



Universidad Internacional de La Rioja
Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales
**Evaluación y planificación preventiva de la
exposición a ruido, agentes químicos,
movimiento repetitivo y manipulación
manual de cargas en Imprelit SAS.**

Trabajo fin de estudio presentado por:	Domínguez Zambrano Elisabeth; Pineda Rivera Windy Constanza.
Especialidades preventivas del TFE	Higiene Industrial y Ergonomía Psicosociología aplicada.
Director/a:	González Combarros Rosana.
Fecha:	05/02/2025

Resumen

El actual trabajo fin de máster aborda la evaluación y planificación preventiva de los riesgos higiénicos y ergonómicos del puesto de trabajo de troquelado en la empresa Imprelit SAS, dedicada a la fabricación de empaques de la industria del papel y cartón. Se evalúan los riesgos higiénicos por exposición a ruido y agente químico de celulosa, aplicando las metodologías UNE-EN ISO 9612:2009 y en UNE-EN 689:2019, respectivamente y los riesgos por manipulación manual de cargas (MMC) y movimientos repetitivos (MV) en la especialidad de ergonomía, mediante la ecuación NIOHS y el método de Check List OCRA. Los resultados mostraron la necesidad de implementar medidas correctoras para reducir el nivel de ruido, ya que se detectó que sobrepasa los límites de exposición a ruido permitidos en una jornada laboral, teniendo un valor de 89,09 dB (A). También se identificó una conformidad en la exposición a celulosa, con una exposición media por jornada de 4,02 mg/m³, muy por debajo del valor límite ambiental profesional. En cuanto a los riesgos ergonómicos, se detectó un alto riesgo de lumbalgias y lesiones por la manipulación manual de cargas y un nivel inaceptable de riesgo medio por movimientos repetitivos, lo que requiere mejoras en el puesto, supervisión médica, formación y entrenamiento.

A partir de estos resultados, se diseñó un plan preventivo para controlar y gestionar dichos riesgos, promoviendo la salud de los trabajadores.

Palabras clave:

Exposición, ruido, agentes químicos, manipulación manual de cargas, movimientos repetitivos, industria de papel y cartón, riesgos, medidas preventivas.

Abstract

The current master's thesis addresses the preventive evaluation and planning of hygienic and ergonomic risks in the die-cutting workplace at Imprelit SAS, a company dedicated to the manufacture of packaging for the paper and cardboard industry. The hygienic risks due to exposure to noise and cellulose chemical agent were assessed, applying the UNE-EN ISO 9612:2009 and UNE-EN 689:2019 methodologies, respectively, and the risks due to manual handling of loads (MMC) and repetitive movements (MV) in the specialty of ergonomics, using the NIOSH equation and the OCRA Check List method. The results showed the need to implement corrective measures to reduce the noise level, since it was detected that it exceeds the noise exposure limits allowed in a working day, having a value of 89.09 dB (A). Conformity was also identified in exposure to cellulose, with an average exposure per day of 4.02 mg/m³, well below the occupational environmental limit value. Regarding ergonomic risks, a high risk of back pain and injuries due to manual handling of loads was identified, as well as an unacceptable level of medium risk due to repetitive movements, which requires improvements in the workplace, medical supervision, training and coaching.

Based on these results, a preventive plan was designed to control and manage these risks, promoting the health of workers.

Keywords: Exposure, noise, chemical agents, manual handling of loads, repetitive movements, paper and cardboard industry, risks, preventive measures.

Organización del trabajo en grupo

En la Tabla 1, se describe la propuesta de distribución de actividades individuales y grupales desarrolladas para la confección del presente trabajo fin de máster (TFM). Estas han sido distribuidas de una manera equitativa entre los miembros que integran el grupo. La distribución temporal tendrá una duración de 15 semanas en la fase 2 de elaboración de los apartados.

Tabla 1. Organización del trabajo en grupo.

Tabla de Organización de Contenido del TFE GRUPAL Marcar con una X el/los responsables de cada capítulo o tarea			
Nombre y apellidos de los integrantes	Domínguez Zambrano Elisabeth	Pineda Rivera Windy Constanza	Objetivos y Observaciones
JUSTIFICACIÓN		X	Argumentar la importancia del tema o problema que se va a estudiar.
INTRODUCCIÓN	X		Establecer el tema central del trabajo, proponiendo información del contexto en el que se inscribe la investigación, explicando por qué el tema es relevante y necesario de estudiar.
OBJETIVOS	X	X	Instaurar la meta a alcanzar en el trabajo conjunto.
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	X		Realizar la descripción general y exhaustiva del puesto de trabajo de troquelado, identificando los riesgos relevantes.
METODOLOGÍA		X	Seleccionar la metodología y justificar por qué se elige un método específico, para abordar el problema de investigación.
EVALUACIÓN DE RUIDO	X		Desarrollar la metodología del ruido, evaluación y resultados. Además, realizar la revisión y observaciones del contenido que realiza mi compañero.
EVALUACIÓN DE AGENTES QUÍMICOS		X	Desarrollar la metodología de contaminantes químicos, evaluación y resultados. Además, realizar la revisión y observaciones del contenido que realiza mi compañero.
EVALUACIÓN DE MOVIMIENTOS REPETITIVOS	X		Desarrollar la metodología, evaluación y resultados de movimientos repetitivos. Además, realizar la revisión y observaciones del contenido que realiza mi compañero.
EVALUACIÓN MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS		X	Desarrollo la metodología, evaluación y resultados de manipulación manual de cargas MMC. Además, realizar la revisión y observaciones del contenido que realiza mi compañero.

Domínguez Zambrano Elisabeth; Pineda Rivera Windy Constanza
 Evaluación y planificación preventiva de la exposición a ruido, agentes químicos, movimiento repetitivo y manipulación manual de cargas en Imprelit SAS.

PLANIFICACIÓN PREVENTIVA	X	X	Trabajo conjunto, en cuanto el planteamiento de medidas correctivas y preventivas según los resultados obtenidos, además de colaborar con: la revisión y mejora de los borradores junto con la dirección del tutor, preparación del borrador final y bibliografías.
CONCLUSIONES	X	X	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	X	X	
Mecanismos de Coordinación Empleados			
Comenta las vías y/o plataformas utilizadas para la comunicación y uso de material compartido			
Se emplea un grupo de WhatsApp para mantener un contacto directo y fluido. Además, se crea un documento Word, por OneNote online en OneDrive, office por medio del correo personal institucional, con el fin de trabajar en el mismo documento elaborando cada apartado. Las reuniones se realizan por videollamadas en la plataforma Teams App, para organizar ideas y evaluar las tareas realizadas, finalmente se han concertado encuentros presenciales dada la cercanía geográfica para la preparación y entrega de borradores.			

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Índice de contenidos

1. Justificación	1
2. Introducción	4
2.1. Contextualización del sector industrial del corrugado.....	4
2.2. Prevención de riesgo laborales en el sector de la industria cartón corrugado troquelado.....	6
2.2.1. Exposición al ruido en el sector industrial del cartón	6
2.2.2. Exposición a agentes químicos industria del cartón	9
2.2.3. Exposición a movimientos repetitivos.....	12
2.2.4. Exposición a manipulación manual de cargas.....	13
3. Objetivos	15
3.1. Objetivo general	15
3.2. Objetivos específicos	15
4. Descripción de la empresa y de los puestos de trabajo.....	16
4.1. Descripción de la empresa	16
4.2. Descripción de los puestos de trabajo a evaluar.....	19
4.2.1. Distribución de la jornada de trabajo.....	20
4.2.2. Actividades que se desarrollan en el puesto de trabajo de troquelado	20
4.2.3. Condiciones de trabajo.....	23
4.2.4. Materiales y herramientas	25
5. Metodología empleada a cada riesgo.....	27
5.1. Descripción de metodología de exposición a ruido	27
5.1.1. Justificación del método seleccionado.....	31
5.2. Descripción de la metodología de exposición a agentes químicos.....	32

5.2.1.	Justificación de la metodología empleada	36
5.3.	Descripción de la metodología de manipulación manual de cargas MMC	37
5.3.1.	Justificación de la metodología empleada	42
5.4.	Descripción de la metodología de movimientos repetitivos.....	43
5.4.1.	Justificación de la metodología empleada	49
6.	Evaluaciones para riesgos higiénicos y ergonómicos.....	50
6.1.	Exposición a ruido.....	50
6.1.1.	Protocolo de muestreo exposición a ruido del puesto troquelado	50
6.1.2.	Análisis de resultados y conclusiones de la evaluación a exposición del ruido.....	52
6.1.3.	Propuesta de medidas preventivas	61
6.2.	Exposición a agentes químicos.....	66
6.2.1.	Caracterización básica	67
6.2.2.	Análisis de resultados y conclusiones de la evaluación a exposición a agentes químicos.....	71
6.2.3.	Propuestas de prevención	76
6.3.	Evaluación ergonómica por manipulación manual de cargas MMC.....	79
6.3.1.	Recolección de datos.....	82
6.3.2.	Aplicación de la ecuación NIOSH e interpretación.....	87
6.3.3.	Propuestas de medidas preventivas.....	89
6.4.	Evaluación ergonómica por movimientos repetitivos MR.....	93
6.4.1.	Recolección de datos para movimientos repetitivos	93
6.4.2.	Determinación de factores e índice Check List OCRA	95
6.4.3.	Propuesta de medidas preventivas	103
7.	Planificación de la actividad preventiva	106

7.1. Propuesta de medidas preventivas a riesgo higiénico: exposición a ruido	107
7.2. Propuesta de medidas preventivas a riesgo higiénico: exposición a agentes químicos	108
7.3. Propuesta de medidas preventivas a riesgo ergonómico por manipulación manual de cargas MMC	110
7.4. Propuesta de medidas preventivas a riesgo ergonómico por movimiento repetitivos MR	111
7.5. Presupuesto de toda la planificación preventiva.....	113
8. Conclusiones	114
9. Referencias bibliográficas.....	117
10. Anexos	125
Anexo 1. Ficha técnica del protector auditivo 3M™ PELTOR™ Orejeras serie X	125

Índice de figuras

Figura 1. <i>Cantidad de cartón producido en España (millones de m²)</i>	5
Figura 2. <i>Media de consumo de cartón ondulado kg por habitante y año, en España.</i>	5
Figura 3. <i>Producción de cartón en millones m², países de Europa.</i>	6
Figura 4. <i>Características de la exposición a ruido según Cortes, 2018.</i>	7
Figura 5. <i>Catálogo de productos empresa Imprelit SAS.</i>	16
Figura 6. <i>Localización geográfica de la empresa Imprelit SAS.</i>	17
Figura 7. <i>Organigrama empresa Imprelit SAS.</i>	17
Figura 8. <i>Planos de primer y segundo piso de la empresa Imprelit SAS.</i>	18
Figura 9. <i>Áreas de trabajo del departamento de producción empresa Imprelit SAS.</i>	19
Figura 10. <i>Fotografía del puesto de trabajo de troquelado empresa Imprelit SAS.</i>	19
Figura 11. <i>Alineación macren, máquina de troquelado azul, empresa Imprelit SAS.</i>	21
Figura 12. <i>Fotografía del proceso de ciclo repetitivo operario troquelado máquina amarilla.</i>	22
Figura 13. <i>Levantamiento de carga, después de realizado el proceso de troquelado.</i>	22
Figura 14. <i>Material de papel particulado en la superficie de la mesa de troquelado.</i>	23
Figura 15. <i>Máquina troqueladora plana marca Serramagnus amarilla de la empresa Imprelit SAS.</i>	25
Figura 16. <i>Diagrama de metodología evaluación exposición a ruido según UNE-EN ISO 9612:2009.</i>	28
Figura 17. <i>Valor de reducción a ruido aceptados para los protectores auditivos, según la norma UNE-EN 458:2016.</i>	31
Figura 18. <i>Diagrama para la evaluación de la exposición debido a la inhalación de agentes químicos según UNE-EN-ISO 689:2019.</i>	33
Figura 19. <i>Determinación de la periodicidad de las mediciones.</i>	36

Figura 20. Diagrama metodológico para aplicar la ecuación NIOSH.	38
Figura 21. Características para seleccionar el tipo de tarea a evaluar en la ecuación NIOSH.	39
Figura 22. Característica para identificar si la actividad de levantamiento tiene control significativo de carga según la ecuación NIOSH.....	39
Figura 23. Características principales del método Check List OCRA según Diego-Mas, 2015a.	43
Figura 24. Diagrama de proceso para aplicar el método Check List OCRA.	44
Figura 25. Representación gráfica de cómo se puntúa el factor de postura de las extremidades superiores evaluadas según el método Check List OCRA.	47
Figura 26. Valoración del nivel de riesgo según el puntaje obtenido en el índice ICKL según el método Check List OCRA.....	48
Figura 27. Acciones, medidas preventivas recomendadas según el resultado del índice Check List OCRA.....	48
Figura 28. Elección de la estrategia de medición según UNE 9612/2009.	52
Figura 29. Dosímetro de ruido SV 104, clase II.	53
Figura 30. Calibrador acústico SV 104, usado para muestreo de ruido personal.....	54
Figura 31. Incertidumbre Contribución a la incertidumbre, $c1u1$, del muestreo del nivel de ruido.....	59
Figura 32. Incertidumbre típica u_2 según UNE-EN-ISO 9612:2009.	59
Figura 33. Balance de incertidumbre para la determinación de los niveles de exposición al ruido para una medición basada en jornada completa.	60
Figura 34. Espuma absorbente acústico de 20 mm.....	63
Figura 35. Juntas de goma o caucho para reducir ruido estructural.	63
Figura 36. 3M™ PELTOR™ X1A diadema, Orejeras para la protección auditiva.	64
Figura 37. Material particulado presente en el proceso de troquelado empresa Imprelit SAS.	67

Figura 38. Información sobre los peligros de los materiales cartón cartulina, cartón micro-corrugado, papel bond y Kraft.	68
Figura 39. Grafica de distribución normal de datos, mediciones de concentraciones ED del agente químico de celulosa, prueba preliminar.	74
Figura 40. Grafica de distribución logarítmica normal de datos, fórmula Hazen para el agente químico de celulosa, test estadístico.	76
Figura 41. Sistema de extracción localizada por campana.	77
Figura 42. 3M Mascarilla 8801 P2 Para Polvos, Humos Y Neblinas (35690).	79
Figura 43. Descripción de las tareas que realiza el operario de troquelado al manipular la carga.	81
Figura 44. Levantamiento y disposición final de la carga del operario de troquelado.	82
Figura 45. Volumen aproximado de una carga de 12 kg, la cual manipula el operador de troquelado de la empresa Imprelit SAS.	82
Figura 46. Localización estándar de levantamiento y colocación, para hallar el factor de distancia Horizontal (HM) y factor de distancia vertical (HV) de la ecuación NIOSH.	83
Figura 47. Distancia vertical de desplazamiento en la tarea de levantamiento de la carga, para el operario de troquelado.	84
Figura 48. Distancia vertical de desplazamiento en la tarea de colocación de la carga, para el operario de troquelado.	85
Figura 49. Ángulo de asimetría para calcular el factor AM del levantamiento y la colocación de la ecuación NIOSH.	86
Figura 50. Cálculo de la duración de la tarea, ecuación NIOSH.	86
Figura 51. Cálculo del Factor de Frecuencia del levantamiento y la colocación de la ecuación NIOSH.	87
Figura 52. Cálculo del factor de agarre según la ecuación NIOSH para manipulación manual de cargas del origen y de destino.	87

Figura 53. <i>Carro bandejero en acero INOX para manipulación manual de cargas.</i>	90
Figura 54. <i>Rack de soporte de metal de acero inoxidable de estante, para disposición y almacenamiento de cargas.</i>	90
Figura 55. <i>Pisos industriales en goma para tránsito seguro.</i>	91
Figura 56. <i>Ejercicios de estiramiento para pausas activas.</i>	92
Figura 57. <i>Ciclo repetitivo de la tarea de troquelado en Imprelit SAS.</i>	94
Figura 58. <i>Fotografía del operario de troquelado realizando en ciclo repetitivo en la empresa Imprelit SAS.</i>	94
Figura 59. <i>Obtención de la puntuación del factor de recuperación FR, método Check List OCRA.</i>	96
Figura 60. <i>Obtención de puntuación del factor de frecuencia FF, método Check List OCRA.</i>	97
Figura 61. <i>Selección parámetro de postura y movimiento de hombro, método Check List OCRA.</i>	98
Figura 62. <i>Obtención de puntaje para postura de movimiento del codo, método Check List OCRA.</i>	98
Figura 63. <i>Movimiento de codo y muñeca del movimiento repetitivo realizado por el operario de troquelado.</i>	99
Figura 64. <i>Obtención de puntuación de duración del agarre, método Check List OCRA.</i>	100
Figura 65. <i>Obtención de puntaje factores adicionales físicos – mecánicos y socio-organizativos, método Check List OCRA.</i>	102
Figura 66. <i>Obtención del puntaje factor multiplicador según la metodología Check List OCRA.</i>	102
Figura 67. <i>Nivel del riesgo, acción recomendada e índice OCRA equivalente.</i>	103
Figura 68. <i>Máquina troqueladora y descartonadora automática HT-1050P.</i>	104
Figura 69. <i>Distribución del porcentaje de presupuesto a destinar para la implementación de medidas preventivas.</i>	113

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Organización del trabajo en grupo.</i>	4
Tabla 2. <i>Características técnicas de la máquina troqueladora plana marca Serramagnus amarilla.</i>	25
Tabla 3. <i>Herramientas y materiales usados en el proceso de troquelado de todas las máquinas.</i>	26
Tabla 4. <i>Características de los factores multiplicadores para calcular el índice de peso máximo recomendado (RWL) según la ecuación NIOSH.</i>	40
Tabla 5. <i>Grupo de exposición homogénea aplicado al riesgo de ruido.</i>	51
Tabla 6. <i>Plan de medición según la estrategia por jornada completa del puesto de troquelado.</i>	55
Tabla 7. <i>Resultado mediciones de campo en área de producción, puesto de troquelado laboratorio Eprodesa, 2024.</i>	56
Tabla 8. <i>Lista de agentes químicos usados en el puesto de troquelado empresa Imprelit SAS.</i>	68
Tabla 9. <i>Resultado del muestreo, análisis de laboratorio del agente químico de celulosa, en la empresa Imprelit SAS.</i>	71
Tabla 10. <i>Resultado de la prueba preliminar para el agente químico de celulosa.</i>	72
Tabla 11. <i>Resultados obtenidos fórmula Hazen para el cálculo de percentiles.</i>	73
Tabla 12. <i>Resultados del test estadístico para el agente químico de celulosa.</i>	74
Tabla 13. <i>Cuestionario factores de riesgo que intervienen en la manipulación manual de cargas.</i>	79
Tabla 14. <i>Aplicación de la ecuación de distancia horizontal y vertical según la tarea realizada en la manipulación de cargas del puesto de troquelado.</i>	83
Tabla 15. <i>Aplicación de la ecuación para hallar el factor de asimetría AM de las tareas de levantamiento y colocación de la carga en el puesto de troquelado.</i>	85

Tabla 16. <i>Descripción de medidas preventivas para el riesgo ergonómico de movimiento repetitivo</i>	105
Tabla 17. <i>Planificación de medidas preventivas para la reducción del riesgo a exposición de ruido</i>	107
Tabla 18. <i>Planificación de medidas preventivas para la reducción del riesgo a exposición a agentes químicos</i>	108
Tabla 19. <i>Planificación de medidas preventivas para la reducción del riesgo por manipulación manual de cargas</i>	110
Tabla 20. <i>Planificación de medidas preventivas para reducir el riesgo ergonómico por movimiento repetitivo</i>	111

1. Justificación

La empresa Impresores Litográficos, se encuentra ubicada en la Diagonal 47 No 76-14 Bogotá, Colombia-Sudamérica; es una compañía del sector industrial con más de 35 años de experiencia, especializada en la fabricación de empaques en cartón corrugado, papel y cartulinas que ofrece servicios de troquelado de cualquier forma de empaque según la necesidad del cliente.

Este trabajo fin de máster se realiza con el fin de dar cumplimiento a la (Ley 31/1995, del 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales, 1995). Esta ley establece la responsabilidad que tiene el empresario de garantizar la seguridad y salud de todo su personal, siendo las obligaciones más importantes el identificar y evaluar los riesgos laborales presentes en el lugar de trabajo, la planificación preventiva, la formación e información y vigilancia a la salud .

Dado que el desarrollo empresarial, productivo y operativo de la empresa Imprelit SAS, ha experimentado un incremento; logrando el éxito en la producción de empaques de gran alcance mundial, surge la necesidad de modernizar la evaluación y planificación de riesgos de sus procesos de producción conforme al Artículo 16.1 y 2a. (Ley 31/1995, del 8 de noviembre, relativa a la prevención de Riesgos Laborales, 1995). *“El cual establece que el empresario deberá realizar una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores, teniendo en cuenta, con carácter general, la naturaleza de la actividad, las características de los puestos de trabajo existentes y de los trabajadores que deban desempeñarlos”.*

Así como artículo 4. 2ª de la (Ley 39/1997, de 31 de enero, de prevención de Riesgos Laborales, 1997). Indica que, al introducir nuevas tecnologías, modificar o condicionar los lugares de trabajo se deberá volver a evaluar los puestos de trabajo reformados.

Dentro de Imprelit SAS, el puesto de trabajo de troquelado es considerado uno de los procesos más importantes en las artes gráficas y por ello este será objeto del presente estudio. Durante el desarrollo de sus tareas se identifican varios riesgos higiénicos y ergonómicos de los cuales, se consideran para la investigación los más relevantes. Los motivos de la elección se desarrollan a continuación:

El trabajo de troquelado de Imprelit SAS, consiste en generar cortes o hendiduras irregulares al material de cartón o papel plegadiza, por medio de una máquina de corte que al realizar su función genera un residuo de polvo y material particulado de cartón que se dispersa en el ambiente de las instalaciones.

