

08-007

**SAFETY AND HEALTH STUDY OF EXTRUDED POLYSTYRENE (XPS)
TRANSFORMATION AND MANUFACTURING PROCESS**

Palomares Solanes, Alexandre (1); García Fayos, Beatriz (1); Arnal Arnal, José Miguel
(1)

(1) Universitat Politècnica de València

Extruded polystyrene (XPS) is a compound widely used in construction due to its thermal insulating properties and its uses in waterproofing systems. During the XPS manufacturing process, there is a wide range of risk factors that could be potentially dangerous for employees. The present safety and health study will analyse the XPS transformation and manufacturing process of a company that has grown considerably in recent years, increasing its workforce and expanding its facilities. In order to do that, the company's production process will be described and a study of the accident rate at the different workspaces in the factory will be carried out. Subsequently, an identification and evaluation of risks will be done, for which, various preventive measures with their implementation plan will be put forward. In this way, the intention to increase the degree of safety and health of the workers and, therefore, decrease the number of accidents.

Keywords: Safety; Danger; Accidents; XPS; Risks; Preventive Measures

**ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN Y
FABRICACIÓN DEL POLIESTIRENO EXTRUIDO (XPS)**

El poliestireno extruido (XPS) es un compuesto altamente empleado en construcción por sus propiedades como aislante térmico y por sus utilidades en sistemas de impermeabilización. Durante el proceso de fabricación del XPS, existen gran diversidad de factores de riesgo que pueden suponer un peligro para los trabajadores. En el presente estudio de seguridad y salud se analizará el proceso de transformación y producción de XPS de una empresa que ha crecido considerablemente en los últimos años, aumentando la plantilla y ampliando sus instalaciones. Para ello, se describirá el proceso productivo de la empresa y se realizará un estudio de la siniestralidad en los diferentes puestos de trabajo presentes en la planta. Seguidamente, se realizará una identificación y evaluación de riesgos sobre los cuales se propondrán diversas medidas preventivas junto a su plan de implementación. De esta forma, se pretende, aumentar el grado de seguridad y salud de los trabajadores y reducir así el número de accidentes.

Palabras clave: Seguridad; Peligro; XPS; Riesgos; Medidas Preventivas

Correspondencia: Beatriz Garcia Fayos. Correo: beagarfa@iqn.upv.es



©2022 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

La seguridad, en el ámbito del trabajo, consiste en establecer un conjunto de técnicas y procedimientos dirigidas a la reducción o eliminación de los accidentes de manera que no supongan un peligro para la salud del trabajador.

En España, la Ley 31/1995 del 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales establece los derechos de los trabajadores y las obligaciones del empresario a la hora de crear y mantener una organización preventiva que se ocupe de la seguridad y salud de sus trabajadores, además de definir sus responsabilidades en caso de accidente.

Actualmente, en España, a partir de las estadísticas de accidentes de los últimos años, se puede apreciar que aún se puede/debe mejorar mucho en este aspecto. En el año 2021 se produjeron 1.137.523 accidentes de trabajo, 705 de los cuales fueron mortales, siendo el sector industrial unos de los sectores más afectados con una incidencia de 4.311,2 accidentes con baja cada 100.000 trabajadores (CCOO,2022).

Por ello, es importante invertir en medidas de seguridad y en la formación de los trabajadores, dado que la seguridad y salud debe prevalecer ante cualquier aspecto económico, ya que, a fin de cuentas, prevenir es menos costoso y más efectivo que la reparación del daño posterior, ya sean pérdidas humanas o materiales.

La empresa empleada como referencia para la realización del estudio se dedica al sector de fabricación de materiales para la construcción, en concreto, impermeabilización y aislamiento. Una de las naves de la empresa se dedica a la fabricación de Poliestireno Extruido (XPS).

El XPS es un aislante térmico compuesto por una espuma rígida, de carácter termoplástico y de estructura celular cerrada que se obtiene a partir de la extrusión del poliestireno (PS). Es considerado uno de los mejores productos para el aislamiento por el exterior dada su elevada durabilidad. Además, entre sus propiedades se destacan su resistencia mecánica y que es un producto reciclable y reutilizable al 100%.

Durante 2020 se comercializaron aproximadamente 1260000m³ de XPS en el mercado ibérico (Industria Química, 2021). El mercado del producto se espera con tendencia alcista ya que el aislamiento se considera una de las claves en la rehabilitación de edificios y construcción sostenible.

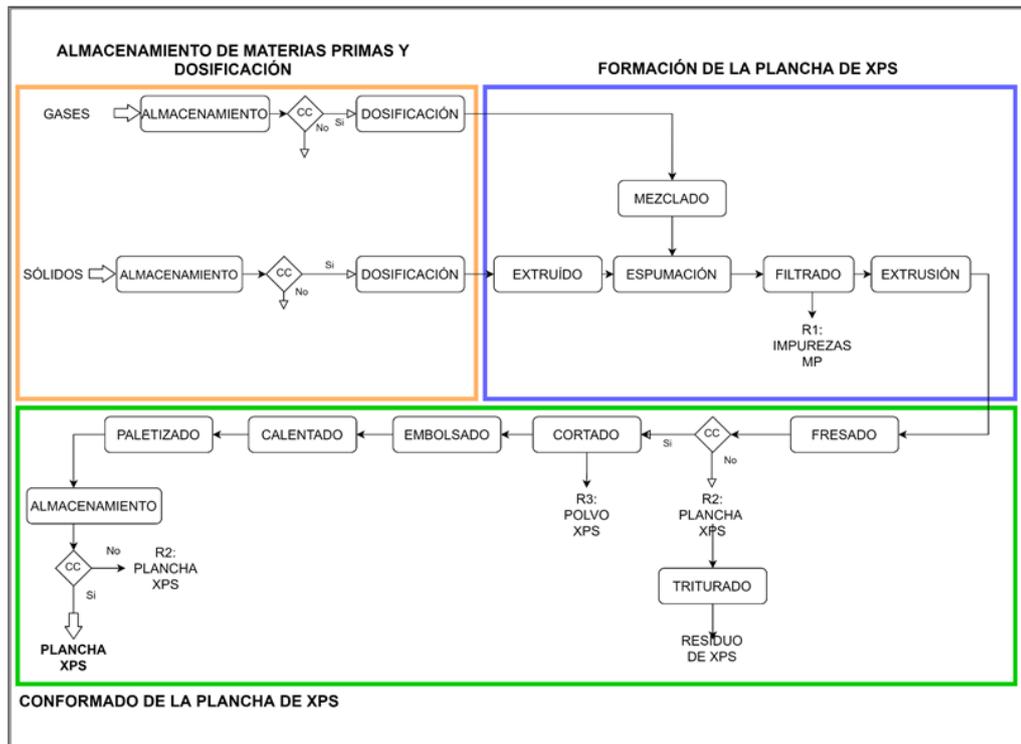
En el proceso de fabricación del XPS, se emplea gran cantidad de maquinaria, equipos y herramientas potencialmente peligrosas. Además, como materias primas, se utilizan sustancias peligrosas entre las que destacamos gases y líquidos altamente inflamables.

El estudio se va a centrar en el análisis de los riesgos del proceso de producción de Poliestireno Extruido (XPS).

1.1 Descripción del proceso de fabricación

A continuación, se realizará la descripción del proceso productivo, especificando los equipos y maquinaria que lo constituyen, además de las diversas materias primas utilizadas. En la Figura 1 se muestra el diagrama de bloques del proceso productivo indicando las principales etapas para la obtención de las planchas de XPS.

Figura 1: Diagrama bloques proceso productivo



Almacenamiento y dosificación de materias primas

Las materias primas empleadas son poliestireno (PS), CO₂, HFC (inflamable), etanol Inflamable e irritante) y diversos aditivos. El PS se almacena en silos, los gases y vapores en depósitos. Estos se introducen en el proceso mediante un sistema de dosificación automático, impulsados por un sistema de bombeo. Los aditivos se almacenan en sacos y se dosifican manualmente.

Formación de plancha de XPS

La formación de la plancha se realiza a partir de una línea de extrusoras, mediante la acción del prensado, fusión, moldeado, presión y empuje de los materiales. Entre los equipos empleados destacamos las extrusoras, filtros y el mezclador estático.

Las materias primas sólidas se introducen en una extrusora donde se funden. Pasan a la mezcladora donde se introducen los gases y líquidos, y se forma una espuma. Dicha espuma se filtra. A continuación, se pasa a una segunda extrusora en la cual se empuja el material y sale por la zona de labios, quedando así formada la plancha. En este proceso se alcanzan temperaturas de hasta 190°C, y presiones de hasta 200 bar.

Conformado plancha XPS

Para el conformado de la plancha existen diversas máquinas cortadoras, donde se adecua la forma y tamaño de la plancha para pasar a la zona de embalado y paletizado posterior. A continuación, las planchas se apilan, se empaquetan y se introducen en un horno para ajustar el film. Los paquetes de planchas se apilan sobre un soporte, mediante el empleo de una máquina paletizadora y finalmente se embalan los palés. Estos se retiran mediante carretilla paletizadora y se almacenan en la planta.

