Universidad Internacional de La Rioja
Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Máster Universitario en Sistemas Integrados de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, la Calidad, el Medioambiente y la Responsabilidad Social Corporativa

Ruido y exposición a contaminantes químicos. Evaluación y plan preventivo en Crown Food S.A.

Trabajo fin de estudio presentado por:	Juan de Dios Carbonell García
Especialidad preventiva del TFE:	Higiene Industrial
Director/a:	Rosana González Combarros
Fecha:	9/02/2022

Resumen

El presente Trabajo Fin de Estudios aborda la evaluación higiénica realizada en Crown Food S.A., empresa dedicada a la fabricación de envases de hojalata. En concreto esta evaluación se realiza para los trabajadores con el puesto de control de calidad asociados a la sección de "líneas de tres piezas" perteneciente a la sede ubicada en Murcia.

En esta evaluación higiénica se identifican y valoran los principales riesgos a los que están expuestos estos trabajadores durante su jornada laboral. Los riesgos identificados en el puesto de control de calidad son: el ruido y contaminantes químicos. Para cada uno de estos se aplica una metodología de evaluación distinta, utilizando la norma ISO 9612:2009 para el ruido y la norma UNE-EN 689:2019+AC:2019 para los contaminantes químicos.

De los resultados obtenidos se observa que no dista mucho de los que se esperaban: unos niveles de ruido excesivos incluso con el uso de protecciones colectivas y unos valores de exposición a contaminantes muy inferiores a sus respectivos valores límite de exposición.

Una vez obtenidos los resultados se desarrolla una Planificación de la Actividad Preventiva basándose en los valores de exposición de cada uno de los riesgos.

Palabras clave: Higiene industrial, hojalata, ruido, contaminantes químicos, prevención.

Abstract

This End of Study Project addresses the hygienic evaluation carried out at Crown Food S.A., a company dedicated to the manufacture of tinplate containers. Specifically, this evaluation is carried out for workers with the quality control post associated with the "líneas de tres piezas" section belonging to the headquarters located in Murcia.

In this hygienic evaluation, the main risks to which these workers are exposed during their working hours are identified and evaluated. The risks identified in the quality control post are: noise and chemical pollutants. For each of these, a different evaluation methodology is applied, using the ISO 9612:2009 standard for noise and the UNE-EN 689:2019+AC:2019 standard for chemical pollutants.

From the results obtained, it is observed that it is not far from what was expected: excessive noise levels even with the use of collective protections and exposure values to pollutants well below their respective exposure limit values.

Once the results are obtained, a Preventive Activity Planning is developed based on the exposure values of each of the risks.

Keywords: Industrial hygiene, tinplate, noise, chemical pollutants, prevention.

Índice de contenidos

1. Justificación 11
2. Introducción 13
2.1. Ruido 13
2.1.1. Efectos negativos de la exposición al ruido 14
2.2. Sustancias químicas 16
3. Objetivos 18
3.1. Objetivo general 18
3.2. Objetivos específicos 18
4. Descripción de la empresa y de los puestos de trabajo objeto de evaluación 19
4.1. Descripción general de la empresa 19
4.2. Organigrama 20
4.3. Modalidad preventiva 21
4.4. Descripción de la actividad de la empresa 22
4.4.1. Sección de corte 22
4.4.2. Sección de barnizado 23
4.4.3. Sección de prensas 23
4.4.4. Sección de fácil apertura 24
4.4.5. Sección de “líneas de tres piezas” 24
4.5. Descripción del lugar de trabajo objeto de estudio 25
4.5.1. Proceso productivo, maquinaria y equipos de trabajo 25
4.5.2. Descripción de los puestos de trabajo 28
4.5.3. Descripción de las zonas de la nave 30
4.5.4. Identificación de los riesgos en el puesto de trabajo 32
5. Metodología de evaluación higiénica de los riesgos 33

5.1. Ruido 33
5.1.1. Metodología de evaluación 33
5.2. Sustancias químicas 34
5.2.1. Metodología de evaluación 34
5.2.2. Sulfato de cobre ($CuSO_4$) 36
5.2.3. Polvo electrostático 38
5.2.4. Barniz de costuras 41
6. Método de toma de muestras 43
6.1. Ruido 43
6.1.1. Estrategia de medición 43
6.1.2. Instrumentos de medición empleados 46
6.1.3. Fuentes de incertidumbre 47
6.2. Sustancias químicas 48
6.2.1. Sulfato de cobre ($CuSO_4$) 48
6.2.2. Polvo electrostático 51
6.2.3. Barniz de costuras 52
7. Cálculos y resultados 56
7.1. Ruido 56
7.1.1. Cuantificación del ruido 56
7.1.2. Cálculo de la incertidumbre 57
7.1.3. Valores límite de exposición 58
7.1.4. Resultados de las mediciones 59
7.1.5. Cálculo del nivel de exposición al ruido diario ponderado A e incertidumbre 59
7.2. Sustancias químicas 61
7.2.1. Cuantificación de la exposición de contaminantes químicos 61

7.2.2. Datos obtenidos de las mediciones 62

7.2.3. Validación de los GES 64

7.2.4. Comparación de resultados con el VLA 65

8. Propuesta de medidas preventivas 71

8.1. Ruido 71

8.2. Sustancias químicas 75

9. Planificación de la actividad preventiva 77

9.1. Ruido 77

9.2. Sustancias químicas 77

10. Conclusiones 80

11. Referencias bibliográficas 82

Índice de figuras

Figura 1. *Anatomía del oído.* 16

Figura 2. *Entrada a las instalaciones de Crown Food S.A. (sede de Murcia).* 19

Figura 3. *Vista panorámica de las instalaciones de Crown Food S.A. (sede de Murcia).* 20

Figura 4. *Organigrama Crown Food S.A. (sede de Murcia).* 21

Figura 5. *Bobinas de hojalata.* 23

Figura 6. *Lámina de hojalata cortada.* 23

Figura 7. *Esquema de línea de barnizado.* 23

Figura 8. *Esquema de tapa de fácil apertura.* 24

Figura 9. *Envases de hojalata de tres piezas.* 25

Figura 10. *Envase con necking.* 28

Figura 11. *Envase con bordón.* 28

Figura 12. *Máquina cerradora.* 28

Figura 13. *Zonas de la sección de líneas.* 31

Figura 14. *Cabina acústica de Crown Food S.A. (sección de "líneas de tres piezas").* 31

Figura 15. *Etiquetado del "sulfato de cobre con paso de corriente".* 37

Figura 16. *Etiquetado del "sulfato de cobre sin paso de corriente".* 38

Figura 17. *Etiquetado del "barniz de costuras".* 41

Figura 18. *Dosímetro personal SVANTEK SV104BIS.* 46

Figura 19. *Calibrador acústico SVANTEK SV36.* 47

Figura 20. *Componentes impinger.* 49

Figura 21. *Gráfico de validación del GES para el ácido clorhídrico.* 64

Figura 22. *Gráfico de validación del GES para el estireno.* 65

Figura 23. *Gráfico de validación del GES para la acetona.* 65

Figura 24. *Prueba preliminar.* 66

Figura 25. *Esquema sobre la actuación ante una exposición al ruido.*.....71

Figura 26. *Tapones Ultrafit14.*.....73

Índice de tablas

Tabla 1. *Sistemas afectados por la exposición a ruido y las alteraciones que provoca.* 14

Tabla 2. *Máquinas implicadas en el proceso productivo y sus respectivas funciones.*.....26

Tabla 3. *Puestos de trabajo y las tareas que desempeñan.* 29

Tabla 4. *Etapas a seguir en la metodología de evaluación según ISO 9612:2009.* 33

Tabla 5. *Etapas a seguir en la metodología de evaluación según UNE-EN 689:2019+AC:2019.* 35

Tabla 6. *Valores límite ambientales de exposición a ácido clorhídrico.* 38

Tabla 7. *Valores límite ambientales de exposición a estireno.*.....40

Tabla 8. *Valores límite ambientales de exposición a acetona.*.....42

Tabla 9. *"Tabla B.1 – Selección de la estrategia de medición básica" de la norma ISO 9612:2009.* 43

Tabla 10. *Información sobre la toma de muestras (ruido y sustancias químicas).* 55

Tabla 11. *Valores límite de exposición y valores que dan lugar a una acción.*.....58

Tabla 12. *Mediciones de exposición al ruido.* 59

Tabla 13. *Resultados del nivel de exposición al ruido ponderado A, incertidumbre expandida e intervalo de confianza.* 61

Tabla 14. *Resultados de las mediciones de ácido clorhídrico (presente en el sulfato de cobre).* 62

Tabla 15. *Resultados de las mediciones de estireno (presente en el polvo electrostático).*.....63

Tabla 16. *Resultados de las mediciones de acetona (presente en el barniz de costuras).*.....63

Tabla 17. *Resultados de los parámetros de la prueba estadística para el ácido clorhídrico.* ..67

Tabla 18. *Resultados de los parámetros de la prueba estadística para el estireno.* 68

Tabla 19. *Resultados de las mediciones adicionales para conocer el intervalo entre mediciones de la acetona.* 69

Tabla 20. *Datos de atenuación de los tapones.*.....73

Tabla 21. *Resultados de atenuación para LN-06.* 74

Tabla 22. *Resultados de atenuación para todas las máquinas.* 74

Tabla 23. *Programa de acción para el ruido.*.....78

Tabla 24. *Programa de acción para contaminantes químicos.* 79

1. Justificación

Una de las razones por las que se ha llevado a cabo la elaboración de este trabajo es debido a que en las industrias de producción, en ocasiones, no se implantan las medidas de seguridad necesarias o son mejorables. Además, en la mayoría de casos en los que ocurre un accidente, la causa principal es porque el trabajador no estaba cumpliendo las normas de seguridad preestablecidas. Este incumplimiento puede deberse a que al tratarse de un trabajo en cadena, en ocasiones se presiona al personal para que retrase la producción lo menos posible.

La empresa en la que se basa la evaluación higiénica es Crown Food S.A., una empresa que se dedica a la fabricación de envases de hojalata. Una de las causas de la elección de esta organización y del puesto es principalmente personal, debido a que se cuenta con experiencia previa en el puesto a evaluar, por lo que se considera que será de gran utilidad para poder analizar de una manera más exhaustiva los riesgos asociados al puesto de control de calidad.

En Crown Food S.A. se realizó una evaluación higiénica hace dos años y se pretende comprobar si las medidas instauradas son las adecuadas, ya que en estos últimos dos años el volumen de producción ha aumentado considerablemente. A consecuencia de ello, se ha aumentado el número de trabajadores, los puestos de trabajo y se han añadido algunas máquinas en la zona de trabajo para poder abastecer la demanda de los clientes. Por todas estas razones, se considera que es necesaria una reevaluación higiénica de los puestos de trabajo.

Con el presente Trabajo Fin de Estudios (TFE) se pretende conocer los niveles de exposición a ruido y a contaminantes químicos para valorar el grado de eficacia de las medidas preventivas instauradas y si es necesaria la implantación de alguna otra medida que complemente o sustituya las presentes. Estos riesgos higiénicos se han escogido debido a que en Crown Food S.A., los trabajadores están expuestos a niveles de ruido considerables de forma constante, lo que hace necesario su estudio, ya que tanto la maquinaria de producción como el material con el que se trabaja (hojalata) son bastante ruidosos. De igual manera, el personal de control de calidad está expuesto a varios contaminantes químicos, los cuales se deben estudiar para así valorar lo perjudiciales que pueden resultar para la salud.

Se debe evaluar y realizar un plan preventivo si fuese necesario debido a que como se indica en el artículo 2 de la Ley 31/95, sobre la prevención de riesgos laborales, esta regula las actuaciones a desarrollar por las Administraciones públicas, empresarios, trabajadores y sus

respectivas organizaciones. Por otro lado, en el artículo 14, se establece que <<los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo>>.

Por todas estas razones, se concluye que el trabajo es eminentemente práctico, de manera que las conclusiones obtenidas podrían ser objeto de estudio por parte del departamento de Prevención de Riesgos Laborales de la organización y, si lo consideran oportuno tomar medidas al respecto en base a los resultados obtenidos.

2. Introducción

El presente TFE se basa en la organización Crown Food S.A., una empresa del sector metalgráfico, que a su vez es un subsector dentro de la industria del metal. Crown Food S.A. forma parte de la Asociación Metalgráfica Española (AME) junto con otras 36 organizaciones más, por lo que se puede decir que el sector metalgráfico en España es reducido.

A modo introductorio sobre Crown Food S.A., se trata de una multinacional con sede en muchos países, la cual se dedica a la fabricación de envases y tapas metálicas para envasado de alimentos. La sede en la que se realiza la evaluación está ubicada en Murcia, y concretamente se centra en la sección de "líneas de tres piezas", en la cual el producto final que se obtiene está listo para ser enviado al cliente. Esta sección se llama así debido a que se fabrican envases que constan de un cuerpo y dos tapas.

2.1. Ruido

Las materias primas utilizadas en este sector son la hojalata y el aluminio, y para ser tratadas se utilizan máquinas que en su mayoría son generadoras de ruido (UGT, 2010). Sobre las máquinas, el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) realizó un estudio de verificación de maquinaria, en el que profundiza en actividades del metal (grupos 25 y 28 según la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE)). En este estudio se puede observar que existen gran cantidad de máquinas que datan de fecha de fabricación anterior al 1 de enero de 1995 (antes de la entrada en vigor del RD 1435/1992); y también muchas de ellas son máquinas de 2ª mano (INSST, 2009). Se puede afirmar que con estas características se agrava la generación de ruido en el sector metalgráfico. A partir del estudio de UGT, *El ruido como residuo laboral en el sector metalgráfico* (2010), se concluye que en el año 2010 un 60% de la muestra tomada supera el valor límite de 87 db(A).

Profundizando en el ruido, como se indica en la NTP 287 (1991) del INSST, cualquier persona que esté expuesta a ruido de forma repetida puede desarrollar una hipoacusia progresiva, es decir, una pérdida de audición. Hay varios tipos de hipoacusia o sordera, pero el presente trabajo se centra en la hipoacusia neurosensorial, definida por Pérez et al. (2008) como <<un trastorno en el oído interno provocado porque las células encargadas de transmitir el sonido a lo largo del oído se encuentran lesionadas, no funcionan con regularidad o han muerto>>.

Por lo que se puede decir que la exposición a niveles de ruido elevados puede provocar sordera irreversible.

Arévalo (2020) define el ruido como <<la transmisión de una onda con una energía y una frecuencia que puede dañar la salud del receptor de forma objetiva y cuantificable>>. Además añade que hay dos variables para determinar el ruido:

- La presión acústica: se mide en decibelios (dB).
- La frecuencia: se mide en hertzios (Hz).

2.1.1. Efectos negativos de la exposición al ruido

La exposición al ruido puede provocar efectos negativos a la salud como el estrés, la irritabilidad, la hipertensión, la pérdida de apetito o el insomnio (Ganime et al., 2010).

Uno de los efectos que provoca el ruido sobre el sistema auditivo es, como indica Ganime et al. (2010), la pérdida de audición, la cual se puede clasificar en tres tipos:

- Trauma acústico: pérdida repentina por la perforación del tímpano.
- Sordera temporaria: tras una exposición a un ruido intenso durante un corto período de tiempo.
- Sordera permanente: tras una exposición repetida a un ruido excesivo.

Además de afectar al sistema auditivo, la exposición a ruido afecta a otros sistemas, los cuales vienen recogidos en la Tabla 1.

Tabla 1. *Sistemas afectados por la exposición a ruido y las alteraciones que provoca.*

Sistema	Alteraciones
Circulatorio	Puede provocar vasoconstricción, taquicardia o mayor prevalencia de hipertensión arterial.
Respiratorio	Con una exposición prolongada, los trabajadores podrían llegar a sufrir derrames pleurales, insuficiencia respiratoria, fibrosis pulmonar y carcinomas del aparato respiratorio.

Sistema	Alteraciones
Gastrointestinal	Reducción de secreción gástrica y de saliva disminuyendo la velocidad de digestión.
Neurológico	En exámenes realizados a trabajadores expuestos a altos niveles de ruido muestran reflejos hiperactivos.
Psíquico	Apenas hay estudios sobre las alteraciones psíquicas por la exposición al ruido, pero principalmente se han observado que afecta al estado de ánimo del trabajador y aumenta la fatiga y la falta de concentración.

Fuente: Elaboración propia a partir de Ganime et al., 2010.

Además de estos efectos negativos, la *Guía Técnica para la evaluación y prevención de riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido* del INSST (2009) indica dos grupos de especial sensibilidad a tener en cuenta con respecto a la exposición al ruido: los jóvenes y las embarazadas.

2.1.1.1. El ruido y la edad

Con relación a edades más avanzadas, los trabajadores que sobrepasan los 50 años presentan una mayor fragilidad coclear. Mientras que, con respecto a jóvenes entre 16 y 18 años no hay diferencias con un adulto en cuanto a la prevención de la exposición al ruido.

2.1.1.2. El ruido y el embarazo

Según varios estudios experimentales en mamíferos, se puede afirmar que desde la semana 25 de gestación hasta algunos meses después del nacimiento es el período en el que mayor sensibilidad coclear hay frente al ruido (INSST, 2009). A partir de la semana 24 de gestación el feto empieza a desarrollar la cóclea y en la semana 28 las vías auditivas funcionan perfectamente. Los sonidos de baja frecuencia (125 Hz) que se transmiten a través del líquido amniótico se ven amplificados 3,7 dB. Por otra parte, los de alta frecuencia (4000 Hz) se atenúan en más de 10 dB (INSST, 2009). En la Figura 1 se muestra la anatomía del oído donde se puede observar la cóclea.