Estas partículas pueden tener consecuencias negativas para el medio ambiente Y directamente la salud humana de los trabajadores de la planta, ya que las partículas pequeñas de menos de 10 micrómetros de diámetro pueden llegar a la profundidad de los pulmones, el corazón y bioacumularse, en algunas ocasiones hasta pueden alcanzar el torrente sanguíneo provocando muerte prematura en personas con enfermedades cardíacas o pulmonares, infartos de miocardio no mortales, asma agravada, función pulmonar reducida, síntomas respiratorios aumentados, como irritación en las vías respiratorias, tos o dificultad para respirar tal y como señala la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos EPA (2022).

Considerando que en Imprelit SAS. La manipulación de carga es una tarea muy frecuente, porque el trabajador acumula una buena cantidad de material cortado que debe alzar y llevar a la estiba para el siguiente proceso, se considera que, este puede ser garante de la aparición de fatiga física o lesiones. Se realiza la evaluación de riesgo de manipulación manual de cargas (MMC) al puesto de troquelado previniendo la aparición de lesiones osteomusculares que según la VI Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo El 55% de los trabajadores que manifiestan manipular cargas, han mencionado que sufrido molestias musculoesqueléticas (INSHT, 2007).

El (Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbar, para los trabajadores, 1997) plantea la obligación del empresario a tomar las medidas necesarias técnicas y organizativas, para reducir el riesgo que suponga dicha manipulación, para esto se debe realizar inicialmente la evaluación del riesgo y diseñar medidas preventivas que eliminen o reduzcan posibles daños a la salud como son: hernias, tenosinovitis, roturas y esguinces (INSST, 2024).

El ruido es un riesgo importante presente dentro de la compañía, ya que se identifica como uno de los factores de peligros predominantes en el proceso productivo, el cual es percibido

por los trabajadores con poca importancia al no asumir una conciencia de prevención en el uso de los elementos de protección auditiva con orejeras. Es importante mencionar que, además del ruido que genera la máquina troqueladora, las máquinas que se encuentran alrededor emiten ruido, lo que hace que el ambiente de trabajo genere irritabilidad, molestias e incluso dolor de cabeza, puesto que la exposición a este es durante toda la jornada de trabajo, como se ha podido evidenciar con las incapacidades médicas en el último año.

Además de velar por el cumplimiento del (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, 2006), es un riesgo que puede afectar silenciosamente el bienestar y la salud de los trabajadores, ya que puede provocar ansiedad, estrés, insomnio, cefaleas entre muchas otras enfermedades, por eso es tan importante realizar una medición preventiva y llevar a cabo la planificación de acciones correspondientes.

Respecto a los movimientos repetitivos se toma como un riesgo supremamente importante ya que se encuentra asociado a la tarea de manera continua y mantenida durante la ejecución de las labores en el proceso de troquelado. En la empresa se ha podido constatar que el personal presenta fatiga muscular y dolores articulares. Es necesario mencionar que durante las entrevistas con los operarios expresan que, aunque sienten fatiga y dolor, estos no han sido causales de lesiones incapacitantes hasta el momento.

Esta actividad puede ocasionar lesiones asociadas a los tendones, los músculos y los nervios del hombro, antebrazo, muñeca y mano, los diagnósticos son muy diversos, están desde la tendinitis, peri-tendinitis, tenosinovitis, mialgias y atrapamientos de nervios distales etc. (Greenberg et al., 2022)

Por esta razón la UNE-EN 1005-5:2007. Seguridad de las máquinas, (2007) evalúa el riesgo por manipulación repetitiva de alta frecuencia, permite valorar y efectuar las posibles medidas preventivas para eliminar o reducir el riesgo al que se ven expuesto los trabajadores.

2. Introducción

La industria del corrugado desempeña un papel esencial en el mundo del embalaje, pero también presenta retos significativos en requisitos de seguridad y salud laboral. Los procesos de pegado y elaboración de láminas, corte y troquelado de cajas de cartón son procesos que exponen a los trabajadores a una serie de riesgos higiénicos, como el polvo y el ruido, y a riesgos ergonómicos, debido a las posturas forzadas, manipulación de cargas y movimientos repetitivos. Este estudio examina estas condiciones de trabajo para desarrollar estrategias preventivas y proteger el bienestar de los empleados en esta industria.

2.1. Contextualización del sector industrial del corrugado

El sector industrial del corrugado se encuentra en una posición estable, gracias a que su producto impacta en varios sectores, especialmente en el sector de los alimentos y producción agrícola según el informe sectorial presentado por la Asociación Española de Fabricantes de Envases y Embalajes de Cartón Ondulado AFCO (2023).

En base a este informe el sector en el año 2023 contó con 65 empresas onduladoras y 86 fábricas en España, además estableció más de 25.000 empleos, con una facturación total de 6.960 millones de euros en el año 2023 y 7.618 millones de euros en 2022. Situando a España como el segundo país más reciclador de papel usado en la UE (AFCO, 2023).

Así mismo el informe sectorial 2023 de la AFCO muestra la evolución del sector de cartón ondulado a lo largo de los años (Figura 1), donde se puede evidenciar que a lo largo de 10 años la producción ha subido 1.301 millones de m², teniendo un aumento anual de mínimo 200 millones de m².

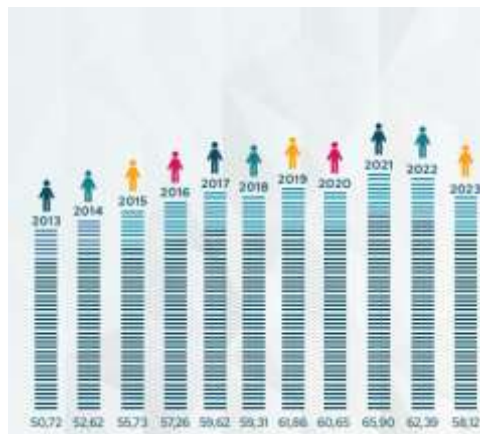
Figura 1. Cantidad de cartón producido en España (millones de m²).



Fuente: AFCO, 2023.

Con respecto a la evolución del consumo de productos derivados de la industria de cartón corrugado y ondulado en los últimos años, según los datos estadísticos (Figura 2), presenta una evolución suavemente oscilante, con una clara tendencia al aumento, siendo el año 2021 donde hubo mayor consumo de cartón, hablando que cada habitante uso 65.90 kilogramos de cartón en todo un año (AFCO, 2023).

Figura 2. Media de consumo de cartón ondulado kg por habitante y año, en España.



Fuente: AFCO, 2023.

Los sectores o actividades industriales que más utilizan productos derivados del cartón son: productos alimenticios 35.47% y 25.06% productos agrícolas y huevos, seguido de bebidas con 8.90%, bienes y equipos auxiliares 7.14%, bienes de consumo 7.12%, otros productos con 7.81% y los sectores que menos consumen serán IT, comunicación y audio con 0.68% y productos de papel con 3.39% (AFCO, 2023).

Hablando en el ámbito europeo la Figura 3, muestra que el país que lidera la producción de bienes de cartón es Alemania con 11.307 millones de m², seguido de Italia y como tercer

puesto España y entre los países europeos que menos producen cartón ondulado esta Suecia y Austria, en conformidad con el reporte generado por AFCO (2023).

Figura 3. Producción de cartón en millones m², países de Europa.



Fuente: AFCO, 2023.

2.2. Prevención de riesgos laborales en el sector de la industria cartón corrugado troquelado

La prevención de riesgos laborales es un aspecto fundamental para prevenir y eliminar daños en la salud de los trabajadores, su objetivo es fomentar el bienestar y el éxito de la organización. Cada año, miles de accidentes laborales y enfermedades profesionales ocurren en todo el mundo, muchos de los cuales podrían evitarse con una gestión adecuada de los riesgos. Este apartado aborda los principales riesgos presentes en el entorno laboral del sector de corrugados - troquelado, evidenciando algunos datos de estudios actuales, que pueden reflejar una imagen de las condiciones actuales del sector.

2.2.1. Exposición al ruido en el sector industrial del cartón

El ruido en el entorno laboral es percibido como un sonido indeseable y molesto, ya que si es de alta intensidad puede provocar desde interrupciones en la comunicación hasta molestias, lo que supone un peligro para la salud de los empleados. Por ello, se lo percibe como un agente físico que contamina el entorno (Ganime et al., 2010).

La Figura 4 muestra los cuatro parámetros principales del ruido, la primera identifica: frecuencia, variabilidad temporal y nivel de presión sonora, la segunda complejidad de la tarea definida en la presencia de ruido, en diversas formas por ejemplo, distracciones, interferencias, o variabilidad en los datos, la tercera: el contenido de información y predictibilidad, menciona la capacidad de anticipar ciertos aspectos del sonido o la contaminación acústica y la cuarta es la actitud, que es la forma en que se percibe el ruido, que cambia dependiendo de las particularidades individuales de cada individuo. Elementos como la habilidad para escuchar, la sensibilidad al sonido, la postura ante el ruido, el límite de tolerancia y la reacción individual son factores singulares que definen la manera en que cada persona vive el ambiente sonoro (Cortes, 2018).

Figura 4. Características de la exposición a ruido según Cortes, 2018.



Fuente: Cortes, 2018

Los niveles de ruido molesto se identifican fácilmente y en la mayoría de las situaciones es fácil controlar el exceso de ruido, aplicando un conjunto de técnicas comerciales, actualizando el equipo o proceso y adecuando las máquinas ruidosas (Sute et al., 2001). Pero con demasiada frecuencia, no se hace nada. Hay diversas razones para ello; En primer lugar, aunque muchas propuestas de control del ruido son en gran medida económicas, otras son costosas, en específico cuando hay que conseguir reducciones a niveles inferiores de 85 dB (A) (Sute et al., 2001).

El ruido no hace que el trabajador expulse sangre, no le fractura los huesos, no da mal aspecto a los tejidos y si es superficialmente tolerable los primeros días o semanas de exposición, suelen tener la sensación de "haberse acostumbrado". Sin embargo, lo más probable es que

hayan comenzado a sufrir dolores de cabeza, irritación o incluso disminución de la sensibilidad auditiva. Otra razón de la falta de reconocimiento de los peligros del ruido es que el deterioro auditivo resultante implica un estigma, la opinión que suele tenerse de las personas que sufren deterioros auditivos es que están en constante estados depresivos y aislamientos sociales y familiares, y son mentalmente lentos e incompetentes en términos generales (Sute et al., 2001).

El autor Pilco (2021) realizó una revisión de la literatura para evidenciar el daño generado en los trabajadores expuestos a ruido industrial, examinó la bibliografía en bases de datos especializadas y obtuvo en los artículos analizados un total de 58.821 trabajadores expuestos a ruido industrial. Todos fueron analizados con audiometría tonal vía aérea, de los cuales se evidenció que 19.234 trabajadores presentaron daño auditivo relacionado con exposición al ruido industrial, lo que corresponde al 32,75% del total de la población estudiada.

En relación con los países donde se realizaron los estudios, Pilco (2021) menciona que el mayor número de trabajadores fueron de EE. UU. con el 88,36%, seguido de Colombia con el 6,12%, Perú con el 2,62% y Ecuador apenas con un 0,18% de población expuesta a ruido. Obteniendo como resultado el nivel de exposición de ruido industrial en dB (A) está entre 91 a 100 dB (A), con un porcentaje del 94,84% de la población, seguido por trabajadores que estuvieron expuestos a niveles entre 86 y 90 dB (A) con un porcentaje de 4,50%, evidenciando que los valores obtenidos del 99,34% de las personas estudiadas sobrepasan los límites de exposición aceptables en él (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, 2006).

Un estudio a partir de las sensaciones de los propios trabajadores del sector del papel, de su vivencia laboral y personal en ambientes ruidosos; evidencio que más del 80,3% de los trabajadores encuestados opinan que el ruido influye en la generación de accidentes. Sin embargo, este no es evaluado al momento de la ocurrencia de un suceso porque se considera una enfermedad profesional que aparece con la exposición y el tiempo (Federación de Servicios a la Ciudadanía, 2012).

El mismo estudio muestra que durante el año 2010, se declararon un total de: 1.865 hipoacusias profesionales provocadas por ruido, de las cuales 151 son enfermedades profesionales otorgadas al conjunto de los sectores que pertenecen a la industria papelera (Federación de Servicios a la Ciudadanía, 2012).

En el informe realizado por la Federación de servicios a la ciudadanía (2012) presenta la encuesta realizada entre los trabajadores y trabajadoras de la industria del papel, arrojó que más del 51% manifiestan que existe un nivel de ruido que no permite una conversación en tono normal y un 15,2%, que no permite oír un compañero, aunque levante la voz. Y luego están los que ya se han acostumbrado y manifiestan que el ruido no es muy elevado, pero sí molesto, 30,5%, y admisible o aguantable, 9,7%.

Además, algunos trabajadores encuestados dicen padecer sordera. Casi un tercio de los trabajadores admite una sordera que es invisible en las estadísticas oficiales, un 45% de los trabajadores utilizan un tono alto al salir de trabajar, el 38,9% tiene dificultades para seguir conversaciones con grupos de personas. Cerca de un 55%, manifiestan una tendencia a subir el volumen del TV, al 77,3% le molestan los ruidos intensos y un 61% creen haber perdido audición en los últimos años. Todos estos factores son indicativos de un inicio de pérdida de audición y manifiesta un problema presente en las empresas como es la sordera, que es un daño en la salud irreversible (Federación de Servicios a la Ciudadanía, 2012).

2.2.2. Exposición a agentes químicos industria del cartón

El proceso de troquelado desempeña un papel fundamental a la hora de lograr cortes y grabados precisos para la elaboración del empaque, pudiendo cortar en una amplia variedad de materiales, como: cartón corrugado en papel Kraft, cartón micro corrugado en papel bond, kraft y cartulina, todos estos materiales tienen en común que son fabricados con pastas de sulfito, pasta de sulfato o Kraft y celulosa. Durante el cual se aíslan las fibras gracias a productos químicos tales como el bisulfito o el sulfato y para la transformación y la elaboración del papel y cartón se utilizan algunos productos químicos como: agua oxigenada al 50% o 70%, ácido peracético, peróxido de soda, cloro, soda cáustica, ácido sulfúrico resinas, etc. (Prevor, 2012).

Para la realización de las pastas se utiliza como materia prima la celulosa contenida en eucalipto, pino y otras (abacá, ramio, sisal, algodón, lino), si bien este es el origen de las pastas papeleras vírgenes; pero normalmente, contiene papel y cartón recuperados del reciclaje, como materia prima adicional para la producción de pasta reciclada para papel y cartón, este suele contener menos fibras gracias a la degradación natural y a los contaminantes externos que traen del ciclo de reutilización, trasladando contaminantes no conocidos (Aspapel et al., 2005).

El control de emisiones de polvo es un requisito esencial para las plantas de cartón corrugado, según el INSST (2024) menciona que el material particulado es muy fino, al ser inhalado, pueden causar problemas respiratorios y pulmonares a los trabajadores, ocasionando enfermedades tales como asma o incluso fibrosis. El INSST establece el LEP (límite de exposición profesional) anual, donde especifica el valor límite de exposición en VLA-ED de 10 mg/m³ para la celulosa, componente presente en la fabricación del papel y cartón. Exigiendo a las empresas el cumplimiento, el control y la reducción de las emisiones de polvo en el aire. Estas regulaciones buscan reducir los impactos negativos en la salud humana y el medio ambiente.

El proceso de troquelado genera un residuo de micropartículas del material a usar, creando polvo que se dispersa en el ambiente gracias a su volatilidad, el papel, por ejemplo: contiene muchísimas fibras, que gracias a la electricidad estática que se produce por el movimiento de sustratos atrae estas partículas como un imán generando una acumulación de diferentes contaminantes en la atmósfera (Antúnez et al, 2008).

El tamaño de la partícula definirá el riesgo a la salud, siendo clasificadas como fracción inhalable, torácica o respirable. Además, según sus características podrán ser partículas solubles expulsadas por el cuerpo a través de la respiración o insolubles que se acumulan en las vías respiratorias provocando neumoconiosis (pulmón polvoriento) como el caso de polvo de madera, u otras enfermedades relacionadas con la exposición al polvo (partículas inferiores a 5 micras) como rinitis y la alveolitis. También puede producir lesiones de piel: irritación cutánea, conjuntivitis, riesgo de explosión entre otros (Jiménez et al., 2019).

En la búsqueda bibliográfica se identifica estudios que establecen relaciones entre la exposición al polvo de papel con daños a la salud, se evidenció síntomas respiratorios y asma entre los trabajadores expuestos al polvo de papel por más de 1 año, encontrando como resultado de la exposición acumulativa, niveles de polvo entre 5 y 10 mg/m³ señalando mayor riesgo de padecer incremento de problemas respiratorios (Torén et al., 1994).

En 1997, un estudio sueco “Exposición laboral al polvo: inflamación y cardiopatía isquémica” citado en (Jiménez et al., 2019). Asoció la exposición de polvo por fabricación de pastas de papel y la enfermedad de cardiopatía isquémica relacionando variables como la edad, procedencia y grupo socioeconómico. Arrojó que los operarios estaban expuestos a altas concentraciones de material particulado > 5 mg/m³, se reveló el deterioro de la función pulmonar, el aumento de riesgos de infarto y de miocardio, enfermedades del tracto respiratorio, aumento de casos de nariz obstruida, irritación de la mucosa, nasal seca, tos, flema, ronquera, ataques de estornudos etc.

Otro estudio más cercano del año 2019 evaluó la exposición al polvo a partir de mediciones a lo largo del tiempo y teniendo en cuenta variables particulares, recopilando información sobre las características y tareas de los puestos de trabajo, el estudio vinculó la exposición acumulativa por años y los niveles de exposición (años en los que se superan los 5 mg/m³ de polvo total) correlacionando el deterioro de la función pulmonar. Las personas que hicieron parte del estudio tienen una mayor atribución de desarrollar rinitis y síntomas irritativos de las vías respiratorias superiores, incluso aquellos que han estado expuestos a niveles por debajo de 5 mg/m³ a largo plazo la exposición al polvo de papel puede aumentar el riesgo de padecer una enfermedad pulmonar obstructiva crónica bronquitis crónica o enfisema pulmonar (Andersson et al., 2019).

El (Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, 2001) plantea que el empresario deberá determinar, en primer lugar, si existen agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo. Así mismo incumbirá en evaluar los riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores y determinar si la exposición se encuentra en el límite valor ambiental de exposición diaria VLA-ED, comparándola con el documento de los Límites

Domínguez Zambrano Elisabeth; Pineda Rivera Windy Constanza
Evaluación y planificación preventiva de la exposición a ruido, agentes químicos, movimiento repetitivo y manipulación manual de cargas en Imprelit SAS.
de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España, adoptados por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo INSST (2024).

2.2.3. Exposición a movimientos repetitivos

En la última década, se observa en toda Europa un aumento del número de trastornos musculoesqueléticos (TME) en su población ocupada. Esto ha llevado a afirmar a los distintos directores que han ocupado la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el trabajo OSHA (2000) que los TME son uno de los problemas de salud de origen laboral más frecuentes, los cuales afectan a millones de trabajadores. En concreto, en el conjunto de la UE, y según el resumen de la agencia europea sobre condiciones de trabajo realizada en el año 2000, aproximadamente, el 25% de los trabajadores manifiesta sufrir dolor de espalda y musculares (en términos absolutos se habla de más de 50.000.000 de trabajadores).

Las tareas de trabajo con movimientos repetitivos son comunes en casi todas las industrias y centros de trabajo modernos, pudiendo dar lugar a trastornos musculoesqueléticos. Es una de las principales causas de enfermedad y lesiones de origen laboral. En ciertas circunstancias, hay tareas que, aunque no se desarrollan en ciclos de trabajo, se debe valorar si se consideran o no repetitivas. Dentro del sector papelero se realizan tareas que representan riesgos ergonómicos para los trabajadores puesto que, durante la ejecución de las operaciones se mantienen principalmente los brazos y manos en constante movimiento (Ledesma et al., 2003).

Los investigadores dan definiciones diversas sobre el concepto de repetibilidad. Una de las más aceptadas es la de Silverstein (1986, citado en Herrero et al., 2009) indica que el trabajo se considera repetitivo cuando la duración del ciclo de trabajo fundamental es menor de 30 segundos. El trabajo repetitivo de miembro superior se define como la realización continuada de ciclos de trabajo similares; cada ciclo de trabajo se parece al siguiente en la secuencia temporal, en el patrón de fuerzas y en las características espaciales del movimiento.

Las dolencias que se presentan durante la ejecución de este tipo de trabajos son de carácter acumulativo, estos están relacionados con la repetitividad y la postura, por lo tanto, se establece la relación que hay entre los principales factores de riesgo musculoesquelético y las zonas del cuerpo afectadas (Greenberg et al., 2022).

El programa sectorial de prevención de riesgos laborales en la industria papelera realizó la evaluación de movimientos repetitivos con el método OCRA Y STRAIN INDEX obteniendo como resultado un riesgo moderado en la operación de paletizado, despaletizado (repassado, revisión), tolerable en la operación de saneado (pelado o limpieza) de mandriles en el suelo, riesgo moderado en la operación de alimentación de empaquetadora, todas estas labores realizadas en la fabricación de papel (ASPAPPEL, 2013).

Un estudio llevado a cabo en una industria papelera realizó una evaluación de movimientos repetitivos mediante la metodología Check List OCRA, en las áreas de trabajo de: conservación, centro de distribución, planta de producción, se evaluaron en total 43 puestos de trabajo entre operadores de máquinas servilleteros, papel higiénico, toallas higiénicas, pañales, pulperas y auxiliares de bodega entre otros. Se determinó un nivel de riesgo muy alto de todos los factores evaluados, los resultados determinaron varios niveles de riesgo: el nivel alto en un análisis, nivel leve en cuatro ocasiones, y nivel medio por siete ocasiones. Los niveles determinados fueron iguales en ambas extremidades ya que todas las tareas son simétricas. siendo ésta una causa determinante en el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos en varios segmentos corporales como cuello, hombros, muñecas y región lumbar (Jara et al., 2016).

2.2.4. Exposición a manipulación manual de cargas

La asociación española de fabricantes de pasta de papel ASPAPPEL (2013) realizó un estudio de análisis ergonómico en la industria papelera, donde evaluó con el método NIOSH la manipulación manual de cargas (MMC) en los diferentes procesos productivos de la fabricación del papel; los resultados que obtuvo fueron: traslados y empuje de rollos (riesgo tolerable), corte y traslado de mandriles (riesgo trivial), transpaleta (riesgo trivial), empaquetado y paletizado manual (riesgo moderado), desbobinado, (riesgo tolerable), llegando a la conclusión que se presenta alto porcentaje de sobreesfuerzos en el empaquetado. Originando aproximadamente el 25% de los accidentes en el sector, de acuerdo con las investigaciones de accidentes con baja realizadas en las propias fábricas.