Obtención residuos XPS

Los residuos de XPS del proceso están compuestos por las planchas que no han pasado los controles de calidad y material obtenido durante la puesta en marcha o paro de la línea de producción. Estos residuos se trituran mediante un molino de corte (tritadora) obteniéndose así pequeñas partículas de XPS.

Tanto los residuos triturados como los residuos de las maquinas cortadoras pueden ser integrados nuevamente en el proceso productivo como materias primas, mediante la realización de una fase de filtrado y extrusión adicional, de manera que se consigue obtener poliestireno reciclado.

2. Objetivos y justificación del trabajo

El objetivo principal del trabajo es la realización de un estudio de seguridad y salud del proceso de producción de poliestireno extruido. Su necesidad viene motivada por la peligrosidad de comporta el proceso, la elevada incidencia de accidentes en una de las empresas del sector y la necesidad de asegurar la seguridad de los trabajadores en el ambiente laboral. Los objetivos secundarios son:

- Identificación y evaluación de los riesgos a los que están expuestos los trabajadores.
- Realización de una propuesta de medidas preventivas junto a su coste y plazo de implementación.
- Realizar un estudio de justificación económica de implementación de las medidas preventivas

3. Metodología

En este apartado se van a explicar los diferentes procedimientos empleados para la realización del estudio de seguridad y salud.

3.1 Identificación y evaluación de los riesgos

La identificación de los riesgos se realiza a partir del listado de factores de riesgo laborales elaborado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) para PYMES.

Una vez identificados todos los factores de riesgo, se realiza su evaluación a partir del uso de la metodología mixta entre el método propuesto por el INSHT (1996) y la metodología propuesta por William T. Fine (1971). Para realizar la evaluación se debe:

1. Valorar la exposición (E), es decir, la frecuencia con la que se presenta la situación de riesgo. Esta se debe clasificar como Remota, a la que se le asignará el valor de 0.5, Esporádica (1), Ocasional (3), Frecuente (6) o Continua (10).
2. Valorar la probabilidad (P) de que se origine el accidente una vez presentada la situación de riesgo. Esta se debe clasificar como Nunca ha sucedido (0.5), Reducida (1), Normal (3), Elevada (6) o Muy Elevada (10).
3. Calcular la frecuencia (F) con la que se presenta el riesgo, como el producto de la exposición por la probabilidad.
4. Determinar las consecuencias (C) entendidas como el daño más grave razonadamente posible que puede causar el accidente.
5. En función de la frecuencia y la consecuencia se puede obtener el nivel de peligrosidad del factor de riesgo (r).

Tras determinar los parámetros, existe una codificación numérica y cromática que permite priorizar entre los diferentes riesgos evaluados, en función del resultado de la frecuencia y el valor de consecuencias. Dicha codificación se muestra en la Figura 2.

Figura 2: Codificación numérica y cromática de evaluación de riesgos.

| | | Consecuencias (C) | | |
|----------------|-----------------|-------------------------|----------------|-------------------------------------|
| | | Ligeramente Dañinas (1) | Dañinas (5) | Extremadamente Dañinas (15, 25, 50) |
| Frecuencia (F) | Baja (0 a 10) | Trivial (E) | Tolerable (T) | Moderado (M) |
| | Media (11 a 50) | Tolerable (T) | Moderado (M) | Importante (I) |
| | Alta (51 a 100) | Moderado (M) | Importante (I) | Intolerable (X) |

A continuación, se describe la caracterización de los posibles niveles de riesgo obtenidos junto a la necesidad establecida de actuación sobre los mismos.

- Trivial (E): No se requiere realizar una acción específica. (SEGUIMIENTO)
- Tolerable (T): No es necesario mejorar la acción preventiva, pero se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica considerable. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control. (MEDIA)
- Moderado (M): Se deben tratar de reducir el nivel de riesgo, determinando inversiones precisas. Las medidas se deben implantar en un período determinado. Si está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se requiere establecer con mayor precisión, la probabilidad de daño. (ALTA)
- Importante (I): No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se requieran recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponde a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados. (MUY ALTA)
- Intolerable (X): No se debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo debe prohibirse el trabajo. (INMEDIATA)

Se realizará una tabla con la evaluación de los principales factores de riesgo.

3.2 Propuesta y justificación de medidas preventivas

Para la realización de la propuesta de medidas preventivas siempre se priorizará la protección colectiva frente a la individual, actuando, siempre que sea posible sobre el proceso, máquinas y equipos y procedimientos de trabajo.