Figura 1. *Anatomía del oído.*

Fuente: Staywellhealthlibrary.com, 2019.

Los efectos más frecuentes que se observan en embarazadas expuestas al ruido son:

- Aumento del riesgo de que se produzca un parto prematuro y un bajo peso del bebé al nacer.
- Aumento de la tensión arterial en la embarazada.
- Disminución de la capacidad auditiva del futuro niño (se identifica entre los 4 y 10 años de edad).

2.2. Sustancias químicas

Por otro lado, también se trata la exposición a contaminantes químicos a los cuales está expuesto el trabajador. Según el tipo de sustancia de la que se trate pueden darse unos riesgos u otros, los cuales vienen bien definidos en su Ficha de Datos de Seguridad (FDS) correspondiente. Junto a los riesgos, en estas FDS se pueden encontrar consejos de prudencia y otra información importante sobre dicha sustancia. A lo largo del presente trabajo se trata en más profundidad las sustancias a las que está expuesto el trabajador, que son según Mundolatas (2019): sulfato de cobre (II) ($CuSO_4$), polvo electrostático y barniz de costuras.

El sulfato de cobre se utiliza principalmente para comprobar el nivel de corrosión que sufre la hojalata y poder decidir si el producto final cumple o no con la calidad exigida. Esta comprobación se realiza en dos tareas distintas, tanto para verificar si se ha aplicado bien el barniz de costuras por la cara exterior de los envases, como para confirmar que el barniz de la cara interior de los envases está correctamente aplicado. Para conocer los compuestos por los que está formado se utilizará el etiquetado correspondiente de esta sustancia, explicado en más detalle en el apartado 5.2.2.

Por otra parte, el polvo electrostático es de un tipo de barniz con la característica de presentarse en polvo con una granulometría muy fina (Mundolatas, 2019), el cual se debe evaluar en cuanto a tamaño de partículas y composición con el fin de comprobar si es peligroso. Además posee un excelente poder de cubrición, lo que lo hace un barniz muy interesante en este sector.

Finalmente, el barniz de costuras se aplica por el exterior del envase para protegerlo de la oxidación. Este recubrimiento exterior, tradicionalmente estaba formado por mezclas de resinas disueltas en disolventes orgánicos, pero actualmente debido a que la legislación vigente regula la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COVs), se sustituye parte del disolvente por agua (Castrillón, s.f.).

Por la presencia de estos productos químicos mencionados, existe la posibilidad de que se hallen ciertos efectos adversos en la salud de los trabajadores, como la irritación de las vías respiratorias (Carl Roth, 2021), la irritación de nariz, garganta y pulmones (PlasticsEurope, 2018) o la irritación de ojos y dolor de cabeza (ATSDR, 1994).

3. Objetivos

A continuación se presentan el objetivo general y los objetivos específicos que se pretenden alcanzar en el presente TFE.

3.1. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es la evaluación higiénica de los niveles de ruido y de agentes químicos (sulfato de cobre, polvo electrostático y barniz de costuras) en el puesto de control de calidad de Crown Food S.A. Para ello se toman como referencia los valores límite de cada uno de los riesgos según la legislación española vigente.

Se pretende reducir en la medida de lo posible o eliminar tales riesgos estableciendo una propuesta de medidas preventivas y/o correctivas. Para ello se deberá establecer una planificación preventiva en la que recoja toda la información necesaria, como el estudio de los puestos de trabajo o la identificación y evaluación de los riesgos detectados.

3.2. Objetivos específicos

- Estudio del puesto de trabajo de interés: para poder conocer todas las actividades realizadas durante la jornada laboral y poder identificar de una manera más sencilla los riesgos asociados a dicho puesto.
- Estudio y evaluación de los riesgos: una vez conocidos los riesgos asociados al puesto se debe conocer cómo pueden afectar a la salud del trabajador. Se debe escoger la metodología de evaluación de cada uno de los riesgos y el método de medición.
- Propuesta de medidas preventivas: una vez se han estudiado y evaluado los riesgos, y habiendo obtenido los resultados de las mediciones, se debe decidir si estos necesitan o no medidas preventivas y cuáles son las más apropiadas para poder reducir o eliminar los riesgos identificados.

4. Descripción de la empresa y de los puestos de trabajo objeto de evaluación

En este capítulo se profundiza sobre la empresa en la que se basa el presente trabajo, incluyendo una descripción de la actividad de la empresa, un organigrama, la modalidad preventiva con la que cuenta esta organización y una descripción del lugar de trabajo, incluyendo máquinas, equipos y puestos de trabajo.

4.1. Descripción general de la empresa

Crown Food S.A. es una multinacional que se dedica principalmente a la fabricación de envases metálicos que, como indica en su página web crowncork.com, cuenta con 192 plantas de fabricación en 39 países distribuidos por todo el mundo y casi 30.000 empleados. Cuentan con sedes ubicadas en España, Portugal, Marruecos, Francia, México, Estados Unidos o Guinea entre otras. La sede en la que está basado el presente TFE está ubicada en Las Torres de Cotillas (Murcia) la cual, antes de ser comprada por Crown Food S.A. en 2014, se llamaba "Mivisa Envases S.A.U." En la Figura 2 se muestra la entrada a las instalaciones de Crown Food S.A. en su sede de Murcia.

Figura 2. *Entrada a las instalaciones de Crown Food S.A. (sede de Murcia).*

Fuente: Es.worldorgs.com, 2021.

Dicha sede cuenta con aproximadamente 1300 trabajadores distribuidos en diferentes áreas o secciones como: el departamento de recursos humanos, el departamento de prevención de riesgos laborales, el personal administrativo, responsables de calidad, operarios, etc. La producción de esta sede abastece a muchos países como Alemania, Argentina, China, Francia,

Holanda, Italia, Marruecos o Portugal. Como se ha comentado, tienen numerosos clientes y por lo tanto cuentan con unas instalaciones que abarcan una gran cantidad de terreno, mostradas en la Figura 3 mediante una vista panorámica de las mismas.

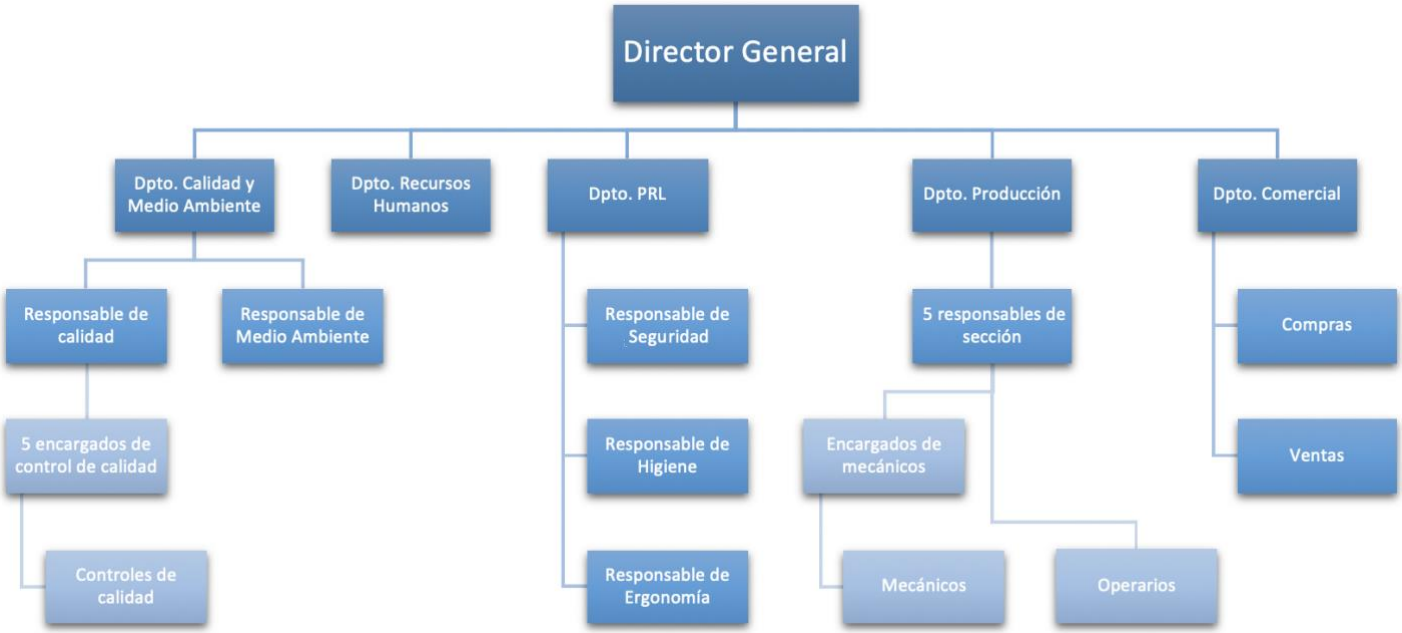
Figura 3. *Vista panorámica de las instalaciones de Crown Food S.A. (sede de Murcia).*

Fuente: Murciaplaza.com, 2020.

4.2. Organigrama

En la Figura 4 se muestra el organigrama correspondiente a la sede de Murcia de Crown Food S.A. Como se puede observar en la Figura 4, esta empresa cuenta con 5 responsables de sección y 5 encargados de control de calidad, debido a que está compuesta por 5 secciones diferentes, mencionadas en el apartado 4.4. Los departamentos con los que cuenta esta empresa son: el departamento de calidad, el de producción, el de PRL, el de recursos humanos y el comercial.

Figura 4. *Organigrama Crown Food S.A. (sede de Murcia).*



Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.3. Modalidad preventiva

En el artículo 10 del RD 39/97, sobre los Reglamentos de los Servicios de Prevención se exponen las distintas modalidades preventivas que existen: <<asumiendo el empresario personalmente tal actividad, designando a uno o varios trabajadores para llevarla a cabo, constituyendo un servicio de prevención propio o recurriendo a un servicio de prevención ajeno>>.

En particular, esta organización cuenta con un servicio de prevención propio (SPP) que está formado por 3 técnicos de nivel superior, los cuales cubren las 3 especialidades de prevención (higiene industrial, seguridad y, ergonomía y psicosociología). Dichos técnicos son los encargados de dar la formación e información necesaria a todos los trabajadores de la organización.

Además de estos 3 técnicos, la organización cuenta con un médico especialista en Medicina del trabajo y un enfermero. Esta modalidad preventiva en la cual se cuenta con esta cuarta especialidad no es lo más común en las empresas, pero debido a que se trata de una organización con una gran cantidad de trabajadores (casi 1300) y que en la mayoría del tiempo se está manipulando hojalata, que es un material muy cortante, han optado por este tipo de modalidad preventiva.

Aparte de todos estos trabajadores encargados de la prevención en la empresa, existen recursos preventivos, que como se indica en la Ley 31/95, de Prevención de Riesgos Laborales, su presencia será obligatoria <<cuando los riesgos puedan verse agravados o modificados en el desarrollo del proceso o la actividad, por la concurrencia de operaciones diversas que se desarrollan sucesiva o simultáneamente y que hagan preciso el control de la correcta aplicación de los métodos de trabajo>>. Estos recursos preventivos son trabajadores designados de la empresa, que además de realizar sus funciones laborales habituales, vigilan el cumplimiento de las actividades preventivas. En la sección de "líneas de tres piezas" existen dos recursos preventivos, ya que se trata de una sección con una gran cantidad de trabajadores.

4.4. Descripción de la actividad de la empresa

Para describir de manera exhaustiva la actividad de la empresa, centrándose en la sede de Murcia, este capítulo se divide en varios apartados, ya que la sede murciana cuenta con distintas secciones en las que en cada una de ellas se realiza un proceso de producción diferente.

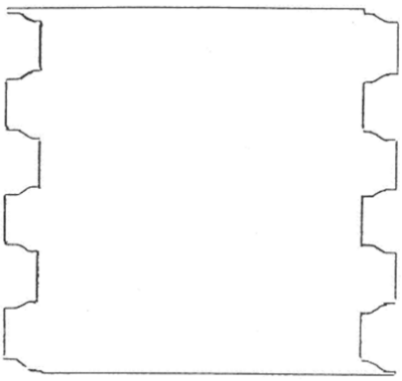
4.4.1. Sección de corte

Esta sección es la que recibe y trata la materia prima (hojalata) en forma de bobinas de unos 2 metros de diámetro. La actividad principal de esta sección es cortar láminas cuadradas de hojalata y desechar las que puedan contener algún defecto, como la falta de estaño. En la Figura 5 se muestran algunas de las bobinas de hojalata que son recibidas para ser tratadas, mientras que en la Figura 6 se muestra el producto final de esta sección, que son las láminas de hojalata cortadas.

Figura 5. *Bobinas de hojalata.*

Fuente: Ecoacero.com, 2021.

Figura 6. *Lámina de hojalata cortada.*

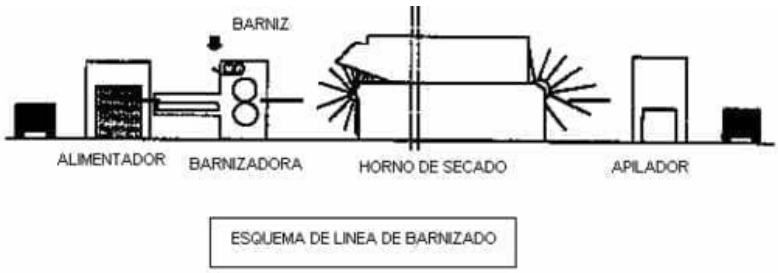


Fuente: Mundolatas, 2019a.

4.4.2. Sección de barnizado

En esta sección se aplican barnices a la hojalata por ambas caras y dependiendo del tipo de envase y del cliente al que vaya destinado se deben aplicar unos u otros. Estos barnices se utilizan como revestimiento para proteger los alimentos que contengan los envases y para evitar la oxidación de la hojalata. Tras la aplicación del producto correspondiente, las láminas de hojalata se pasan por un horno de secado para que este barniz quede adherido a la hojalata. Además, disponen de numerosas impresoras que realizan la litografía del exterior del envase. Los diseños de litografía son muy diversos debido a la cantidad de clientes que abastecen. En la Figura 7 se puede observar un esquema de una línea de barnizado.

Figura 7. *Esquema de línea de barnizado.*



Fuente: Mundolatas, 2019b.

4.4.3. Sección de prensas

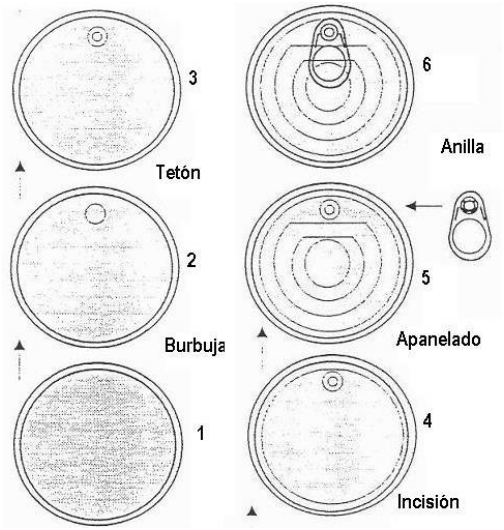
La actividad principal de esta sección es la fabricación de tapas. Se denomina así a esta área de producción debido a que para la fabricación de las tapas se utilizan prensas que constan de unos troqueles, los cuales cortan las láminas de hojalata con la forma de la tapa

correspondiente. Una vez que la hojalata está cortada con la forma de la tapa, se llevan a cabo varios procesos, entre los cuales se encuentra la aplicación de una pequeña capa de goma para ofrecer hermeticidad en el envase final. Un fallo por exceso o falta de goma puede suponer un defecto grave para el envase final, ya que pierde hermeticidad y el alimento envasado se puede deteriorar.

4.4.4. Sección de fácil apertura

En esta sección se fabrican también tapas, pero de fácil apertura, las cuales cuentan con una anilla, por lo que hay algunas diferencias en el proceso de producción con respecto a la sección de prensas. Una de estas diferencias consiste en la aplicación de una incisión para insertar el remache y la anilla a la tapa como se puede observar en la Figura 8. Como indica Mundolatas (2019), la operación más delicada es la de la ejecución de la incisión, ya que debe tener una profundidad exacta; en el caso de ser escasa el esfuerzo de apertura será excesivo, mientras que si es demasiada existe un alto riesgo de explosión de la tapa al cerrar el envase.

Figura 8. *Esquema de tapa de fácil apertura.*



Fuente: Mundolatas, 2019c.

4.4.5. Sección de “líneas de tres piezas”

Esta es la sección en la que se basa este TFE y se trata de la fase final de producción de la empresa, en la que se obtiene el producto que se envía al cliente.

El nombre de esta sección se debe a que el tipo de envase metálico que se fabrica consta de tres piezas: dos tapas y el cuerpo, tal y como se observa en la Figura 9. Como información

relevante, añadir que al cliente se le envía el envase con solo una tapa, ya que por el hueco que queda libre se rellenará el envase con el alimento y será el cliente el que le pondrá la otra tapa (la cual se le envía aparte).

A esta sección llegan productos de otras secciones: las láminas de hojalata ya barnizadas y/o litografiadas y las tapas. Los productos de las otras secciones deben llegar con la calidad exigida, ya que cualquier fallo (litografía, aplicación de barnices, falta o exceso de goma en las tapas, fallo en la incisión de las tapas de fácil apertura, etc.) puede suponer un serio problema de calidad si no se detecta a tiempo.

Figura 9. *Envases de hojalata de tres piezas.*

Fuente: Metalebro.es, 2021.

4.5. Descripción del lugar de trabajo objeto de estudio

Como se ha mencionado en apartados anteriores, el presente TFE se centra en la sección de "líneas de tres piezas", por lo que a continuación se describen: el proceso productivo y las máquinas con las que cuenta dicha área, los trabajadores implicados y la función de cada uno de ellos, y las zonas o áreas de la nave.

4.5.1. Proceso productivo, maquinaria y equipos de trabajo

Para explicar el proceso productivo que se lleva a cabo, se recogen en la Tabla 2 todas las máquinas implicadas y la función de cada una, presentadas según el orden de uso en el proceso de producción.

Tabla 2. *Máquinas implicadas en el proceso productivo y sus respectivas funciones.*

Nombre de la máquina	Funciones y características
Soudronic	Dar la forma cilíndrica al envase.
	Soldar la hojalata mediante soldadura eléctrica con hilo de cobre para mantener la forma cilíndrica.
	Aplicar barniz en polvo (polvo electrostático) por el interior de la virola (envase sin ninguna de las tapas) en la zona de la soldadura. Este barniz sirve para evitar el contacto entre los alimentos y el hilo de cobre del envase.
	Aplicar barniz líquido (barniz de costuras) por el exterior de la virola en la zona de la soldadura, utilizando una rueda. Este barniz sirve para evitar que dicha zona se oxide.
Horno longitudinal de calentamiento por inducción	Proporcionar adherencia del polvo electrostático a la virola y secar el barniz de costuras.
Necking / Bordón	Estos dos tipos de máquinas no son utilizadas en todos los procesos productivos, ya que depende de las características exigidas por el cliente.
	La máquina necking realiza al envase un estrechamiento en uno de sus extremos. En la Figura 10 se puede observar un envase con necking.
	La máquina bordón realiza al envase unas hendiduras en el cuerpo para mejorar su resistencia axial. En la Figura 11 se muestra un envase con bordón.

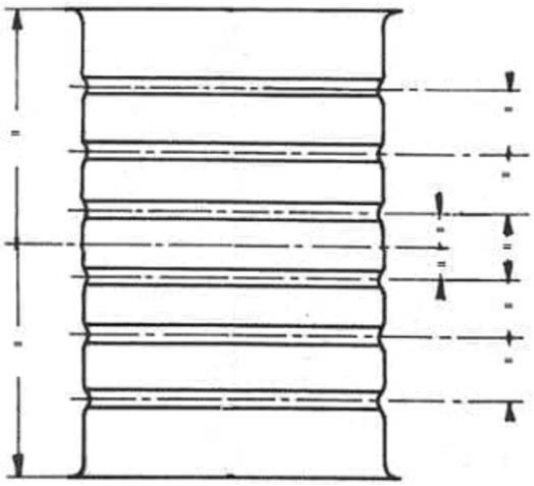
Nombre de la máquina	Funciones y características
Pestañeador	Formar una pequeña pestaña en ambos extremos de la virola, para así poder unir la tapa al cuerpo del envase. Esta pestaña se consigue mediante la aplicación de presión por ambos extremos de la virola.
Cerradora	Poner una de las tapas al envase. Es alimentada de tapas de manera manual por un operario. En la Figura 12 se muestra una cerradora de la marca Fanser.
Comprobadora automática	Comprobar la hermeticidad del envase. Esta máquina aplica aire al envase y es capaz de detectar si este es hermético o tiene alguna fuga. En caso de no ser hermético lo desecha.
Equipo de visión	Detectar defectos en el interior de los envases. Está formado por dos cámaras, las cuales pueden ver el envase por dentro y mediante un programa informático es capaz de rechazar los envases en los que detecta algún defecto. Una de las cámaras analiza el cuerpo del envase y la otra la tapa. Esta máquina no está en todas las líneas, solo dos de ellas cuentan con dicho equipo.
Paletizador	Ordena los envases por filas hasta formar palés. Su uso es semiautomático, ya que un operario debe separar las filas del palé mediante cartones y activar la máquina para que ponga la siguiente fila de envases.
Flejadora	Fleja los palés con plástico y quedan listos para ser almacenados.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 10. *Envase con necking.*

Fuente: Elaboración propia a partir de envaspres.com, 2021.

Figura 11. *Envase con bordón.*



Fuente: Mundolatas, 2019d.

Figura 12. *Máquina cerradora.*

Fuente: Fanser.com, 2021.

4.5.2. Descripción de los puestos de trabajo

En esta sección existen diferentes puestos de trabajo, los cuales vienen recogidos en la Tabla 3 junto con las funciones que desempeña cada uno de ellos.

Tabla 3. *Puestos de trabajo y las tareas que desempeñan.*

Puestos de trabajo	Tareas desempeñadas
Mecánico	Puesta a punto de las máquinas.
	Mantenimiento de las máquinas.
	Soluciona problemas que puedan surgir en las máquinas.
Operario en Soudronic	Alimenta a la máquina "Soudronic" de cuerpos de hojalata.
	Desecha los cuerpos de hojalata defectuosos previamente cortados.
	Es el apoyo del mecánico cuando se producen atranques en las máquinas y en el mantenimiento de las mismas.
	Ayuda al mecánico en los "cambios de formato" en los que hay que sustituir algunas piezas por otras de las máquinas para producir envases con distintas características.
Control de calidad	Realiza distintas pruebas durante la producción para corroborar que los envases cumplen unos mínimos de calidad exigidos.
	Avisa al mecánico y para la máquina en caso de incumplimiento de la calidad exigida debido a la detección de algún defecto.
	Separa parte de la producción en caso de que esta no cumpla los mínimos exigidos para una posterior revisión.
Operario en cerradora	Alimenta la cerradora con tapas de manera continua.
	Avisa al control de calidad en caso de observar algún defecto en las tapas.

Puestos de trabajo	Tareas desempeñadas
Operario en paletizador	Paletiza los envases en palés.
	Avisa al control de calidad en caso de observar algún defecto en el envase final.
Carretillero	Abastece al operario en Soudronic de paquetes de hojalata para que sean cortados.
	Abastece al operario en cerradora de tapas.
	Rellena el paletizador de palés vacíos.
	Almacena los palés flejados.

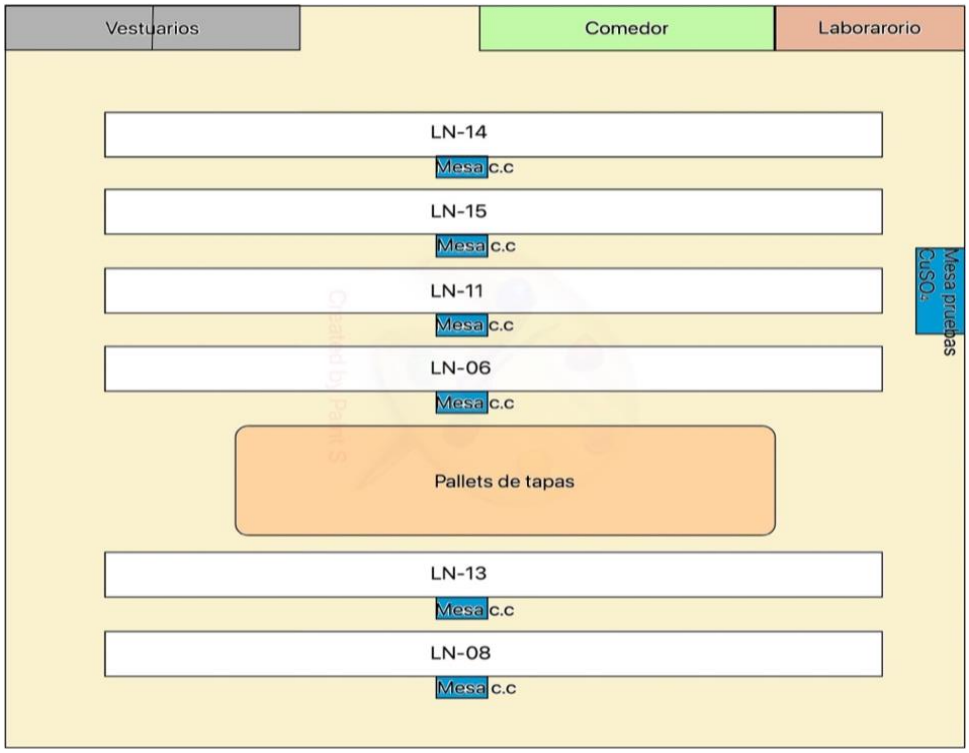
Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.5.3. Descripción de las zonas de la nave

Como se observa en la Figura 13, esta sección está compuesta por distintas zonas:

- Un laboratorio: zona en la que el control de calidad realiza algunas de sus tareas diarias (prueba de cierres, prueba de adherencia y peso del polvo electrostático). Dentro del habitáculo del laboratorio, se encuentra separado mediante una pared el despacho del encargado de los controles de calidad de la sección.
- Una mesa de pruebas: en esta mesa hay sulfato de cobre ($CuSO_4$) líquido y es donde se efectúan las pruebas de oxidación y porosidad de los envases.
- Mesa de c.c. (siglas referidas al control de calidad): es la mesa de trabajo del control de calidad en la que se encuentran todos los informes que debe rellenar.
- Las máquinas o también llamadas líneas (LN): están formadas a su vez por varias máquinas explicadas en la Tabla 2, las cuales están dispuestas de manera consecutiva formando una línea de máquinas (por eso se le llama línea). Cada línea está cubierta por una cabina insonorizada para reducir el ruido, tal y como se muestra en la Figura 14. En una de estas máquinas que forman la línea, concretamente la “Soudronic”, es donde se aplica el polvo electrostático y el barniz de costuras.

Figura 13. *Zonas de la sección de líneas.*



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 14. *Cabina acústica de Crown Food S.A. (sección de "líneas de tres piezas").*

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En esta nave no están ni la máquina “paletizador” ni la “flejadora”, ya que se encuentran en una nave contigua en la cual se almacenan todos los palés listos para ser enviados a los clientes.

4.5.4. Identificación de los riesgos en el puesto de trabajo

Los trabajadores de Crown Food S.A. están expuestos a numerosos riesgos. Cabe destacar que al tratarse de una empresa en la que su materia prima es la hojalata, uno de los principales riesgos son los cortes por objetos.

Por otro lado, utilizando la información anterior sobre las funciones de cada puesto de trabajo y sobre las zonas de trabajo, se puede afirmar que el presente TFE se centra en el puesto de control de calidad, el cual es el que más expuesto está a los riesgos a evaluar. El ruido es el riesgo más evidente, ya que está presente durante toda la jornada laboral del trabajador, debido a que el proceso productivo implica que una gran cantidad de máquinas trabajen al mismo tiempo. El control de calidad está expuesto a niveles elevados de ruido debido a que debe moverse de una zona a otra de la línea, atravesando por dentro las cabinas acústicas y exponiéndose así a niveles de ruido tan altos.

Por otro lado, el control de calidad es el único puesto de trabajo de la sección que manipula agentes químicos, debido a las tareas que realiza durante toda la jornada laboral. Estos trabajadores utilizan sulfato de cobre ($CuSO_4$) líquido para realizar distintas pruebas a lo largo del proceso de producción y garantizar que los envases cumplen con la calidad exigida. Otros compuestos químicos presentes en la jornada laboral del puesto de control de calidad, y que pueden ser peligrosos para la salud son dos tipos de barnices: el polvo electrostático y el barniz de costuras.

5. Metodología de evaluación higiénica de los riesgos

Para poder estudiar en profundidad cada uno de los riesgos, se dividen, por un lado, el ruido y, por otro lado, las sustancias químicas.

5.1. Ruido

5.1.1. Metodología de evaluación

Una vez que se conocen los efectos negativos que puede producir la exposición a altos niveles de ruido y los grupos que se ven más afectados, se debe seleccionar un método de evaluación adecuado.

Para evaluar el ruido al que están expuestos los controles de calidad se usa la metodología expuesta en la norma ISO 9612:2009 *Acústica. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Método de ingeniería*. Esta norma internacional proporciona un acercamiento por etapas que permite medir la exposición al ruido de los trabajadores en un entorno de trabajo y calcular el nivel de exposición a partir de las mediciones del nivel de ruido, por lo que se adapta perfectamente al puesto de trabajo a evaluar. Como se puede observar en la Tabla 4, esta norma expone las principales etapas que se deben seguir.

Tabla 4. *Etapas a seguir en la metodología de evaluación según ISO 9612:2009.*

Etapa	Características de la etapa
Análisis del trabajo	En primer lugar se debe recoger toda la información posible sobre el trabajo y los trabajadores expuestos para así poder escoger entre una estrategia de medición u otra y planificar las mediciones.
Selección de una estrategia de medición	En función de la información obtenida se debe elegir entre una estrategia de medición basada en la tarea, basada en la función o de una jornada completa.

Etapa	Características de la etapa
Mediciones	La magnitud que se va a medir es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ($L_{Aeq, T}$). Dicha magnitud al igual que otras están desarrolladas en el apartado 7.1.1.
Tratamiento de errores e incertidumbres	Los errores e incertidumbres que se puedan cometer durante la toma de muestras y que puedan afectar a los resultados finales deben ser evaluados.
Cálculo de la incertidumbre y resultados	Se debe calcular el nivel de exposición al ruido ponderado A normalizado a una jornada laboral de 8 horas (Ecuación 2) según la estrategia que se escoja. La incertidumbre se calcula como se indica en el apartado 7.1.2. a partir de la Ecuación 4.

Fuente: Elaboración propia a partir de ISO 9612:2009, 2021.

5.2. Sustancias químicas

Los contaminantes químicos pueden causar distintos riesgos en función de su naturaleza, concentración, tiempo de exposición, sensibilidad de los trabajadores o vía de entrada al organismo (respiratoria, dérmica, digestiva y parenteral). El presente TFE se centra en contaminantes químicos que entran al organismo por vía respiratoria.

Como se ha comentado en apartados anteriores, el control de calidad de Crown Food S.A. está expuesto a distintas sustancias químicas, las cuales son de especial interés estudiar para valorar los efectos nocivos sobre el trabajador y así poder optimizar o implantar medidas preventivas para mejorar las condiciones de trabajo.

5.2.1. Metodología de evaluación

Para evaluar la exposición de los trabajadores a las sustancias químicas la metodología escogida es la recogida en la norma UNE-EN 689:2019+AC:2019 *Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional*. La elección de esta metodología se debe a que como se indica en esta norma, proporciona una estrategia para resolver el problema de la variabilidad y realizar un número relativamente pequeño de

mediciones para demostrar, con un alto nivel de confianza, que es improbable que los trabajadores estén expuestos a concentraciones que superen los valores límite de exposición profesional (VLA). Debido a que todos los controles de calidad están expuestos a los mismos contaminantes químicos, se puede decir que pertenecen a un grupo de exposición similar (GES), el cual se debe validar según indica la norma. En la Tabla 5 se recogen las principales etapas que se deben seguir según esta norma.

Tabla 5. *Etapas a seguir en la metodología de evaluación según UNE-EN 689:2019+AC:2019.*

Etapas de la caracterización básica	Características de la etapa
Identificación de los agentes químicos	El primer paso es realizar una lista con todos los agentes químicos del lugar de trabajo y la información relevante sobre ellos. Las fichas de datos de seguridad son útiles para establecer la lista. Esta lista debe incluir alguno de estos datos: materias primas, productos primarios, intermedios y/o finales, propiedades peligrosas, VLA, etc.
Revisión de los factores de exposición en el lugar de trabajo	Para estimar la exposición y el perfil de exposición a los agentes químicos se deben evaluar los procesos y procedimientos de trabajo.
Estimación de la exposición	Se debe recoger toda la información posible para realizar una estimación fiable de la exposición de los trabajadores.
Conclusiones	Los resultados de la caracterización básica dan lugar a alguna de estas conclusiones: • La exposición es mayor que el VLA: se debe informar y recomendar un programa para reducir las exposiciones.

Etapas de la caracterización básica	Características de la etapa
	• La exposición está muy por debajo del VLA: se debe decidir si las mediciones son o no necesarias. • La información sobre la exposición no es suficiente para decidir sobre la conformidad: se debe desarrollar un plan de muestreo.

Fuente: Elaboración propia a partir de UNE-EN 689:2019+AC:2019, 2021.

Una vez vistas las etapas a seguir en la metodología escogida, se deben identificar los agentes químicos del lugar de trabajo. En el caso de los controles de calidad de Crown Food S.A., las sustancias químicas presentes en las zonas de trabajo son: sulfato de cobre ($CuSO_4$), polvo electrostático y barniz de costuras, de los cuales se debe obtener la información necesaria para conocer su peligrosidad y sacar conclusiones al respecto.

5.2.2. Sulfato de cobre ($CuSO_4$)

Esta sustancia se utiliza en dos de las pruebas que realiza el control de calidad. Una de ellas es comprobar si la aplicación del barniz exterior en la zona de la soldadura es correcta. La otra prueba es la comprobación de la porosidad interior del envase, introduciéndolo en un recipiente con sulfato de cobre líquido y pasando corriente.

Estas dos pruebas se realizan de manera diferente y tienen fines distintos, por lo tanto, la composición de cada una de las soluciones de sulfato de cobre será distinta para cada uno de estos ensayos:

- En la tarea de "porosidad interior" del envase se emplea "sulfato de cobre con paso de corriente", cuya composición es: sulfato de cobre (2%) y agua destilada (98%). Esta prueba consiste en rellenar el envase con la solución acuosa de sulfato de cobre y hacerle pasar una corriente, de manera que se producirá una reacción química dejándose ver los poros y rayas que contiene el envase por la cara interior. De esta manera el control de calidad puede evaluar de manera visual si existen defectos en la parte interior del envase.

Como se observa en la Figura 15, este compuesto tiene efectos irritantes en la piel y en los ojos, sin embargo, no produce ningún riesgo por inhalación, por lo que en el presente trabajo no es una sustancia de interés para evaluar.

Figura 15. *Etiquetado del "sulfato de cobre con paso de corriente".*

Fuente: Elaboración propia, 2021.

- En el caso de la prueba de comprobación exterior se utiliza la solución "sulfato de cobre sin paso de corriente", formada por: sulfato de cobre (20%), ácido clorhídrico (10%) y agua destilada. Esta prueba consiste en pasar un algodón empapado en la solución acuosa mencionada por la parte exterior de la soldadura, de manera que si el barniz de costuras no está bien aplicado o no se ha aplicado se puede observar que esa zona de hojalata se oxida.

  Como se observa en la Figura 16, esta sustancia está compuesta por ácido clorhídrico, el cual produce problemas de salud por inhalación. Este compuesto sí que es de interés para evaluarlo, ya que puede provocar problemas de salud mediante su inhalación. Según su ficha de datos de seguridad, la inhalación de los vapores que desprende el ácido clorhídrico puede irritar las vías respiratorias mediante una única exposición (Carl Roth, 2021).

Figura 16. *Etiquetado del "sulfato de cobre sin paso de corriente".*

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la ficha de datos de seguridad del ácido clorhídrico se encuentran los valores límite ambientales de exposición diaria y de corta duración, VLA-ED y VLA-EC, respectivamente. Estos datos han sido recogidos en la Tabla 6.

Tabla 6. *Valores límite ambientales de exposición a ácido clorhídrico.*

VLA	mg/m³	ppm
VLA-ED	7,6	5
VLA-EC	15	10

Fuente: Carl Roth, 2021.

5.2.3. Polvo electrostático

Este producto, como se ha comentado en apartados anteriores se trata de un tipo de barniz en forma de polvo. Al tener la característica de poseer una granulometría muy fina es posible manipularlo como si se tratase de un fluido a través de conducciones de pequeño diámetro. Este tipo de barniz se aplica por el interior del envase al principio del proceso productivo, justo después de realizar la soldadura lateral a la hojalata para darle la forma cilíndrica. La finalidad de la aplicación de este producto es proteger los alimentos del contacto con el hilo de cobre.

Las características principales de este barniz son las siguientes según Mundolatas (2019):

- Es termoplástico, es decir, se funde bajo la acción del calor. Por este motivo tras su aplicación en la hojalata se hace pasar por un horno longitudinal de calentamiento por inducción.
- La resina base de formulación del mismo suele ser poliéster o epoxi (en este caso es poliéster).
- No necesita ningún disolvente o diluyente debido a que la totalidad del producto es extracto seco útil de barniz.
- Cuenta con una baja densidad (entre 1,3 y 1,5 g/cm^3).
- Granulometría muy fina (inferior a 90 micras).
- Las condiciones de fusión y curado varían según la resina base, pero oscilan los 250 °C de temperatura de fusión y entre 12 y 15 segundos de tiempo de curado.
- Tiene un excelente poder de cubrición, lo que lo hace un barniz muy interesante.
- Posee una buena adherencia sobre el metal una vez que se funde.
- Alta resistencia al plegado, lo que hace que sea muy interesante para envases que cuenten con "bordón".
- Posee una excelente resistencia química.
- Su periodo de vida de almacenamiento es alto.
- Suele ser de color blanco.

Este polvo electrostático se aplica de manera mecánica cerca de la mesa del control de calidad y, aunque está separado por una cabina acústica, el control de calidad debe entrar y salir de ella en varias ocasiones a lo largo de la jornada laboral. Dentro de esta cabina se observa a simple vista la presencia de este producto en el suelo y en la superficie de algunas máquinas, ya que el mecánico limpia la zona de aplicación del polvo por un exceso del mismo, utilizando una pistola de aire a presión y este producto se esparce por toda la cabina. Se considera que la exposición del mecánico es similar a la del control de calidad, puesto que entra y sale en varias ocasiones de la cabina a lo largo de toda la jornada laboral.

Una vez vistas las características de esta sustancia, se sabe que el tamaño de las partículas es menor de 90 micras, aunque se desconoce si contiene alguna fracción inhalable (<50 micras). Teniendo en cuenta que la resina base de este polvo es de poliéster y que según Jaramillo-Zapata et. al (2012), para mejorar la viscosidad de este tipo de resinas se suele utilizar el estireno, la evaluación higiénica del polvo electrostático se centra en el estireno.

Como indica PlasticsEurope (2018) el estireno puede producir irritación de nariz, garganta y pulmones por la inhalación del vapor en altas concentraciones. Además, los síntomas por una exposición prolongada pueden ser:

- Dolor de cabeza.
- Fatiga.
- Somnolencia.
- Insomnio.
- Anorexia y pérdida de peso.
- Dolor en las extremidades.
- Nerviosismo.
- Deterioro de la memoria.

Si se dan exposiciones prolongadas por encima del límite de exposición puede provocar los siguientes síntomas:

- Anomalías transitorias del EEG.
- Cambios en el sistema inmunológico.
- Daño hepático.

En el documento del INSST *Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. 2021,* se recogen los valores límite ambientales de exposición a estireno, expuestos en la Tabla 7.

Tabla 7. *Valores límite ambientales de exposición a estireno.*

VLA	mg/m³	ppm
VLA-ED	86	20
VLA-EC	172	40

Fuente: INSST, 2021.

5.2.4. Barniz de costuras

Este barniz se aplica al envase en la parte inicial del proceso productivo, justo después de la aplicación del polvo electrostático. La forma de aplicar este producto es mediante una rueda que gira y va tocando las "virolas" por la cara exterior, en la zona de la costura, aplicando el barniz necesario a cada una de ellas. Dicha rueda, que gira continuamente, se impregna de barniz de costuras mediante un sistema que se compone de una botella rellena de este producto (con su correspondiente etiquetado) situada boca abajo y va cogiendo la cantidad necesaria barniz para que la rueda esté en todo momento impregnada. Además, este sistema cuenta con un pequeño depósito donde se va acumulando el exceso de barniz.

Se trata de un producto cuya composición cuenta con disolvente orgánico (acetona en este caso), el cual desprende vapores orgánicos (es una sustancia muy volátil), que puede ser perjudicial para la salud. En la Figura 17 se puede observar el etiquetado del barniz de costuras, donde están recogidas las frases H (frases de peligro).

Figura 17. *Etiquetado del "barniz de costuras".*

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Según la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de enfermedades (ATSDR) (1994), la acetona puede provocar a los trabajadores expuestos irritación en la nariz, garganta, pulmones y ojos. Además, en trabajadores expuestos a niveles muy elevados (12000 ppm o superior) entre 2 minutos y 4 horas se observó que padecieron de: dolor de cabeza, vértigo, mareo, inestabilidad y confusión, dependiendo del tiempo de exposición.

En el documento del INSST *Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. 2021,* se recogen los valores límite ambientales de exposición a acetona, expuestos en la Tabla 8.

Tabla 8. *Valores límite ambientales de exposición a acetona.*

VLA	mg/m³	ppm
VLA-ED	1210	500
VLA-EC	-	-

Fuente: INSST, 2021.

6. Método de toma de muestras

En este capítulo se recoge la información acerca de la estrategia de medición que se va a seguir y los instrumentos utilizados en dichas mediciones para ambos riesgos higiénicos.

6.1. Ruido

6.1.1. Estrategia de medición

La norma ISO 9612:2009 propone tres estrategias de medición: basada en la tarea, basada en la función y medición de una jornada completa.

En este caso se escoge la medición de una jornada completa debido a que como se indica en la Tabla B.1 de la norma ISO 9612:2009 (Tabla 9 del presente documento), se trata de un trabajador móvil con una pauta de trabajo imprevisible. En principio el control de calidad tiene unas tareas asignadas con un tiempo aproximado para ejecutarlas, por lo que se debería escoger una medición basada en la tarea. Sin embargo, por experiencia propia del alumno, la durabilidad de estos ensayos por norma general varía mucho y algunas de las tareas no se pueden realizar, ya que todas ellas dependen del proceso de producción y de si los envases cumplen o no con las características exigidas.

Tabla 9. *"Tabla B.1 – Selección de la estrategia de medición básica" de la norma ISO 9612:2009.*

Tipo o pauta de trabajo	**Estrategia de medición**		
	Estrategia 1 Medición basada en la tarea	**Estrategia 2 Medición basada en la función**	**Estrategia 3 Medición de la jornada completa**
Puesto de trabajo fijo – Tarea simple o única	✓*	-	-
Puesto de trabajo fijo – Tareas complejas o múltiples	✓*	✓	✓

Tipo o pauta de trabajo	Estrategia de medición		
	Estrategia 1 Medición basada en la tarea	**Estrategia 2 Medición basada en la función**	**Estrategia 3 Medición de la jornada completa**
Trabajador móvil – Pauta previsible – Pequeño número de tareas	✓*	✓	✓
Trabajador móvil – Trabajo previsible – Gran número de tareas o situaciones de trabajo complejas	✓	✓	✓*
Trabajador móvil – Pauta de trabajo imprevisible	-	✓	✓*
Trabajador fijo o móvil – Tareas múltiples con duración no especificada de las tareas	-	✓*	✓
Trabajador fijo o móvil – Sin tareas asignadas	-	✓*	✓
✓ La estrategia se puede utilizar. * Estrategia recomendada.			

Fuente: ISO 9612, 2009.

Una vez escogida la estrategia de medición de la jornada completa, la norma indica que inicialmente hay que realizar tres mediciones de una jornada completa $L_{p,AeqT}$ para así poder representar la exposición al ruido de los trabajadores.

En las mediciones se pueden dar dos casos:

- Los resultados de las mediciones difieren en menos de 3 dB: se deberá calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A durante la jornada nominal para obtener la media energética de las tres mediciones.
- Los resultados de las mediciones difieren en más de 3 dB: se deberán efectuar al menos dos mediciones adicionales de la jornada completa y calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A durante la jornada nominal para obtener la media energética de todas las mediciones.

En la sección existen varias "líneas" y por experiencia propia del alumno, se sabe que hay algunas que producen más ruido que otras. En consecuencia, se realizarán mediciones en todas las líneas para evaluar la exposición de los trabajadores al ruido. Los controles de calidad rotan semanalmente de una línea a otra, por lo que no siempre están expuestos al mismo nivel de ruido. Esto quiere decir, que en este caso no se pueden escoger grupos de exposición homogéneos, ya que los controles de calidad están expuestos a un nivel de ruido diferente dependiendo del puesto asignado.

Una vez conocida la parte teórica sobre cómo tomar medidas descrita en la norma, se procede a describir dicha medición de manera práctica. Los trabajadores a evaluar son los controles de calidad asignados a cada una de las líneas, por lo que se realizarán 3 mediciones de 3 jornadas consecutivas a cada uno de los controles de calidad de las líneas. Es decir, esta sección cuenta con 6 líneas, por lo que se tomarán mediciones a 6 trabajadores distintos, los cuales, como se ha indicado anteriormente, no están expuestos al mismo nivel de presión acústica.

La toma de muestras se realizará el 15, 16 y 17 de noviembre y otras posibles mediciones adicionales serán el 18 y 19 de noviembre, en el turno de la mañana y de la tarde desde el comienzo de la jornada laboral (6:00 h o 14:00 h) hasta la finalización de la misma (14:00 h o 22:00 h), pausando las mediciones cuando los trabajadores hacen descansos (almuerzo/merienda, ir al aseo, etc.). La duración de las mediciones será de 7 horas, debido a estos descansos y al tiempo de instalación del instrumento de medida y breve explicación sobre la medición. El instrumento de medida escogido se coloca cerca del oído a cada uno de los trabajadores, tal y como se indica en el apartado 6.1.2. siguiendo la norma 9612:2009.

El técnico encargado de supervisar las mediciones estará pendiente de que los trabajadores no toquen ni golpeen el micrófono y de pausar la medición durante los descansos. Previamente, el técnico ha indicado a los trabajadores algunas instrucciones sobre los equipos de medida y ha sido informado sobre los horarios de descansos, al igual que de todas las tareas que se realizan. Gracias a la información previa recibida, no hay ningún tipo de incidente que haya podido perturbar las mediciones. En el caso de que los resultados de las mediciones difieran en más de 3 dB, se realizarán dos mediciones adicionales.

6.1.2. Instrumentos de medición empleados

Como se ha expuesto en el apartado anterior, las tareas o pruebas que se realizan exigen el desplazamiento de los controles de calidad a lo largo de toda la línea, entrando y saliendo de las cabinas acústicas para desplazarse de una zona a otra a realizar las tareas asignadas. Es por ello que durante la jornada laboral están expuestos a diversas fuentes de ruido.

En base a lo comentado anteriormente y atendiendo a lo que indica la norma ISO 9612:2009, se opta por utilizar un exposímetro sonoro personal o también llamado dosímetro personal. El que se va a usar es de la marca SVANTEK, concretamente el modelo SV104BIS mostrado en la Figura 18, el cual cumple con la norma IEC 61252 y la norma IEC 61672-1:2013, entre otras.

Figura 18. *Dosímetro personal SVANTEK SV104BIS.*

Fuente: Svantek.es, 2021a.

Se trata de un dosímetro con altas prestaciones, el cual permite medir un gran rango dinámico desde 53 a 143 dB(A). Es un dosímetro sin cables que se coloca en el hombro del trabajador con la pinza que dispone.

Este aparato será calibrado con el calibrador acústico SV36 de la marca SVANTEK mostrado en la Figura 19. Según la norma, se realizará una calibración de campo antes de una serie de mediciones y al principio de cada serie diaria de mediciones con los ajustes necesarios. Al final de cada serie de mediciones y al final de cada serie diaria de mediciones, se debe realizar una calibración de campo sin ajustes. La calibración de campo consiste en aplicar el calibrador acústico (que debe cumplir con los requisitos de clase 1 de la norma IEC 60942:2003) a cada micrófono, y registrar el nivel medido a una o más frecuencias dentro del rango de frecuencias de interés (ISO 9612, 2009).

Figura 19. *Calibrador acústico SVANTEK SV36.*

Fuente: Svantek.es, 2021b.

La norma ISO 9612:2009 también indica la posición en la que se debe colocar el micrófono: <<en la parte superior del hombro, a una distancia de al menos 0,1 m de la entrada del canal auditivo externo, del lado del oído más expuesto y debería estar aproximadamente 0,04 m por encima del hombro>>. También indica que tras la calibración, fijación, y correcta instalación del micrófono, el dosímetro personal debe ser reiniciado e iniciado según las instrucciones de fabricante.

6.1.3. Fuentes de incertidumbre

Esta norma internacional indica varias fuentes de incertidumbre existentes a la hora de realizar mediciones: las variaciones en el trabajo diario, variaciones en los instrumentos de medición, viento o fuentes de ruido atípicas (música o conversación con otros trabajadores) entre otras.

Dentro de estas, se les prestará especial atención a las variaciones del trabajo diario, puesto que se trata de un puesto de trabajo con una alta movilidad en el cual puede haber diferencias significativas en el ruido medido.

Por otra parte, los impactos mecánicos con el micrófono no se consideran relevantes debido a que se evitarán, asegurándose de que la pantalla anti-viento o el micrófono no impactan o tocan nada. Tampoco se considerarán importantes las corrientes de aire o viento debido a que en la sección no se ha detectado ninguna de estas.

Para evaluar cualquier fuente de incertidumbre, se realizará una vigilancia periódica a cada uno de los trabajadores durante la jornada laboral.

6.2. Sustancias químicas

En este capítulo se describe el método de toma de muestras para cada una de las sustancias químicas estudiadas.

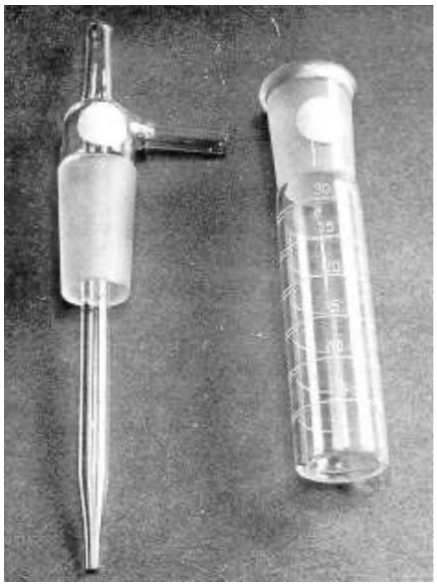
6.2.1. Sulfato de cobre ($CuSO_4$)

Como se ha comentado en el apartado 5.2.2., el compuesto interesante para evaluar por su posible presencia en el aire es el ácido clorhídrico (HCl). Para esta evaluación se seguirán los pasos dispuestos en la NTP 61: *Toma de muestras de ácido clorhídrico* (1983).

Para la determinación de ácido clorhídrico en aire se utilizará, como indica el INSST en la NTP 61 (1983), una <<bomba para muestreo personal y ambiental, cuyo caudal se mantenga dentro del valor determinado, con una exactitud de ±5%>>. Es decir, se trata de un método de captación activo. A la hora de realizar la calibración de la bomba debe hacerse con el mismo soporte o unidad de captación para que la pérdida de carga sea similar a la que se obtendrá en el muestreo (INSST, 1983).

