación para las zonas con riesgo de atmósferas explosivas y la adecuación de la instalación de protección contra incendios, finalizando con una conclusión que abarca y relaciona ambos campos.

Por tanto, los documentos que conforman este presupuesto son:

- Presupuesto de adecuación de las zonas ATEX.
- Presupuesto de adecuación de las instalaciones de PCI.
- Costes asociados al estudio realizado.

CAPÍTULO 2. PRESUPUESTO

2.1. Presupuesto de adecuación de las zonas ATEX.

El presupuesto de ejecución de la adecuación de las instalaciones para zonas ATEX viene definido por el apartado del estudio correspondiente a la “Inspección de equipos” para la planta productiva.

En el apartado de “Inspección de equipos” se obtiene como resultado diferentes equipos eléctricos con resultados:

- FAVORABLE: el equipo es acorde para la zona en la que trabaja y, por tanto, no es necesaria su sustitución.
- A VERIFICAR: se debe comprobar mediante documentación aportada por la empresa cliente que el equipo es correcto para la zona en la que trabaja, luego no se contempla en el presupuesto hasta confirmar el resultado final.
- DESFAVORABLE: debe procederse a su reubicación o sustitución. Para el caso que aplica, se contempla la sustitución de los equipos con resultado desfavorable, ya que no es posible su reubicación debido a las funciones que realizan en el proceso productivo.

Tabla 1. Tabla del presupuesto de adecuación de las zonas ATEX.

Equipo	Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Coste (€)
Válvula rotativa	Equipo de transporte de sólidos para cada uno de los silos de harina de la instalación. El equipo lleva el marcado ATEX II2D IIIB T120, adecuado para su uso con harina.	4 silos	9860,4	39441,60
Cable armado en corona de hilos de acero	Cableado utilizado en aplicaciones industriales y en zonas con riesgo de explosión, ya que proporcionan alta protección mecánica y resistencia a la abrasión. El precio unitario es acorde a 1 metro de cable.	4 silos x 7 metros	14,6	408,80
			Total	39850,40

2.2. Presupuesto de adecuación de las instalaciones de PCI.

El presupuesto de ejecución de la adecuación de las instalaciones de protección contra incendios viene definido por los requisitos establecidos como incorrectos en el estudio y comparación sobre los equipos requeridos según el RSCIEI y los existentes actualmente.

El presupuesto de los equipos de protección contra incendios incluye únicamente el coste referente al propio equipo, siendo necesario añadir a este presupuesto costes adicionales como, por ejemplo, las tuberías de conexión de los equipos y la instalación de los equipos incluidos en el estudio. Estos costes adicionales vendrán proporcionados por la empresa instaladora, y quedan fuera del alcance del presente proyecto.

Tabla 2. Presupuesto de adecuación de la instalación de PCI.

Nº	Equipo	Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Coste (€)
1	Detectores de incendio	Detector óptico de humos. Este detector permite diferenciar las partículas de humo de las de polvo o vapor para evitar falsas alarmas.	12	47,43	569,16
2	Base de detectores	Base de superficie para detectores fabricada en plástico con acabado mate y 7 terminales para la conexión del detector y sus accesorios.	12	3,14	37,68
3	Hidrante de columna húmeda con dos salidas	Hidrante de DN-100 con dos salidas de 70 mm.	7	783,28	5482,96
4	Caseta de material auxiliar para hidrantes	Caseta para dotación de equipos de PCI, tamaño grande, fabricada en chapa y pintada en rojo.	2	434,19	868,38
5	Boca de incendio equipada de 25 mm	Boca de incendio equipada de 25 mm que incluye armario de acero con puerta de metacrilato, devanadera metálica giratoria, manguera semirrígida y válvula de cierre.	12	335,30	4023,60
6	Placa de señalización de BIE	Placa para la señalización de BIEs fabricada en vinilo, fotoluminiscente con pictograma serigrafado.	12	3,91	46,92
				Total	11028,70

2.3. Costes asociados a la realización del estudio.

Además de los costes asociados a las mejoras propuestas para la adecuación de las instalaciones, deben contemplarse también los costes referentes al estudio realizado en base al personal y a los desplazamientos.

Tabla 3. Coste asociado al estudio realizado.

Nº	Equipo	Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Coste (€)
1	Estudiante del máster	Horas dedicadas al estudio por parte del estudiante del máster.	300	15,33	4599,00
2	Técnico senior	Horas dedicadas al estudio por parte del técnico especializado en materia de PCI.	75	34,94	2620,50
3	Técnico senior	Horas dedicadas al estudio por parte del técnico especializado en materia de ATEX.	146	34,94	5101,24
4	Desplazamiento de técnicos	Horas dedicadas al desplazamiento de los técnicos para la visita de la instalación.	6	20,04	120,24
				Total	12440,98

CAPÍTULO 3. COSTE TOTAL

De acuerdo con los diferentes apartados que conforman el capítulo 2 del presente documento, a continuación se desarrollan los costes totales agrupando los presupuestos de los capítulos 2.1, 2.2 y 2.3, e incluyendo un 13% de gastos generales, un 6% de beneficio industrial y un 21% de Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA).

Tabla 4. Desarrollo del coste total.

Capítulo	Importe (€)
Capítulo 2.1. Presupuesto de adecuación de las zonas ATEX.....	39850,40
Capítulo 2.2. Presupuesto de adecuación de las instalaciones de PCI.....	11028,70
Capítulo 2.3. Costes asociados al estudio realizado.....	12440,98
TOTAL EJECUCIÓN	63329,08
13% de gastos generales.....	8231,61
6% de beneficio industrial.....	3799,20
SUMA	75350,90
21% IVA.....	15823,69
TOTAL	91174,58

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES

El presupuesto detallado para el Trabajo de Fin de Máster ha sido elaborado con el objetivo de orientar sobre los costes estimados en materia de adecuación de instalaciones de PCI y ATEX, además de planificar los costes asociados a la consultoría de ingeniería proporcionada.

La inversión en la adquisición de equipos adecuados para su uso en la planta productiva, y la contratación de expertos para el asesoramiento en estos campos es fundamental para obtener resultados precisos y aplicar correctamente las medidas de seguridad industrial.

La proyección de coste financiero representado en este presupuesto pretende alcanzar la máxima seguridad posible teniendo en cuenta el coste económico que esto conlleva, buscando equilibrio entre dicho coste y el beneficio que genera a la propia empresa.

El presupuesto presentado, por tanto, establece un valor de TREINTA Y NUEVE MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA EUROS CON CUARENTA CÉNTIMOS para el coste asociado a las adecuaciones en materia de ATEX, ONCE MIL VEINTIOCHO EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS para el coste asociado a las adecuaciones en materia de PCI, y DOCE MIL CUATROCIENTOS CUARENTA EUROS CON NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS para los costes derivados de la realización del estudio. Añadiendo los porcentajes de gastos generales, beneficio industrial e IVA, se establece un valor de coste total de NOVENTA Y UN MIL CIENTO SETENTA Y CUATRO EUROS CON CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS.

En resumen, el presupuesto del presente TFM para el Máster Universitario en Seguridad Industrial por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) permite abordar las necesidades específicas del estudio para la empresa, concluyendo con un valor total de NOVENTA Y UN MIL CIENTO SETENTA Y CUATRO EUROS CON CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS.