

08-013

Study of explosion protection document of a chemical industry dedicated to the manufacture of paints for cataphoresis

Beatriz Garcia Fayos; Javier Piris Lopez; Jose Miguel Arnal Arnal; Maria Sancho Fernandez

Universitat Politècnica de València;

The main purpose of the Explosion Protection Document is to give an overview of the conclusions drawn from the risk assessment and the technical and organizational measures that are imposed accordingly to ensure the safety and health of workers who may be affected by an explosion in the work environment.

In the chemical industry, gases, liquids and flammable solids are used in many processes that can lead to explosive mixtures.

Present work exposes the study that composes the "Explosion Protection Document" of a chemical industry dedicated to the manufacture of paints for cataphoresis, identifying and evaluating the risks for the possible generation of explosive atmospheres due to the chemicals used, establishing preventive and corrective measures to minimize or correct those risks.

The areas and characteristics of each of the processes will be described, determining the type of area and extent based on technical standards, working procedures and current legislation. Thus, the work allows to obtain a study about the facilities and informs about the risks of explosion, ensuring the protection of the facility and its environment.

Keywords: explosive atmospheres; chemical industry; facility; cataphoresis; explosion protection document

Estudio del documento de protección contra explosiones de una industria química dedicada a la fabricación de pinturas para cataforesis

El objetivo del Documento de Protección Contra Explosiones (DPCE) es informar de las conclusiones derivadas de la evaluación de riesgos y de las medidas técnicas y organizativas adoptadas para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores que pueden verse afectados por una explosión en el entorno de trabajo.

En la industria química se emplean gases, líquidos y sólidos inflamables que pueden dar lugar a mezclas explosivas. En el presente trabajo se expone el estudio necesario para configurar el DPCE de una industria química dedicada a la fabricación de pinturas para cataforesis, identificando y evaluando los riesgos de la generación de atmósferas explosivas asociada a los productos utilizados, los procesos y las condiciones de trabajo, estableciendo medidas preventivas y correctivas para minimizar o subsanar esos riesgos.

Se describirán las áreas y características de cada uno de los procesos, determinando el tipo de zona y extensión, en base a las normas técnicas, procedimientos de trabajo y legislación vigente en la actualidad. De esta forma, se obtiene el estudio sobre las instalaciones informando de los riesgos de explosión existentes, garantizando la protección de la instalación y su entorno de trabajo, que será recogido en el DPCE de la empresa.

Palabras clave: *Atmósfera explosiva; industria química; instalaciones; cataforesis, DPCE*

Correspondencia: Jose Miguel Arnal Arnal. jarnala@iqn.upv.es



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

1. Introducción

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) (España, 1995), determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz. Según su artículo 6, serán las normas reglamentarias las que irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

En el ámbito de la Unión Europea se han fijado, mediante las correspondientes directivas, criterios de carácter general sobre las acciones en materia de seguridad y salud en el trabajo, así como criterios específicos referidos a medidas de protección contra accidentes y situaciones de riesgo.

Concretamente, la Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 1999 (Unión Europea, 2000), relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas, establece las disposiciones específicas mínimas en este ámbito.

Mediante el Real Decreto 681/2003, de 12 de junio (España, 2003), 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, se procede a la transposición al Derecho español del contenido de esta directiva.

Los riesgos de explosión pueden hacer su aparición en cualquier empresa en la que se manipulen sustancias inflamables. Entre éstas figuran numerosas materias primas, productos intermedios, productos acabados y materias residuales de los procesos de trabajo cotidianos (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT], 2003).

El riesgo de formación de una atmósfera explosiva existe en los procesos y procedimientos de trabajo más diversos, afectando la mayoría de actividades (INSHT, 2010).

1.1. Características de las atmósferas explosivas

Una atmósfera explosiva es una mezcla con aire, en condiciones atmosféricas, de sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, en la que, tras una ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada (España, 2003).

Se entiende por condiciones atmosféricas cuando la temperatura está comprendida entre -20 °C y 60 °C, y la presión está en el rango de 0,80 a 1,10 bares.

Para que se produzca una explosión deben coincidir la atmósfera explosiva y un foco de ignición. Esto requiere la existencia de una sustancia combustible (gas, vapor, niebla o polvo), y un oxidante (aire) en un intervalo de concentración determinado, y al mismo tiempo la presencia de una fuente energética capaz de iniciar la reacción.

Las áreas de riesgo se clasifican en zonas teniendo en cuenta la frecuencia con que se produzcan atmósferas explosivas y su duración. De esta clasificación dependerá el alcance de las medidas preventivas que deban adoptarse. Se diferencian los siguientes tipos:

- **Zona 0 (Z0).** 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 modo permanente, o por un período de tiempo prolongado, o con frecuencia.

- **Zona 1 (Z1).** 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 (Z2).** 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 permanece durante breves periodos de tiempo. Se entenderá por condiciones normales de explotación la utilización de las instalaciones de acuerdo con sus especificaciones técnicas de funcionamiento.
- **Zona 2-ED (Z2-ED).** Zona teórica de extensión despreciable en condiciones normales.
- **Zona 20 (Z20).** Área de trabajo en la que una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire está presente de modo permanente, o por un período de tiempo prolongado, o con frecuencia.
- **Zona 21 (Z21).** 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 (Z22).** 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 período de tiempo.

1.2. El documento de protección contra explosiones

La Directiva 1992/92/CE establece como obligación del empresario en cuyos lugares de trabajo exista un peligro derivado de la presencia de atmósfera explosiva, la elaboración del documento de protección contra explosiones (DPCE). Del mismo modo, la reglamentación española, a través del artículo 8 del Real Decreto 681/2003 fija la necesidad de elaborar, antes de comenzar el trabajo, un documento de protección contra explosiones.

El DPCE es el documento que confirmará que los lugares y los equipos de trabajo han sido concebidos, utilizados y mantenidos, teniendo debidamente en cuenta la seguridad, y que se han tomado las medidas oportunas para que la utilización de los equipos de trabajo en las zonas de riesgo por atmósfera explosiva sea segura.

Asimismo, el empresario debe elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral el DPCE, según lo dispuesto en el artículo 23 de la LPRL. Este documento podrá constituir un documento específico o integrarse total o parcialmente en la documentación general sobre evaluación de los riesgos para la seguridad y la salud en el trabajo y la correspondiente planificación de la actividad preventiva (INSHT, 2010).

2. Objetivos

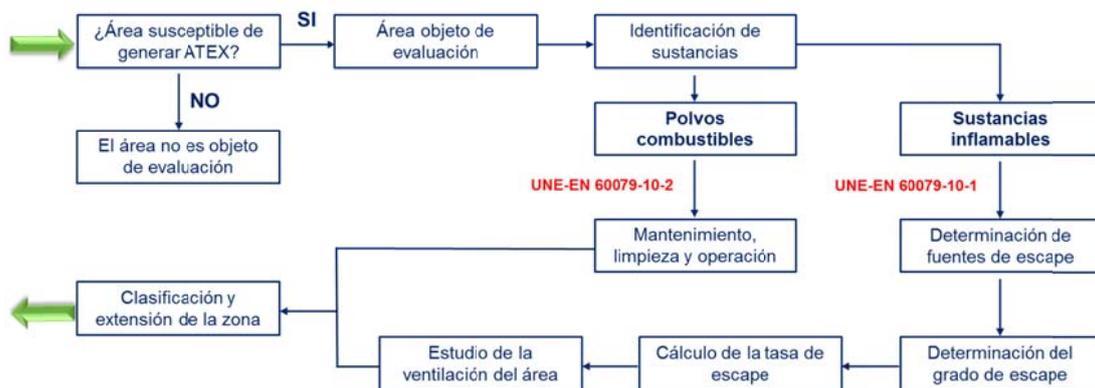
El objetivo del presente trabajo es la realización del estudio que constituye el Documento de Protección Contra Explosiones de una industria química dedicada a la fabricación de pinturas para cataforesis, identificando y evaluando los riesgos por la posible generación de atmósferas explosivas, y estableciendo medidas preventivas y correctivas para minimizar o subsanar esos riesgos. Este documento contiene además de la evaluación de riesgos, las medidas técnicas y organizativas impuestas, para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores que pueden verse afectados por una explosión derivada de una atmósfera explosiva en el entorno de trabajo.

3. Metodología

Para la realización del presente estudio se ha seguido la metodología de cálculo y clasificación definida en las normas técnicas UNE-EN 60079-10-1 (AENOR, 2009) relativa a atmósferas explosivas gaseosas, UNE-EN 60079-10-2 (AENOR, 2015) relativa a atmósferas explosivas de polvo, y UNE 202007:2006 IN (AENOR, 2006) relativa a la clasificación de emplazamientos peligrosos.

La Figura 1 resume la metodología empleada para clasificar cada una de las áreas de riesgo y su extensión en caso de generación de atmósfera explosiva.

Figura 1: Metodología de clasificación de las áreas de riesgo



3.1. Áreas de riesgo

Se consideran áreas de riesgo aquellas en las que pueden formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales para proteger la seguridad de los trabajadores afectados.

Previo a evaluar la probabilidad de formación de atmósferas explosivas se realiza un inventario de las áreas y sustancias susceptibles de generar una posible explosión.

3.2. Clasificación de las áreas de riesgo con sustancias inflamables

Para establecer unas bases apropiadas para determinar la posible presencia de una atmósfera explosiva hay que evaluar la frecuencia y duración del escape, tasa de escape, concentración y parámetros de ventilación del área, en base a lo definido en las normas técnicas anteriormente referenciadas.

3.3. Clasificación de las áreas de riesgo con polvos combustibles

La clasificación zonal para las áreas de riesgo con polvos combustibles se realizará en base a las características de los materiales, presencia de acumulaciones de polvo o fuentes de escape y probabilidad de formación de mezclas explosivas polvo/aire.

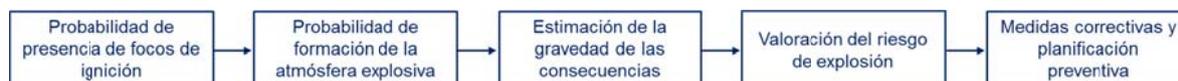
La presencia y duración de acumulaciones de polvo puede modificar la probabilidad de formación de atmósferas explosivas en función de las operaciones de mantenimiento y limpieza, conforme se define en las normas técnicas anteriormente referenciadas.

3.4. Evaluación del riesgo de explosión y planificación preventiva

La Figura 2 resume la metodología empleada para realizar la evaluación de los riesgos de explosión de cada una de las áreas clasificadas en base a los parámetros analizados, teniendo en cuenta la probabilidad de presencia de focos de ignición, probabilidad de

explosión y la gravedad de las consecuencias, estableciendo un criterio para la valoración del riesgo. Tras evaluar el riesgo de explosión se realiza una propuesta de medidas correctivas y de mejora cuyas acciones formarán parte de la planificación preventiva de la empresa.

Figura 2: Metodología de la evaluación del riesgo de explosión



3.4.1. Focos de ignición

Cada zona clasificada deberá examinarse para determinar las fuentes de ignición que puedan estar presentes y considerar su relevancia frente a la atmósfera explosiva. Se determinará la probabilidad de presencia de los focos de ignición definidos en la norma UNE-EN 1127-1:2012 (AENOR, 2012).

Asimismo, se realiza un estudio del marcado del material eléctrico de cada uno de los equipos, en base a criterios de clasificación de los gases y polvos en grupos de explosión y clases de temperatura, determinando el tipo de protección en base a las diferentes normas técnicas relativas a protección de equipos (AENOR, 2007; AENOR, 2008; AENOR, 2010a; AENOR, 2010b; AENOR, 2013a; AENOR, 2013b; AENOR, 2015b; AENOR, 2015c; AENOR, 2016a; AENOR, 2016b).

3.4.2. Probabilidad de explosión

La probabilidad de explosión se clasificará en frecuente, probable, ocasional, remota o improbable en función de la clasificación zonal y probabilidad de presencia de focos de ignición, conforme se refleja en la tabla 1.

Tabla 1: Determinación de la probabilidad de explosión

Probabilidad focos ignición	Clasificación zonal		
	Zona 0 – Zona 20	Zona 1 – Zona 21	Zona 2 – Zona 22
Alta	Frecuente	Probable	Ocasional
Media	Ocasional	Remoto	Improbable
Baja	Remoto	Improbable	Improbable

3.4.3. Gravedad de las consecuencias

Para determinar qué consecuencias tendría una hipotética explosión sobre los trabajadores y la propiedad, se utiliza la clasificación mostrada en la tabla 2 donde se define el daño en función de la gravedad.

Tabla 2: Estimación de la gravedad de las consecuencias

Gravedad	Definición del daño
Catastrófico	Gran invalidez o muerte. Pérdida del sistema.
Mayor	Lesión con baja con secuelas o incapacidad mayor. Daños importantes al sistema.
Menor	Lesión con baja sin secuelas o incapacidad menor. Daños secundarios al sistema.
Insignificante	Lesión sin baja o enfermedad. Daños sin importancia en el sistema.

3.4.4. Valoración del riesgo

La valoración del riesgo se realizará en base a la probabilidad de explosión y la gravedad de las consecuencias, estableciendo los cuatro niveles de riesgo reflejados en la tabla 3.

Tabla 3: Valoración del riesgo de explosión

Gravedad	Probabilidad				
	Frecuente	Probable	Ocasional	Remoto	Improbable
Catastrófico	Intolerable	Intolerable	Intolerable	Intolerable	Alto
Mayor	Intolerable	Intolerable	Alto	Alto	Medio
Menor	Intolerable	Alto	Alto	Medio	Medio
Insignificante	Medio	Medio	Aceptable	Aceptable	Aceptable

4. Resultados

4.1. Áreas de riesgo de la instalación

De acuerdo con la definición de las áreas de riesgo, características y presencia de sustancias inflamables y polvos combustibles, las zonas de estudio de la instalación son:

- **Zonas de carga y descarga de cisternas.** Calles situadas en el exterior de la nave de fabricación, destinadas a la carga de cisternas de productos acabados y descarga de materias primas.
- **Parque de almacenamiento.** Parque destinado al almacenamiento de materias primas, productos intermedios y producto acabado.
- **Nave de producción.** Planta de fabricación donde se ubican los reactores, diluidores, tanques de pesada y equipos auxiliares.
- **Venteos exteriores.** Tanques de almacenamiento destinados a recoger los condensados de proceso de los reactores.
- **Cuarto atemperado.** Área destinada al almacenamiento temporal de productos en bidones metálicos que requieren estar atemperados para su uso.
- **Carga de baterías.** Área destinada a la carga de baterías de las carretillas elevadoras eléctricas.
- **ERM gas natural.** Estación de Regulación y Medida (ERM) de gas natural utilizado como combustible para la alimentación de las calderas.
- **Oxidador térmico.** Área de la instalación destinada a la depuración de compuestos orgánicos volátiles, generados en el proceso productivo, mediante oxidación térmica.

4.2. Sustancias susceptibles de generar atmósferas explosivas

En base a la Ficha de Datos de Seguridad de cada una de las sustancias presentes en la instalación y en base a las propiedades especificadas en el Anexo A de la norma UNE 202007:2006 IN (AENOR, 2006), las sustancias inflamables y polvos combustibles considerados para la realización del estudio son la metilisobutilcetona (MIBK), hidrógeno (H₂), gas natural y bisfenol-A. La tabla 4 refleja las sustancias susceptibles de generar atmósferas explosivas, así como los resultados obtenidos y la clasificación de cada una de las áreas de estudio, de acuerdo a los criterios establecidos en las normas técnicas, en base a la metodología de estudio definida.

Tabla 4: Áreas clasificadas con riesgo de generación de atmósfera explosiva

Área	Sustancia	Estado	Escape		Ventilación			R (m)	Clasificación			
			Fuente	Grado	Tipo	Grado	Dispon.			f	C (s ⁻¹)	V _z (m ³)
Carga / descarga cisternas	MIBK	L	Abertura cisterna			Ejemplo norma UNE 60079-10-1:2009				Z1 + Z2		
		L	Derrame									
Parque almacenamiento	MIBK	L	Elementos de unión	S	N	M	NOR	3	0.0300	0.05	0.22	Z2
		L	Venteos	P	N	M	NOR	2	0.0300	7.96	1.24	Z1 + Z2
		L	Elementos de unión	S	AR	M	A	3	0.0012	1.17	0.65	Z2-ED
Nave producción	MIBK	V	Uniones auxiliares	S	AR	M	A	3	0.0017	0.09	0.27	Z2-ED
		L	Toma de muestras	S	AR	M	A	3	0.0017	1.04	0.71	Z2-ED
		V	Terminales carga	P	AR	M	A	3	1.0100	0.24	0.38	Z1
Venteos ext.	MIBK	S	Tolva sólidos			Ejemplo norma UNE 60079-10-2:2015				Z20 + Z22		
Cuarto atemperado	MIBK	V	Venteos	P	N	M	NOR	2	0.0300	7.96	1.24	Z1 + Z2
		V	Tapones de seguridad	C	AR	B	P	4	0.0100	19.93	1.68	Z1
Carga baterías	H ₂	V	Baterías	P	AR	A	A	2	0.0100	181.94	3.52	Z2
ERM gas natural	Gas natural	V	Elementos de unión	S	N	M	A	1	0.0300	1.56	0.72	Z2
		V	Venteos	S	N	M	A	1	0.0300	697.55	5.50	Z1
Oxidador térmico	MIBK	V	Elementos de unión	S	N	M	NOR	2	0.0300	1.89	0.77	Z2
		L	Venteos	P	N	M	NOR	1	0.0300	1.43	0.70	Z1 + Z2

Nota: L: líquido; V: vapor; SOL: sólido; Primario; S: Secundario; C: Continuo; N: Natural; AR: Artificial; M: Medio; A: Alto; B: Bajo; NOR: Normal; P: Pobre; f: factor de ineficacia; C: renovaciones aire; V_z: volumen atmósfera explosiva; R: radio atmósfera explosiva.

En base a los resultados obtenidos se evalúa el riesgo de explosión de acuerdo a la metodología de estudio definida.

4.3. Evaluación del riesgo de explosión

Según los criterios marcados en la metodología de estudio, la tabla 5 resume los resultados de la evaluación de riesgos teniendo en cuenta la probabilidad de presencia de focos de ignición, probabilidad de explosión, gravedad de las consecuencias y nivel de riesgo para las áreas de estudio de la instalación susceptibles de generación de atmósfera explosiva.

Tabla 5: Resultados de la evaluación del riesgo de explosión

Área	Probabilidad focos ignición	Probabilidad explosión	Gravedad consecuencias	Nivel de riesgo
Carga / descarga cisternas	Baja	Improbable	Mayor	Medio
Parque almacenamiento	Baja	Improbable	Mayor	Medio
Nave producción	Baja	Remoto	Mayor	Medio
Venteos exteriores	Baja	Improbable	Mayor	Medio
Cuarto atemperado	Baja	Improbable	Mayor	Medio
Carga baterías	Baja	Improbable	Menor	Medio
ERM gas natural	Media	Improbable	Mayor	Medio
Oxidador térmico	Baja	Improbable	Mayor	Medio

Tras evaluar el riesgo de explosión considerando la probabilidad de aparición de focos de ignición, probabilidad de explosión y la gravedad de las consecuencias de cada una de las áreas de riesgo, se determina un nivel de riesgo medio para todas las áreas.

En consecuencia, se plantean medidas correctivas y planes de acción a corto y medio plazo para conseguir disminuir el riesgo de explosión en las áreas clasificadas de riesgo de la instalación.

4.4. Medidas correctivas y planes de acción

Una vez realizado el estudio de clasificación de las diferentes áreas de la instalación con riesgo de generar una atmósfera explosiva y habiendo evaluado los riesgos de producirse una explosión, se proponen una serie de medidas correctivas y de mejora. Todas las acciones implantadas formarán parte de la planificación preventiva de la empresa.

Las medidas correctivas necesarias para garantizar la seguridad de todas las áreas y los empleados que trabajen en ellas se resumen en la tabla 6. Se enumeran por grado de prioridad, fijando un plazo máximo de puesta en marcha y determinando el nivel de riesgo esperado tras su implantación.

Tabla 6: Medidas correctivas, plazo de implantación y nivel de riesgo esperado

Medidas correctivas	Área clasificada	Plazo implantación	Nivel de riesgo esperado tras implantación
La caída libre de sustancias inflamables a recipientes se realizará hacia las paredes de los mismos, minimizando el riesgo de generación de electricidad estática	Nave producción	Inmediato	Medio
Realizar una planificación para asegurar una revisión periódica de las juntas del ventilador del oxidador térmico para determinar anomalías a la mayor brevedad	Oxidador térmico	Inmediato	Medio
Establecer procedimientos y permisos de trabajo detallados y con supervisión continua para la realización de operaciones de riesgo (técnicas de oxicorte, radial o soldadura)	Todas las áreas	Inmediato	Aceptable
Evitar el encendido del motor de un camión cisterna hasta, al menos, 4 minutos después de finalizar la operación de carga y/o descarga	Carga / descarga cisternas	Inmediato	Aceptable
Uso de ropa antiestática en todas las áreas de la instalación	Todas las áreas	Inmediato	Aceptable
Uso de plásticos antiestáticos para evitar la generación de electricidad estática	Todas las áreas	Inmediato	Aceptable
Señalización en base al Real Decreto 681/2003 (España, 2003)	Todas las áreas	Inmediato	Medio
Sistemas de enclavamiento que impida realizar cualquier operación de transferencia de líquidos inflamables sin conectar los sistemas de extracción localizada	Nave producción	6 meses	Aceptable
Garantizar que cualquier equipo instalado o utilizado en áreas susceptibles de generar una atmósfera explosiva será Ex o ATEX	Todas las áreas	6 meses	Aceptable
Garantizar la continuidad eléctrica en las estructuras metálicas y tuberías por donde circulan sustancias inflamables	Todas las áreas	6 meses	Aceptable
Realizar auditorías electrostáticas que garanticen la continuidad eléctrica	Todas las áreas	6 meses	Aceptable
Informar y formar a todos los trabajadores periódicamente	Todas las áreas	6 meses	Medio
Establecer un programa de mantenimiento preventivo de todos los equipos e instalaciones para minimizar el riesgo por activación de focos de ignición	Todas las áreas	6 meses	Aceptable

Además de la propuesta de medidas correctivas y plazo de implementación, se detallan una serie de planes de acción para garantizar la seguridad de todos los trabajadores y equipos de la instalación.

- **Plan de señalización.** Todas las áreas de riesgo de la instalación se señalarán en base a lo establecido en el Real Decreto 681/2003 (España, 2003), sin perjuicio a lo establecido en el Real Decreto 485/1997 (España, 1997).
- **Plan de gestión de la documentación.** Todos los trabajos en áreas de riesgo estarán establecidos por procedimiento, realizando permisos de trabajo que garanticen que el área es segura para realizar el mantenimiento correctivo y/o preventivo.
- **Plan de formación e información.** La instalación contará con un plan de formación que incluya la exposición a riesgos de explosión, procedimientos y permisos de trabajo, medidas de protección y prevención, así como manejo de medios de extinción y funcionamiento de equipos de trabajo, quedando registro de ello mediante cuestionarios de adiestramiento y registros de evidencias formativas. Toda esta formación se integrará en el plan de coordinación de actividades empresariales, formando a todos los trabajadores externos que realicen tareas en áreas de riesgo.
- **Plan de revisión de la documentación.** Se establece un plan de revisión del Documento de Protección Contra Explosiones, según se especifica en el artículo 8 del Real Decreto 681/2003 (España, 2003).

5. Conclusiones

En el presente trabajo se ha realizado el estudio del documento de protección contra explosiones de una industria química del sector de pinturas para cataforesis, dando cumplimiento a lo expuesto en el Real Decreto 681/2003 y con el fin de garantizar la protección de los trabajadores de acuerdo con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Previo al análisis de los riesgos de explosión, se ha llevado a cabo un estudio de cada una de las áreas de la instalación determinando las zonas en las que hay presencia de sustancias inflamables y/o combustibles que pudieran generar atmósferas explosivas.