Como unidad de captación se utilizarán dos impingers conectados en serie y provistos de un borboteador normal. Cada uno de estos impingers debe contener 15 ml de solución absorbente (acetato sódico 0,5 M a pH = 5). Además, según indica la NTP 61 (1983), se utilizará otro impinger vacío (trampa) colocado en serie con los otros dos e intercalado entre estos y la bomba. En la Figura 20 se muestra un impinger como el que se utiliza para la medición.

Figura 20. *Componentes impinger.*



Fuente: INSST, 1983.

Las condiciones de muestreo son: la muestra de aire se toma a un caudal de 1 L/min y el volumen de aire recomendado es de 30 litros. El procedimiento de muestreo que indica la NTP 61 es el siguiente:

1. Colocar 15 ml de solución absorbente en cada uno de los impingers destinados al muestreo.
2. Situar los impingers y la trampa en soportes adecuados, y conectar adecuadamente sus salidas y entradas entre sí, mediante tubo flexible de silicona.
3. Colocar el tren de captación en la parte anterior de la cintura del operario a muestrear, asegurándolo con una pinza o soporte adecuado a un cinturón.
4. Colocar la bomba de aspiración convenientemente calibrada, en la parte posterior de la cintura del operario a muestrear asegurándola con un cinturón apropiado, y conectarla mediante un tubo de plástico a la salida del tren de muestreo.
5. Poner la bomba en funcionamiento e iniciar la captación de la muestra. El aire a muestrear no debe pasar por ningún tubo antes de su entrada al impinger.
6. Vigilar, periódicamente durante la captación, que la bomba funcione correctamente. En el caso de que se aprecien anomalías o variaciones sobre el caudal inicial, volver a recalibrar la bomba o proceder a anular la muestra.

7. Transcurrido el tiempo de muestreo predeterminado, parar el funcionamiento de la bomba y anotar los datos siguientes: tiempo de muestreo, caudal, temperatura ambiente y presión (si no se puede averiguar la presión, se estimará la altitud de la zona).
8. Preparar para cada lote de muestras un "impinger blanco". Este impinger, tapado perfectamente, contendrá la misma solución absorbente y volumen que las muestras, y habrá seguido sus mismas manipulaciones, exceptuando el paso de aire a su través. Etiquetarlo con la palabra “Blanco”.

Una vez realizado el proceso de captación, los impingers deben transportarse en posición vertical y se debe utilizar un tapón de teflón o equivalente, pero no de caucho para taparlos. Para la muestra “blanco” se deberá realizar la misma operación. Si no se van a analizar las muestras, se deberán guardar en la nevera y evitar la exposición lumínica.

Tras conocer los pasos a seguir indicados en la NTP 61, se procede a su aplicación práctica en los trabajadores. Basándose en el Anexo D de la norma UNE-EN 689:2019+AC:2019, se trata de una situación en la que existe <<un solo escenario de exposición repetido n veces durante la jornada completa>>. Teniendo en cuenta esto, la norma indica que para este caso se debe realizar una medición de la jornada completa.

Por lo tanto, las mediciones se realizarán en 3 jornadas consecutivas a 3 trabajadores distintos del GES, el cual está formado por los controles de calidad que trabajan en horario de mañana y de tarde, siendo un total de 12 trabajadores. Para esta toma de muestras se ha realizado un muestreo en el que se cumple la variabilidad interpersonal e intrapersonal.

Dichas mediciones se realizarán el 22, 23 y 24 de noviembre y otras 3 adicionales en caso de “no decisión” de la prueba preliminar el 25, 26 y 29 de noviembre. La toma de muestras se hará en el turno de la mañana y de la tarde, desde el comienzo de la jornada laboral (6:00 h o 14:00 h) hasta finalizar la misma (14:00 h o 22:00 h), con sus correspondientes pausas para almorzar/merendar, ir al aseo, etc., y la duración de estas mediciones será de aproximadamente 7 horas, debido a las pausas mencionadas.

Durante la captación, el técnico vigilará que la bomba funcione correctamente y tras esta, se apuntarán los datos necesarios y se almacenarán las muestras tomadas, según indica la NTP 61. Al no apreciarse ninguna anomalía todas las tomas de muestra se dan por válidas.

6.2.2. Polvo electrostático

Una vez identificada la sustancia química de interés en este polvo, el estireno, se procede a su determinación en aire mediante el método MTA/MA-026/A92 propuesto por el INSST.

Se trata de un método de captación con un muestreador pasivo por difusión. El contaminante se desorbe con sulfuro de carbono y una parte alícuota de la muestra extraída, se inyecta en un cromatógrafo de gases equipado con un detector de ionización de llama.

La toma de muestras que indica el INSST en este método es la siguiente:

1. Se coloca el muestreador cerca de la zona de respiración.
2. Una vez terminado el periodo de captación se debe desmontar la membrana y el aro de sujeción, colocando en su lugar la tapa para la desorción, asegurando la hermeticidad de esta y los tapones de la misma.
3. Se deben anotar todos los datos de referencia y el momento de inicio y fin del muestreo. También se deben apuntar todos los datos de interés desde el punto de vista higiénico, como la temperatura o la humedad.
4. En condiciones de humedad elevada, la capacidad de adsorción de estireno puede estar limitada, obligando a disminuir el tiempo de muestreo.
5. En la fase de transporte para su posterior análisis, no se deben exponer las muestras a temperaturas elevadas y se debe impedir el contacto con compuestos orgánicos volátiles.
6. El almacenamiento de periodos superiores a dos semanas debe comprobarse previamente y es recomendable realizarse en refrigerador, ya que puede suponer pérdidas significativas.

Para preparar la muestra se debe desorber con 1,5 ml de la disolución al 0,1% (V/V) de n-propilbenceno en sulfuro de carbono. Hay que dejar transcurrir antes de inyectar la disolución, un periodo de aproximadamente 30 minutos agitando ocasionalmente y manteniendo siempre en posición horizontal.

Para el análisis cromatográfico, las condiciones que se deben dar según este método son:

- Gas portador, nitrógeno: 35 ml/min.

- Hidrógeno: 35 ml/min.
- Aire sintético: 220 ml/min.
- Temperatura del inyector: 200 °C.
- Temperatura del homo: 110 °C.
- Temperatura del detector: 220 °C.

Tras conocer cómo se debe realizar la toma de muestra de este contaminante, se procede a la realización práctica de esta toma de muestras. El GES es el mismo para todas las sustancias, ya que todos los controles de calidad están en la misma situación de exposición para cada uno de estos contaminantes. El periodo de captación será de jornadas laborales completas, ya que al igual que en el caso de sulfato de cobre, se trata de una situación en la que existe <<un solo escenario de exposición repetido n veces durante la jornada completa>>.

Las mediciones se realizarán en 3 jornadas consecutivas a 3 trabajadores distintos del GES, el cual está formado por 12 trabajadores (6 de turno de mañana y 6 de turno de tarde). Para esta toma de muestras se ha realizado un muestreo en el que se cumple la variabilidad interpersonal e intrapersonal.

Dichas mediciones se realizarán el 30 de noviembre, el 1 y 2 de diciembre y otras 3 adicionales en caso de "no decisión" el 3, 6 y 7 de diciembre. La toma de muestras se hará tanto en el tuno de mañana como en el de tarde, desde el comienzo de la jornada laboral (6:00 h o 14:00 h) hasta finalizar la misma (14:00 h o 22:00 h), con sus correspondientes pausas (almuerzo/merienda, ir al aseo, etc.). La duración de estas mediciones será de aproximadamente 7 horas, debido a las pausas mencionadas.

6.2.3. Barniz de costuras

Una vez que se conoce que el barniz de costuras contiene acetona, sustancia orgánica muy volátil que puede ser perjudicial para la salud por los vapores que desprende, se dispone a determinar dicha sustancia en aire mediante el método MTA/MA-031/A96 del INSST.

Como indica el INSST se trata de un método en el que <<la muestra se recoge haciendo pasar una cantidad conocida de aire a través de un tubo relleno de gel de sílice, mediante una bomba de muestreo personal, quedando los vapores orgánicos adsorbidos sobre el gel de sílice.

Posteriormente se desorben en N,N' dimetilformamida y se analiza la disolución resultante en un cromatógrafo de gases con detector de ionización de llama>>.

Cuenta con un sistema de captación activo por el uso de la bomba de muestreo personal cuyo caudal ha de mantenerse constante dentro de un intervalo ±5% durante todo el tiempo de muestreo.

Para la toma de muestras este documento indica los pasos a seguir:

1. En primer lugar, hay que calibrar la bomba conectada a un tubo de muestreo en condiciones representativas de la toma de muestra, utilizando un medidor de caudal extremo (medidor de burbuja de jabón).
2. Justo antes de comenzar el muestreo hay que romper los dos extremos del tubo de cartón. Se debe conectar la bomba al tubo de gel de sílice mediante un tubo de goma o de plástico de tal forma que la sección menor del tubo sea la más próxima a la bomba.
3. Se debe colocar de manera vertical el tubo de muestreo en la zona de respiración del trabajador (por ejemplo, sujeto a la solapa). La bomba de muestreo se sujeta en el cinturón o en el bolsillo del trabajador. En el caso de muestras estáticas se debe elegir un lugar de muestreo adecuado.
4. Se pone en marcha la bomba controlando la duración del muestreo. Normalmente, el caudal no debe exceder de 0,05 ml/min recomendando un volumen de muestra de 1 litro.
5. Se deben anotar y registrar los tiempos, temperatura, caudal y presión barométrica antes y después de la toma de muestra.
6. Una vez finalizado el muestreo, se debe desconectar la bomba, retirar los tubos de muestreo y cerrar ambos extremos con tapones de polietileno. Cada tubo se debe etiquetar convenientemente.
7. Con cada lote de muestras se debe preparar un “blanco” de muestra, utilizando tubos idénticos a los utilizados en el muestreo y sometidos a las mismas manipulaciones, excepto que no se pasa aire a través de este.
8. Las muestras deben almacenarse en un refrigerador y analizarse dentro de los catorce días siguientes a su captación.

Para el posterior análisis en un cromatógrafo de gases, las condiciones indicadas en este método son:

- Temperatura del inyector: 250 °C.
- Temperatura del horno: 60 °C.
- Temperatura del detector: 300 °C.
- Gas portador nitrógeno: división flujo 1/100.
- Hidrógeno: 40 ml/min.
- Aire sintético: 300 ml/min.

Para realizar la medición, se coloca una bomba de muestreo previamente calibrada a los trabajadores conforme indica el método. Como ya se ha mencionado, el GES es el mismo para las 3 sustancias y el periodo de captación será de jornadas laborales completas, ya que se trata de una situación en la que existe <<un solo escenario de exposición repetido n veces durante la jornada completa>>, según el Anexo D de la norma UNE-EN 689:2019+AC:2019.

Las mediciones se harán en 3 jornadas consecutivas a 3 trabajadores distintos del GES, el cual está formado por 12 trabajadores (6 de turno de mañana y 6 de turno de tarde). Para esta toma de muestras se ha realizado un muestreo en el que se cumple la variabilidad interpersonal e intrapersonal.

Dichas mediciones se realizarán el 8, 9 y 10 de diciembre y otras 3 adicionales en caso de no decisión el 13, 14 y 15 de diciembre. La toma de muestras se hará tanto en el tuno de mañana como en el de tarde, desde el comienzo de la jornada laboral (6:00 h o 14:00 h) hasta finalizar la misma (14:00 h o 22:00 h), con sus correspondientes pausas para almorzar/merendar o ir al aseo, y la duración de estas mediciones será de aproximadamente 7 horas.

Para informar a los controles de calidad sobre qué días, quiénes estarán implicados y durante cuánto tiempo se van a realizar la toma de muestras, se proporciona la Tabla 10 en la que se recoge toda esta información de manera clara y esquemática. En la jornada completa se estima que las mediciones tienen una duración entre 7 y 7,5 horas aproximadamente, ya que se necesita tiempo para colocar el material de captación y explicar a los controles de calidad los aspectos relevantes sobre las mediciones, además de los descansos que estos trabajadores realizan.

Tabla 10. *Información sobre la toma de muestras (ruido y sustancias químicas).*

Toma de muestras	Día	Tiempo empleado	Máquinas en las que se realiza la medición	
			Mañana	Tarde
Ruido	15, 16 y 17 de noviembre. Posibles mediciones adicionales 18 y 19 de noviembre)	Jornada completa	LN-14 LN-15 LN-11	LN-06 LN-13 LN-08
Sulfato de cobre	22, 23 y 24 de noviembre. Posibles mediciones adicionales el 25, 26 y 29 de noviembre a LN-15, LN-06 y LN-08	Jornada completa	LN-14 LN-15* LN-11	LN-06* LN-13 LN-08*
Polvo electrostático	30 de noviembre, 1 y 2 de diciembre. Posibles mediciones adicionales el 3, 6 y 7 de diciembre a LN-14, LN-13 y LN-15	Jornada completa	LN-14* LN-11 LN-13*	LN-15* LN-06 LN-08
Barniz de costuras	8, 9 y 10 de diciembre. Posibles mediciones adicionales el 13, 14 y 15 de diciembre a LN-11, LN-13 y LN-08	Jornada completa	LN-15 LN-06 LN-08*	LN-14 LN-11* LN-13*
* Máquinas a las que sólo se realizan posibles mediciones adicionales.				

Fuente: Elaboración propia, 2021.

7. Cálculos y resultados

En este capítulo se recogen todos los resultados de las mediciones y los cálculos que se deben realizar para determinar la exposición a los distintos riesgos. Como se viene haciendo en los anteriores capítulos, se diferencia, por un lado, el ruido y por otro las sustancias químicas.

7.1. Ruido

En este apartado se recoge toda la información acerca del ruido, incluyendo tanto las fórmulas necesarias para el cálculo de la exposición, como los resultados de las mediciones realizadas.

7.1.1. Cuantificación del ruido

Para cuantificar el ruido se utilizan distintos parámetros, los cuales vienen definidos en la norma ISO 9612:2009:

- **Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A ($L_{p,AeqTe}$):** para la duración efectiva de la jornada laboral T_e. Se mide en decibelios y su expresión se indica en la Ecuación 1:

$$L_{p,A,eq,T_e}=10\log\left(\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}10^{0,1\cdot L_{p,A,eqT,n}}\right) \qquad \text{(Ecuación 1)}$$

  Donde:

  $L_{p,AeqT,n}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la muestra n;

  n es el número de la muestra de la función;

  N es el número total de muestras de la función.

- **Nivel de exposición al ruido diario ponderado A ($L_{EX,8h}$):** el nivel, en decibelios A, que se expresa conforme se indica en la Ecuación 2:

$$L_{EX,8h}=L_{p,A,eqT_e}+10\log\left(\frac{T_e}{T_0}\right) \qquad \text{(Ecuación 2)}$$

  Donde:

  $L_{pAeq,Te}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A;

  T_e es la duración efectiva de la jornada laboral;

  T_0 es la duración de referencia, T_0 = 8 h.

- **Nivel pico (L_{pico}):** se utiliza para medir ruidos con impactos muy diferenciados, como un martillazo o un disparo. Se mide en decibelios y su expresión es la indicada en la Ecuación 3:

$$L_{pico}=10\log\left(\frac{P_{pico}}{P_0}\right)^2 \qquad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

P_{pico} es el valor máximo de la presión acústica instantánea (pascales) a que está expuesto el trabajador, con ponderación frecuencial C;

P_0 es la presión de referencia.

7.1.2. Cálculo de la incertidumbre

La incertidumbre asociada a mediciones puede tener diversos orígenes como: la debida a la posición del micrófono, a las variaciones en el trabajo diario, contribuciones de fuentes de ruido ajenas al trabajo (voz humana, música), etc. (INSST, 2009).

Por lo que según lo expuesto, es de gran interés tener en cuenta dicha incertidumbre a la hora de valorar los resultados y tomar una decisión, ya que los resultados finales podrían variar significativamente. La norma ISO 9612:2009 indica las expresiones necesarias para el cálculo de la incertidumbre típica combinada, *u*, y la incertidumbre expandida, *U*, cuyas expresiones son las mismas que para la estrategia de medición basada en la función:

- **Incertidumbre expandida:** su expresión se indica en la Ecuación 4:

$$U=1{,}65\cdot u \qquad \text{(Ecuación 4)}$$

- **Incertidumbre típica combinada:** su expresión se indica en la Ecuación 5:

$$u^2\left(L_{EX,8h}\right)=c_1^2\cdot u_1^2+c_2^2\cdot(u_2^2+u_3^2) \qquad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

c_1 es el coeficiente de sensibilidad asociado al muestreo del nivel de ruido por función;

u_1 es la incertidumbre típica de la media energética de un número de mediciones del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A (dB);

c_2 es el coeficiente de sensibilidad asociado a los instrumentos de medición, y su valor es 1;

u_2 es la incertidumbre típica debida a la instrumentación (dB), cuyo valor es 1,5 dB según se indica en la Tabla C.5 de la norma;

u_3 es la incertidumbre típica debida a la posición del micrófono (dB), cuyo valor es 1 dB.

La incertidumbre típica u_1 viene dada por la Ecuación 6:

$$u_1^2=\sqrt{\frac{1}{(N-1)}\cdot\left[\sum_{n=1}^{N}(L_{p,A,eqT,n}-\overline{L_{p,A,eq,T}})^2\right]} \qquad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

$L_{p,A,eqT,n}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la muestra n del nivel de ruido de la función;

$\overline{L_{p,A,eq,T}}$ es la media aritmética de N muestras en función del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, y su expresión está recogida en la Ecuación 7:

$$\overline{L_{p,A,eq,T}}=\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}L_{p,A,eqT,n} \qquad \text{(Ecuación 7);}$$

N es el número total de muestras de la función.