Un estudio sobre la evaluación ergonómica en la industria papelera del Ecuador reportó alto nivel de riesgo, determinado por la adopción de manipulación de cargas aplicando las

metodologías Snook y Ciriello Norma ISO 11228-1 (evalúa el riesgo determinado por el levantamiento y transporte de objetos con un peso mayor a 3 kilogramos) e ISO 11228-2 (evalúa el riesgo ergonómico en aquellas tareas que implican el empuje y arrastre de cargas). Aplicada en las actividades de empuje y traslado de rollos y tortas de papel, empaque y sellado de productos, armado de bobinas en las áreas de máquinas de papel. Determinó en las evaluaciones de levantamiento y transporte de cargas un nivel de riesgo elevado de: 62.50% en 10 análisis y un nivel de riesgo moderado de: 37.5%. para 6 análisis. Ninguna evaluación determino un nivel de riesgo bajo, límite o aceptable (Jara et al., 2016).

El INSST identifica los principales factores de riesgo en el manejo de cargas, destacando los siguientes aspectos: el primero, las características de la carga; existen riesgos cuando la carga es demasiado pesado o grande, voluminosa o difícil de sujetar. La segunda, el esfuerzo físico requerido; el riesgo aumenta si se realizan movimientos de torsión o flexión del tronco, si hay movimientos bruscos con la carga o si el cuerpo está en una posición inestable. También es peligroso levantar o bajar la carga cuando es necesario cambiar el agarre durante la maniobra (INSST, 2024).

Como tercer aspecto, cuando el espacio vertical libre es insuficiente para realizar la tarea, el medio no permite la manipulación manual de cargas a una altura segura y en una postura correcta. El cuarto factor son las exigencias de la actividad, cuando el esfuerzo físico es demasiado frecuente o prolongado, en los que intervenga en particular la columna vertebral, al igual que el ritmo impuesto por un proceso que el trabajador no pueda modular. Finalmente, el quinto aspecto, los componentes individuales descritos por la falta de aptitud física para realizar las tareas en cuestión, cuando existe deficiencia de herramientas de trabajo como EPI, conocimiento o formación. Todos estos factores representan una variedad de riesgos ergonómicos (INSST, 2024).

3. Objetivos

En este apartado se desarrolla la descripción detallada de los objetivos planteados, tanto general como específicos, con el fin de guiar el desarrollo del estudio. El objetivo general establece la meta principal que se busca lograr, a partir de este, se derivan los objetivos específicos, que desglosan las acciones concretas, asegurando un enfoque claro y coherente en cada etapa del proceso.

3.1. Objetivo general

Evaluar los riesgos de ruido, exposición de agentes químicos, manipulación manual de cargas y movimientos repetitivos, durante la ejecución de las actividades del puesto de troquelado de la empresa Imprelit SAS. Con el propósito de establecer medidas preventivas y correctivas que eliminen o reduzcan potencialmente las consecuencias que afectan la seguridad y salud de los trabajadores.

3.2. Objetivos específicos

1. Estudiar el proceso productivo, contexto del sector industrial del corrugado, recopilación de datos de la empresa y descripción del puesto de trabajo a evaluar.
2. Identificar los riesgos higiénicos y ergonómicos existentes en el puesto de trabajo de troquelado en la empresa Imprelit SAS.
3. Establecer las metodologías de evaluación para el ruido (UNE ISO 9612_2009), agentes químicos (UNE-EN_689_2019), manipulación manual de cargas (NIOHS) y movimientos repetitivos (Check List OCRA), además de equipos necesarios para evaluar los riesgos.
4. Desarrollar, a cada uno de los riesgos, los métodos señalados y alcanzar los resultados y conclusiones que servirán de soporte para la planificación de la acción preventiva.
5. Diseñar la propuesta de planificación preventiva de cada uno de los riesgos del puesto de troquelado, según el resultado obtenido en la evaluación.

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

La empresa Impresores Litográficos Imprelit SAS. Es una empresa de la industria del cartón corrugado con experiencia de más de 35 años, dedicada a la fabricación de una gran variedad de productos de cartón micro corrugado, cajas plegadizas en todo tipo de cartulina y una línea para alimentos en productos calientes y congelados que se destaca por ofrecer a sus clientes un producto creativo y de alta calidad.

Dentro de la operación que desarrolla, se encuentra el proceso de troquelado, en el que se les da forma a las piezas, que luego de completar su recorrido por la cadena de producción, serán un empaque final que saldrá al mercado a satisfacer las necesidades de los clientes.

4.1. Descripción de la empresa

Impresores Litográficos Imprelit SAS, es una organización industrial de artes gráficas, dedicada al diseño, comercialización y fabricación de empaques con o sin impresión con base en materiales derivados del papel y cartón. Se ha caracterizado por la constante innovación y adaptación de sus procesos acorde a la demanda del mercado, fortaleciéndose así en áreas como; impresión flexo, barnizado de papeles, aplicaciones como empaques en cartulina, micro corrugado y cartón corrugado, con especialidad en las cajas laminadas. Alguno de los ejemplos de producto creado por Imprelit SAS, se muestran en la imagen (Figura 5).

Figura 5. Catálogo de productos empresa Imprelit SAS.



Fuente: Imprelit, 2024.

La empresa cuenta con una sede, la cual se encuentra en la ciudad de Bogotá D.C. – Colombia en la Diagonal 47 #76 14, y cuya ubicación y fachada ilustrada en la imagen (Figura 6).

Figura 6. Localización geográfica de la empresa Imprelit SAS.

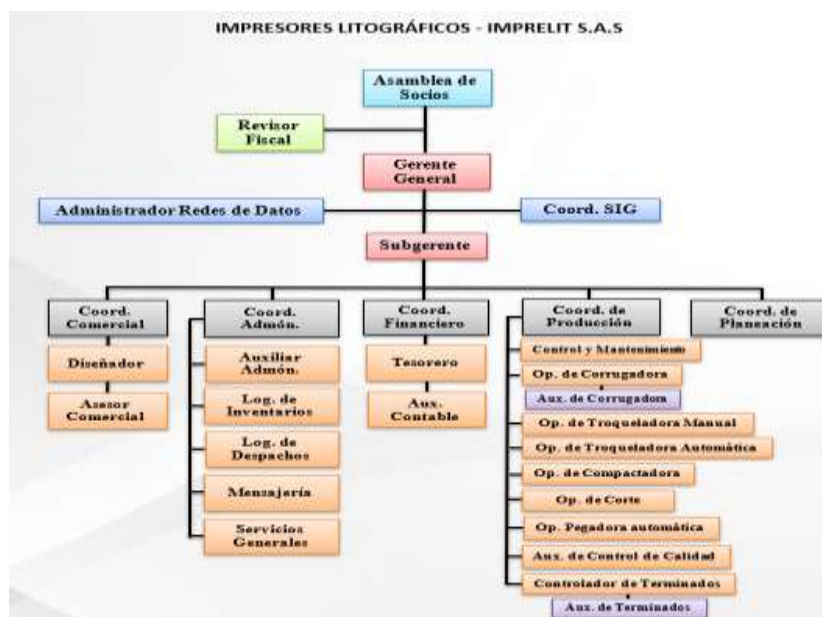


Fuente: Elaboración propia con información Google maps, 2024.

El horario de trabajo es de lunes a viernes de 7:00 am a 4:00 pm, horario administrativo y operativo, contando con una hora para tomar el almuerzo y 15 minutos de desayuno.

Es necesario describir el organigrama de la empresa (Figura 7), para evidenciar la jerarquía y responsabilidades de la estructura empresarial, observando el gerente como líder principal, el departamento administrativo y productivo según sus funciones.

Figura 7. Organigrama empresa Imprelit SAS.



Fuente: Elaboración propia con información de Imprelit, 2024.

Figura 9. Áreas de trabajo del departamento de producción empresa Imprelit SAS.

corrugado	Troquelado	Colaminado	Corte	Impresión	Pegado	Terminado
<ul style="list-style-type: none"> Transformación del papel o materia prima en cartón; Corrugado o micro corrugado. 	<ul style="list-style-type: none"> Transforma el cartón corrugado, cartón micro corrugado y cartulinas en diversidad de empaques de acuerdo a los diseños solicitados. 	<ul style="list-style-type: none"> Laminación de cartón corrugado, cartulina y cartón. Con una capacidad de 288.000 golpes/mes. 	<ul style="list-style-type: none"> Cortes muy precisos de materiales (papel, cartulinas y cartón) y un cuchillo para refilar y doblez de cartón corrugado. 	<ul style="list-style-type: none"> Impresión screen, flexográfica, offset, la cual se ejecuta sobre cartón corrugado. 	<ul style="list-style-type: none"> Consta de una máquina pegadora, la cual se utiliza para pegar cajas en plegadiza y cartón micro corrugado. Con una capacidad productiva de 537.600 pliegues. 	<ul style="list-style-type: none"> Descartona do, revisión, conteo, amarre, pegue manual, embalado, empaquetado y arreglo de pedidos para su entrega final a despachos.

Fuente: Elaboración propia con información de Imprelit, 2024.

4.2. Descripción de los puestos de trabajo a evaluar

El puesto de trabajo que se evaluará forma parte del área operativa de la empresa y está relacionado con la actividad de troquelado. Dispone de tres troqueladoras planas marca Serramagnus diferenciadas por color: amarilla, azul y gris y una troqueladora semiautomática marca Bobst, destacando en este proceso el uso de las troqueladoras planas, debido a su naturaleza manual. En la Figura 10 se muestra al operario realizando el troquelado del material, donde se observa que toma la lámina de cartón con la mano derecha, la coloca en la platina de la máquina y con la mano izquierda, retira la lámina troquelada.

Figura 10. Fotografía del puesto de trabajo de troquelado empresa Imprelit SAS.



Fuente: Elaboración propia con información de Imprelit, 2024.

4.2.1. Distribución de la jornada de trabajo

El operario del puesto de troquelado cumple con una jornada laboral de ocho horas, en horario partido; para el almuerzo de una hora. Todo el turno el operario se encuentra de pie frente de la máquina, desde la apertura del encargo, hasta el cierre del pedido, exceptuando cuando este está en el periodo de descanso (desayuno que dura 15 minutos y pausas activas que duran 5 minutos cada una cada 90 minutos).

4.2.2. Actividades que se desarrollan en el puesto de trabajo de troquelado

A continuación, se describen las tareas ejecutadas por el operario de la troqueladora durante su jornada.

Descifrado de la orden de pedido

El proceso inicia con el ingreso de las órdenes de producción por parte del coordinador de producción según la programación de pedidos, detallando las características del encargo; tipo de material (plegadiza, single face, liner, cartón micro corrugado, cartón corrugado, cartulinas, etc.), medidas del material (ancho y largo) y tipo de troquel. Las cuales entran un día antes para su revisión y socialización al operario.

Montaje de troquel

El operario procede a realizar el “montaje del troquel”, el cual es la primera parte del arreglo del pedido. En esta subtarea, se abre la máquina, se limpia la placa contra troquel (con agua en pequeñas cantidades) validándose el correcto funcionamiento.

Graduación y ajustes de la máquina troqueladora

Se lleva la máquina al punto cero entre placas a través de un dial intrínseco de la máquina, para posteriormente tomar el troquel indicado, fijarlo en la placa porta troquel validando que esté totalmente centrado según las medidas de la placa y del troquel.

Ajuste de macren

Consiste en complementar una base de un material específico en la parte superior de la placa con la finalidad de mejorar la estética y funcionalidad del empaque en los pliegues, perforaciones, semi cortes y cortes (Figura 11).

Figura 11. Alineación macren, máquina de troquelado azul, empresa Imprelit SAS.



Fuente: Elaboración propia con información de Imprelit, 2024.

Etapa de producción del encargo

Esta consiste en un ciclo de movimientos repetitivos por parte del operario, en donde este debe troquelar 30 láminas de material por minuto, tal y como se muestra en la Figura 12, para cumplir con la meta de producción, ejecutando el siguiente paso a paso:

- Extraer un manojo de material (aproximadamente 1300 unidades) de la estiba en el área de almacenamiento de insumos, proceso con un peso promedio estándar de 12 kg, esto independientemente del material a procesar; a esto se le conoce como alimentar la máquina.
- Se realiza el desbloqueo del freno a la máquina con el pie derecho para arrancarla y que ésta comience a abrir y a cerrar la mandíbula de la troqueladora.
- Parado en frente de la máquina el operario con la mano derecha toma una lámina y alimenta la máquina de troquel, dentro de la placa para que esta realice el corte.
- Espera a que esta se cierre y dé el golpe al material suministrado.
- Extrae el material troquelado de la máquina cuando esta se abre, haciendo uso de la mano izquierda.
- Coloca el material bien ordenado en la mesa adyacente del costado izquierdo del puesto de trabajo.
- Luego de troquelar todo el material de alimentación y que la mesa de material troquelado esté llena, el operario debe acomodar el material en otra estiba para su ingreso al siguiente proceso.

Figura 12. *Fotografía del proceso de ciclo repetitivo operario troquelado máquina amarilla.*



Fuente: Elaboración propia con información de Imprelit, 2024.

La Figura 13 muestra el operario de troquelado de la máquina amarilla, el cual levanta el manajo de láminas a las que ya se le realizó el corte y se desplaza con ellas hasta el punto de almacenamiento para el siguiente proceso de terminación.

Figura 13. *Levantamiento de carga, después de realizado el proceso de troquelado.*



Fuente: Elaboración propia con información de Imprelit, 2024.

El proceso de troquelado genera un polvo de papel o cartón, según el material de corte, que gracias a su volatilidad se dispersa en el ambiente y en la superficie de trabajo con facilidad, es necesario realizar una estimación del tamaño de esta partícula (Figura 14) y revisar si se encuentra entre la fracción Inhalable (fracción másica del aerosol total que se inhala a través de la nariz y la boca), Torácica (fracción másica de las partículas inhaladas que penetran más allá de la laringe) o respirable (la fracción másica de las partículas inhaladas que penetran en las vías respiratorias no ciliadas) (INSST, 2011).

Figura 14. *Material de papel particulado en la superficie de la mesa de troquelado.*



Fuente: Elaboración propia con información de Imprelit, 2024.

En cuanto al sistema de ventilación, es importante resaltar que el complejo no cuenta con sistema de aire, únicamente los dispuestos por ventanales superiores del portón de entrada a la planta industrial.

Entrega del pedido:

Se cierra la orden de producción con la cantidad fabricada, se termina el AQL (bitácora de control de calidad) con las observaciones, se desmonta el troquel con el arreglo y se procede con el siguiente pedido. Al finalizar el turno, el operario debe limpiar, lubricar la máquina y organizar el puesto de trabajo.

Registro:

El operario debe registrar en el sistema ERP (plataforma digital interna para la trazabilidad de producto) todas las actividades que ejecute, con la cantidad de material procesado según la orden de producción y sus novedades u observaciones.

4.2.3. Condiciones de trabajo

- Solo se dispone de un operario por máquina en el área de troquelado. Esto supone en consecuencia que haya 4 trabajadores ejerciendo las funciones de troquelado en diferentes materiales, sin embargo, la única máquina que se mantiene encendida y en operación toda la jornada es la troqueladora plana manual marca Serramagnus amarilla.
- El trabajador debe realizar sus funciones en un ambiente cerrado, con un espacio de superficie perimetral de 2m², la altura del complejo es de 3m aproximadamente.

- La temperatura promedio del local industrial es de 12 °C y la humedad que varía de 60 a 70% dependiendo el clima fluctuante de la ciudad.
- La planta de producción está situada en el mismo espacio de almacenamiento de corrugado por lo que se llena de material, intensificando el calor e interrumpiendo la entrada y salida de aire, además se incurre en riesgo de seguridad de caída de objeto por desplome.
- La iluminación del complejo es principalmente luz natural, se percibe un esfuerzo visual mayor en los operarios durante las horas de la tarde, cuando baja la iluminación.
- El trabajador se ve expuesto en todo su turno al ruido constante de la máquina troqueladora plana marca Serramagnus de color amarillo, ver especificaciones de la máquina Tabla 2, sin embargo, cuando se usan las otras máquinas se genera mayor intensidad del ruido.
- La máquina de troquelado al realizar el corte desprende material particulado como residuo de su proceso, siendo estas partículas muy pequeñas, se dispersan en la atmósfera gracias a su volatilidad y generando una película de fibras sobre todas las superficies.
- En la etapa de producción de troquelado que va, desde alimentar la máquina hasta colocar el material troquelado en la mesa adyacente, debe durar menos de 2 segundos. De allí que se requiere extrema concentración y coordinación por parte del operario, ya que se incurre en riesgo de atrapamiento.
- Durante la etapa productiva, el operario también debe realizar el control de calidad de su producción, realizando revisiones periódicas antes y durante la fabricación del pedido. Las observaciones deben quedar escritas en un AQL anexa a la orden de producción.
- El trabajador en la ejecución de sus actividades tiene los siguientes elementos de protección personal: overol, cofia o malla, tapabocas, protección auditiva y botas con puntera dieléctrica.

El recinto es un local con grandes dimensiones donde están dispuestas distintas máquinas de diferentes labores, ver planos (Figura 8), se puede inferir que todos comparten una misma percepción del ruido; sin embargo, esta varía dependiendo la cercanía del equipo. La fuente

principal de ruido en el puesto de troquelado es la máquina Serramagnus amarilla Tabla 2, dado que es la única máquina que permanece encendida y en funcionamiento toda la jornada laboral (Figura 15).

Figura 15. Máquina troqueladora plana marca Serramagnus amarilla de la empresa Imprelit SAS.



Fuente: Elaboración propia con información de Imprelit, 2024.

Tabla 2. Características técnicas de la máquina troqueladora plana marca Serramagnus amarilla.

Máquina	Especificaciones Técnicas	
Troqueladora Plana Marca Serramagnus	Modelo	ML1100
	Tamaño de persecución interior	1100 * 800mm
	Velocidad	30 ± 2 golpes / min
	máx. longitud de la regla	<37m
	Fuerza de motor	4KW
	Dimensiones	1950 x2150 x 1850 mm
	Peso	4600kg

Fuente: JNHIJA ZIYE, 2024

4.2.4. Materiales y herramientas

En la Tabla 3, se describen los equipos y herramientas usados por el personal del puesto de trabajo del troquelado, en el desarrollo de su tarea.

Tabla 3. Herramientas y materiales usados en el proceso de troquelado de todas las máquinas.

Material	Descripción
<p>Plegadiza en bond</p> 	<p>La cartulina plegadiza es un papel de alta calidad, fabricada con pasta de fibra de algodón crudo, en vez de celulosa obtenida de la madera eucalipto.</p>
<p>Single fase</p> 	<p>Una o varias láminas de papel de ondulado, papel kraft reforzado. Elaborado a partir de fibra celulosa de madera, sulfitos vírgenes o reciclados.</p>
<p>Cartón micro corrugado y corrugado</p> 	<p>Pulpa de fibra de madera como eucalipto, celulosa virgen y celulosa reciclada a partir de procesos de post consumo.</p>
<p>Cartulina</p> 	<p>Mezcla de celulosa al sulfito y en algunos colores se ha incorporado un 30% de fibra post consumo.</p>
<p>Cuchillas de troqueladora</p> 	<p>Varía el tamaño según el material a cortar al igual que resistencia, esquinas redondeadas entre otras características.</p>
<p>Bisturí</p> 	<p>Diseñado específicamente para proporcionar cortes precisos y limpios en material.</p>
<p>Troqueles</p> 	<p>Según las características del empaque se entrega el montaje del troquel.</p>

Fuente: Elaboración propia, 2024.

5. Metodología empleada a cada riesgo

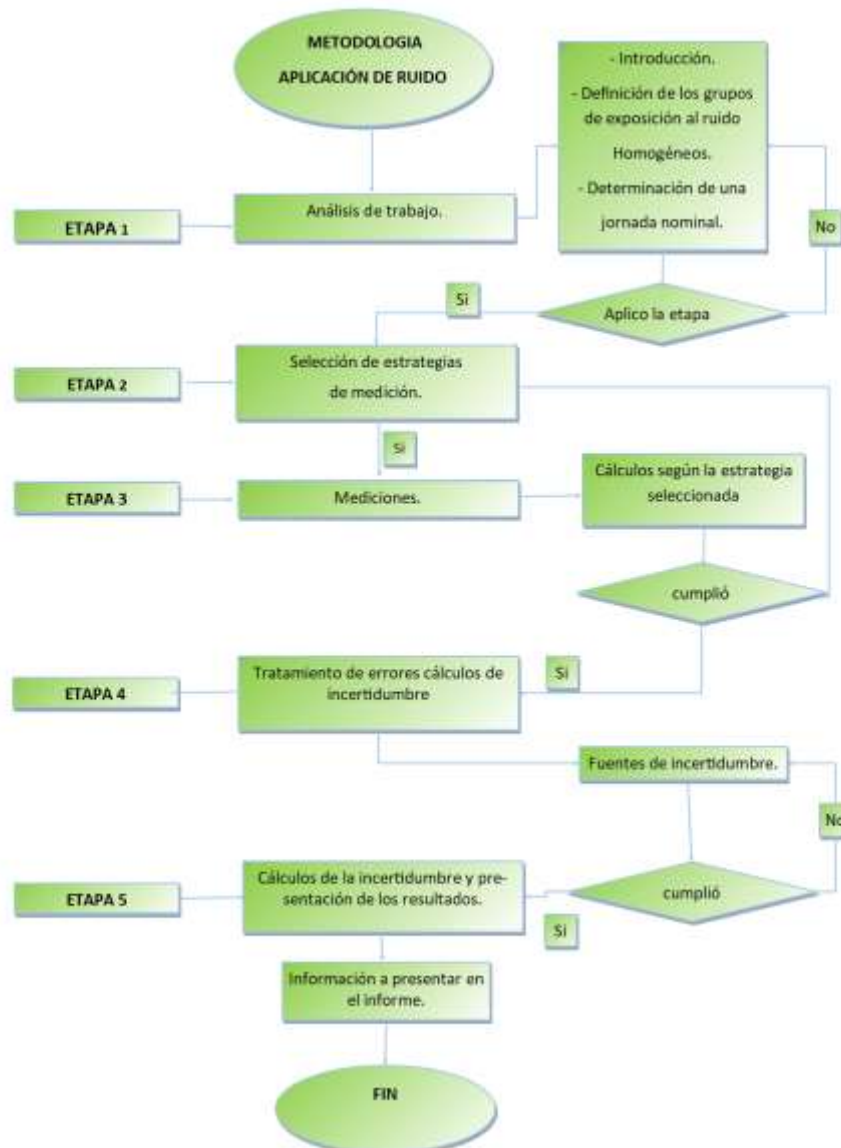
A lo largo del capítulo se van a desarrollar cada una de las metodologías de evaluación seleccionadas para la estimación de los riesgos objeto de estudio. Concretamente se creará un subapartado para cada una de las metodologías, UNE-EN ISO 9612:2009 para el riesgo ruido, UNE-EN 689:2019+AC para el riesgo de agentes químicos, ecuación NIOHS para riesgo por manipulación de cargas y el método Check List Ocra para movimientos repetitivos.