Se ha establecido una metodología para el cálculo y clasificación de cada una de las áreas, teniendo en cuenta las posibles fuentes de escape, grado y eficacia de la ventilación y procedimientos de seguridad y requerimientos implantados en la empresa. Las sustancias inflamables y polvos combustibles considerados para los cálculos detallados en la metodología han sido metilisobutilcetona, hidrógeno, gas natural y bisfenol-A. Esta metodología y clasificación de los diferentes emplazamientos se ha realizado en base a los requisitos establecidos en las normas técnicas UNE-EN 60079-10-1:2009, UNE-EN 60079-10-2:2015 y UNE 202007:2006 IN.

Tras la clasificación zonal se ha determinado la probabilidad de generación de focos de ignición, que pueden dar lugar a una explosión en el área de estudio. Realizada la clasificación de cada una de las áreas de la instalación y la probabilidad de aparición de focos de ignición, se ha evaluado el riesgo de cada zona en función de la probabilidad y las consecuencias de una posible explosión.

De los resultados obtenidos y en base a los criterios establecidos, se concluye que todas las áreas clasificadas presentan un nivel de riesgo medio, realizando una propuesta de medidas preventivas y planes de acción para reducir el riesgo por explosión.

Esto ha permitido obtener un estudio exhaustivo sobre las instalaciones de la industria química real aportando una visión de los riesgos por generación de atmósfera explosiva y

estableciendo medidas preventivas para garantizar la seguridad y salud de todos los trabajadores de la empresa.

Por último conviene afirmar que este documento actualmente en vigor en la empresa objeto de estudio, constituye un documento vivo que debe revisarse y actualizarse de forma periódica para garantizar una acción y mejora continua frente a los riesgos de explosión.

Referencias

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 (2007). Material eléctrico para uso en presencia de polvo inflamable. Parte 4: modo de protección "pD". UNE-EN 61241-4:2007

AENOR (2008). Atmósferas explosivas. Parte 5: equipos de protección por relleno pulverulento "q". UNE-EN 60079-5:2008

AENOR (2009). Atmósferas explosivas. Parte 10-1: clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas gaseosas. UNE-EN 60079-10-1:2009

AENOR (2010a). Atmósferas explosivas. Parte 18: protección del equipo por encapsulado "m". UNE-EN 60079-18:2010

AENOR (2010b). Atmósferas explosivas. Parte 31: protección del material contra la inflamación de polvo por envoltente "t". UNE-EN 60079-31:2010

AENOR (2012). Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra explosiones. Parte 1: Conceptos básicos y metodología. UNE-EN 1127-1:2012

AENOR (2013a). Atmósferas explosivas. Parte 11: protección del equipo por seguridad intrínseca "i". UNE-EN 60079-11:2013

AENOR (2013b). Atmósferas explosivas. Parte 15: protección del equipo por modo de protección "n". UNE-EN 60079-15:2013

AENOR (2015a). Atmósferas explosivas. Parte 10-2: clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas de polvo. UNE-EN 60079-10-2:2015

AENOR (2015b). Atmósferas explosivas. Parte 1: protección del equipo por envoltentes antideflagrantes "d". UNE-EN 60079-1:2015

AENOR (2015c). Atmósferas explosivas. Parte 2: equipos de protección por envoltentes presurizadas "p". UNE-EN 60079-2:2015

AENOR (2016a). Atmósferas explosivas. Parte 6: protección del equipo por inmersión líquida "o". UNE-EN 60079-6:2016

AENOR (2016b). Atmósferas explosivas. Parte 7: protección del equipo por seguridad aumentada "e". UNE-EN 60079-7:2016

- España. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. *Boletín Oficial del Estado*, 10 de noviembre de 1995, núm. 269, pp. 32590-32611.
- España. Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, 23 de abril de 1997, núm. 97, pp. 12911-12918.
- 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. 23341-23345.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2003). *Guía europea de atmósferas explosivas. Guía de buenas prácticas para la aplicación relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a riesgo derivados de atmósferas explosivas de la Directiva 1999/92/CE*
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2010). *Evaluación de los riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas (ATEX)*. Nota técnica de prevención 876
- Unión Europea. Directiva 1992/92/EC del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 1999, relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 28 de enero de 2000, núm. 23, pp. 57-64.