7.1.3. Valores límite de exposición

Una vez que se conoce cómo se cuantifica el ruido y cuáles son las expresiones que hay que utilizar, se debe prestar atención a cuáles son los niveles de actuación legales. Estos valores vienen descritos en el RD 286/2006 y se recogen en la Tabla 11.

Tabla 11. *Valores límite de exposición y valores que dan lugar a una acción.*

Valores	$L_{Aeq,d}$ (dB(A))	L_{pico} (dB(C))
Valores límite de exposición	87	140
Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción	85	137
Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción	80	135

Fuente: Elaboración propia a partir de RD 286/2006, 2021.

7.1.4. Resultados de las mediciones

En este apartado se recogen los valores de las mediciones realizadas a los 6 trabajadores durante 3 jornadas completas. En la Tabla 12 se recogen estos valores y el valor de la diferencia de las 3 mediciones, que en caso de superar los 3 dB, como indica la norma ISO 9612:2009, se harán al menos dos mediciones adicionales. Este caso se ha dado en las mediciones de las máquinas "LN-15" y "LN-06".

Tabla 12. *Mediciones de exposición al ruido.*

Máquina	1ª medición	2ª medición	3ª medición	Diferencia máxima	4ª medición	5ª medición
LN-14	82,4	81,1	81,7	1,3	-	-
LN-15	82,0	83,3	85,3	3,3	84,1	82,9
LN-11	84,5	85,3	86,0	1,5	-	-
LN-06	87,6	86,2	84,5	3,1	86,1	87,3
LN-13	83,0	84,1	83,6	1,1	-	-
LN-08	83,3	83,9	84,8	1,5	-	-

Fuente: Elaboración propia, 2021.

7.1.5. Cálculo del nivel de exposición al ruido diario ponderado A e incertidumbre

Una vez efectuadas las mediciones se procede a los cálculos. En primer lugar se debe calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, $L_{p,AeqTe}$, utilizando la Ecuación 1 para cada una de las máquinas. Se muestra como ejemplo de cálculo la máquina "LN-06":

$$L_{p,A,eq,T_e,LN\text{-}06} = 10 \log \left[\frac{1}{5}\cdot(10^{0,1\cdot 87,6}+10^{0,1\cdot 86,2}+10^{0,1\cdot 84,5}+10^{0,1\cdot 86,1}+10^{0,1\cdot 87,3})\right] = 86,5 \text{ dB(A)}$$

Tras este cálculo, empleando la Ecuación 2, se puede calcular el nivel de exposición al ruido ponderado A, donde $T_e = 7$, debido a que la duración efectiva de la jornada son 7 horas, ya que se restan a las 8 horas de jornada laboral el tiempo de colocar los instrumentos de medida, almuerzo/merienda, ir al aseo, etc. Siguiendo el ejemplo anterior:

$$\mathbf{L_{EX,8h,LN\text{-}06}} = 86{,}5 + 10 \log\left(\frac{7}{8}\right) = \mathbf{85{,}9\ dB(A)}$$

Una vez que se conoce el nivel de exposición al ruido ponderado A se procede al cálculo de la incertidumbre. En primer lugar, se debe utilizar la Ecuación 7 para calcular la media aritmética de las muestras:

$$\overline{L_{p,A,eq,T,LN\text{-}06}} = \frac{1}{5}\cdot(87{,}6+86{,}2+84{,}5+86{,}1+87{,}3) = 86{,}3\ \text{dB(A)}$$

Tras este cálculo se utiliza la Ecuación 6, a partir de la cual se puede obtener la incertidumbre típica combinada. Siguiendo el ejemplo anterior:

$$u_{1,LN\text{-}06} = \sqrt{\frac{1}{(5-1)}\cdot\left[(87{,}6-86{,}3)^2+(86{,}2-86{,}3)^2+(84{,}5-86{,}3)^2+(86{,}1-86{,}3)^2+(87{,}3-86{,}3)^2\right]} = 1{,}22\ \text{dB}$$

La contribución a la incertidumbre, c_1u_1, utilizando la "Tabla C.4" de la norma ISO 9612:2009, para N=5 y u_1=1,22 dB es c_1u_1=0,86 dB.

Para el cálculo de la incertidumbre típica combinada se utiliza la Ecuación 5:

$$u^2\left(L_{EX,8h}\right)=0{,}86^2 + 1^2\cdot(1{,}5^2 + 1^2) = 3{,}99$$

Por lo que u = 2,00

Una vez conocido este valor se puede calcular la incertidumbre expandida mediante la Ecuación 4:

$$\mathbf{U_{LN\text{-}06}}=1{,}65\cdot2{,}00 = \mathbf{3{,}3\ dB}$$

Se procede del mismo modo para todas las máquinas restantes, recogiendo los resultados obtenidos en la Tabla 13, en la cual se marcan en amarillo los valores que se encuentren por debajo del valor límite de exposición, pero por encima del valor inferior de exposición que da lugar a una acción (entre 80 y 87 dB) y en rojo los valores que superen el valor límite de exposición (>87 dB).

Tabla 13. *Resultados del nivel de exposición al ruido ponderado A, incertidumbre expandida e intervalo de confianza.*

Máquina	$L_{p,AeqTe}$ (db(A))	$L_{EX,8h}$ (db(A))	U (dB)	Intervalo de confianza (db(A))
LN-14	81,8	81,2	±3,3	77,9 – 84,5
LN-15	83,7	83,1	±3,3	79,8 – 86,4
LN-11	85,3	84,7	±3,4	81,3 – 88,1
LN-06	86,5	85,9	±3,3	82,6 – 89,2
LN-13	83,6	83,0	±3,2	79,8 – 86,2
LN-08	84,0	83,5	±3,4	80,1 – 86,9

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Como se observa en la Tabla 13, las máquinas más ruidosas son "LN-11" y "LN-06"; sin embargo, las máquinas restantes también se encuentran en el intervalo en el que hay que tomar acciones, según RD 286/06, por lo que se deberán tomar medidas preventivas para reducir la exposición al ruido en todas las máquinas de la sección.

7.2. Sustancias químicas

En este apartado se recogen las mediciones realizadas de los distintos contaminantes químicos y los cálculos necesarios para determinar si se trata de concentraciones peligrosas para la salud del control de calidad.

7.2.1. Cuantificación de la exposición de contaminantes químicos

- **Exposición diaria (ED):** para el cálculo de la exposición diaria de un contaminante químico es necesario utilizar la Ecuación 8:

$$ED = \frac{\sum C_i \cdot T_i}{8} \qquad \text{(Ecuación 8)}$$

Donde:

C_i es la concentración i-ésima;

T_i es el tiempo de exposición en horas, asociado a cada valor de C_i.

- **Índice de exposición (I_E):** este parámetro es la suma de las exposiciones de cada uno de los componentes en la atmósfera del lugar de trabajo dividido por su respectivo VLA, se utiliza cuando el evaluador no tiene información acerca de los efectos combinados y se expresa mediante la Ecuación 9:

$$I_E = \sum_{i=1}^{n} \frac{E_i}{VLA_i} \qquad \text{(Ecuación 9)}$$

Donde:

n es el número de agentes químicos a los que el trabajador está expuesto durante la jornada laboral;

E_i es la exposición al agente químico i;

VLA_i es el valor límite del agente químico i.

7.2.2. Datos obtenidos de las mediciones

En la Tabla 14 se recogen los datos sobre las mediciones realizadas para el ácido clorhídrico, contando con un total de 6 mediciones, las 3 iniciales y otras 3 adicionales. Esto es debido a que tras realizar la "prueba preliminar" se obtiene una "no decisión" y, por lo tanto, se debe llevar a cabo el método estadístico en el que son necesarias un mínimo de 6 mediciones. Además de estos datos, también están recogidas las exposiciones diarias de cada jornada (ED_i) utilizando la Ecuación 8, ya que se trata de mediciones de jornadas completas.

Tabla 14. *Resultados de las mediciones de ácido clorhídrico (presente en el sulfato de cobre).*

Ácido clorhídrico; VLA-ED: 7,6 mg/m³						
	Medición 1	**Medición 2**	**Medición 3**	**Medición 4**	**Medición 5**	**Medición 6**
Concentración (mg/m³)	0,88	0,73	0,77	0,92	0,67	0,83
Tiempo (h)	7	7,5	7	7,5	7	7

Ácido clorhídrico; VLA-ED: 7,6 mg/m³						
	Medición 1	**Medición 2**	**Medición 3**	**Medición 4**	**Medición 5**	**Medición 6**
ED_i (mg/m³)	0,77	0,68	0,67	0,86	0,59	0,73

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Tabla 15 se recogen los datos sobre las mediciones realizadas para el estireno.

Tabla 15. *Resultados de las mediciones de estireno (presente en el polvo electrostático).*

Estireno; VLA-ED: 86 mg/m³						
	Medición 1	**Medición 2**	**Medición 3**	**Medición 4**	**Medición 5**	**Medición 6**
Concentración (mg/m³)	8,80	8,52	8,66	8,58	8,71	8,42
Tiempo (h)	7	7,5	7	7	7	7
ED_i (mg/m³)	7,70	7,99	7,58	7,51	7,62	7,37

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la Tabla 16 se recogen los datos sobre las mediciones realizadas para la acetona.

Tabla 16. *Resultados de las mediciones de acetona (presente en el barniz de costuras).*

Acetona; VLA-ED: 1210 mg/m³			
	Medición 1	**Medición 2**	**Medición 3**
Concentración (mg/m³)	4,35	4,86	4,63
Tiempo (h)	7	7	7,5

Acetona; VLA-ED: 1210 mg/m³			
	Medición 1	**Medición 2**	**Medición 3**
ED_i (mg/m³)	3,81	4,25	4,34

Fuente: Elaboración propia, 2021.

7.2.3. Validación de los GES

Para validar los GES se sigue la norma UNE-EN 689:2019+AC:2019, en la que se indica que las mediciones siguen habitualmente una distribución logarítmico-normal. Para comprobar que todos los trabajadores pertenecen a este GES, se debe representar gráficamente la concentración medida frente a la probabilidad para cada uno de los contaminantes químicos.

Para el cálculo de la probabilidad se utiliza la Ecuación 10 y en las Figuras 21, 22 y 23 se muestra la representación gráfica mencionada, contando todas con un buen ajuste a una distribución logarítmico-normal, por lo que se puede afirmar que **el GES es válido para todas las sustancias.**

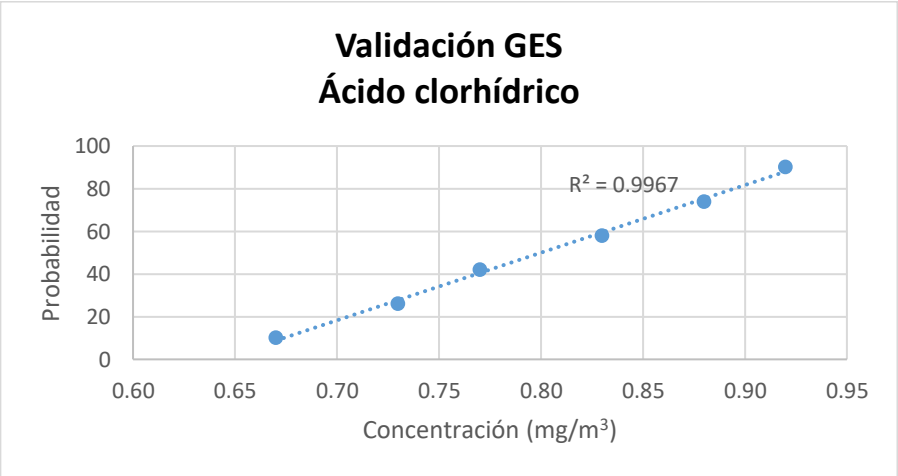
$$P_k = (k - \frac{3}{8})/(n + 1/4) \quad \text{(Ecuación 10)}$$

Donde:

k es el número de cada muestra;

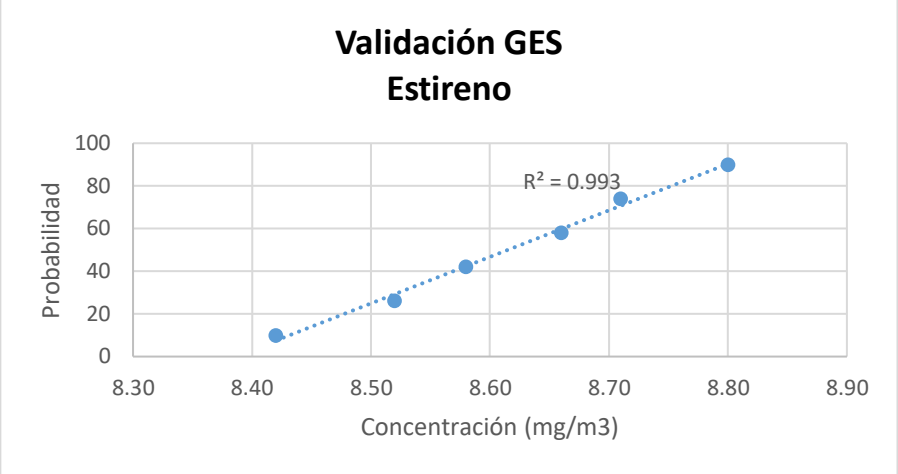
n es el número total de cada muestra.

Figura 21. *Gráfico de validación del GES para el ácido clorhídrico.*



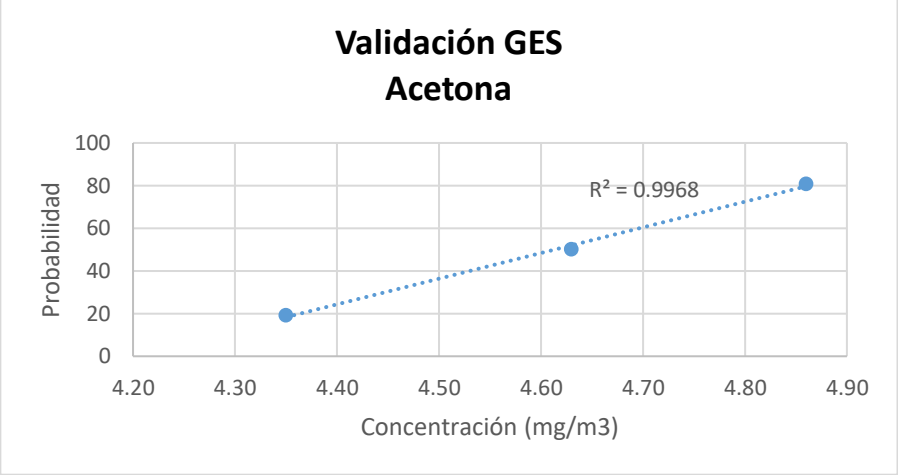
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 22. *Gráfico de validación del GES para el estireno.*



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 23. *Gráfico de validación del GES para la acetona.*

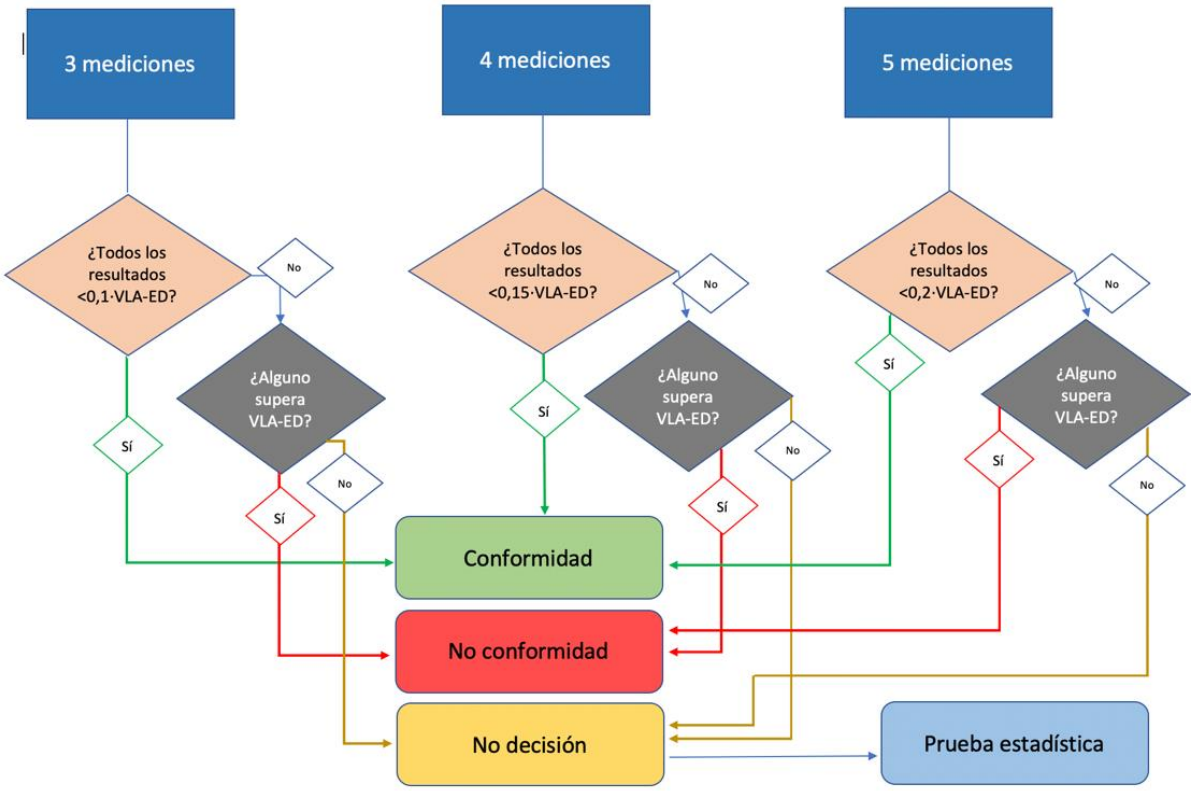


Fuente: Elaboración propia, 2021.