5.1. Descripción de metodología de exposición a ruido

Para dar cumplimiento al (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, 2006) establece los niveles límites de exposición al ruido equivalente en los lugares de trabajo siendo: $L_{Aeq,d} = 80$ dB(A) y $L_{pico} = 135$ dB valores límite inferiores, $L_{Aeq,d} = 85$ dB(A) y $L_{pico} = 137$ dB los valores de exposición que dan lugar a una acción y $L_{Aeq,d} = 87$ dB(A) y $L_{pico} = 140$ dB los valores límite de exposición que no se pueden sobrepasar en una jornada laboral de ocho horas.

La norma UNE-EN ISO 9612:2009, Acústica determinación a la exposición del ruido en el trabajo método de ingeniería, (2009) sirven de referencia para realizar la ejecución metodológica. A continuación, se muestra la Figura 16, con el diagrama de etapas para seguir la metodología.

Figura 16. Diagrama de metodología, evaluación exposición a ruido según UNE-EN ISO 9612:2009.



Fuente: Elaboración propia con información de UNE-EN ISO 9612:2009.

A continuación, se definen cada una de estas etapas de forma más extensa:

Etapas 1. Análisis del trabajo

Este segmento lleva a cabo un estudio detallado de las propiedades del lugar y actividad laboral, definiendo elementos como: las acciones durante el día, su duración, las

responsabilidades del empleado, los orígenes de ruido, episodios relevantes, relación de interrupciones del ruido y otros elementos que inciden en el análisis.

En esta fase se establecen los grupos homogéneos de exposición (GHE): Estos son conjuntos de empleados que realizan la misma labor y están expuestos a niveles de ruido parecidos durante el día de trabajo. Se categorizan según el nombre del cargo, las tareas, las obligaciones o la profesión correspondiente a su área laboral y son útiles para mejorar la medición del ruido al formar grupos, en vez de tener que medir cada fuente de ruido de manera individual.

Jornada nominal: Se refiere al periodo máximo en el que el empleado está expuesto a eventos de ruido sin perjuicio auditivo, se establece por la tarea (contenido y duración) y las pausas laborales, si estas se consideran como parte del horario de trabajo o no. Respecto a la jornada laboral, esta también incluye las pausas del empleado, es relevante porque establece la medición, con el objetivo de asegurar que todos los sucesos de ruido notables estén contemplados en el muestreo.

Cuando aumenta el nivel de exposición al ruido, la duración de la jornada nominal se reduce, ya que los efectos nocivos del ruido son acumulativos (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, 2006).

Etapas 2. Selección de estrategias de medición

La estrategia de medición es un plan, una orientación que se emplea para recopilar, recolectar datos y definir procesos. Esta estrategia determina el modo, el momento, el lugar y las herramientas empleadas para llevar a cabo la medición, además de los procedimientos para examinar los resultados y tomar decisiones basándose en dichos datos. La norma UNE-EN ISO 9612:2009, Determinación acústica de la exposición al ruido en el trabajo, método de ingeniería, (2009) propone tres estrategias para la evaluación del ruido, las cuales son:

- Medición basada en la tarea: Analiza el trabajo realizado durante la jornada y se divide en un cierto número de tareas representativas, para cada tarea, se hacen mediciones por separado del nivel de presión sonora.
- Medición basada en la función: Se toma un cierto número de muestras aleatorias del nivel de presión sonora durante la realización de funciones particulares.

- **Medición de una jornada completa:** Se mide el nivel de presión sonora de forma continua a lo largo de la jornada laboral.

Etapa 3. Mediciones

Esta etapa contempla la determinación del nivel de exposición al ruido diario L_{pAeqT} calculando, el nivel de exposición al ruido ponderado (A), $L_{EX,8h}$, las cuales se calculan basándose en los procedimientos de la estrategia escogida, además de cumplir los siguientes requisitos de la norma UNE-EN ISO 9612:2009, Acústica determinación a la exposición del ruido en el trabajo método de ingeniería, (2009):

- La selección del instrumento de medición dependerá de la estrategia seleccionada, logrando ser un exposímetro sonoro personal o un sonómetro integrador-promediado portátiles o fijos, aplicando la norma IEC 61672-1:2002.
- La calibración de campo consiste en emplear un calibrador acústico que cumpla con los requisitos de la norma IEC 60942:2003, el cual registra dos o más frecuencias dentro del rango de interés. La lectura no debe diferir en más de 0,5 dB, o se deberán desechar los resultados de la serie de mediciones.

Etapa 4. Tratamiento de errores e incertidumbre:

El error de medida se define como la discrepancia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia (valor convencional o valor verdadero), mientras que la incertidumbre de medida se define como un indicador no negativo que define la variabilidad de los valores asignados a un conjunto de mediciones (Ruiz et al., 2010).

Se emplea principalmente para medir la diferencia entre el resultado de una medida y el que se considera como su valor real. Este se obtiene de la incertidumbre expandida U , según las características de la estrategia escogida y según las directrices de la norma UNE-EN ISO 9612:2009, Acústica determinación a la exposición del ruido en el trabajo método de ingeniería, (2009) para un factor de cobertura de confianza que sea igual o superior al 95%. Algunas fuentes de incertidumbre pueden originarse por cambios en el trabajo cotidiano, los instrumentos, la calibración y los aportes de fuentes de ruido inusuales, como la música o las alarmas.

Cálculo de atenuación efectiva de protectores auditivos.

Para que el empleado reciba el uso obligatorio de protectores auditivos, se requiere que esté expuesto a un nivel de ruido promedio de 85 dB(A) o superior durante un día de trabajo de 8 horas. La selección de estos se basará en la atenuación de los protectores auditivos, asegurando que no se produzca una protección deficiente o excesiva.

La evaluación de la atenuación efectiva se realiza utilizando los métodos de bandas por octava, HML y SNR, establecidos en la norma UNE-EN ISO 4869-2:2020 Acústica, protectores auditivos contra el ruido. Parte 2: Estimación de los niveles efectivos de presión sonora ponderados A cuando se utilizan protectores auditivos (2020). Así obtener el valor de reducción al ruido que proporcionan los dispositivos y compararlo con los aceptados (Figura 17) de la norma UNE-EN 458:2016 Protectores auditivos, recomendaciones relativas a la selección, uso, cuidado y mantenimiento (2016).

Figura 17. Valor de reducción a ruido aceptado para los protectores auditivos, según la norma UNE-EN 458:2016.

>80 dB (A)	• INSUFICIENTE
75 - 80 dB (A)	• ACEPTABLE
70 - 75 dB (A)	• CORRECTO
65-70 dB (A)	• ACEPTABLE
60-65 dB (A)	• SOBREPOTECCIÓN

Fuente: Elaboración propia a partir de UNE-EN 458:2016.

5.1.1. Justificación del método seleccionado

El Artículo 5 del (Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, 1997) indica que es imprescindible reconocer los riesgos a los que se exponen los trabajadores y valorar de forma imparcial el riesgo existente. La investigación abarcará la realización de análisis de muestreo, mediciones y exámenes que se estimen requeridos. Para seleccionar la metodología adecuada, se comienza con las regulaciones de aplicación de las normas UNE, luego se siguen las pautas del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene Laboral, del Instituto Nacional de Silicosis, y los protocolos y directrices del Ministerio de Sanidad y Consumo. Si no se hallan métodos en estos organismos, la evaluación podrá realizarse con técnicas que ofrezcan confianza y exactitud.

La legislación española que exige el control y mitigación de los efectos del ruido en trabajadores de cualquier sector laboral es él (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, 2006). Este a su vez crea la guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido en los lugares de trabajo para hacer más fácil el identificar, medir, analizar, y evaluar la exposición a ruido en el trabajo.

Se opta por esta metodología específicamente, ya que la norma UNE-EN ISO 9612:2009, Acústica determinación a la exposición al ruido en el trabajo, método de ingeniería (2009) está diseñada únicamente para ambientes de trabajo y específicamente para la evaluación del ruido. Además, proporciona una evaluación del ruido que se adhiere a las regulaciones legales, proporciona mediciones exactas y repetibles de los resultados a través del método estándar y facilita la identificación de las principales fuentes de ruido para la implementación de acciones correctivas y preventivas en el lugar de origen.

Asimismo, dado que es un procedimiento conocido y frecuentemente empleado, posibilita cotejar las evaluaciones con los hallazgos de otros estudios del mismo ámbito o instalaciones parecidas.

5.2. Descripción de la metodología de exposición a agentes químicos

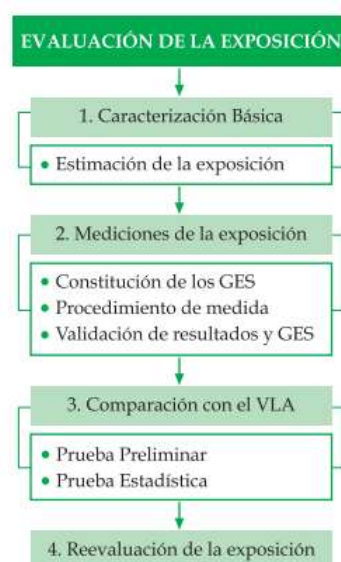
La normativa aplicable para el desarrollo metodológico de contaminantes químicos, y en la que se basara el actual estudio es él (Real Decreto 374 del 2001, de 6 de abril, sobre la protección a la salud de los trabajadores relacionándola con la exposición a agentes químicos, 2001) que se explica detalladamente en la guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo.

Para llevar a cabo la evaluación del riesgo, se deben realizar una serie de procedimientos especificados en la norma española UNE-EN 689:2019, 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 (2019). Concretamente, el esquema de acción presentado en la Figura 18 detalla el procedimiento para el método de evaluación.

Es crucial determinar en qué situaciones se utiliza este método, dado que es usado para valorar la exposición inhalada de sustancias químicas, elementos presentes en el entorno atmosférico del lugar de trabajo, como gases, vapores, aerosoles, polvos, entre otros. Además, esto dependerá de las propiedades de la sustancia química, que debe ser peligrosa o que pueda perjudicar la salud de los empleados, algunos ejemplos de aplicación de este método son; los sectores de la industria, la construcción, los laboratorios, la siderurgia y la metalurgia. Por otro lado, las actividades donde no se aplicará este método serán trabajos al aire libre, sin o con escaso contacto con sustancias químicas como la jardinería o agricultura y trabajos administrativos o de oficina (INSST,2024).

Este procedimiento se caracteriza por facilitar una verificación segura de si se cumplen los límites de exposición profesional (VLA), a través de un procedimiento o etapas a seguir: primero, determinar una descripción del lugar, los agentes, el ambiente, entre otros, determinando si se requiere realizar un estudio preliminar o ratificar la conformidad con los datos obtenidos. Si no es así, se lleva a cabo el test preliminar con un mínimo de tres muestras y un máximo de cinco, lo que determina si la exposición del compuesto químico es conforme, no conforme o sin decisión. En esta última, se deberá llevar a cabo la prueba estadística para determinar si el compuesto químico respeta o no el límite de exposición profesional.

Figura 18. Diagrama para la evaluación de la exposición debido a la inhalación de agentes químicos según UNE-EN-ISO 689:2019.



Fuente: UNE-EN-ISO 689:2019

Caracterización básica

En la caracterización, el técnico de prevención tiene la tarea de identificar los compuestos químicos que incluya la materia prima, propiedades, VLA, CAS y EC, así como los factores y perfil de exposición como: las características laborales, horarios, ubicación geográfica del lugar de trabajo, limpieza, orden, fuentes de emisión y ventilación. Los hallazgos de la caracterización básica permitirán al evaluador determinar si es necesario o no llevar a cabo un plan de muestreo u otorgar No conformidad o conformidad.

Medición de la exposición

Constituye un segmento importante del método, esta se desarrolla por medio de tres aspectos principales:

1. Constitución de los grupos de exposición similar (GES): Se define como *“el grupo de trabajadores que tienen el mismo perfil general de exposición para el agente o agentes químicos objeto de estudio, debido a la similitud y frecuencia de las tareas desarrolladas, por los materiales y procesos con los cuales trabajan, y por la similitud de la forma con la que realizan las tareas”* UNE-EN 689:2019, 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, (2019). El objetivo, optimizar recursos, reducir la carga y duración del método al momento de aplicarlo y facilita la planificación de medidas preventivas.
2. Procedimiento de medida: Adquirir un procedimiento o método de muestreo válido, identificando el equipo de muestreo personal, la toma de muestras, la duración, número mínimo de mediciones, días de muestreo y grupos GES al que se aplicara la prueba Norma Española UNE-EN 482:2021, Exposición en el lugar de trabajo procedimientos para la determinación de la concentración de los agentes químicos requisitos generales relativos al funcionamiento, (2021).
3. Validación de los resultados y GES: Antes de utilizar los datos y para verificar si las mediciones efectuadas son representativas, se evalúa que todos los individuos muestreados pertenecen al mismo GES. Esto se lleva a cabo mediante una distribución normal o logarítmico-normal, examinando el gráfico de probabilidad logarítmica de los

datos UNE-EN 689:2019, Exposición en el lugar de trabajo, medición de la exposición por inhalación de agentes químicos, estrategia para verificar la conformidad con los valores límites de exposición profesional, (2019).

Comparación con el VLA

Este proceso compara el valor de la concentración media del agente químico en el ambiente con los niveles límite de exposición profesional (VLA) en concentraciones de 8 horas cuando se trate de evaluaciones de las exposiciones diarias (VLA-ED) (INSST, 2001).

El método incluye dos fases: una inicial, denominada prueba preliminar, en la que se necesitan al menos tres mediciones; el resultado se analizará en relación con los siguientes parámetros:

- $\leq 0,1$ VLA para un conjunto de 3 mediciones de la exposición, entonces se considera que el VLA no se supera: **Conformidad**.
- $\leq 0,15$ VLA para un conjunto de 4 mediciones de la exposición, entonces se considera que el VLA no se supera: **Conformidad**.
- $\leq 0,2$ VLA para un conjunto de 5 mediciones de la exposición, entonces se considera que el VLA no se supera: **Conformidad**.
- Si uno de los resultados es mayor que el VLA, se considera que el VLA se supera: **No conformidad**, el resto de los casos no decisivos se deberá aplicar un estudio estadístico.

Cuando la prueba preliminar no es concluyente, se requiere aplicar el estudio estadístico que permite determinar un nivel de confianza del 95%. Mediante la obtención de la media aritmética, media geométrica, desviación estándar y desviación estándar geométrica, se determinarán los valores de la incertidumbre relativa U_R para ser cotejados con la incertidumbre total U_T y reflejar una conformidad o no conformidad UNE-EN 689:2019, 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, (2019).

- Si U_R es mayor o igual a U_T , entonces la conclusión es conformidad con el VLA.
- Si U_R es menor a U_T , entonces la conclusión es no conformidad con el VLA.

Reevaluación de la exposición

El propósito de esta etapa es preservar las condiciones de conformidad con el VLA a lo largo del tiempo. Si la exposición al VLA solo se sometió a la prueba preliminar, se podrá evaluar después de un año, efectuando una o varias mediciones y utilizando la prueba preliminar o estadística para ratificar la conformidad y planificar la próxima reevaluación. Si la exposición al VLA solicitó el uso de pruebas estadísticas, entonces la periodicidad se determina a través de la media aritmética o geométrica (Figura 19).

Figura 19. Determinación de la periodicidad de las mediciones.

Resultado	Periodicidad
$(MG \text{ o } MA) < 0,1 \text{ VLA}$	36 meses
$0,1 \text{ VLA} < (MG \text{ o } MA) < 0,25 \text{ VLA}$	24 meses
$0,25 \text{ VLA} < (MG \text{ o } MA) < 0,50 \text{ VLA}$	18 meses
$(MG \text{ o } MA) > 0,5 \text{ VLA}$	12 meses

Fuente: INSST, 2001.

5.2.1. Justificación de la metodología empleada

Como lo indica el artículo 5 del (Real Decreto 39 de 1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el reglamento de los servicios de prevención, 1997). Determina que, *“si existiera normativa específica de aplicación, el procedimiento de evaluación deberá ajustarse a las condiciones concretas establecidas en la misma”*, especificando los métodos en orden de preferencia recogidos primero, Normas UNE.

Como primera metodología para realizar la evaluación a riesgo de exposición a agentes químicos, se opta por la norma UNE-EN 689:2019, sobre la 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, (2019) plantea el marco de referencia para evaluar agentes químicos que tienen la vía de entrada respiratoria, por medio de nariz, como son el polvo, material particulado y vapores volátiles que se encuentran dispersos en el ambiente.

Según la descripción de las actividades del puesto de troquelado, ver el apartado 4.2. El operario no está expuesto a sustancias químicas líquidas que se puedan derramar o tener contacto dérmico con mecanismos de absorción, tampoco por la vía digestiva con la ingestión

por boca, ni parenteral por medio de alguna herida contaminada dado que debe emplear siempre el equipo de protección EPI.

Se escoge esta metodología porque evalúa los agentes químicos por inhalación, como es el caso de la composición de celulosa, específicamente al polvo respirable generado por el procesamiento de celulosa en fábricas de papel, procesos de corte, lijado o manipulación de productos de cartón o papel.

Además, se podrá aplicar el procedimiento con un número relativamente pequeño de mediciones, siendo estas representativas, con un alto nivel de confianza, mostrando la conformidad con los valores límite de exposición profesional (VLA).

5.3.Descripción de la metodología de manipulación manual de cargas MMC

Para la evaluación de manipulación manual de cargas se plantea como metodología de evaluación la ecuación The National Institute for Occupational Safety and Health con siglas NIOHS la cual es creada por el mismo instituto que lleva por nombre, en los Estados Unidos, sus principales autores fueron Thomas R. Waters, Vern Putz-Anderson y Arun Garg en 1981 (INSST, 1998).

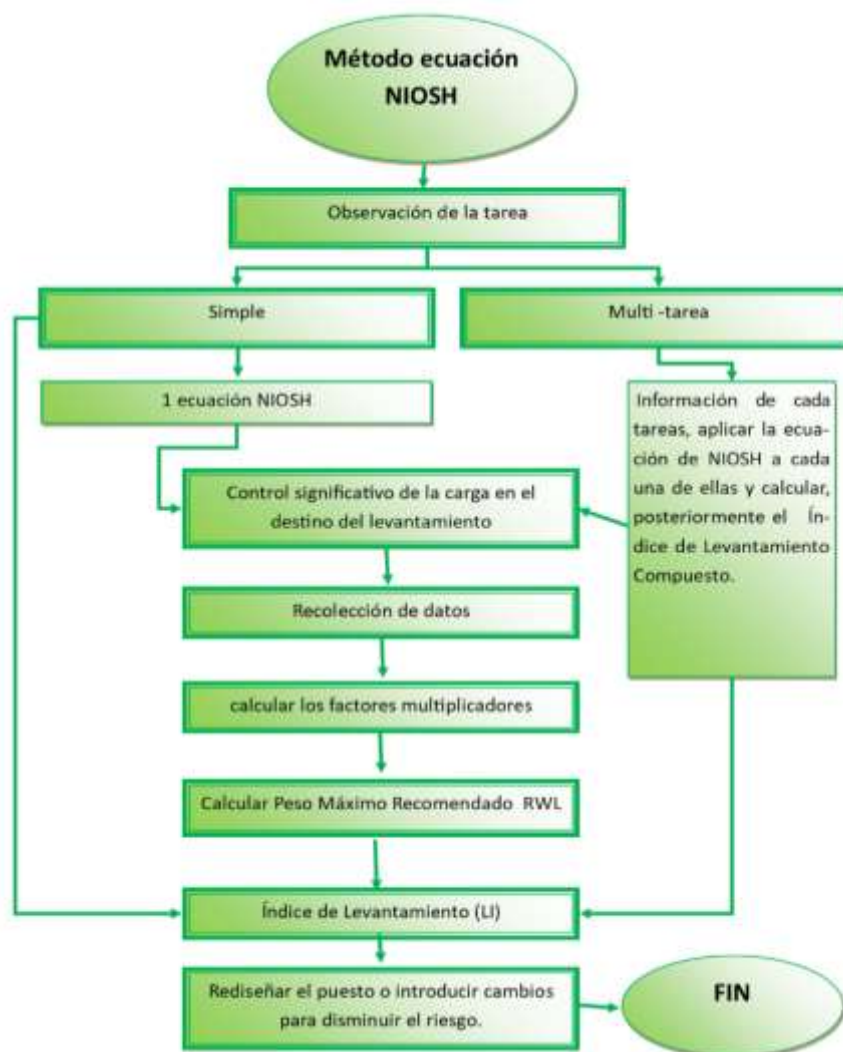
La ecuación NIOHS tiene como característica principal implementar un método para evaluar los riesgos asociados con tareas de levantamiento manual de cargas, por medio del cálculo del (RWL) peso recomendado, teniendo en cuenta factores como el peso de la carga, la postura, la frecuencia y la duración del levantamiento, con el fin de identificar el nivel de riesgo y poder establecer medidas que reduzcan la aparición de lesiones lumbares en los trabajadores (INSST, 1998).