La elección de las medidas aplicará los principios de la acción preventiva, presentes en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995.

Se propondrán diversas medidas preventivas, junto a su plazo de implementación y coste. También se indicará en qué manera afectarán dichas medidas respecto a la evaluación inicial de riesgos

Las medidas tendrán en cuenta la priorización de los riesgos de manera que, para los factores de riesgos cuya evaluación es Importante o Intolerable, la implementación de medidas preventivas debe ser sin demora.

Para los factores de riesgo cuya evaluación es Moderada/Trivial se realizará un análisis coste/beneficio, según la metodología William T. Fine (1971), para determinar si la inversión económica es justificable desde el punto de vista de la reducción de accidentes.

Para realizar dicho análisis, se tendrá en cuenta el nivel de peligrosidad, el factor coste de la medida preventiva (en €) y el grado de corrección que aporta. En la tabla 1 se

incluyen los valores que pueden tomar dichos factores.

Tabla 1: Valor factor coste (FC) y Grado de Corrección (GC)

| COSTE (€) | FC | CORRECCIÓN RIESGO | GC |
|------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| > 50.000 | 10 | Reducción 100% | 1 |
| 25.000 – 50.000 | 6 | Reducción > 75% | 2 |
| 10.000 – 25.000 | 4 | Reducción 50 – 75% | 3 |
| 1.000 – 10.000 | 3 | Reducción 25-50% | 4 |
| 100 – 1.000 | 2 | Reducción < 25% | 6 |
| 25 – 100 | 1 | | |
| < 25 | 0,5 | | |

A partir de estos factores, se obtendrá el nivel de justificación de dicha medida, calculado según la ecuación 1:

$$JUSTIFICACIÓN = \frac{\text{Peligrosidad } (r)}{\text{FactorCoste} \cdot \text{GradoCorrección}} \quad \text{Ec. (1)}$$

Si el resultado de la justificación es mayor a 20, estará muy justificado implementar las medidas, si es menor que 10 no estará justificado. En el rango intermedio (10 -20) estará probablemente justificado la implementación de la medida.

En caso de implementar algunas de las medidas preventivas, posteriormente se deberá realizar por parte de la empresa un seguimiento de estas para valorar así su nivel de eficacia y si fuera necesario evaluar de nuevo o periódicamente el riesgo para ver si han variado las condiciones y el nivel del mismo.

4. Resultados

En este apartado se exponen los diferentes resultados obtenidos en el estudio.

4.1 Identificación y evaluación de los riesgos

A continuación, se detallan los principales factores de riesgo identificados en el proceso, junto a una breve descripción de las causas.

- FR-040: Caída de objetos en manipulación. Este riesgo tiene lugar principalmente durante el proceso de vertido del PS mediante carretilla a la tolva de alimentación.
- FR-090: Golpes o cortes por objetos o herramientas. Empleo de diversas máquinas cortadoras y fresadoras para el conformado de planchas que suponen un serio peligro para los trabajadores. Adicionalmente hay operaciones de cortado manual de planchas defectuosas con cuchillos, para retirarlas antes de llegar a la máquina cortadora. También se emplean otras herramientas cortantes y punzantes. Adicionalmente existe el riesgo de golpe por objetos al extraer los filtros para su reemplazo, debido a la sobrepresión que se genera, la cual puede hacer que estos salgan disparados.
- FR-100: Proyección de fragmentos y partículas. En paradas repentinas de línea, por las elevadas presiones de trabajo en las extrusoras (hasta 200 bar), esta se intenta liberar pudiendo alcanzar tubos de dosificación (puntos estructuralmente

más débiles), produciendo fugas o destrucción de tubería con la consiguiente proyección de fragmentos. Adicionalmente, en zonas de fresado y cortado hay proyección de partículas de polvo.