7.2.4. Comparación de resultados con el VLA

Para escoger si se trata de una conformidad, no conformidad o no decisión se sigue la norma UNE-EN 689:2019+AC:2019, en la que indica que se debe realizar una "prueba preliminar", explicada mediante un esquema en la Figura 24.

Figura 24. *Prueba preliminar.*



Fuente: Elaboración propia a partir de UNE-EN 689:2019+AC:2019, 2021.

7.2.4.1. Sulfato de cobre

Utilizando la "prueba preliminar" para el ácido clorhídrico siguiendo el esquema de la Figura 24, se observa en la Tabla 14, que alguno de los valores de las mediciones está por encima de 0,1·VLA-ED (para las 3 mediciones que se realizaron inicialmente) y ninguno supera el VLA-ED, por lo que se trata de una **no decisión** y, por lo tanto, se debe realizar una prueba estadística.

El Anexo F de la norma UNE-EN 689:2019+AC:2019 indica que si se trata de una distribución logarítmico-normal se deben utilizar la Ecuación 11 para calcular la media geométrica (*MG*) y la Ecuación 12 para calcular la desviación estándar geométrica (*DSG*) del conjunto de resultados x_i.

$$MG = e^{\frac{\sum_1^n \ln(x_i)}{n}} \qquad \text{(Ecuación 11)}$$

$$DSG = e^{\sqrt{\frac{\sum_1^n (\ln(x_i) - \ln(MG))^2}{n-1}}} \qquad \text{(Ecuación 12)}$$

Una vez calculados estos parámetros, se calcula la variable U_R mediante la Ecuación 13 y se compara con el valor tabulado de U_T (obtenido a partir de la Tabla F.1. de la norma). Si el valor

de U_R es mayor que el valor de U_T la conclusión es conformidad con el VLA, en caso contrario se trata de una no conformidad.

$$U_R = \frac{\ln(VLA) - \ln(MG)}{\ln(DSG)} \qquad \text{(Ecuación 13)}$$

Los valores de todas estas variables se recogen en la Tabla 17:

Tabla 17. *Resultados de los parámetros de la prueba estadística para el ácido clorhídrico.*

MG	DSG	U_R	U_T	¿$U_R > U_T$?
0,795	1,127	18,934	2,187	Sí. **Conformidad con el VLA**

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tras estos resultados, en el Anexo I de la norma UNE-EN 689 se dan tres posibles aproximaciones para decidir sobre los intervalos entre las campañas de las mediciones periódicas. En este caso al haber realizado una prueba estadística se debe aplicar la Ecuación 14, que es una adaptación de la Ecuación 13:

$$U_R = \frac{\ln(j \cdot VLA) - \ln(MG)}{\ln(DSG)} \qquad \text{(Ecuación 14)}$$

Donde *j* representa el intervalo entre mediciones según su valor;

$j < 0{,}25 \rightarrow$ 36 meses

$0{,}25 < j < 0{,}5 \rightarrow$ 30 meses

$0{,}5 < j < 1 \rightarrow$ 24 meses

Al despejar *j* de la Ecuación 14, se obtiene la Ecuación 15:

$$j = e^{(U_R \cdot \ln(DSG) + \ln(MG) - \ln(VLA))} \qquad \text{(Ecuación 15)}$$

Se obtiene que **j = 0,136**, por lo que la **reevaluación** se debe hacer **a los 36 meses**, bajo la hipótesis de que no ocurrirán modificaciones importantes del patrón de exposición durante ese periodo.

7.2.4.2. Polvo electrostático

Para el caso del estireno, realizando la "prueba preliminar" para las 3 mediciones iniciales se observa que alguno de los valores supera 0,1·VLA-ED, pero ninguno el valor de VLA-ED, por lo que se trata de una **no decisión**. En consecuencia, como indica la norma UNE-EN 689, se deben realizar al menos otras 3 mediciones adicionales, obteniendo un total de 6 mediciones y llevar a cabo la prueba estadística siguiendo los pasos indicados en el Anexo F de dicha norma.

Se calculan los valores de la media geométrica (*MG*) (Ecuación 11), la desviación estándar geométrica (*DSG*) (Ecuación 12), la variable U_R (Ecuación 13) y el valor tabulado U_T, los cuales se recogen en la Tabla 18.

Tabla 18. *Resultados de los parámetros de la prueba estadística para el estireno.*

MG	DSG	U_R	U_T	¿$U_R > U_T$?
8,614	1,016	144,803	2,187	Sí. **Conformidad con el VLA**

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tras estos resultados, en el Anexo I de la norma UNE-EN 689 se dan tres posibles aproximaciones para decidir sobre los intervalos entre las campañas de las mediciones periódicas. En este caso al haber realizado una prueba estadística se debe aplicar la Ecuación 14 y para conocer el valor de *j* utilizar la Ecuación 15.

Se obtiene que **j = 0,104**, por lo que la **reevaluación** se debe hacer **a los 36 meses**, bajo la hipótesis de que no ocurrirán modificaciones importantes del patrón de exposición durante ese periodo.

7.2.4.3. Barniz de costuras

Utilizando la "prueba preliminar" para la acetona siguiendo el esquema de la Figura 24, se observa en la Tabla 16, que todos los valores de las mediciones están por debajo de 0,1·VLA-ED (para las 3 mediciones), por lo que se trata de una **conformidad**.

Tras obtener la conformidad, en el Anexo I de la norma se indica que en caso de conformidad mediante la prueba preliminar deben realizarse más mediciones, hasta un total de 6 para decidir el periodo entre mediciones, por lo que para el caso de la acetona se realizan 3 mediciones adicionales recogidas en la Tabla 19.

Tabla 19. *Resultados de las mediciones adicionales para conocer el intervalo entre mediciones de la acetona.*

Acetona; VLA-ED: 1210 mg/m³			
	Medición 3	**Medición 4**	**Medición 5**
Concentración (mg/m³)	4,32	4,6	4,81
Tiempo (h)	7	7	7
ED_i (mg/m³)	3,78	4,02	4,21

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tras realizar estas 3 mediciones adicionales, el Anexo I indica que se utilice la media geométrica (*MG*), ya que se ajusta a una distribución log-normal. Utilizando la Ecuación 11, la media geométrica para las 6 mediciones es: MG = 4,59. La norma indica que si MG < 0,1·VLA, el intervalo de **reevaluación** es de **36 meses**.

Tanto para el estireno como para la acetona las concentraciones medidas dan un resultado conforme, pero debido a que se encuentran en el mismo lugar, se trata de una exposición laboral simultánea a varios agentes químicos. En esta situación, para conocer si la exposición supera los valores límite se calcula el índice de exposición (I_E) utilizando la Ecuación 9, ya que esta se debe aplicar cuando el evaluador no tiene información acerca de los efectos combinados. Basándose en el resultado obtenido puede tratarse de una exposición aceptable ($I_E \leq 0,1$), inaceptable ($I_E > 1$) o indeterminada ($0,1 < I_E \leq 1$). Una vez calculadas las exposiciones diarias de cada una de las jornadas tanto para el estireno como para la acetona, se hace la media aritmética de la exposición diaria para cada una de ellas.

$$\mathbf{ED_{media,\ estireno}} = \frac{7,70 + 7,99 + 7,58 + 7,51 + 7,62 + 7,37}{6} = \mathbf{7,63\ mg/m^3}$$

$$\mathbf{ED_{media,\ acetona}} = \frac{3,81 + 4,25 + 4,34}{3} = \mathbf{4,13\ mg/m^3}$$

$$\mathbf{I_E} = \sum_{i=1}^{n} \frac{E_i}{VLA_i} = \frac{7,63}{86} + \frac{4,13}{1210} = \mathbf{0,092 < 0,1}$$ por lo que se trata de una **exposición aceptable.**

Una vez obtenidos todos los resultados de las exposiciones de los trabajadores a las distintas sustancias químicas, se puede afirmar que se trata de una exposición aceptable, ya que todos los valores de exposición están muy por debajo del valor límite de exposición. Esto es debido a:

- Ácido clorhídrico: en este caso, la concentración de ácido clorhídrico presente en el sulfato de cobre es baja y además en las pruebas rutinarias que realiza el control de calidad la exposición es limitada. Todo esto se traduce en unos valores de medición bajos.
- Estireno: este contaminante está presente en las resinas de poliéster, que es la base del polvo electrostático, pero su baja concentración en este producto y la poca cantidad que puede ser respirada por el control de calidad hace que las concentraciones medidas sean muy bajas.
- Acetona: con respecto a este contaminante, las mediciones revelan que la concentración de acetona en aire es muy baja. Esto se debe a que como se ha comentado en el capítulo 2, actualmente la legislación regula la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COVs), sustituyendo parte del disolvente por agua. Es decir, la cantidad de disolvente presente en el barniz es baja, ya que gran parte de la solución acuosa será agua.

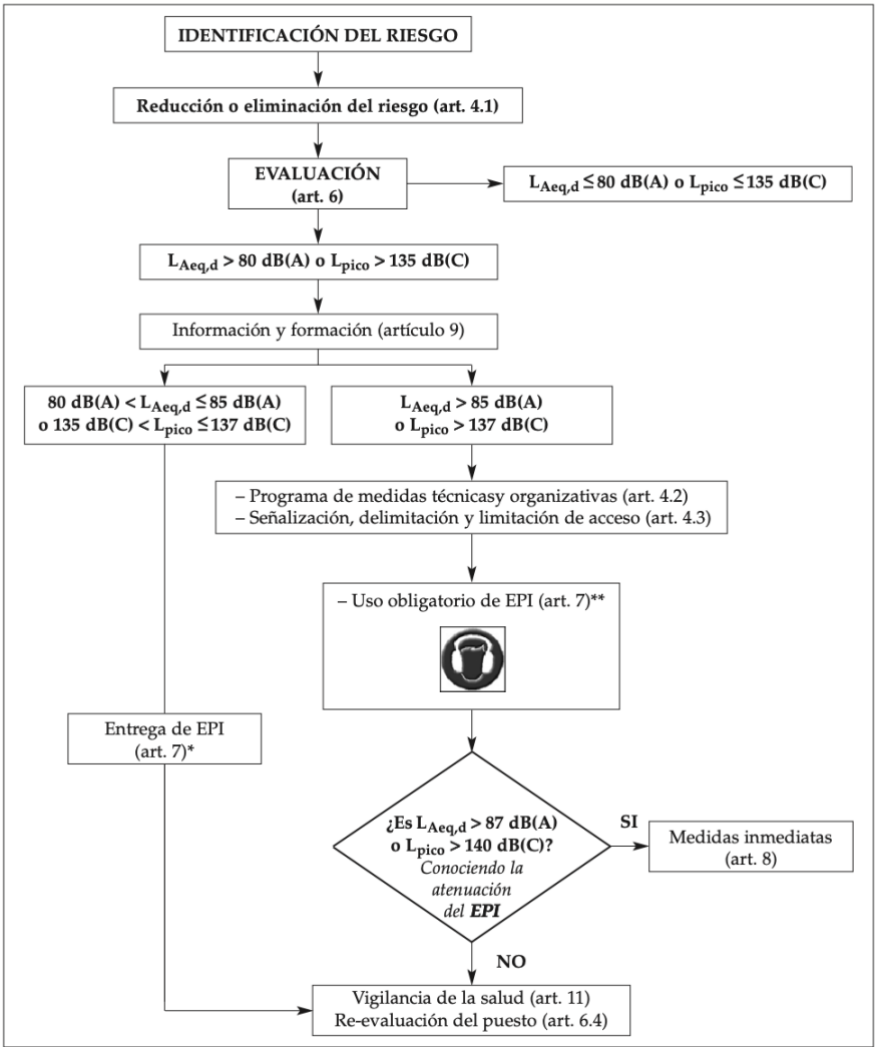
8. Propuesta de medidas preventivas

En este capítulo se exponen las medidas preventivas que se consideran necesarias para reducir o eliminar la exposición a los riesgos identificados en el puesto de control de calidad de Crown Food S.A.

8.1. Ruido

Una vez realizadas las mediciones y los cálculos sobre la exposición al ruido se procede tal y como se expone en la Figura 25.

Figura 25. *Esquema sobre la actuación ante una exposición al ruido.*



Fuente: INSST, 2009.

En este caso, como se ha visto en el apartado 7.1.5., se trata de una situación en la que se superan los 85 dB(A) en todas las máquinas presentes. Es por ello que se deben seguir los

pasos de la Figura 25, realizando un programa de medidas técnicas y organizativas, y señalizando, delimitando y limitando el acceso a estos lugares. Este programa de medidas técnicas y organizativas debe comenzar por actuar en el origen del ruido, es decir, en las máquinas. Debido a que no es posible disminuir el ruido que producen se debe evitar que el deterioro de algunas piezas pueda agravar la situación, por lo que una de las medidas será un **mantenimiento mensual** de las máquinas, para así asegurarse que están en perfecto estado.

Según la Ley 31/95, sobre la prevención de riesgos laborales, en su artículo 15.1 se señala que se deben adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual. En el caso de esta empresa, tal y como se ha visto en el apartado 4.5.2. del presente trabajo, ya cuenta con protecciones colectivas (cabinas acústicas) con su correspondiente señalización, las cuales mediante apantallamiento reducen en gran parte la exposición al ruido. Aunque como se ha descrito en las tareas de este trabajador, para llevar a cabo sus labores rutinarias debe entrar y salir de dichas cabinas de manera frecuente y en muchas ocasiones durante toda la jornada laboral.

Por otro lado, el RD 773/97 indica en el artículo 4 que <<los equipos de protección individual deberán utilizarse cuando existan riesgos para la seguridad o salud de los trabajadores que no hayan podido evitarse o limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo>>. Para escoger los protectores auditivos adecuados para atenuar lo suficiente como para no superar los 85 dB(A) se basa en la NTP 638 del INSST.

Esta NTP menciona varios métodos a utilizar y en este caso se escoge el “Método de bandas de octava”, que es el método más fiable y requiere conocer los niveles de presión sonora en bandas de octava, los cuales se han obtenido con el sonómetro integrador de la Figura 18.

La protección auditiva escogida son los tapones “Ultrafit14” de la marca 3M que se muestran en la Figura 26 y los datos de atenuación de estos vienen recogidos en la Tabla 20.

Figura 26. *Tapones Ultrafit14.*

Fuente: 3M Protección Personal y Medio ambiente, 2009.

Tabla 20. *Datos de atenuación de los tapones.*

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media, m_f (dB)	3,9	2,9	4,3	8,3	18,3	26,9	31,4	29,9
Desviación típica, σ (dB)	3	1,9	1,7	3	2,2	2,2	3,4	3,9

Fuente: 3M Protección Personal y Medio ambiente, 2009.

Una vez conocidos estos datos y teniendo las mediciones realizadas con el sonómetro integrador se puede obtener el nivel de presión sonora efectivo ponderado A (L_A') cuando se utiliza un protector auditivo mediante la Ecuación 16:

$$L_A' = \sum_{f=63\ Hz}^{f=8000\ Hz} 10^{0,1\cdot(L_A - APV_f)} \quad \text{(Ecuación 16)}$$

Donde:

L_A es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de cada frecuencia;

APV_f es la protección asumida, que se calcula utilizando la Ecuación 17:

$$APV_f = m_f - \sigma \quad \text{(Ecuación 17)}$$

Donde:

m_f es la atenuación media, en dB;

σ es la desviación típica, en dB.

Para el cálculo de esta atenuación se realiza un ejemplo con la máquina "LN-06", cogiendo como referencia de L_A el valor máximo del intervalo de confianza (89,2 dB(A)). En la Tabla 21

se recogen los datos medidos del nivel de presión sonora ponderado A de cada frecuencia (L_A), los valores de la protección asumida (APV_f) calculados según la Ecuación 17 a partir de los datos de la Tabla 20, y los valores de L_A' calculados según la Ecuación 16. Estos últimos se redondean al entero más próximo según la NTP 638.

Tabla 21. *Resultados de atenuación para LN-06.*

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global
$L_{A,LN-06}$ (dB(A))	59	68,8	70,2	78,9	83	85,2	82,3	75,7	89,2
APV_f (dB)	0,9	1	2,6	5,3	16,1	24,7	28	26	-
$L_{A,LN-06}'$ (dB(A))	58,1	67,8	67,6	73,6	66,9	60,5	54,3	49,7	**76**

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Para el resto de máquinas se realiza el mismo proceso, cuyos resultados se pueden observar en la Tabla 22.