Entre las ventajas del método, especifica que este es de tipo cuantitativo y basado en la realidad de la actividad; valora la seguridad de tareas de levantamiento, generando la comparación objetiva de esfuerzo entre diferentes actividades laborales e identificando las tareas que pueden sobrecargar físicamente a los trabajadores. Así mismo, permite implementar las medidas correctivas necesarias. Otro beneficio es que no solo se evalúa la carga, sino que también la postura inadecuada, movimientos forzosos y desplazamientos con carga (Diego-Mas, 2015b).

El método contempla algunos limitantes como: no asocia el riesgo acumulativo, no considera eventos inesperados que pueden afectar el cálculo, no evalúa parámetros de levantar el objeto con una sola mano, sentado o arrodillado y cuando la carga son personas, cosas frías, calientes o sucias; tampoco evalúa el levantamiento cuando es de forma rápida y brusca (Ruiz et al., 2024).

La ecuación de NIOSH es aplicable a múltiples industrias y actividades, gracias a su versatilidad, fácil comprensión y rápida ejecución, además de que se puede adaptar a tareas sencillas o multitareas. Por esta razón, para la evaluación del presente estudio se selecciona la ecuación NIOSH como metodología de aplicación (Figura 20).

Figura 20. Diagrama metodológico para aplicar la ecuación NIOSH.

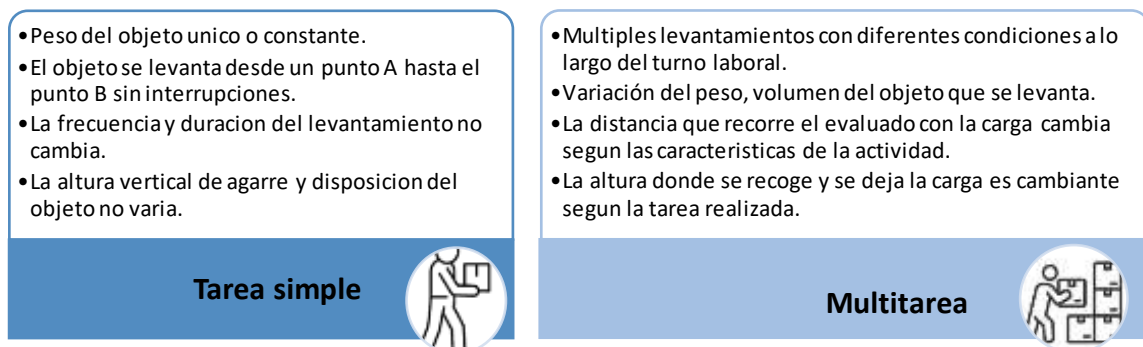


Fuente: Elaboración propia a partir de Diego-Mas, 2015b.

Observación de la tarea

Lo primero que debe hacer el técnico de prevención es definir si la tarea que va a evaluar es simple o multitarea. ¿Cómo define esto? Pues estableciendo que una tarea simple es cuando las variables del levantamiento no cambian durante el transcurso del trabajo (Figura 21), mientras que en una multitarea todas esas variables son inconstantes y modificables a lo largo del desarrollo del trabajo (Diego-Mas, 2015b).

Figura 21. Características para seleccionar el tipo de tarea a evaluar en la ecuación NIOSH.

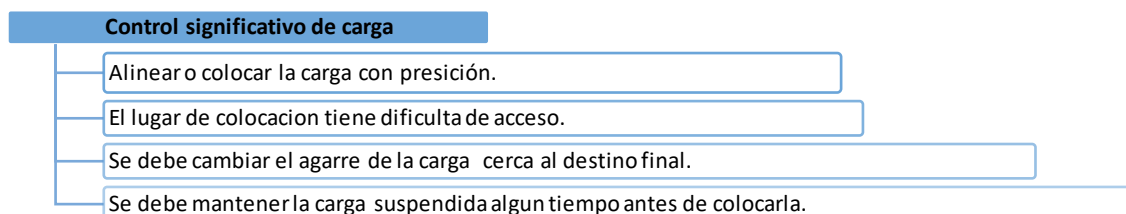


Fuente: Elaboración propia con información de Diego-Mas, 2015b.

Control significativo de la carga en el destino del levantamiento

Identificar si la actividad a evaluar contiene control significativo de carga; para esto se define el concepto: es cuando el mayor esfuerzo de levantamiento no se realiza al inicio u origen del movimiento, sino al momento que el operador dispone la carga en el punto final (Diego-Mas, 2015b). En esta intervienen algunos factores determinantes identificados en la imagen (Figura 22).

Figura 22. Característica para identificar si la actividad de levantamiento tiene control significativo de carga según la ecuación NIOSH.



Fuente: Elaboración propia con información de Diego-Mas, 2015b.



En el caso de que la actividad sí genere control significativo de carga en el destino, el proceder es realizar la valoración de la ecuación NIOSH tanto al inicio como al final del levantamiento y

tomar como referencia el peso máximo recomendado (RWL) más desfavorable de los dos, es decir, el menor (Diego-Mas, 2015b).

Recolección de datos

Para el cálculo del índice del peso máximo recomendado (RWL) se deben recolectar los datos de una serie de variables, para identificar los factores multiplicadores de la ecuación NIOSH; en este sub apartado se describirán cada uno y cómo obtenerlos en la Tabla 4.

Tabla 4. Características de los factores multiplicadores para calcular el índice de peso máximo recomendado (RWL) según la ecuación NIOSH.

Factor multiplicador	Características
El peso de la carga (LC)	Promedio del peso real de la carga constante 23 kg
Distancia horizontal de la carga (HM) 	<p>Es la distancia proyectada en un plano horizontal, entre el punto medio entre los agarres de la carga y el punto medio entre los tobillos.</p> <p>Donde:</p> <p>H es la distancia proyectada en un plano horizontal</p> <p>Si H es menor de 25 cm. se dará a HM el valor de 1</p> <p>Si H es mayor de 63 cm. se dará a HM el valor de 0</p>
Posición vertical de la carga (VM)	<p>En la fórmula V es la distancia entre el punto medio entre los agarres de la carga y el suelo medida verticalmente.</p> <p>Si $V > 175$ cm. se dará a VM el valor de 0.</p>
Desplazamiento vertical (DM)	<p>DM es la diferencia, tomada en valor absoluto, entre la altura de la carga al inicio del levantamiento y al final del levantamiento. Así pues, DM decrece gradualmente cuando aumenta el desnivel del levantamiento.</p> <p>Si $D \leq 25$cm \Rightarrow a DM el valor 1</p> <p>D no podrá ser mayor de 175 cm.</p>
Ángulo de asimetría (AM) 	<p>A es ángulo de giro (en grados sexagesimales) dada la fórmula de cálculo de AM, su valor decrece conforme aumenta el ángulo de asimetría. Se considerará además que:</p> <p>Si $AM > 135^\circ$ a AM el valor 0</p> <p>Si $A = 0$ entonces $AM=1$</p> <p>Si existe control significativo de la carga en el destino A deberá calcularse con el valor de A en el origen y con el valor de A en el destino.</p>
Frecuencia de levantamiento (FM)	Es el número de veces por minuto que el trabajador levanta la carga en cada tarea. Se calcula a partir de la duración del trabajo (corta, moderada, larga), la frecuencia y distancia vertical del levantamiento, medida en elevaciones por minuto y se determinará observando al trabajador en periodos de 15 minutos.
Calidad del agarre (CM)	<p>El tipo de agarre está clasificado como Bueno, Regular o Malo definidos por:</p> <p>Agarre bueno: contiene agarraderas, o contenedor que permitan un buen asimiento.</p> <p>Agarre regular: contenedores con asas o agarraderas no óptimas y agarres donde la carga se sujeta flexionando los dedos 90°.</p> <p>Agarre pobre o malo: contenedores mal diseñados, objetos voluminosos a granel, irregulares o con aristas.</p>

Fuente: Elaboración propia con información de Diego-Mas, 2015b.

Calcular RWL peso máximo recomendado

La Ecuación de NIOSH calcula el peso límite recomendado RWL al obtener los valores de los factores multiplicadores, los cuales son:

HM: Factor de Distancia Horizontal.

VM: Factor de Distancia Vertical.

DM: Factor de Desplazamiento Vertical.

AM: Factor de Asimetría.

FM: Factor de Frecuencia.

CM: Factor de Agarre.

Si el RWL \geq peso levantado, la tarea puede ser desarrollada por la mayor parte de los trabajadores sin problemas.

Si el RWL $<$ peso levantado, existe riesgo de lumbalgias y lesiones.

Cálculo del índice de levantamiento LI

El cálculo del índice de levantamiento se calcula tanto para tarea simple o multitarea, para la primera se usa:

Tarea simple: $\text{Peso de la carga} / \text{RWL}$

Donde:

- Si LI es menor o igual a 1 la tarea puede ser realizada por la mayor parte de los trabajadores sin ocasionarles problemas.
- Si LI está entre 1 y 3 la tarea puede ocasionar problemas a algunos trabajadores. Conviene estudiar el puesto de trabajo y realizar las modificaciones pertinentes.
- Si LI es mayor o igual a 3 la tarea ocasionará problemas a la mayor parte de los trabajadores. Debe modificarse (Diego-Mas, 2015b).

Para multitarea el índice será el de Levantamiento Compuesto (ILc), por medio de los siguientes pasos:

- los índices de levantamiento de las tareas simples (ILT_i).

- Establecer de mayor a menor los índices simples ($ILT_1, ILT_2, ILT_3 \dots, ILT_n$)
- Calcular del acumulado de incrementos de riesgo asociados a las diferentes tareas simples.
- Cálculo del índice de levantamiento compuesto (Diego-Mas, 2015b).

5.3.1. Justificación de la metodología empleada

El artículo 5 del (Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el reglamento de los servicios de prevención, 1997) establece una jerarquía para evaluar el riesgo: primeramente, las normas europeas; para el caso de MMC, designa la norma UNE-EN 1005-2:2004+A1:2009. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 2: Manejo de máquinas y de sus componentes (2009), plantea directrices para la evaluación de las cargas físicas durante la manipulación de máquinas, es decir, no aplicable para este ámbito.

Para la elección del método de evaluación de MMC se tuvieron en cuenta los tres métodos más conocidos: la Ecuación de NIOSH, la cual evalúa múltiples tareas; el método GINSHT, elaborado por el INSST, que examina disposiciones sobre seguridad y salud relativas a la manipulación de cargas. Este último se aconseja para tareas simples donde el peso y volumen de la carga siempre es constante, por lo que se descarta al no tener similitud con al caso de estudio.

El método Snook y Ciriello se centra en establecer límites aceptables para diversas tareas manuales (levantamiento, empuje, tracción y transporte). Dado que el puesto no necesita incluir actividades de empuje ni tracción de la carga, no se ve la necesidad de aplicar este método.

Se decide elegir el método NIOSH porque el operario de la troqueladora tiene durante la jornada una MMC con pesos inconstantes; el volumen, la postura, posición y frecuencia de la manipulación son versátiles, además de que este método es específico para evaluar riesgos ergonómicos en tareas de levantamiento manual de cargas repetitivas, actividad que se evidencia en el puesto de troquelado.

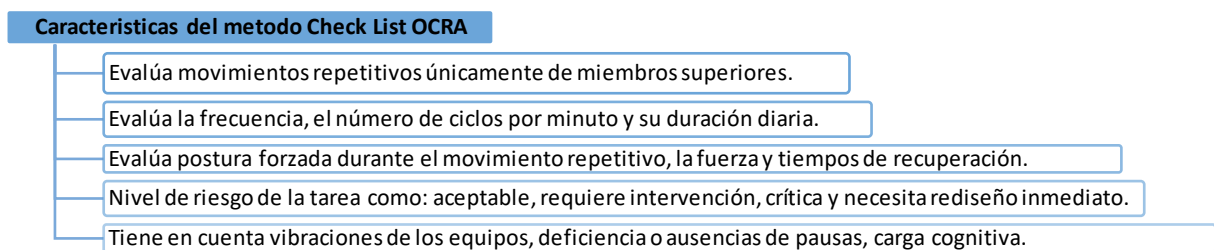
5.4.Descripción de la metodología de movimientos repetitivos.

Para desarrollar la metodología de movimientos repetitivos se establece el método de Check List OCRA (Occupational Repetitive Actions): “la herramienta más adecuada para realizar una primera evaluación del riesgo por trabajos repetitivos. Considera factores de riesgo como: repetitividad, posturas inadecuadas o estáticas, fuerzas, movimientos forzados, la falta de descansos, factores organizacionales y factores ambientales” (Diego-Mas, 2015a p. [3]).

Esta metodología permite valorar el riesgo asociado al trabajo repetitivo, midiendo el nivel de riesgo, identificando la probabilidad de aparición de trastornos musculoesqueléticos en determinado tiempo, donde evalúa únicamente los miembros superiores del cuerpo que son hombros, brazo, muñecas y mano (Diego-Mas, 2015a).

Sus principales características se identifican en la Figura 23:

Figura 23. Características principales del método Check List OCRA según Diego-Mas, 2015a.



Fuente propia con información de Diego-Mas, 2015a.

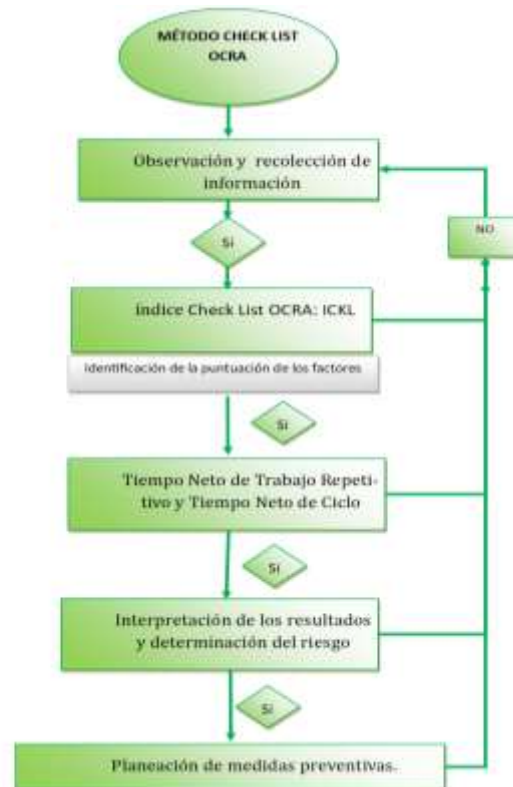
Este método es ampliamente usado en actividades de logística, sectores industriales de ensamblaje, empaquetado, mecanizado y otros trabajos manuales repetitivos. Entre sus ventajas se encuentra un análisis preliminar de rápida elaboración para evaluar el riesgo, ideal para evaluaciones iniciales; además es una metodología de económica implementación en cuanto a la adquisición de recursos. Así mismo, los resultados que enseña son en gran medida confiables y aceptados internacionalmente, ya que se basa en el método OCRA índice completo, que es más extenso.

Algunas restricciones detectadas en la aplicación del método Check List OCRA son que no evalúa el cuerpo entero, lo que ignora los daños provocados por movimientos reiterados de la espalda, columna y piernas. Otro obstáculo que surge es que, al ser un método preliminar, no pone énfasis en detalles de tareas complejas o multifactoriales, resultando menos exacto

que el método OCRA *UNE-EN 1005-5:2007*. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 5: Evaluación del riesgo por manipulación repetitiva de alta frecuencia (2007).

La Figura 24 presenta el esquema de procedimientos para la implementación del método, definiendo los pasos detallados para determinar la estimación del riesgo.

Figura 24. Diagrama de proceso para aplicar el método Check List OCRA.



Fuente: Elaboración propia con información de *Diego-Mas, 2015*.

Algunas definiciones que se deben tener en cuenta para aplicar la metodología descrita en la Figura 24 son: el movimiento repetitivo resumido en las siglas (MR) se define como movimientos continuos del mismo conjunto osteomuscular que se encuentra determinado por ciclos de duración corta y repetitiva (Diego-Mas, 2015a).

Las acciones técnicas: *“son ejercicios manuales elementales necesarios para completar las operaciones dentro del ciclo de trabajo, como mantener, girar, empujar o cortar”*. El ciclo de trabajo: es la repetición continua de secuencias de acciones técnicas en un tiempo determinado (Diego-Mas, 2015a p. [4]).

Observación y recolección de información:

La etapa de recolección refiere al proceso de almacenar, reunir, recoger datos que servirán para posterior estudio. Un dato, por su parte, es la información que permite generar un cierto conocimiento. Para este método en concreto, este punto es clave, ya que es necesario que el técnico de prevención identifique en el proceso aspectos como *UNE-EN 1005-5:2007*, Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 5: Evaluación del riesgo por manipulación repetitiva de alta frecuencia (2007):

- ¿Existe un ciclo de trabajo repetitivo?
- Duración de ciclo
- Pasos del ciclo
- Músculos osteomusculares que se ven intervenidos en el ciclo repetitivo
- Frecuencia de la tarea, descansos, pausas, etc.

Tras reunir esta información, llegará el momento del procesamiento de datos, que consiste en trabajar con lo recolectado para convertirlo en conocimiento útil.

Cálculo del Índice del Check List OCRA

Para realizar el cálculo del índice Check List OCRA (ICKL). Se tiene en cuenta cinco factores que sumados entre sí y multiplicados por el multiplicador de duración dan el nivel de riesgo osteomuscular que genera la tarea, los factores que se evalúan en este método son:

1. FR: Factor de recuperación.
2. FF: Factor de frecuencia.
3. FFz: Factor de fuerza.
4. FP: Factor de posturas y movimientos.
5. FC: Factor de riesgos adicionales.
6. MD: Multiplicador de duración.

Como paso previo a elaborar la ecuación del índice Check List OCRA, se deberá identificar el tiempo neto de trabajo repetitivo (TNTR) y el tiempo neto del ciclo de trabajo (TNC) los cuales se definen (Diego-Mas, 2015a):

Tiempo neto de trabajo repetitivo (TNTR): Es el tiempo en el que el trabajador está en el puesto realizando, exclusivamente, actividades repetitivas, no se incluyen las pausas, los periodos de descanso y otros tiempos de inactividad.

Tiempo neto del ciclo de trabajo (TNC): Se define como el tiempo de ciclo de trabajo desde que inicia el primer paso del ciclo, hasta cuando lo vuelve a iniciar, este parámetro se encuentra dado en segundos (Diego-Mas, 2015a).

Una vez identificados el TNTR y TNC se procede a calcular los factores multiplicadores de la ecuación ICKL. Los diferentes factores se examinan de forma independiente y su valoración está ligada al tiempo durante el cual cada uno está presente dentro de la tarea.

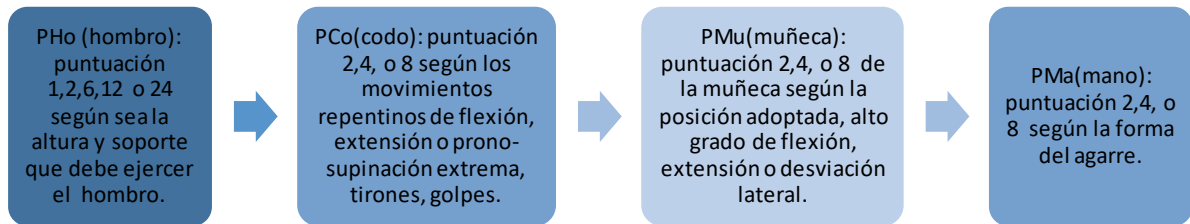
1. Factor de Recuperación (FR): Calcula el desvío de la situación real, teniendo en cuenta que la situación ideal sería aquella donde exista una interrupción de al menos 8/10 minutos cada hora (incluyendo el intervalo de comida). Hay un conjunto de tablas que indican el valor del factor de recuperación basándose en posibles circunstancias que se ajusten a los periodos de recuperación del puesto, debiendo seleccionarse la que se alinee más con la situación real del trabajo (Diego-Mas, 2015a).

2. Factor de Frecuencia (FF): La frecuencia de los movimientos repetitivos incrementa el riesgo. Por lo tanto, un ascenso en la cantidad de acciones por unidad de tiempo, o un tiempo reducido, implica un incremento en el riesgo. Es necesario reconocer las acciones técnicas, ya sean estáticas o dinámicas, y evaluarlas en la tabla de calificación pertinente (Diego-Mas, 2015a).

3. Factor de Fuerza (FFz): Este parámetro evalúa exclusivamente si la actividad repetitiva ejerce fuerza con los brazos o manos, al menos una vez cada ciclo; puede darse en acciones técnicas como empujar, apretar, elevar o sujetar objetos. En caso contrario, si el movimiento no necesita fuerza FFz, será valorado en 0 puntos.

4. Factor de Posturas y Movimientos (FP): Evalúa el sostener posturas forzadas y la realización de movimientos forzados en las extremidades superiores al momento de realizar el movimiento repetitivo (MR). Para evaluar el conjunto de extremidades, utiliza una puntuación (Figura 25).

Figura 25. Representación gráfica de cómo se puntúa el factor de postura de las extremidades superiores evaluadas según el método Check List OCRA.



Fuente: Elaboración propia con información de Diego-Mas, 2015a.

5. Factor de riesgos adicionales (FC): Son elementos que interfieren en el movimiento repetitivo, el cual se calcula sumando $FC = F_{fm} + F_{so}$. El primero, físico-mecánico (puntuado en 2 o 3 según dispositivos de protección individual, ejemplo guantes, el uso de herramientas que provocan vibraciones o contracciones en la piel) el segundo socio-organizativos (puntuado en 1 o 2 según el ritmo de trabajo determinado por la máquina) (Diego-Mas, 2015a).

6. Multiplicador de duración (MD): En una jornada laboral se contempla un tiempo de exposición al riesgo de 8 horas, sin embargo, el turno de trabajo puede tener una duración inferior, ya que se restan pausas, descansos y trabajo.

Para obtener el nivel de riesgo debe calcularse el multiplicador de duración (MD) que depende del valor del Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR) siendo (Diego-Mas, 2015a):

- TNTR es igual a 480 minutos (8 horas) MD toma el valor 1.
- Si el Tiempo Neto del Trabajo Repetitivo es inferior a 480 minutos, MD disminuye, por lo que el Índice Check List OCRA será menor, mientras que aumentará si TNTR es superior a 8 horas.