- FR-110: Atrapamiento por o entre objetos. En el proceso existe diversa maquinaria entre la que se destacan horno, rodillos, fresadoras y cintas transportadoras que cuentan con diversas partes móviles que pueden atrapar a los operarios que trabajen en el área circundante.
- FR-150: Contactos térmicos. Los equipos de extrusión pueden alcanzar temperaturas de hasta 200 °C por las características del proceso, por lo que los equipos de extrusión pueden presentar superficies calientes. También es importante el contacto con PS fundido a dicha temperatura en las tareas de cambio de filtros.
- FR-200: Explosiones. Se emplean gases y líquidos inflamables, por ello es probable la formación de zonas ATEX en tanques y conducciones de sustancias inflamables. Generación atmósferas explosivas de polvo en procesos de cortado (el polvo de XPS y de PS probablemente sea explosivo (Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance, 2021)). Presencia de fuentes de ignición como la elevada concentración de electricidad estática.
- FR-211: Incendio. Se emplean gases y líquidos inflamables y, además, hay presencia de fuentes de ignición dado que el proceso de producción es altamente generador de electricidad estática, principalmente en la zona de salida de la plancha. En el histórico de accidentes de la empresa se observa el suceso de pequeños incendios en la zona de labios.
- FR310: Exposición a contaminantes químicos. Posibilidad de superar valores límites de exposición profesional tanto en fugas de sustancias químicas como por la generación de polvo en suspensión.
- FR-330: Ruido. En evaluaciones higiénicas de ruido, realizadas en una nave de producción de XPS, se confirma que se supera el límite de exposición diario (LAeq 89 dB). La principal fuente de ruido es la trituradora de residuos, además de las máquinas empleadas para el conformado de las planchas. También se debe considerar el ruido de fondo habitual en una industria.

Adicionalmente a los factores de riesgo expuestos anteriormente, en una nave industrial, generalmente se presentan otros riesgos derivados de la actividades que pueden suponer peligros para los trabajadores, como pueden ser:

- FR-010: Caída de personas a distinto nivel.
- FR-020: Caída de personas al mismo nivel
- FR-030: Caída de objetos por desplome o derrumbamiento
- FR-040: Caída de objetos desprendidos
- FR-080: Choques contra objetos móviles
- FR-070: Choques contra objetos inmóviles
- FR-120: Atrapamiento por vuelco de máquinas y vehículos.
- FR-130: Sobre esfuerzos
- FR-162: Contactos eléctricos indirectos.
- FR-230: Atropellos o golpes con vehículos

Estos riesgos derivados de la actividad industrial se presentan generalmente como tolerables/ moderados, dependiendo de la situación concreta de cada industria. Aunque

no por ello se deben menospreciar y también se deben tratar de controlar o reducir su nivel de riesgo.

La evaluación realizada para los factores de riesgo considerados más relevantes en el proceso de fabricación de XPS, se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2: Resultados de la Evaluación de Riesgos de proceso

| FACTORES DE RIESGO | EVALUACIÓN INICIAL DE RIESGOS | | | | | |
|--|-------------------------------|-----|----|----|---|-----|
| | E | P | F | C | M | r |
| 040.Caída de objetos en manipulación | 6 | 1 | 6 | 15 | M | 90 |
| 090.Golpes y cortes por objetos o herramientas | 6 | 3 | 18 | 15 | M | 270 |
| 100.Proyección de fragmentos o partículas | 3 | 3 | 9 | 15 | M | 135 |
| 110.Atrapamiento por o entre objetos | 3 | 3 | 9 | 15 | M | 135 |
| 150.Contactos térmicos | 6 | 6 | 36 | 5 | M | 180 |
| 200.Explósión | 10 | 0,5 | 5 | 50 | M | 250 |
| 211.Incendio. | 10 | 1 | 10 | 25 | M | 250 |
| 310.Exposición a contaminantes químicos | 3 | 3 | 18 | 15 | M | 135 |
| 330.Ruido | 10 | 3 | 30 | 15 | I | 450 |

Se han considerado 9 factores de riesgo como principales para el proceso de fabricación del XPS. De estos factores de riesgo, uno se evalúa como importante. El resto de los factores de riesgo se evalúa como moderados.

Los factores de riesgo considerados de mayor peligrosidad para los operarios durante el proceso de producción son los siguientes:

- Ruido
- Incendios
- Explosiones
- Golpes y cortes por objetos o herramientas

Adicionalmente se deben tener en cuenta los demás riesgos moderados dado que se considera que su valor de peligrosidad obtenido en la evaluación de riesgos es bastante elevado.

En función de los resultados obtenidos anteriormente, es evidente la necesidad de implementar medidas preventivas para asegurar la seguridad laboral de los trabajadores.

4.2 Propuesta de medidas preventivas

La realización de la propuesta de medidas preventivas se va a centrar en la reducción del nivel de peligrosidad de todos aquellos factores de riesgo cuya evaluación ha sido importante o moderada.

En la tabla 3 se incluyen los factores de riesgo identificados y las medidas preventivas propuestas para tratar de reducir el valor de peligrosidad de los mismos.