Tabla 22. *Resultados de atenuación para todas las máquinas.*

Máquina	**L_A dB(A)**	**L_A' dB(A)**
LN-14	84,5	71,6
LN-15	86,4	72,0
LN-11	88,1	76,1
LN-06	89,2	76,2
LN-13	86,2	72,1
LN-08	86,9	72,5

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Según los resultados obtenidos recogidos en la Tabla 22, se puede afirmar que **este protector auditivo es adecuado porque proporciona unos niveles de atenuación correctos**, ya que según la norma EN 458:2016, un protector auditivo que proporciona un nivel de ruido efectivo

de entre 70 y 80 dB se considera adecuado. Además, esta norma añade que si el protector proporciona una atenuación excesiva, los trabajadores corren el riesgo de no reconocer las señales de advertencia y entender las comunicaciones, y pueden sentirse aislados en su entorno de trabajo.

Otra propuesta interesante es la de realizar **cursos** para formar e informar sobre los efectos adversos que puede provocar el ruido en la salud de los trabajadores y de esta manera concienciarlos a que utilicen de manera adecuada los EPI correspondientes y le den la importancia que se merece a este riesgo.

8.2. Sustancias químicas

Por su parte la exposición a contaminantes químicos, como se puede observar en el apartado 7.2.4., no supone un riesgo para la salud de los controles de calidad de Crown Food S.A. Aun así se proponen algunas medidas preventivas para reducir la exposición a estas sustancias:

- Sulfato de cobre: para una de las pruebas en las que se usa esta sustancia química, se debe esperar unos minutos a que se produzca la reacción química necesaria para poder valorar los resultados. En dirección a reducir la exposición a la inhalación del ácido clorhídrico que contiene, se propone el uso de extracción localizada mediante una campana extractora.
- Polvo electrostático: como se ha comentado, se observa la presencia de polvo electrostático en el suelo, debido a que el mecánico limpia la máquina que aplica este producto con aire comprimido. Para evitar que este polvo se quede en el aire y en el suelo, se propone utilizar un método distinto de limpieza en el que el mecánico deberá limpiar el polvo utilizando una aspiradora para polvo de “tipo L”, que según la norma UNE 60335-2-69:2012, se trata de un polvo de riesgo leve. Esta aspiradora es adecuada para separar el polvo con un valor límite de exposición ocupacional mayor de 1 mg/m^3 (UNE 60335-2-69, 2012). El vaciado y limpieza del equipo se hará en las condiciones señaladas por el fabricante, usando el EPI necesario para proteger al trabajador y de forma puntual cada 3 semanas (tiempo aproximado que tarda en llenarse el depósito de dicha aspiradora).

Con estas medidas se consigue reducir aún más la exposición a algunos de los contaminantes químicos, asegurándose que la cantidad inhalada por el trabajador es menor a la que se ha

medido. Aparte de estas medidas propuestas, también se plantea realizar cursos de formación e información para que los trabajadores conozcan perfectamente los riesgos a los que están expuestos y las maneras de evitarlos o reducir su exposición.

9. Planificación de la actividad preventiva

El Real Decreto 39/1997, en su Artículo 2 indica las características que debe tener el Plan de prevención de riesgos laborales, que se trata de <<una herramienta a través de la cual se integra la actividad preventiva de la empresa en su sistema general de gestión y se establece su política de prevención de riesgos laborales>>. Los instrumentos esenciales para la gestión y aplicación de este Plan son: la evaluación de riesgos y la planificación de la actividad preventiva.

En consecuencia de lo dispuesto anteriormente, se desarrolla la planificación preventiva para cada uno de las evaluaciones realizadas.

9.1. Ruido

Para este riesgo se han propuesto 3 medidas preventivas: mantenimiento periódico de las máquinas, uso de EPI (tapones) e impartición de cursos de formación e información. En la Tabla 23 se recogen los programas de acción para cada una de estas medidas propuestas.

9.2. Sustancias químicas

Para los contaminantes químicos se han propuesto medidas tanto para el sulfato de cobre como para el polvo electrostático, cuyos respectivos programas de acción vienen recogidos en la Tabla 24. Por otro lado, esta tabla también incluye la impartición de cursos, que engloba a todas las sustancias químicas presentes en el puesto de trabajo del control de calidad.

Tabla 23. *Programa de acción para el ruido.*

Medida propuesta	Plazos	Responsable/s de implementación	Responsable/s de seguimiento	Tipo de seguimiento	Priori-dad	Seguimiento	Coste económico
Mantenimiento mensual de las máquinas	1 mes (1/1/2022 - 1/2/2022)	Responsable de la sección de "líneas de tres piezas"	Encargado de los mecánicos de la sección de "líneas de tres piezas"	Documento firmado por los mecánicos de que el mantenimiento mensual ha sido realizado	Media	Mensual	8.000 €
Uso de EPI (tapones "Ultrafit14" de la marca 3M)	1 mes (1/1/2022 - 1/2/2022)	Técnico de PRL	Responsable de la sección y encargado de los controles de calidad de la sección	Observación del uso adecuado de los tapones por parte de los controles de calidad	Alta	Diario	500 €
Impartición de cursos	1 año (1/1/2022 - 1/1/2023)	Técnico superior de PRL	Técnico superior de PRL	Documento firmado corroborando la asistencia al curso y un pequeña prueba de evaluación para valorar si se ha entendido la información impartida	Media	Anual	1.000 €

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla 24. *Programa de acción para contaminantes químicos.*

	Medida propuesta	Plazos	Responsable/s de implementación	Responsable/s de seguimiento	Tipo de seguimiento	Prioridad	Seguimiento	Coste económico
Sulfato de cobre	Campana extractora	1 año (1/1/2022 - 1/1/2023)	Técnico de PRL	Responsable de la sección y encargado de los controles de calidad de la sección	Observación del uso adecuado de la campana extractora	Baja	Semanal	6.000 €
Polvo electrostático	Aspiradora de polvo	6 meses (1/1/2022 - 1/6/2022)	Técnico de PRL	Encargado de los mecánicos de la sección de "líneas de tres piezas"	Observación de los mecánicos mantengan la zona limpia de polvo	Media	Semanal	3.000 €
3 contaminantes químicos	Impartición de cursos	1 año (1/1/2022 - 1/1/2023)	Técnico superior de PRL	Técnico superior de PRL	Documento firmado corroborando la asistencia al curso y un pequeña prueba de evaluación para valorar si se ha entendido la información impartida	Media	Anual	1.000 €

Fuente: Elaboración propia, 2021.

10. Conclusiones

A lo largo del presente TFE se ha tratado de simular de manera práctica el desarrollo de una evaluación higiénica de ruido y de agentes químicos de la empresa Crown Food S.A., concretamente en la sede de Murcia. Además, durante el desarrollo del mismo se han adquirido nuevos conocimientos, sobre todo de carácter práctico, relacionados con la evaluación de los riesgos tratados basándose en las normas utilizadas.

Con respecto a los objetivos propuestos, tanto el general como los específicos, se puede afirmar que se han cumplido, ya que se ha realizado una evaluación higiénica de ruido y de contaminantes químicos mediante el estudio del puesto de trabajo, los riesgos asociados y se han propuesto algunas medidas preventivas para dichos riesgos.

En el presente TFE se ha desarrollado una evaluación higiénica del puesto de control de calidad, analizando, por un lado, el ruido presente en el ambiente laboral mediante las directrices expuestas en la norma ISO 9612:2009 y, por otro lado, la concentración de contaminantes químicos inhalables conforme lo indicado en la norma UNE-EN 689:2019+AC:2019. Para el caso del ruido se han realizado mediciones de jornada completa, utilizando un dosímetro personal. Por otra parte, en cuanto a las sustancias químicas presentes (sulfato de cobre, polvo electrostático y barniz de costuras) se emplea un método específico para cada una de ellas.

Con respecto al ruido, los resultados obtenidos muestran unos niveles superiores a los valores límite de exposición, por lo que se proponen medidas preventivas, como el uso de EPI (tapones). Por otro lado, los resultados obtenidos para los contaminantes químicos son favorables, es decir, para las 3 sustancias se obtiene conformidad con su respectivo VLA. Aun así para los contaminantes químicos también se han propuesto algunas medidas preventivas.

Además, en cuanto a la organización, se considera que este TFE puede servir de gran ayuda para realizar una futura evaluación higiénica, ya que se tratan los principales riesgos identificados para el puesto de control de calidad e incluso se proponen medidas preventivas para reducirlos. Se considera que este documento puede servir de guía a la hora de realizar una evaluación real, puesto que se cuenta con experiencia en el puesto de trabajo estudiado y algunas de las medidas preventivas propuestas se considera que son viables.

Las medidas preventivas que se pueden considerar viables son: el uso de tapones para reducir el ruido, un mantenimiento mensual de las máquinas y cursos de formación e información tanto para el ruido como para los contaminantes químicos presentes. Se estima que se trata de medidas fácilmente aplicables, ya que no suponen un coste elevado ni un gran cambio al que los trabajadores deban adaptarse.

Por otro lado, las medidas que se consideran menos viables son: la implementación de una aspiradora de polvo para cada máquina y una campana extractora para el sulfato de cobre. Esto es debido a que la prioridad para implementarlas es menor, ya que los riesgos asociados no suponen una exposición insalubre para los trabajadores y además se trata de medidas más costosas económicamente de implementar.

Por su parte, este TFE tiene sus limitaciones, como son la falta del equipo de medición adecuado o la falta de disponibilidad para realizar todas las mediciones necesarias. Se considera que para complementar este documento se debería hacer un estudio similar al planteado, pero con los puestos restantes de la sección de “líneas de tres piezas”. De esta manera se puede conseguir una guía muy completa para realizar una evaluación higiénica real de la sección en su totalidad y así poder abordar todos los riesgos a los que están expuestos los trabajadores.

Con respecto a los resultados, se han obtenido conclusiones similares a las esperadas, es decir, por experiencia propia del alumno se sabía que los trabajadores están expuestos a niveles de ruido superiores al valor límite y que los agentes químicos presentes no suponen un gran riesgo para la salud de los controles de calidad.

En conclusión, se trata de un TFE con limitaciones a nivel práctico debido a la falta de equipo de medición adecuado, pero se considera que puede ser de utilidad para el departamento de Prevención de Riesgos Laborales de Crown Food S.A., ya que el trabajo es notablemente práctico.

11. Referencias bibliográficas

3M Protección personal y Medio Ambiente (2009). *Productos de protección auditiva.* https://multimedia.3m.com/mws/media/593081O/productos-de-proteccion-auditiva.pdf

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de enfermedades (ATSDR) (1994). *Resumen de Salud Pública. Acetona.* http://www.davidborowski.com/work/ATSDR%20ToxFAQs%20and%20PHS%202007/Data/Spanish/PHS%20for%20ACETONA.pdf

Arévalo, T. (2020). *Higiene Industrial.* Tomo VII. UNIR.

Asociación Española de Normalización (UNE). (2019). *Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional.* (UNE-EN 689:2019+AC:2019).

Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2009). *Acústica. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Método de ingeniería*. (ISO 9612:2009).

Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2016). *Protectores auditivos. Recomendaciones relativas a la selección, uso, cuidado y mantenimiento*. *Documento guía.* (EN 458).

Carl Roth. (2021). *Ficha de datos de seguridad de ácido clorhídrico.* https://www.carlroth.com/medias/SDB-9280-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNlY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wzMTM2MzB8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNlY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oOGYvaGFjLzkwMjY4MTg4MDE2OTQucGRmfDA3Njg5ZjlhMTQ4ZTYwMzgwN2I2YTY1NTkxNTg2NjUxMjcwNDk4Y2Y0YjYwNWIzNjk0MDM0ZTNiMDNkNGRmOTM

Castrillón, T. (s.f.). *Recubrimientos para envases metálicos.* http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/0/DC8FABEC4A8787F2C1256F250063FAA8/$FILE/Barnices%20para%20envases%20metálicos%20_ainia.pdf?OpenElement

Ecoacero (s.f.). *Bobinas de hojalata.* [Fotografía]. https://ecoacero.com/el-ciclo-de-vida-del-envase-de-acero/la-hojalata/

Envasprés (2018). *Envase con necking.* [Fotografía]. https://www.envaspres.com/articulo/20828/

Fanser (s.f.). *Máquina cerradora.* [Fotografía]. https://fanser.com/portfolio/cerradora-modelo-f6r/

Ganime, JF., Almeida da Silva, L., Robazzi, ML do CC., Valenzuela Sauzo, S. y Faleiro, SA. (2010). *El ruido como riesgo laboral: una revisión de la literatura*. Universidad de Murcia. https://revistas.um.es/eglobal/article/view/107321/101981

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSST). (s.f.). *Determinación de estireno en aire - Método de captación con muestreadores pasivos por difusión, desorción con disolvente / Cromatografía de gases. MTA/MA-026/A92.* https://www.insst.es/documents/94886/359043/MA_026_A92.pdf/e4c7e7e5-70e2-488c-9933-a37500ff8636

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSST). (s.f.). *Determinación de cetonas (acetona, metil etil cetona, metil isobutil cetona) en aire - Método de adsorción en gel de sílice / Cromatografía de gases. MTA/MA-031/A96.* https://www.insst.es/documents/94886/359043/MA_031_A96.pdf/de1835bb-3183-4018-b12b-d59886e29866

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (1991). *NTP 287: Hipoacusia laboral por exposición al ruido: Evaluación clínica y diagnóstico*. https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_287.pdf/564df338-a132-4cd2-9a3c-c8ebf2c81253

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (1983). *NTP 61: Toma de muestras de ácido clorhídrico.* https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_061.pdf/528c20d8-3e7b-4e09-a7ca-0ebe734fe764?version=1.0&t=1528459773515

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2003). *NTP 638: Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos.* https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_638.pdf/ec7cda7b-d636-48de-8d05-020cd25857a9

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2009). *Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido.* https://www.insst.es/documents/94886/96076/gu%C3%ADa_técnica_ruido.pdf/85821846-2195-4359-94eb-08fdc6457dce

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2021). *Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. 2021.* https://www.insst.es/documents/94886/1637405/LEP+2021.pdf/3e65c9ac-0708-f262-4808-2562cc9e0134?t=1620397240887

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2009). *Estudio: Caracterización del parque de maquinaria español.* https://www.insst.es/documents/94886/96076/Estudio+de+caracterización+del+parque+de+maquinaria+español/1b83591b-6146-4bae-91f1-0c682e5fb9fe

Jaramillo-Zapata, L. y Patiño-Arcila, I. (2012). *Selección de Resinas de Poliéster Insaturado para Procesos de Transferencia de Resina en Molde Cerrado.* Tecno Lógicas, 28, 109–127. http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/n28/n28a07.pdf

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. *Boletín Oficial de Estado, núm. 269, de* 10 de noviembre de 1995. https://www.boe.es/buscar/pdf/1995/BOE-A-1995-24292-consolidado.pdf

Metalebro (s.f.). *Envases de hojalata de tres piezas.* [Fotografía]. http://www.metalebro.es/es/menu-general/productos.aspx

Mundolatas (2019). *Envase con bordón.* [Fotografía]. https://mundolatas.com/acordonado/

Mundolatas (2019). *Esquema de línea de barnizado.* [Fotografía]. https://mundolatas.com/barnices-2a-parte/

Mundolatas (2019). *Esquema de tapa de fácil apertura.* [Fotografía]. https://mundolatas.com/proceso-de-fabricacion-de-una-tapa-facil-apertura/

Mundolatas (2019). *Lámina de hojalata cortada*. [Fotografía]. https://mundolatas.com/proceso-de-fabricacion-de-una-tapa-facil-apertura/

Mundolatas (2019). *Polvo electrostático.* https://mundolatas.com/polvo-electrostatico/

Mundolatas (2019). *Pruebas para controlar la calidad de aplicación de los barnices.* https://mundolatas.com/pruebas-para-controlar-la-calidad-de-aplicacion-de-los-barnices/

Murciaplaza (2020). *Vista panorámica de las instalaciones de Crown Food S.A. (sede de Murcia).* [Fotografía]. https://murciaplaza.com/crown-food-espana-reduce-su-facturacion-a-520-millones-y-registra-perdidas-por-21000-euros

Pérez, J. y Gardey, A. (2008). *Definición de Hipoacusia.* Recuperado el 10 de septiembre de 2021 de: https://definicion.de/hipoacusia/

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. *Boletín Oficial de Estado, núm. 60, de* 11 de marzo de 2006. https://www.boe.es/buscar/pdf/2006/BOE-A-2006-4414-consolidado.pdf

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. *Boletín Oficial de Estado, núm. 27, de* 31 de enero de 1997. https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-1853-consolidado.pdf

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. *Boletín Oficial de Estado, núm. 140, de* 12 de junio de 1997. https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-12735-consolidado.pdf

Staywell (2019). *Anatomía del oído.* [Fotografía]. https://demo.staywellhealthlibrary.com/spanish/video-library/Content/healthsheets-v1/anatomia-del-oido/

Styrene Producers Association (SPA). (2018). *Styrene Monomer: Safe Handling Guide.* https://www.plasticseurope.org/application/files/6115/4453/7896/Styrene_HSE_brochure_EN_20181211.pdf

Svantek (s.f.) *Dosímetro personal SVANTEK SV104BIS.* [Fotografía]. https://svantek.es/productos/sv-104bis/

Svantek (s.f.). *Calibrador acústico SVANTEK SV36.* [Fotografía]. https://svantek.es/productos/sv-104bis/

UGT Comisión Ejecutiva Confederal (2010). *El ruido como riesgo laboral en el sector metalgráfico.* https://www.ugt-fica.org/images/proyectosl/sl/directa/2010/metal/El%20Ruido%20en%20el%20Sector%20Metalgráfic.pdf

World Orgs (s.f.). *Entrada a las instalaciones de Crown Food S.A. (sede de Murcia).* [Fotografía]. https://es.worldorgs.com/catalogar/las-torres-de-cotillas/comercio/crown-food