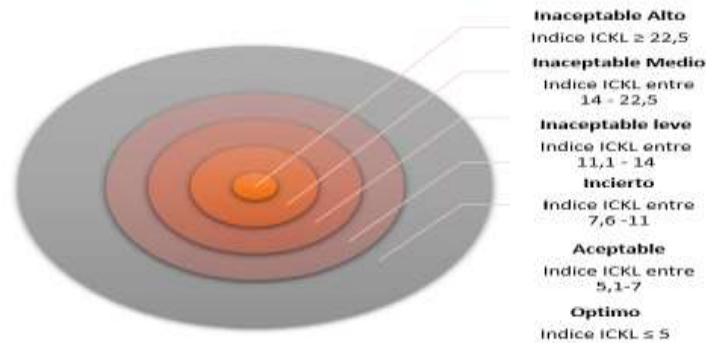
Los valores de duración inferiores a 60 minutos se emplean en análisis multitarea en los que las tareas son breves.

Interpretación de resultados y determinación del riesgo

Al obtener los factores de multiplicación, se podrá desarrollar la ecuación del Índice Check List OCRA (ICKL); está a su vez revela la relación de los valores numéricos (Figura 26), permitiendo

clasificar el riesgo como óptimo, aceptable, muy ligero o incierto, inaceptable leve, inaceptable medio o inaceptable alto.

Figura 26. Valoración del nivel de riesgo según el puntaje obtenido en el índice ICKL según el método Check List OCRA.



Fuente: Elaboración propia con información de Diego-Mas, 2015a.

A partir de la clasificación del riesgo, en la Figura 27 se sugieren acciones correctivas como llevar a cabo mejoras del puesto, la necesidad de supervisión médica o el entrenamiento específico de los trabajadores para ocupar el puesto.

Planteamiento de acciones preventivas

Se deben establecer estrategias para reducir o eliminar los riesgos evaluados a los movimientos repetitivos, antes de que estos puedan convertirse en un daño para la salud de los trabajadores. Con el anterior resultado y definiéndose las pautas de la Figura 27, se podrán plantear medidas y acciones de protección o corrección y promover un entorno más seguro, eficiente en el puesto de troquelado.

Figura 27. Acciones, medidas preventivas recomendadas según el resultado del índice Check List OCRA.

Óptimo	Aceptable	Incierto	Inaceptable leve	Inaceptable Moderado	Inaceptable Alto
<ul style="list-style-type: none"> No requiere medidas preventivas o correctivas 	<ul style="list-style-type: none"> No requiere medidas preventivas o correctivas 	<ul style="list-style-type: none"> Un nuevo análisis o mejora del puesto de trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora del puesto de trabajo, supervisión médica y entrenamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora del puesto de trabajo, supervisión médica y entrenamiento 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora del puesto de trabajo, supervisión médica y entrenamiento

Fuente: Elaboración propia con información de Diego-Mas, 2015a).

5.4.1. Justificación de la metodología empleada

Se selecciona el método Check List OCRA, dando respuesta a la norma de aplicación UNE-EN 1005-5:2007. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 5: Evaluación del riesgo por manipulación repetitiva de alta frecuencia (2007). Que establece en su metodología la evaluación de factores de frecuencia de movimiento, nivel de fuerza requerido, postura adoptada y duración de la tarea; aspectos que también se valoran en el método Check List OCRA. Así se da cumplimiento al artículo 5 del (Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el cual se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, 1997) donde se debe seleccionar como primer método la aplicación de las normas UNE.

Se opta por el método Check List OCRA, ya que este evalúa los MR en las extremidades superiores, ajustándose a las particularidades del trabajo de troquelado, que solo emplea movimientos de su mano, brazo, codo y hombro para llevar a cabo la tarea repetitiva. Adicionalmente, el método evalúa la postura forzada, la fuerza aplicada, los descansos y los agarres, proporcionando un resultado global más realista de las condiciones laborales a las que se encuentra el operario en su lugar de trabajo.

Se elige el método Check List OCRA, en contraste con otros, ya que este se enfoca específicamente en MR. A diferencia de técnicas como RULA (Rapid Upper Limb Assessment), analiza riesgos posturales y repetitivos que impactan en los miembros superiores de cuello y tronco, mientras que REBA (Rapid Entire Body Assessment) evalúa riesgos posturales en todo el cuerpo, incluyendo miembros inferiores en tareas repetitivas. Los métodos mencionados pueden ser útiles para examinar posturas forzadas, carga en las extremidades superiores o actividades que requieran escaso uso de movimiento repetitivo. En este escenario, el puesto de trabajo de troquelado está expuesto durante todo el día al mismo ejercicio o ciclo. Es necesario elegir una técnica que examine de manera específica el parámetro de movimiento repetitivo.

6. Evaluaciones para riesgos higiénicos y ergonómicos

En esta sección se lleva a cabo la evaluación de la metodología propuesta en el capítulo anterior, enfocándose en los riesgos de ruido y exposición a agentes químicos en la especialidad de higiene industrial, así como los riesgos relacionados con la manipulación manual de cargas y movimientos repetitivos en la especialidad de ergonomía y psicología aplicada. Este fragmento procederá con la identificación del problema, la implementación del método, la obtención de mediciones o resultados y su posterior análisis mediante cálculos, los cuales determinarán el nivel de riesgo o la conformidad a la que está expuesto el operario. Finalmente, evaluar si la actividad realizada afecta su salud y seguridad.

6.1. Exposición a ruido

6.1.1. Protocolo de muestreo exposición a ruido del puesto troquelado

Análisis de trabajo

A través de una visita inicial a las instalaciones de la nave industrial el día 4 de noviembre del 2024 siendo las 8:00 am, hora donde por medio de una visita guiada y la observación directa se puede evidenciar el funcionamiento general del área de producción. Durante la primera visita se evidencia que el área de troquelado cuenta específicamente con 3 máquinas manuales marca serramagnus de color amarilla, azul y gris para troquelar papel y cartón y una máquina troqueladora semiautomática marca BOBST.

La segunda visita se realiza el día 7 de noviembre a las 3:30 pm, donde se efectúa la descripción de las tareas, la duración, las fuentes de ruido, episodios significativos de ruido y funciones del puesto de troquelado que se ven descritas en el apartado 4.2. Sin embargo, después de este proceso se ve la necesidad de realizar la revisión documental del historial de la salud de los empleados, Informes de incidentes o quejas y registro de ausentismos que tengan alguna relación con la exposición al ruido. Entre los resultados obtenidos en la revisión documental, no se encontró información relacionada a dolores de oído o pérdida de audición, mientras que los registros muestran concurrencia a consultas médicas por dolores de cabeza, migrañas, fatiga.

Al realizar una entrevista presencial a los trabajadores el jueves 11 de noviembre a las 11:30 am, donde se preguntan aspectos como: las características del puesto de trabajo, la interferencia en la comunicación, la protección auditiva utilizada, la percepción general del sonido y medidas tomadas para reducirlo. Se concluyó, que los cuatro trabajadores expuestos al ruido en el puesto de troquelado coinciden que la máquina es la principal fuente de ruido, que siempre deben usar protección auditiva para disminuir el impacto a lo largo del día, de lo contrario salen cansados de su jornada laboral.

Definición de los grupos homogéneos de exposición (GHE)

Se observa que la única máquina que se encuentra en funcionamiento toda la jornada laboral es la troqueladora serratagnus amarilla, mientras que las otras entran en funcionamiento cuando la producción así lo requiere. Sin embargo, se escoge el GHE de troquelado Tabla 5, ya que todos los operarios comparten el espacio físico, ejecutan las mismas actividades y se encuentran expuestos a niveles similares de ruido durante la jornada.

Tabla 5. Grupo de exposición homogénea aplicado al riesgo de ruido.

Grupo GHE	Máquina	Operario	Edad	Antigüedad
TROQUELADO	Amarilla, Gris, Azul	Nicolas Rojas	26 años	2 años
		Darío Moreno	37 años	6 años
		Carlos Peña	23 años	1 año
	Semiautomática a Bobst	Sebastián Bello	27 años	7 años

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Estudio de la jornada nominal

La jornada del trabajo del puesto de troquelado se encuentra descrita en el capítulo 4.2.1. Trabajando un turno 8 horas que incluye 15 minutos de desayuno y 20 minutos de pausas activas distribuidas en 5 minutos cada 90 minutos, 30 minutos durante las actividades de arranque de producción y 30 minutos al final del turno para la fase de limpieza.

$$jn = 480min - 15min - 30min - 30min = 405 min = 6,75horas.$$

La duración efectiva de trabajo es de: 6,75 horas como jornada nominal. No se tiene en cuenta los 20 minutos de pausas activas porque el operario no se desplaza de su lugar de trabajo, sino

que realiza ejercicios de estiramiento al frente al equipo, incluyendo este lapso a la cantidad máxima de tiempo al que el trabajador está expuesto al ruido de las máquinas.

Selección de estrategia de medición:

La norma UNE-EN ISO 9612:2009, Acústica. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Método de ingeniería (2009) plantea 3 estrategias de medición (tarea, función o jornada). Revisando las características de cada una y comparándola con las tareas del puesto, se identifica que el GHE realiza múltiples tareas con tiempos variables e indefinidos según la cantidad de pedido y la etapa de producción. Por tal motivo se selecciona la estrategia de medición basada en la jornada.

La Figura 28 presenta resaltadas en color rojo las características del puesto, siendo este móvil, previsible y complejo, permitiendo aplicar cualquier estrategia de medición; sin embargo, recomienda utilizar la estrategia 3, medición de la jornada completa.

Figura 28. Elección de la estrategia de medición según UNE 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	✓*	✓	✓
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: UNE-EN-ISO 9612:2009

6.1.2. Análisis de resultados y conclusiones de la evaluación a exposición del ruido

Selección del instrumento de medición

Al describir las funciones del puesto de troquelado se evidencia que está expuesto a múltiples movimientos, ejemplo: el ciclo repetitivo que presenta al troquelar cada lámina de papel, el

transporte que debe ejercer cuando traslada el material al puesto de trabajo y cuando termina de troquelar moviéndolo al siguiente proceso, así mismo como se realiza una evaluación de estrategia basada en jornada completa, se selecciona el instrumento, el dosímetro personal contemplando todas las variables.

El equipo de medición seleccionado es el dosímetro personal, el SV 104 (Figura 29), cuenta con múltiples ventajas cuando se realiza la evaluación de la exposición al ruido de los trabajadores. A continuación, se destacan las principales razones para elegirlo, basándose en sus características y en la normativa relevante, como la IEC 61252.

Figura 29. Dosímetro de ruido SV 104, clase II.



Fuente: SVANTEK, 2021

El dosímetro personal SV 104, proporciona en tiempo real la medición de parámetros del nivel de presión sonora equivalente A, L_{Aeq} , nivel pico L_{pico} , nivel diario de exposición al ruido $L_{EX, 8h}$, teniendo la capacidad de registrar eventos específicos de ruido, permitiendo analizar exposiciones fluctuantes y constantes, gracias a su capacidad de almacenamiento permite realizar mediciones continuas a lo largo de toda la jornada (SVANTEK, 2021).

Entre sus características se resaltan:

- Análisis en tiempo real de banda de 1/1 de octava y grabación de eventos de audio.
- Pantalla que ofrece una excelente visibilidad a plena luz del día o en la oscuridad.
- Cuenta con preamplificador integrado, resistente al ruido mecánico, filtros para analizar diferentes bandas de frecuencia y medir entornos de ruido intermitentes o impulsivos.

- Cuenta con un amplio rango dinámico de 90 dB (A) lo que le permite medir ruido desde 55 dB (A) hasta 140 dB (A).
- Las baterías recargables del SV 104IS pueden alimentar el instrumento por hasta 50 horas.

El dosímetro seleccionado SV 104 de clase II, cumple las especificaciones de las normas IEC 61252 y ANSI S1.25-1991, garantizando precisión, exactitud y valores reales en las mediciones de exposición al ruido, cumpliendo los requerimientos del capítulo 5, de instrumentación de la norma ISO 9612 UNE-EN ISO 9612:2009, Acústica determinación a la exposición del ruido en el trabajo método de ingeniería (2009).

Calibración en el campo

La calibración de campo del dosímetro SV 104, se realiza por medio del calibrador acústico (Figura 30). El usuario realiza la calibración insertando el micrófono en el calibrador acústico, se inicia automáticamente el proceso de calibración. Vale la pena mencionar que los dosímetros de ruido deben calibrarse periódicamente al menos una vez al año en laboratorios acreditados siguiendo las instrucciones descritas en la norma IEC 616252 (SVANTEK, 2021).

Figura 30. *Calibrador acústico SV 104, usado para muestreo de ruido personal.*



Fuente: SVANTEK, 2021

El proceso de calibración del instrumento se realiza antes y después de la medición. Antes de la medición el técnico enciende el dosímetro, verificando que este se encuentre en el rango ponderado A, conecta el calibrador al equipo por la apertura asegurándose que este sellado correctamente para evitar fugas de aire, como tercer paso enciende el calibrador generando el tono de referencia 94 dB a 1 kHz, emitiendo el nivel de presión sonora constante, en ese momento el dosímetro SV 104 debe recibir automáticamente el nivel de referencia del

calibrador en este caso 94 dB a 1 kHz, de no ser así el técnico ajusta el equipo hasta que los valores coincidan.

La calibración posterior a la medición se realiza repitiendo el proceso descrito anteriormente, y compara el valor obtenido antes y después de la medición, si esta tiene una variación de a ± 0.5 dB es aceptable, pero si supera el valor se descartan las mediciones efectuadas.

Colocación del instrumento

Los dosímetros se colocan de forma que el micrófono se mantenga a unos 10 centímetros del oído, en el hombro, en el cuello del personal al que se está realizando el muestreo. El cable debe sujetarse de tal modo que la influencia mecánica o la cubierta de ropa no conduzcan a resultados falsos. (SVANTEK, 2021)

Plan de medición

Para medir la exposición al ruido de los trabajadores, se efectúa el día 18 de noviembre de 2024 siendo las 3:00 pm, día anterior del inicio de las mediciones, una capacitación a los operarios de troquelado con la presencia y colaboración del técnico responsable de los instrumentos de medición, sobre el ejercicio a desarrollar con el equipo y se les indica desenvolver sus actividades de manera normal evitando interferir con el instrumento, no realizar movimientos bruscos o cualquier contacto involuntario con el micrófono, cualquier conversación innecesaria o gritos durante el turno de trabajo, UNE-EN ISO 9612:2009, Acústica determinación a la exposición del ruido en el trabajo método de ingeniería (2009).

El plan de medición se realizó según la Tabla 6.

Tabla 6. Plan de medición según la estrategia por jornada completa del puesto de troquelado.

N.º	Día Medición Jornada.	Trabajador	Inicio De La Medición, Fin De La Medición	Tiempos De No Medición
1	19 De noviembre de 2024	Nicolas Rojas	7:30 am 3:30 pm	15 minutos de desayuno
2	20 De noviembre de 2024	Darío Moreno		
3	21 De noviembre de 2024	Sebastián Bello		
4	22 De noviembre de 2024	Carlos Peña		
5	25 De noviembre de 2024	Nicolas Rojas		

Fuente: Elaboración propia, 2024.

El plan de medición se realiza según la Tabla 6, por jornada completa para cada trabajador. A cada uno de los operarios se le instala un dosímetro sonoro personal debidamente calibrado al inicio del turno. Los dosímetros sonoros personales se dejan activos durante las cuatro pausas cortas de cinco minutos. Así mismo, la exposición al ruido durante el tiempo del desayuno y el almuerzo no se considera, por lo que el técnico responsable de las mediciones pone los exposímetros en modo pausa.

Al final de la jornada laboral, antes de que los operarios realicen labores de orden y limpieza del puesto de trabajo, siendo las 3:30 pm se retiran los dosímetros sonoros personales y se realizan los procedimientos de calibración adecuados, con un tiempo de muestreo total de 6.75 horas.

Al final de las tres mediciones de la jornada completa en diferentes días y con diferente personal, se halló que los resultados sí varían en más de 3 dB. Por ello, es necesario tomar dos mediciones adicionales de jornada completa, para un total de cinco mediciones.

Tratamiento de datos según los resultados obtenido en las mediciones.

La Tabla 7, representa los datos obtenidos en el muestreo con los instrumentos de medición.

Tabla 7. Resultados mediciones de campo en área de producción, puesto de troquelado laboratorio Eprodesa, 2024.

Día	Nombre operador	Calibración del equipo antes de la medición.	Calibración del equipo después de la medición.	Diferencia calibración	Lp,A,eqT dB (A)	Lp,C,eqT dB (C)	Diferencia Lp,A,eqT, dB (A)	Duración de la medición t
1	Nicolas Rojas	93,5 dB a 1 kHz y se calibra a 94 dB a 1 kHz,	94,23 dB a 1 kHz	0,23 aceptable	88,3	88,3	88,3-85,1= 3.2 No cumple	6,75 horas
2	Darío Moreno	93,5 dB a 1 kHz y se calibra a 94 dB a 1 kHz,	94,02 dB a 1 kHz	0,02 aceptable	85,1	93,7		
3	Sebastián Bello	93,2 dB a 1 kHz y se calibra a 94 dB a 1 kHz,	94,2 dB a 1 kHz	0,2 aceptable	86,7	95,3		
4	Carlos Peña	93,8 dB a 1 kHz y se calibra a 94 dB a 1 kHz,	94,33 dB a 1 kHz	0,33 aceptable	85,3	93		

5	Nicolas Rojas	93,9 dB a 1 kHz y se calibra a 94 dB a 1 kHz,	94,43 dB a 1 kHz	0,43 Aceptable	84,8	92		
---	---------------	---	------------------	-------------------	------	----	--	--

Fuente: Elaboración propia con información de Eprodesa, 2024.

Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A

Inicialmente, se determina el nivel de presión sonora equivalente ponderado A (L_{pAeqTe}) calculado mediante la ecuación 1:

$$L_{p,A,eqTe} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1x L_{p,A,eqT,n}} \right) dB \quad (ec.1)$$

$$L_{p,A,eqTe} = 10 \log \left(\frac{1}{5} \left(10^{0,1x88,3 dB} + 10^{0,1x85,1dB} + 10^{0,1x86,7 dB} + 10^{0,1x85,3 dB} + 10^{0,1x84,8 dB} \right) \right) = 86,26 dB$$

Donde:

N: es el número de mediciones efectuadas

$L_{Aeq,T,n}$: nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, muestra de cada medición en dB.

n: número de la medición.

Nivel de exposición al ruido diario

Una vez se realizó el cálculo del $L_{pAeq,Te}$ (nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A) durante la jornada efectiva, se realiza el cálculo del nivel de exposición diario ponderado A en una jornada de 8 h $L_{EX,8h}$ con la ecuación 2:

$$LEX,A,8h = LAeq,Te + 10 * \log \left(\frac{T_e}{T_0} \right) \quad (ec.2)$$

$$LEX,A,8h = 86,25 dB + 10 * \log \left(\frac{6,75 h}{8 h} \right) = 85,51 dB$$

Donde:

$L_{pAeq,Te}$: nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A durante la jornada efectiva.

T_e : duración efectiva de la jornada de trabajo

T₀: 8 h.

Tratamiento de errores, cálculos de incertidumbre

El cálculo de la incertidumbre es la medida de dispersión, para expresar los valores en el que se encuentra el verdadero valor medido, para el caso de la estrategia basada en jornada laboral establecida en este estudio, se realiza el cálculo de la incertidumbre expandida U del muestreo, aplicando la norma UNE-EN ISO 9612:2009, Acústica determinación a la exposición del ruido en el trabajo método de ingeniería (2009) siguiendo las siguientes fases:

Fase 1. Cálculo para incertidumbre típica u_1 y $c_1 u_1$

La incertidumbre típica u_1 de $L_{pAeq,T}$ se deriva de la ecuación 3 al obtener la media aritmética y hallar el valor de u_1 con la ecuación 4.

$$L_{p,A,eqT} = \frac{1}{N} \sum L_{p,A,eqT,n} = \frac{88,3 + 85,1 + 86,7 + 85,3 + 84,8}{5} = 86,04 \text{ dB} \quad (\text{ec. 3})$$

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} [\sum_{n=1}^N (L_{p,A,eqT,n} - L_{p,A,eqT})^2]} \quad (\text{ec.4})$$

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(5-1)} [(88,3 - 86,04)^2 + (85,1 - 86,04)^2 + (86,7 - 86,04)^2 + (85,3 - 86,04)^2 + (84,8 - 86,04)^2]} = 1,5 \text{ dB (A)}$$

$L_{Aeq,T,n}$: nivel de precisión acústica continuo equivalente ponderado A de la muestra n.

$L_{Aeq,T}$: media aritmética de N mediciones de la presión acústica continuo equivalente ponderado A.

La contribución de la incertidumbre C_1, U_1 será 1,2 dB (A), (Figura 31) con el valor de u_1 : 1,5 dB (A) y $N = 5$.

Figura 31. Incertidumbre Contribución a la incertidumbre, c_{1u1} , del muestreo del nivel de ruido.

N	Contribución a la incertidumbre c_{1u1} de los valores medidos $L_{p(A,eq,T)}$ dB											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
3	0,6	1,6	3,1	5,2	8,0	11,5	15,7	20,6	26,1	32,2	39,0	46,5
4	0,4	0,9	1,6	2,5	3,6	5,0	6,7	8,6	10,9	13,4	16,1	19,2
5	0,3	0,7	1,2	1,7	2,4	3,3	4,4	5,6	6,9	8,5	10,2	12,1
6	0,3	0,6	0,9	1,4	1,9	2,6	3,3	4,2	5,2	6,3	7,6	8,9
7	0,2	0,5	0,8	1,2	1,6	2,2	2,8	3,5	4,3	5,1	6,1	7,2
8	0,2	0,5	0,7	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,6	4,4	5,2	6,1
9	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	3,9	4,6	5,4
10	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	3,5	4,1	4,8
12	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	2,9	3,5	4,0
14	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5
16	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,7	3,2
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9
20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6
25	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3
30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0

Fuente: UNE-EN-ISO 9612:2009

Fase 2. Cálculo de incertidumbre típica por instrumentación u_2

Se selecciona el valor de la desviación típica u_2 (Figura 32), por medio de la identificación del instrumento que se usa para medir las concentraciones, reflejado en el protocolo de muestreo y en la selección del instrumento de medición. El equipo seleccionado es el exposímetro sonoro personal clase II que cumple con la norma IEC61252, es decir, $u_2 = 1,5$ dB (A).