Tabla 3: Propuesta de medidas preventivas

| FR | Nº | Medidas Preventivas |
|-----|-----|--|
| 040 | M1 | Introducción de un polipasto para la alimentación de las sacas de Poliestireno a la tolva de dosificación. Este debe tener un espacio delimitado y señalizado, además de seta de emergencia. |
| 090 | M2 | Aislamiento de las máquinas cortadoras, fresadoras en el interior de zonas valladas para evitar el acceso a su interior. |
| 090 | M3 | Enclavamiento de seguridad en las puertas de acceso al interior de zonas valladas donde se ubiquen máquinas cortadoras y fresadoras según NTP 1124: Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos: interruptores de posición accionados mecánicamente (INSSBT, 2018). |
| | M4 | Delimitar y señalizar la zona de riesgo de golpe por proyección del filtro en la zona de filtrado según NTP 511: Señales visuales de seguridad: aplicación práctica (INSHT, 1999). |
| 100 | M5 | Introducción de pantallas protectoras de metacrilato que envuelvan los puntos débiles de la instalación donde se puede dar la proyección (puntos de conexión con mangueras de dosificación). Además, señalizar dicha zona según NTP 511 (INSHT, 1999). |
| | M6 | Proveer a los operarios con gafas, pantallas o protectores integrales según NTP 262: Protectores visuales contra impactos y/o salpicaduras: guías para la elección, uso y mantenimiento (INSHT, 1992). |
| 110 | M7 | Introducir resguardos seguridad que impidan el acceso de los trabajadores a partes móviles según NTP 552: Protección de máquinas frente a peligros mecánicos: resguardos (INSHT, 2000 a). |
| | M8 | Incluir dispositivos de parada de seguridad (setas de emergencia) en los puntos de acceso a máquinas con partes móviles. En la NTP 86: Dispositivos de parada de emergencia, se dan guías para su correcta instalación (INSHT, 1984). |
| 150 | M9 | Incluir resguardos en los equipos para evitar contactos térmicos (NTP 552) (INSHT, 2000 a). Tratar de adecuarlos a la morfología de los equipos en caso de tener que trabajar sobre los mismos. |
| | M10 | Proporcionar guantes térmicos UNE EN 407 Cat III, T +200°C con protección para el antebrazo (de cuero) para tareas de cambio de filtros. NTP 747: Guantes de protección: requisitos generales. (INSHT, 2000 b) |
| 200 | M11 | Elaboración de un Documento de Protección contra Explosiones (DPCE) según la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo (INSST, 2021). |
| | M12 | Comprobar la equipotencialidad y puesta a tierra de todos los equipos e instalaciones que trasieguen productos inflamables, además de la puesta a tierra del personal. |
| | M13 | Inspección de los equipos eléctricos que manipulen sustancias inflamables (tanques, sensores, detectores, bombas, sistemas de dosificación, etc.). |
| | M14 | Incluir sistemas de detección para identificar posibles fugas de gases inflamables. |
| 211 | M15 | Incluir humidificadores en la zona de formación de la plancha de XPS para aumentar la humedad relativa del ambiente. |
| | M16 | Conexión a tierra de la cinta transportadora para evitar acumulaciones de carga electrostática. |
| | M17 | Redactar un protocolo de actuación ante derrame o vertido. |

| FR | Nº | Medidas Preventivas |
|-----|-----|---|
| | M18 | Sistema de extinción automático de incendios en la zona de labios. |
| 310 | M19 | Sistemas de aspiración en los puntos de corte de plancha de XPS para evitar formación de polvo en el ambiente. |
| | M20 | Sistemas de extracción localizada en la zona de dosificación de gases para captar posibles fugas de gases y vapores tanto de CO ₂ , etanol como HFC. |
| | M21 | Realización de medidas Higiénicas en los puestos de trabajo. |
| 330 | M22 | Aislar las fuentes de ruido (máquinas cortadoras, fresadoras y trituradoras) en el interior de cabinas con paneles acústicos. Verificar eficacia del aislamiento según UNE-EN.ISO 16283-2:2021 Acústica. Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos (UNE, 2021). |
| | M23 | Disposición de cintas absorbentes (anti-impacto) para reducir el ruido de la trituradora. |
| | M24 | Recubrir las tuberías de conducción de los residuos de XPS a la salida de la trituradora con láminas aislantes de ruido. |
| | M25 | Formación e información a los operarios sobre el empleo de los protectores auditivos facilitados. Inspecciones periódicas para asegurarse de que se emplean los mismos. |
| | M26 | Proveer a los operarios con protectores auditivos según NTP 638: Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos. |

Una vez realizada la propuesta de las medidas preventivas se realiza el estudio de la justificación económica para la implementación de las mismas. Para el caso de factores de riesgo importantes, la inversión estará totalmente justificada.