Figura 32. Incertidumbre típica u_2 según UNE-EN-ISO 9612:2009.

Tipo de instrumento	Desviación típica u_2 (o $u_{2,m}$) dB
Sonómetro de clase 1, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002	0,7
Exposímetro sonoro personal, según se especifica en la Norma IEC 61252	1,5
Sonómetro de clase 2, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002	1,5

Fuente: UNE-EN-ISO 9612:2009

Fase 3. Cálculo de incertidumbre típica por posición de medición u_3 .

Según la norma UNE-EN ISO 9612:2009, Acústica determinación a la exposición del ruido en el trabajo método de ingeniería (2009). La desviación debida a la posición del objeto de medición, el micrófono, para la estrategia basada en la jornada completa es de 1.0 dB (A).

Fase 4. Cálculo de los coeficientes de sensibilidad, c_2 y c_3 .

Los coeficientes de sensibilidad del muestreo c_2 y c_3 se derivan de la Figura 33, siendo valorado en $c_2 = c_3 = 1$.

Figura 33. Balance de incertidumbre para la determinación de los niveles de exposición al ruido para una medición basada en jornada completa.

Magnitud	Estimación	Incertidumbre típica u_i	Ley de probabilidad	Coefficiente de sensibilidad c_i	Contribución a la incertidumbre $c_i u_i$ dB
$L_{p,A,eq,T}$	$L_{p,A,eq,T}$ media energética de la $L_{p,A,eq,T}$ medida	u_1 a determinar utilizando la ecuación (C.12)	Normal	c_1	$c_1 u_1$ según indica la tabla C.4
Q_2	0	u_2 según indica la tabla C.5	Normal	$c_2 = 1$	u_2
Q_3^*	0	u_3 según indica el capítulo C.6	Normal	$c_3 = 1$	u_3

* Se espera que Q_3 se sitúe en el rango de -1,0 dB a 0,5 dB. Para simplificar, el valor medio aritmético estimado de Q_3 se considera igual a cero. La incertidumbre típica, u_3 , asociada a las posiciones del micrófono, se supone que debe cubrir esta incertidumbre extra.

Fuente: UNE-EN-ISO 9612:2009

Fase 5. Cálculo u la incertidumbre típica combinada

Para hallar la incertidumbre expandida U es necesario conocer el valor de u , con la ecuación 5:

$$u^2 (LEX, 8h) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 * (u_2^2 + u_3^2) \quad (ec.5)$$

$$u^2 (LEX, 8h) = 1,2^2 + 1^2 * (1,5^2 + 1,0^2) = 4,69 \text{ dB}$$

$$u(LEX, 8h) = \sqrt{4,69 \text{ dB}} = 2,17 \text{ dB (A)}$$

Donde:

c_1 : coeficiente de sensibilidad del muestreo

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

c_2 : coeficiente de sensibilidad por instrumentos de medición

u_2 : incertidumbre típica por instrumentación

u_3 : incertidumbre típica por posición de medición.

Fase 6. Cálculos incertidumbre expandida U

Obtenida con el resultado de la incertidumbre típica combinada y aplicando la ecuación 6:

$$U = 1.65 \times u \quad (ec.6)$$

$$U = 1.65 \times 2,17dB = 3,58 dB$$

Donde:

1.65 es el factor de cobertura, para obtener un intervalo de confianza unilateral de 95%.

u : la incertidumbre típica combinada

Interpretación de los resultados

Los operarios de troquelado involucrados en el muestreo de exposición a ruido están sometidos a un nivel de exposición al ruido diario ponderado A de 85,51 dB (A), con la incertidumbre expandida asociada de 3,58 dB (A) para una probabilidad de cobertura unilateral del 95% y ($k = 1,65$).

Esto indica que hay un 95 % de probabilidad de que el nivel real de exposición al ruido del trabajador se encuentre expuesto alrededor del valor reportado, $L_{EX8h} + U$ es decir, a **89,09 dB (A)**.

Según el (Real Decreto 286/2006, del 10 de marzo, sobre la protección de la salud y seguridad de los empleados ante los peligros asociados a la exposición al ruido, 2006) establece que el límite de exposición diaria a ruido para un día de 8 horas es de $L_{Aeq,d} = 87$ dB(A), lo que implica que el grupo de exposición homogéneo no satisface la normativa legal, perjudicando gravemente la salud de los trabajadores expuestos.

6.1.3. Propuesta de medidas preventivas

En este apartado se describen las medidas correctivas y preventivas que se planifican para reducir los niveles de ruido encontrados después de la evaluación; se diseñan indicaciones específicas en cuanto a la reducción del ruido emitido por las máquinas. Teniendo en cuenta las disposiciones encaminadas en el Art. 4 del (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, 2006) y basados en los principios generales de prevención establecidos en el artículo 15 de la (Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales, 1995).

1. Establecer un programa de mantenimiento preventivo de máquinas con carácter periódico

El técnico de prevención de la empresa Imprelit SAS. Desarrollará un programa de mantenimiento preventivo para todas las máquinas presentes en el área de producción; este programa tendrá una vigencia de un año a partir de la elaboración y establecerá las siguientes especificaciones:

- Formato de inspección mensual para revisar acoplamientos, engranajes, cojinetes y sistemas de transmisión, detectar vibraciones y desequilibrios mecánicos que puedan dar origen a un sonido molesto.
- Establecer un protocolo de aseo y limpieza de los equipos de forma rutinaria como aplicación de lubricantes.
- Firmar un contrato con una empresa para realizar anualmente el mantenimiento de toda máquina generadora de ruido; se tendrán estándares generales para el mantenimiento, como: limpieza profunda, cambio de amortiguadores o aislantes, ajuste, alineación de componentes, lubricación y cambio de partes necesarias. El cual deberá entregar un informe detallado de las condiciones finales de la máquina.
- Generación de manuales de uso paso a paso de cada máquina que deberán estar dispuestos al frente de la misma, con señalización referente a la exposición a altos niveles de ruido.

2. Uso de material absorbente

Añadir un revestimiento de material acústico; se diseña una estructura alrededor de la placa de la máquina con paneles con espuma de poliuretano flexible acústico que absorbe y reduce la energía sonora al momento que la máquina troqueladora golpea la placa al cerrar la tapa y realizar el corte de la lámina.

Algunas características que contempla este absorbente acústico, es contar con una estructura porosa que permite que las ondas del sonido sean absorbidas y penetren la espuma, su forma de pirámide aumenta la absorción efectiva y el rendimiento acústico (Figura 34), (RATSA, 2024). Tiene un grosor de 20 mm, densidad de 2,5 kg/m³ y un adhesivo especializado para fijar a cualquier superficie.

Figura 34. *Espuma absorbente acústico de 20 mm.*



Fuente: RATSA,2024.

3. Reducción del ruido estructural de la máquina

Se deberá minimizar el sonido generado por el roce, impacto y fricción de los componentes de la máquina, incorporando láminas de goma o caucho (Figura 35), debajo de la base de corte, almohadillas de caucho en los extremos de piezas móviles y rieles, disminuyendo el ruido generado por el desplazamiento. Igualmente, colocar juntas de goma o caucho entre los engranajes y soportes para aislar las vibraciones y sustituir los pies de la máquina por bases antivibración en goma o caucho para amortiguar la vibración y ruido generado por el golpe al cerrar la plancha (Mecanocaucho, 2021).

Figura 35. *Juntas de goma o caucho para reducir ruido estructural.*



Fuente: RAISAMEMEX,2024.

4. Utilizar equipos de protección individual

El uso de protectores auditivos en Imprelit SAS, se establecerá como una medida obligatoria, fomentando el uso adecuado de estos a través de charlas educativas y vigilando a que se utilicen conforme a las indicaciones dadas. Por lo cual, el empresario deberá disponer un rubro de recursos financieros para la compra de protectores auditivos apropiados y debidamente ajustados a la necesidad de los trabajadores, los cuales estarán a disposición de ellos para el uso durante el desarrollo de sus actividades dentro de la jornada laboral.

Conforme a lo establecido, los trabajadores utilizarán los siguientes protectores auditivos 3M™ PELTOR™ X1A diadema, Orejeras para la protección auditiva (Figura 36).

Figura 36. 3M™ PELTOR™ X1A diadema, Orejeras para la protección auditiva.



Fuente: 3M SCIENCE APPLIED TO LIFE,2024.

Características de los protectores auditivos:

- Son protectores de tipo pasivos que, por medio de copas de espuma, aíslan y sellan el sonido externo.
- Las orejeras PELTOR™ X1A, diadema de 3M™ son ligeras, con insertos de espuma para las copas auriculares suaves y de baja presión, permitiendo el confort prolongado.
- Se utiliza en la industria de fabricación general, tiene un índice de atenuación de SNR 27 dB (SCIENCE APPLIED TO LIFE,2024).
- Las almohadillas y espumas internas tienen una vida útil de 6 meses con uso regular, por lo que deben ser cambiadas transcurrido ese periodo; sin embargo, el armazón puede durar varios años con el uso adecuado.

Los protectores auditivos deberán darse a los trabajadores en el menor tiempo posible por medio de un acta de entrega de implementos de protección personal, EPI.

Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos

Para calcular la atenuación efectiva de los protectores auditivos se utiliza el método HML de la NTP 638: Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos (2003) se calcula la reducción predicha del nivel del ruido (PNR), cuyo valor señala la reducción que contribuyen los protectores auditivos sobre el nivel de presión sonora al que está sometido el trabajador.

Los valores de H: 32 dB, M: 24 dB, L:16 dB necesarios para el cálculo se extraen de los datos de la ficha técnica de los protectores auditivos incluida en el anexo 1.

Ahora para obtener el valor de L_C , se utilizan los datos reportados por el dosímetro de muestreo personal durante las mediciones Tabla 7, con la ecuación 1 y 2 se halla el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado C y el nivel de exposición a ruido ponderado C LEX, $c,8h$ durante la jornada de 8 horas.

$$L_{p,C,eqTe} = 10 \log \left(\frac{1}{5} \sum_{n=1}^N 10^{0,1x98dB} + 10^{0,1x93,7dB} + 10^{0,1x95,3dB} + 10^{0,1x93dB} + 10^{0,1x92dB} \right) = 94,9dB (C)$$

$$LEX, c,8h = 94,9 dB + 10 * \log \left(\frac{6,75h}{8h} \right) = 94,2 dB (C) = L_C$$

Para el valor de L_A presión sonora ponderada A, corresponde al valor de $LEX, A,8h$ de 85,51 dB (A) expresado en el mismo apartado, la diferencia entre $L_C - L_A = 94,2 dB (C) - 85,51 dB (A) = 8,7dB > a 2 dB$, por lo que se utiliza la ecuación 7 para calcular PNR.

$$PNR = M - \frac{M-L}{8} (L_C - L_A - 2) \text{ (ec.7)}$$

$$L'_A = L_A - PNR$$

$$PNR = 24 dB - \frac{24dB - 16dB}{8} X(94,2 dB (C) - 85,51 dB(A) - 2) = 17,30 dB$$

$$L'_A = 85,51 dB (A) - 17,30 dB = 68 dB (A)$$

El cálculo de atenuación de los protectores auditivos, dan lugar a que el valor de nivel sonoro que le llega al trabajador sea 68 dB cuando está usando el EPI, según la UNE-EN 458:2016 lo considera aceptable porque se encuentra en el rango de 65-70 dB (A).

2. Formar e informar a los trabajadores sobre la exposición a ruido:

El (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, 2006) menciona que es necesario instruir e informar a los trabajadores que se encuentran expuestos al ruido, y permitir la participación de ellos teniendo en cuenta sus sugerencias, ya que el trabajador puede contribuir con propuestas en relación con la mejora de las soluciones técnicas

encontradas para la vigilancia del ruido y de esta manera mejorar el resultado de las medidas preventivas.

A continuación, se explican los aspectos más importantes para implementar esta medida preventiva:

- Capacitar a los trabajadores en conocimientos sobre riesgos acústicos asociados a la tarea y efectos dañinos en la salud a causa del ruido.
- Uso adecuado de equipos de protección individual (EPI) y la importancia de la protección de la audición.
- Fomentar la adopción de buenas prácticas en el trabajo que ayuden a minimizar la exposición al riesgo.

4. Vigilancia a la salud de los trabajadores

Para prevenir problemas de salud auditiva en los trabajadores expuestos al ruido, es fundamental diseñar medidas que incluyan exámenes médicos periódicos que permitan identificar y proteger a los trabajadores de posibles daños a largo plazo. Para lo cual se deberán realizar los siguientes exámenes médicos y evaluación de la salud auditiva:

- Examen médico inicial: este examen establece una línea de base que indica cómo se encuentra la salud auditiva del trabajador.
- Seguimiento periódico: esta revisión se recomienda realizarla anualmente a todos los trabajadores que se encuentren expuestos a niveles de ruido, por medio de evaluaciones de exposición.
- Se deberá realizar exámenes médicos periódicos mínimo una vez al año, dentro de estas se deben incluir audiometrías para detectar signos de pérdida o conservación de la audición.

6.2. Exposición a agentes químicos

En este subapartado se muestra la aplicación práctica de la metodología para evaluar la exposición a agentes químicos presentes en los ambientes de trabajo según la norma española UNE-EN 689:2019, 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

6.2.1. Caracterización básica

En esta etapa se reconocen los agentes químicos más significativos y cómo ocurre la exposición del contaminante al empleado, el factor de exposición y la evaluación de la exposición, detallados a través de las siguientes etapas:

Identificación de los agentes químicos y otra información necesaria: la visita a las instalaciones de la planta se realiza el 4 de noviembre de 2024, a las 8:00 a. m., solicitando al técnico de prevención un listado de los materiales, equipos y sustancias que, debido a sus posibles riesgos, deben ser tomadas en cuenta. La lista de sustancias químicas empleadas en el lugar de troquelado se muestra en la Tabla 8, los agentes químicos a los que está expuesto el operador son: fibras manufacturadas, celulosa y maderas blandas.

Se puede afirmar que en esta posición se hallan diversos materiales que comparten una característica similar, su composición de celulosa de papel. Según las características del empaque requerido, se lleva a cabo el troquelado, etapa en la que se produce el material particulado (agente químico en investigación), que se dispersa en el entorno, tal como se ilustra en la Figura 37.

Figura 37. *Material particulado presente en el proceso de troquelado empresa Imprelit SAS.*



Fuente: Imprelit, 2024.

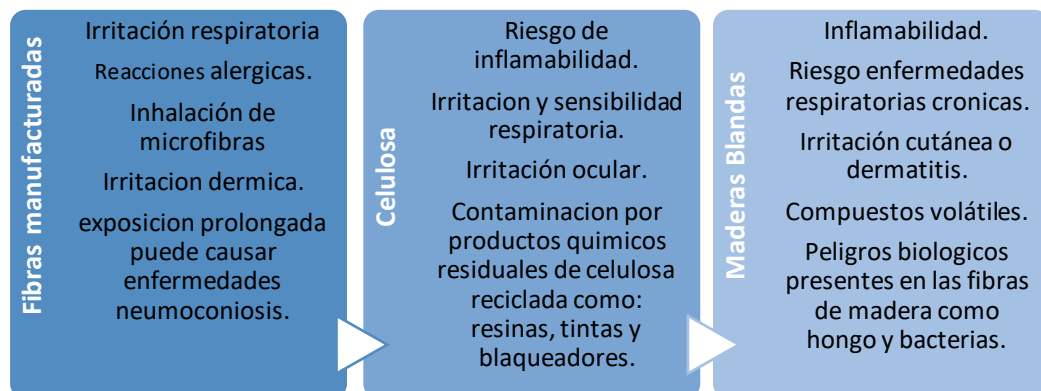
Tabla 8. Lista de agentes químicos usados en el puesto de troquelado empresa Imprelit SAS.

Material utilizado	Composición	Agente químico	VLA-ED	Número CAS	Número EC
Papel	Fibras de celulosa virgen y reciclada	Fibras manufacturadas. Otras fibras artificiales o sintéticas	1 fibra/cm ³	-----	-----
Cartulina su gramaje es mayor a 200 g/m²	Mezcla de celulosa virgen con sulfito	Celulosa	10 mg/m ³	9004-34-6	232-674-9
	Mezcla de celulosa reciclada del 30%	Celulosa con impurezas desconocidas	10 mg/m ³		
Micro corrugado en papel Bond	fabricado con fibra de eucalipto 100% blanqueada o planta de algodón	Maderas blandas polvo	2 mg/m ³	-----	-----
Cartón corrugado y micro corrugado en papel Kraft	Celulosa virgen pulpa de fibra de madera molida	Maderas blandas polvo	2 mg/m ³	-----	-----
	Celulosa reciclada: obtenida de cartón reciclado con aditivos químicos.	celulosa con impurezas desconocidas	10 mg/m ³	9004-34-6	232-674-9

Fuente: Elaboración propia con información de EPA, 2022.

Otros datos vinculados con la exposición al compuesto químico serán las fichas técnicas y de seguridad de los materiales empleados en la Tabla 8. Esto proporciona datos relevantes acerca de los riesgos por inhalación, pudiendo ocasionar irritación en la garganta y una sensación de presión en el pecho, tos o jadeo (Figura 38).

Figura 38. Información sobre los peligros de los materiales cartón cartulina, cartón micro-corrugado, papel bond y Kraft.



Fuente: Elaboración propia con información de fichas de seguridad Imprelit, 2024.

Revisión de los factores de exposición del lugar de trabajo: el tema organizativo del puesto de troquelado, como: el orden, la limpieza, el horario, las funciones, tiempos de exposición, ambiente térmico del puesto como humedad, temperatura, ventilación y en general la duración de periodos de la exposición constante o variada a lo largo del día del puesto de trabajo de troquelado se revisan en el apartado 4.2 en la descripción del puesto.

Estimación de la exposición: respecto a datos de evaluaciones pasadas, no se hallaron mediciones previas en el puesto de trabajo, ni de ninguna área de la planta, por lo que solo se cuenta con los datos de la bibliografía indagada en el punto 2.2 del presente informe.

Con base en los datos proporcionados en la caracterización básica, se deduce que los datos presentados son insuficientes para determinar la conformidad con el VLA. Por lo tanto, es necesario elaborar un plan de muestreo para el agente químico de **celulosa** con VLA de 10mg/m³, ya que es la composición principal de todas las materias primas (papel, cartulina, papel reciclado, papel blanco, papel Kraft y cartón) Polvos y partículas.

Constitución de los Grupos de Exposición Similar (GES)

A continuación, se define el grupo de trabajadores objeto de estudio, que tienen el mismo perfil general de exposición para agentes químicos son: los cuatro operarios de troquelado de la máquina amarilla y las máquinas gris, azul y bobst, seleccionando un único grupo GES que presentan tareas, funciones, equipos y métodos de trabajo parejos y comparten las mismas condiciones ambientales.

Procedimiento de medición

Para determinar el contaminante químico se emplea el siguiente método:

Método 0600 NIOSH: recolección y análisis de partículas, vapores y gases en el aire; mide la concentración de masa de cualquier polvo respirable no volátil. El método utiliza técnicas de muestreo con filtro para luego analizar las muestras en laboratorios. El rango de aplicabilidad de trabajo es de 0,5 a 10 mg/m³ para una muestra de aire de 200 L (NIOSH, 1998).

Para medir la concentración de exposición del agente químico de celulosa para el puesto de troquelado, se utiliza una bomba de muestreo personal de 1,7 L/min ± 5% para ciclón de nailon, un calibrador de flujo que permite ajustar la bomba al caudal deseado y un filtro de

tamaño de poro de 5.0 μm , filtro de cloruro de polivinilo sostenido por un soporte de filtro de casete (NIOSH, 1998).

Preparación del equipo:

1. Calibrar la bomba: pasar un volumen de aire en el calibrador; este permite ajustar la bomba para que opere a caudal de 1,7 L/min en las condiciones de temperatura y presión del lugar donde se va a realizar el muestreo, ya que estos factores pueden afectar el flujo de aire.
2. El filtro debe pesarse antes y después del muestreo en un ambiente controlado por lo menos durante dos horas previas; luego se coloca el filtro en el dispositivo de muestreo, asegurándose de que no tenga fugas ni pliegues, pues este es el encargado de retener las partículas en suspensión, polvo y fibras.
3. Verificar el flujo de aire utilizando nuevamente el calibrador de flujo, para verificar que el caudal se encuentre en 1,7 L/min; en caso de no estar en ese flujo, se ajusta la bomba hasta obtener el valor correcto (NIOSH, 1998).

Se recolectan tres muestras durante el día de trabajo, cada una con un periodo de 2 horas.

Plan de medición

Inicia con la recolección de tres muestras por jornada laboral de 8 horas (A, B, C); las muestras se recolectan de la siguiente manera: la A, durante la mañana, desde las 7:30 am-9:30 am; la B, durante el mediodía, desde las 11:00 am-1:00 pm; y la C, durante la tarde, desde las 2:00 pm-4:00 pm. Lo que permite determinar la exposición media del operario durante el día de trabajo, abarcando al menos el 80%. El periodo al que está expuesto el operario al agente contaminante es 6,75 horas, después de descontar a la jornada laboral el tiempo del desayuno, el alistamiento, el montaje de troquel y la limpieza. El muestreo se lleva a cabo en tres jornadas distintas, con tres trabajadores de troquelado diferentes, con el objetivo de evaluar la prueba preliminar y establecer si es conforme, no conforme o no decisión.

El día previo al comienzo del plan de muestreo, se realiza una formación para los empleados el 8 de noviembre de 2024 a las 3:00 pm, con la asistencia y cooperación del técnico encargado del instrumento de medición del laboratorio. En la formación se detallan temas acerca del

ejercicio a realizar con el instrumento de muestreo y se sugiere realizar sus tareas de forma habitual.