Para todas aquellas medidas justificadas económicamente, se indicará el plazo de implementación y el responsable de incluirlas o de verificar el cumplimiento del plan establecido.

Se deberá priorizar la implementación de medidas que prevengan factores de riesgo importantes frente a los moderados, tal como se indica en el apartado de metodología.

Tabla 4: Justificación de medidas preventivas

| Nº Medida preventiva | FC | GC | r | Justificación | | Plazo/ Responsable |
|----------------------------|----|----|-----|---------------|----------|------------------------------------|
| | | | | Valor | Si/No | |
| M1 | 4 | 3 | 90 | 7,50 | No | - |
| M2 | 4 | 2 | 270 | 33,75 | Si | 1 mes / Jefe de Planta |
| M3 | 2 | 4 | 270 | 33,75 | Si | 1 -2 meses / Técnico mantenimiento |
| M4 | 1 | 6 | 270 | 45,00 | Si | 2 semanas / Técnico mantenimiento |
| M5 | 2 | 4 | 135 | 16,88 | Probable | Pendiente de valorar |
| M6 | 1 | 4 | 135 | 33,75 | Si | 2 semanas / Técnico de PRL |
| M7 | 3 | 2 | 135 | 22,50 | Si | 1 mes / Jefe de Planta |
| M8 | 3 | 2 | 135 | 22,50 | Si | 1 mes / Jefe de Planta |

| Nº Medida preventiva | FC | GC | r | Justificación | | Plazo/ Responsable |
|----------------------------|----|----|-----|---------------|----------------------------|--|
| | | | | Valor | Si/No | |
| M9 | 3 | 2 | 180 | 30,00 | Si | 1 mes / Jefe de Planta |
| M10 | 2 | 4 | 180 | 22,50 | SI | 2 semanas / Técnico de PRL |
| M11 | 3 | 3 | 250 | 27,78 | Si /Obligatorio por Ley | Iniciar inmediatamente. (2 meses) / Técnico PRL |
| M12 | 3 | 6 | 250 | 13,89 | Probable | A valorar en DPCE |
| M13 | 3 | 4 | 250 | 20,83 | Si | 3 meses / Técnico PRL |
| M14 | 3 | 6 | 250 | 13,89 | Probable | A valorar en DPCE |
| M15 | 3 | 6 | 250 | 13,89 | Probable | Pendiente de valorar |
| M16 | 2 | 6 | 250 | 20,83 | Si | 1 mes / Técnico mantenimiento |
| M17 | 2 | 6 | 250 | 20,83 | Si | 1 mes / Técnico PRL |
| M18 | 4 | 3 | 250 | 20,83 | Si | 4-5 meses / Jefe de Planta |
| M19 | 6 | 1 | 135 | 22,50 | Si | 3-4 meses / Jefe de Planta |
| M20 | 3 | 3 | 135 | 15,00 | Probable | Pendiente de valorar |
| M21 | 3 | 2 | 135 | 22,50 | Si | 1-2 meses / Técnico PRL |
| M22 | 10 | 2 | 450 | - | Sí, riesgo importante | Iniciar inmediatamente/ 3 meses / Jefe de Planta |
| M23 | 2 | 6 | 450 | - | Sí, riesgo importante | Iniciar inmediatamente/ 1 semana/ Técnico de mantenimiento |
| M24 | 2 | 6 | 450 | - | Sí, riesgo importante | Iniciar inmediatamente/ 2 semana/ Técnico de mantenimiento |
| M25 | 2 | 6 | 450 | - | Sí, riesgo importante | Iniciar inmediatamente/ 2 semana/ Técnico de PRL |
| M26 | 2 | 4 | 450 | - | Sí, riesgo importante | Iniciar inmediatamente/ 2 -3 días / Técnico de PRL |

Se ha realizado una propuesta de 23 medidas preventivas de las cuales 17 se han obtenido como justificadas para su implementación. Adicionalmente se ha obtenido que 5 medidas probablemente estén justificadas, las cuales quedan pendientes de valorar por la propiedad, dependiendo de la viabilidad económica. Finalmente, la inclusión de un polipasto como sustitución del sistema de alimentación no queda justificado dada la elevada inversión necesaria.

5. Conclusiones

Tras la realización de este trabajo se han llegado a las siguientes conclusiones:

El proceso de producción de poliestireno extruido conlleva diversos riesgos derivados de sustancias (materias primas), maquinaria utilizada y características del proceso. Entre estos, se han identificado un total de 9 factores de riesgo. Los principales factores identificados a resaltar por su peligrosidad han sido Ruido, Incendios, Explosiones y Golpes y cortes por objetos o herramientas.

De los riesgos identificados, uno se evalúa como importante mientras que el resto como moderados. Adicionalmente, se menciona la presencia de otros riesgos generales derivados de la actividad industrial, los cuales se evalúan principalmente como moderados y tolerables.

Tras la identificación y evaluación de los riesgos, se refleja la necesidad de invertir en términos de seguridad y salud de los trabajadores. Es por ello que, se recomienda adoptar medidas de protección adicionales en diferentes fases del proceso.

Las medidas preventivas propuestas van orientadas a disminuir el nivel de riesgo de los principales problemas detectados, pero especialmente en el caso de los riesgos que se han evaluado como importantes o moderados con alto nivel de peligrosidad.

En la propuesta realizada, se han incluido 23 medidas, las cuales posteriormente se han evaluado para conocer si están justificadas en términos económicos.

El resultado de dicho análisis es que, en total, 17 de las medidas propuestas están justificadas desde el punto de vista económico para tratar de reducir el número de accidentes. También, se obtiene que 5 medidas probablemente sean estén justificadas.

Adicionalmente se incluyen los plazos de implementación de cada medida preventiva, los cuales priorizan los riesgos obtenidos como importantes frente a los moderados, siempre considerando el nivel de riesgo sobre el que actúan.

Finalmente se incluye a los responsables de implantarlas o de asegurar la gestión de implantación de las mismas, de manera que quede reflejado como parte del plan de prevención de riesgos laborales de la empresa.

6. Bibliografía

Asociación Ibérica de Poliestireno Extruido (AIPEX). Descripción y propiedades del XPS. Disponible en: <https://aipex.es/poliestireno-extruido-xps/descripcion-y-propiedades-del-xps/> (Mayo 2021).

Comisiones Obreras (CCOO). Análisis de las estadísticas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales en España 2021. Disponible en: <https://www.ccoo.es/c3350d37087247715c0685edd807c211000001.pdf> (Mayo 2021)

Fine, William T. (8 March 1971) Mathematical Evaluations for Controlling Hazards. Naval ordnance laboratory, White Oak, Maryland.

Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance. GESTIS-DUST-EX (IFA). Disponible en: <https://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-staub-ex/index-2.jsp> (Mayo 2022).

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Tabla de Clasificación de Riesgos Laborales. Disponible en: https://ceoearagon.es/prevencion/prevengo/pdf/insht-clasif_riesgos_lab.pdf (Marzo 2022).

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) (1984). Nota técnica de Prevención 86. Dispositivos de parada de emergencia. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_086.pdf/40961956-9c57-4ef9-93a9-a3588fb7ebee?version=1.0&t=1528459974839

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) (1992). Nota técnica de Prevención 262. Protectores visuales contra impactos y/o salpicaduras: guías para la elección, uso y mantenimiento. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_262.pdf/ce11e68c-1bd9-4037-ba23-c98adb090a0b?version=1.0&t=1614698423677

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) (1999). Nota técnica de Prevención 511. Señales visuales de seguridad: aplicación práctica. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_511.pdf/91266d12-a891-4874-83ae-278fe84d7a4c

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) (2000a). Nota técnica de Prevención 552. Protección de máquinas frente a peligros mecánicos: resguardos. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_552.pdf/44c27530-8c15-4e2f-b91d-9293c0326ac4

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) (2000b). Nota técnica de Prevención 747. Guantes de protección: requisitos generales. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/327446/ntp_747.pdf/Offa5344-5d16-40da-be6e-43b64bb08b1d

Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT) (2018). Nota técnica de Prevención 1124. Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos: interruptores de posición accionados mecánicamente. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/566858/ntp_1124w.pdf/a17bd9be-6d9a-4608-a67e-72507eb05dc4?version=1.0&t=1614697910691

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) (2021). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. Obtenido de: <https://www.insst.es/documents/94886/789467/ATM%C3%93SFERAS+EXPLOSIVAS.pdf/68908603-7c12-4c78-b792-9d16f463f0a0?t=1629224617252>

Industria Química (25 de Febrero de 2021). La industria del XPS mantuvo sus ventas en 2020. Disponible en: <https://www.industriaquimica.es/noticias/20210225/industria-xps-mantuvo-ventas-2020#.YO9USugzZPY> (Mayo 2022).

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. Jefatura del Estado núm. 269, de 10 de noviembre de 1995. Referencia: BOE-A-1995-24292. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/l/1995/11/08/31> (Mayo 2022).

UNE (Asociación Española de Normalización) (2021). Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos. (ISO 16283-2:2021). Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0061523>

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