El muestreo tuvo lugar los días 11, 12 y 13 de noviembre de 2024, donde se ubica el equipo de muestreo personal cerca de la región respiratoria del empleado, a menos de 30 cm de la nariz y la boca, con el propósito de registrar de manera directa la exposición del agente inhalado. Una vez finalizado el muestreo, se apaga la bomba y se extrae el filtro de cloruro de polivinilo sostenido, previniendo la contaminación de la muestra. Luego, se etiqueta y almacena para estudio posterior, en el laboratorio, mediante análisis gravimétrico.

6.2.2. Análisis de resultados y conclusiones de la evaluación a exposición a agentes químicos

Presentación de los resultados

En la Tabla 9, se representan las concentraciones del agente químico de celulosa encontrado en proceso de muestreo y después de realizado el análisis en laboratorio.

Tabla 9. Resultado del muestreo, análisis de laboratorio del agente químico de celulosa, en la empresa Imprelit SAS.

Personal Muestreado	Fecha Jornada	Jornada Laboral	Muestra	Concentración mg/m ³	Tiempo Horas
Nicolas Rojas	11/11/2024	1	A	4,69	2
			B	5,67	2
			C	5,89	2
Darío Moreno	12/11/2024	2	A	4,77	2
			B	5,03	2
			C	5,78	2
Sebastián Bello	13/11/2024	3	A	4,79	2
			B	5,88	2
			C	6,01	2

Fuente: Elaboración propia con información de NULAB laboratorios, 2024.

Prueba preliminar

Se aplica la prueba preliminar del agente químico de celulosa con 3 mediciones, para identificar si se debe ampliar el método de análisis de prueba estadístico. Inicialmente, se realiza el cálculo de ED exposición diaria, por jornada, con la siguiente ecuación 8:

$$ED = \sum \frac{Ci * ti}{8} \quad (\text{ec.8})$$

Donde:

Ci: es la concentración del agente contaminante, encontrada en el muestreo.

Ti: tiempo de duración de la muestra.

Al aplicar la fórmula para la jornada 1:

$$ED_{jornada1} = \frac{\left(\frac{4,69mg}{m^3} \times 2h\right) + \left(5,67 \frac{mg}{m^3} \times 2h\right) + \left(5,89 \frac{mg}{m^3} \times 2h\right)}{8} = 4,06 \text{ mg/m}^3$$

Ahora se deberá calcular el índice de exposición (IE) del agente químico de celulosa para la jornada 1, por medio de la ecuación 9:

$$IE = \frac{ED}{VLA-ED} \quad (\text{ec.9})$$

$$IE_{jornada1} = \frac{ED}{VLA - ED} = \frac{4,06 \text{ mg/m}^3}{10 \text{ mg/m}^3} = 0,41$$

Así mismo se establece el cálculo de ED exposición diaria y el IE índice de exposición para la jornada 2 y 3, obteniendo los resultados de la Tabla 10. En la cual se analiza que, para tres mediciones de la exposición preliminar, si todos los resultados son inferiores a 0,1VLA o IE<0,1, la exposición es inferior al VLA y establece una conformidad. El valor arrojado en el agente químico de celulosa, el IE > 0,1 es una No conformidad.

Tabla 10. Resultado de la prueba preliminar para el agente químico de celulosa.

Personal muestreado	Jornada laboral	ED Mg/m ³	IE	Prueba preliminar
Nicolas Rojas	1	4,06	0,41	NO decisión
Darío Moreno	2	3,90	0,39	
Sebastián Bello	3	4,17	0,42	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Los valores de exposición diaria ED por jornada están por encima de 0.1 VLA para tres mediciones, pero se encuentran por debajo del valor límite ambiental profesional VLA de 10 mg/m³ para la celulosa Tabla 10, por lo que está en una situación de no decisión y se deberá aplicar la prueba de test estadístico.

Validación del GES

Se utiliza la fórmula de Hazen para calcular los percentiles de un conjunto de datos ordenados, con la ecuación 10, con el fin de verificar si las mediciones de ED valoradas en la recta son representativas al GES o por el contrario se debe excluir.

$$Pk = \frac{k - \frac{3}{8}}{(n + \frac{1}{4})} = \quad (\text{ec.10})$$

$$Pkj1 = \frac{1 - 3/8}{3 + 1/4} = 0,19$$

k: posición de resultado en series ascendentes

n: número total de resultados

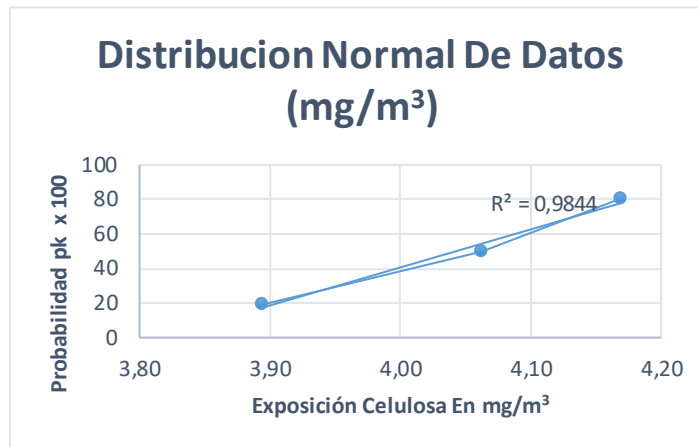
Tabla 11. Resultados obtenidos fórmula Hazen para el cálculo de percentiles.

Jornada	ED en orden ascendente	k	pk	pk (%)
2	3,90	1	0,19	19
1	4,06	2	0,50	50
3	4,17	3	0,81	81

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Para ilustrar el esquema de probabilidad semilogarítmica, se verifican los resultados de Pk de las jornadas 2 y 3 en términos de porcentaje pk (%), consultar la Tabla 11. Los datos mostrados en la Figura 39 señalan que siguen una relación exponencial y son coherentes, teniendo en cuenta que el conjunto de mediciones efectuadas es representativa y cohesiva, lo que sugiere que no se produjeron errores importantes en el muestreo. Señalando que el grupo de exposición similar seleccionado es válido.

Figura 39. Grafica de distribución normal de datos, mediciones de concentraciones ED del agente químico de celulosa, prueba preliminar.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Test estadístico

Para llevar a cabo el test estadístico, se recolecta tres muestras adicionales del nivel de exposición diario ED, por jornada de trabajo, con el objetivo de obtener 6 muestras representativas, tal como se ilustra en la Tabla 12.

Tabla 12. Resultados del test estadístico para el agente químico de celulosa.

Personal muestreado	Jornada laboral	Tiempo horas	Celulosa ED mg/m³	EI	ED en orden ascendente	k	pk	pk (%)
Nicolas Rojas	1	6	4,06	0,41	3,90	1	0,10	10
Darío Moreno	2	6	3,90	0,39	3,92	2	0,26	26
Sebastián Bello	3	6	4,17	0,42	3,98	3	0,42	42
Carlos Peña	4	6	3,92	0,39	4,06	4	0,58	58
Nicolas Rojas	5	6	4,11	0,41	4,11	5	0,74	74
Darío Moreno	6	6	3,98	0,40	4,17	6	0,90	90

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En primera instancia se identifica el valor máximo y mínimo del conjunto de datos de las concentraciones de celulosa, siendo máxima: 4,17 mg/ m³ y para mínima será: 3,90 mg/m³, restando estas dos se obtiene el rango (Máx.-Min.) de 0,27 mg/ m³.

Conforme a lo establecido en la norma UNE-EN 689:2019, 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 (2019) se dispone a calcular los parámetros de distribución log-normal.

Distribución log-normal

Deberá calcularse la media geométrica (MG) y desviación estándar geométrica (DSG) de las mediciones de acuerdo con la ecuación 11 y 12:

$$MG = e^{\frac{\sum_{i=1}^n \ln(x_i)}{n}} \text{ (ec.11)}$$

$$MG = e^{\frac{\ln 3,90 + \ln 3,92 + \ln 3,98 + \ln 4,06 + \ln 4,11 + \ln 4,17}{6}} = 4,02 \text{ mg/m}^3$$

$$\ln(MG) = \ln 4,02 = 1,39$$

$$DSG = e^{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln(x_i) - \ln_{MG})^2}} \text{ (ec.12)}$$

$$DSG = e^{\sqrt{((-0,02)^2 + (-0,02)^2 + (-0,008)^2 + (0,015)^2 + (0,02)^2 + (0,04)^2)/5}} = 1,027$$

$$\ln(DSG) = \ln 1,027 = 0,027$$

Ahora, con los resultados obtenidos se procede a realizar el cálculo de la incertidumbre relativa U_R , ecuación 13, este se compara con la incertidumbre total U_T , para obtener la conformidad de la exposición.

$$U_R = \frac{(\ln(VLA) - \ln(MG))}{\ln(DSG)} = \frac{2,30 - 1,39}{0,027} = 33,70 \text{ (ec.13)}$$

Decisión

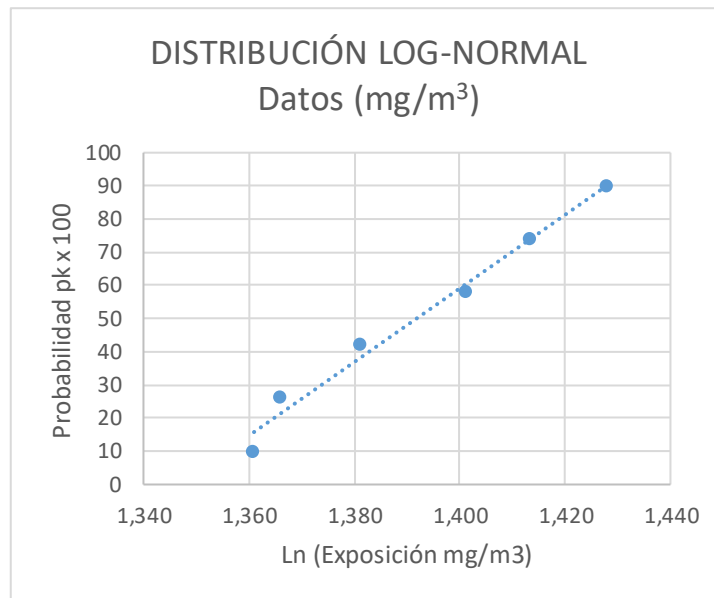
La UNE-EN 689:2019, Exposición en el lugar de trabajo, medición de la exposición por inhalación de agentes químicos, estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional (2019) estipula la incertidumbre total U_T como factor de conformidad, dependiendo del número de mediciones de la exposición; para 6 mediciones, $U_T = 2,187$. Por lo tanto, para la distribución log-normal, $U_R = 33,70 > 2,187$ es decir, CONFORME. Esto indica que el agente químico de celulosa se localiza entre el valor límite ambiental profesional permitido por la legislación, encontrándose en $4,02 \text{ mg/m}^3$.

Validación de los GES

Al analizar los datos de pk (%) calculados con la ecuación 10, mostrados en la Tabla 12 y con la representación de la gráfica de distribución log-normal. En la Figura 40, se concluye que las mediciones realizadas son homogéneas y tienen la dispersión en escala logarítmica baja, dado

que la desviación estándar geométrica es cercana a 1, por esta razón la validación de los GES, es aceptable. Esto afirma que las concentraciones medidas son consistentes y pueden considerarse representativas.

Figura 40. Grafica de distribución logarítmica normal de datos, fórmula Hazen para el agente químico de celulosa, test estadístico.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Reevaluación de la exposición

Para reconocer el lapso al que se deberá ejecutar nuevamente la evaluación del agente químico de celulosa, se debe comparar el valor de MG (media geométrica) con el VLA (valor límite de exposición profesional). El periodo de revaloración será de 18 meses, puesto que, $MG = 4,02 \text{ mg/m}^3$ aplica $0,25 \text{ VLA} < MG < 0,50 \text{ VLA}$, siendo $(0,25 \times 10 \text{ mg/m}^3 = 2,5 \text{ mg/m}^3)$ y $0,50 \times 10 \text{ mg/m}^3 = 5 \text{ mg/m}^3$, entonces $(2,5 \text{ mg/m}^3 < 4,02 \text{ mg/m}^3 < 5 \text{ mg/m}^3)$.

6.2.3. Propuestas de prevención

Las medidas siempre deben plantearse bajo el principio de prevención, primero medidas colectivas, después individuales.

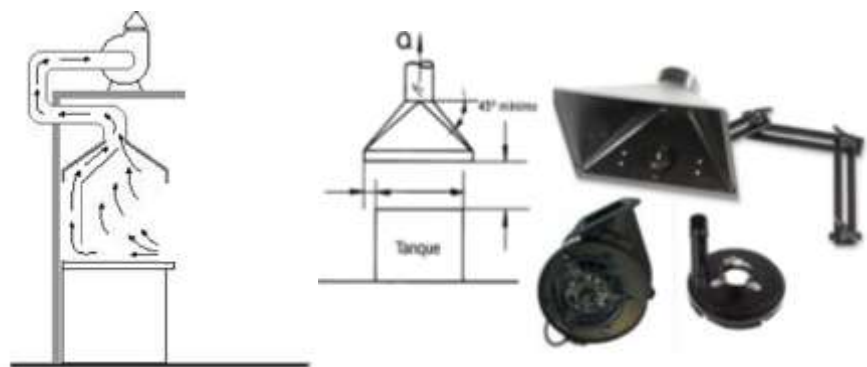
1. Instalación de un sistema de ventilación de extracción Local

Instalar sistemas de extracción localizada en el puesto de trabajo donde se origina el material particulado, así capturar el polvo directamente del foco de generación, según las

características del agente químico de celulosa, se podrá disponer un equipo de campanas de extracción (Figura 41), que cumpla las siguientes características:

- La Campana de extracción debe estar diseñada para la captación del aire contaminado desde el foco o máquina de troquelado y redirigir hacia el exterior o sistemas de filtrado, por esta razón debe instalarse en la superficie de las máquinas de troquelado como se muestra en la Figura 41, donde la distancia de la campana debe estar máximo a 2 metros del piso (DEBREGEN, 2024).
- Motor o ventilador de extracción para madera, polvos de litografía debe tener mínimo 13 m/s de velocidad del aire dentro del conducto, necesaria para evitar que las partículas sólidas en suspensión sedimenten y queden depositadas en el mismo.
- Contener un Filtro HEPA: para partículas finas, en caso de no redirigir el aire hacia afuera.
- El motor o ventilador extractor debe contener un sistema que reduzca el ruido generado por el motor y los conductos (SOLERPALAU, 2024).

Figura 41. Sistema de extracción localizada por campana.



Fuente: DEBREGEN, 2024.

2. Limpieza y mantenimiento

Generar un programa de orden y limpieza que intervenga directamente sobre el foco, eliminando frecuentemente el contaminante, este programa deberá contener:

- La frecuencia de la limpieza: limpieza diaria de pisos y superficies de constante uso, es decir, todas las máquinas de uso diario, mesa, estantería, equipos, herramientas y pisos.

- Asignación de los responsables: se le establecerá a cada persona el área la cual debe limpiar y mantener en orden, como el responsable del control y supervisión del programa.
- Cronograma: definir horarios específicos en el día para realizar la limpieza, como también disponer el tiempo para la limpieza profunda de las áreas.
- Protocolos: elaborar una metodología específica para llevar a cabo el proceso de limpieza, especificando las características de cada área ejemplo: barrer, trapear y desinfectar describiendo cada proceso con los utensilios y productos utilizados.
- Registrar los productos necesarios para realizar la limpieza, así mismo revisar las condiciones de uso y afectaciones a la salud.
- Registro documental del desarrollo del programa de limpieza.
- Informar y capacitar a los colaboradores sobre las características e información necesaria para el programa de limpieza.

3. Uso de Equipos de Protección individual (EPI)

Gracias a las características del agente químico evaluado, el protector respiratorio seleccionado para el puesto de troquelado será la mascarilla auto filtrante 3M 8801 la cual tiene las siguientes características:

- Medias máscaras filtrantes de protección contra partículas según la UNE-EN 149:2001+A1:2010 de tipo P1/FFP2 refiriéndose a la eficacia filtrante de P1= baja y mascarillas FFP que no protegen de gases ni vapores químicos, pero sí frente a partículas sólidas y aerosoles líquidos, contemplando el FFP2, para fugas de máximo 8 %, utilizadas para retener partículas de maderas blandas, molienda, fibra de vidrio, fibra mineral, grafito y polvo (INSST, 2019).
- El respirador 3M 8801 aporta una protección contra partículas de polvo y nieblas, gracias a microfibras tratadas electrostáticamente, su diseño con dos bandas de ajuste, zona nasal y clip metálico para ajuste a la nariz (Figura 42).

Figura 42. 3M Mascarilla 8801 P2 Para Polvos, Humos Y Neblinas (35690).



Fuente: SEGUTECNICA, 2024.

- Está diseñada para un tiempo de uso de ocho horas laborales en concentraciones moderadas del contaminante y posterior desecho.
- La medida organizativa se plantea la adquisición e implementación de señales del uso adecuado de los implementos de protección personal.
- Formación e información al personal sobre el uso eficiente del protector respiratorio.

6.3. Evaluación ergonómica por manipulación manual de cargas MMC

Observación de la tarea

La recopilación de datos se lleva a cabo el 25 de noviembre durante la mañana a través de un cuestionario para recopilar información acerca de la manipulación de carga a la que se encuentra expuesto el operario de troquelado, información que se encuentra en la Tabla 13.

Tabla 13. Cuestionario factores de riesgo que intervienen en la manipulación manual de cargas.

Ítems evaluados	Características encontradas
Carece el trabajador de conocimiento del peso real de la carga a manipular	Se identificó que la carga en promedio tiene un peso de 12 kilogramos y el trabajador conoce el peso de este, manifiesta que prefiere hacer dos levantamientos de la carga, fraccionada que alzar todo el material por que el volumen dificulta su agarre.
Exposición a vibraciones	El trabajador manifiesta que la máquina no genera vibraciones, ya que contiene unas gomas en las patas que amortiguan los movimientos de golpe que produce la bandeja de troquelado.
Se inclina el tronco para manipular la carga	SI, el trabajador manifiesta que dependiendo la altura del estante o estiba donde dispone la carga, es variable, en ocasiones debe inclinarse.

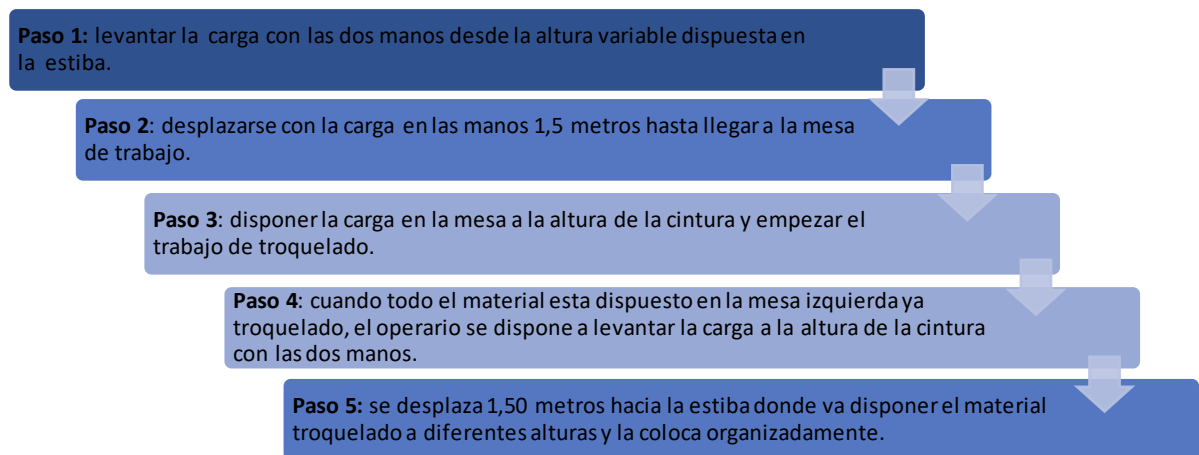
Ejerce fuerza, empuje o tracción elevada	No, el operario manifiesta que no empuja ni arrastra la carga, en cuanto la fuerza, la carga no la considera pesada pues es fácil de soportar.
La carga es voluminosa mayor a 60x50x60 cm	Si, la carga es variable, según las indicaciones y medidas del corte o troquelado en el caso de las láminas de cartulina van de 40x90x60 cm aproximadamente.
Se puede desplazar en el centro de gravedad	Solo en el mismo eje, mientras está realizando la tarea de troquelado, luego para dejar la carga se debe desplazar 1,5 metros.
Las corrientes de aire, ráfagas de viento pueden desequilibrar la carga	Si, ya que son láminas de papel delgadas estas pueden moverse o caerse.
La iluminación es eficiente para la manipulación	Si, el espacio físico de producción tiene buena entrada de luz natural durante las horas de la mañana y tarde, mientras que después de las 3:00pm se encienden las luces generales del local.
El uniforme o equipos de protección personal dificultan la manipulación	No, el operario manifiesta que el material del uniforme es ligero y flexible, además el buzo que maneja le mantiene descubierto el brazo desde el antebrazo ayudando a la movilidad de este.
El calzado es adecuado para la manipulación	Si, en la planta de producción se utilizan botas punta de acero que protegen de golpes por tropiezo o caída de objetos.
El trabajador es especialmente sensible al riesgo (mujer embarazada, patologías dorsolumbares)	No, el trabajador manifiesta estar en muy buenas condiciones de salud y de no padecer ningún dolor, fractura o condición dorsolumbar.
El trabajador tiene formación para realizar la manipulación de carga segura	No, el trabajador comenta que la empresa no le ha realizado capacitaciones ni información alguna de cómo debe manipular la carga.
Cuando se trate de alzar o descender la carga con necesidad de modificar el agarre	Si, en ocasiones el lugar donde debe disponer la carga tiene una elevada o muy baja altura por lo que obliga a cambiar el agarre.

Fuente: Elaboración propia con información de INSST, 2011.

Al realizar la descripción detallada de cada una de las tareas que involucran la manipulación manual de carga (ver apartado 4.2), se determinó que se debe hacer una evaluación de **multitarea**, identificando el levantamiento y la colocación de la carga a distintos niveles, aplicando la ecuación de NIOSH para cada una de ellas.

Las acciones que realiza el operario para manipular la carga se describen en la Figura 43.

Figura 43. Descripción de las tareas que realiza el operario de troquelado al manipular la carga.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Control significativo de la carga en el levantamiento y colocación

En dos oportunidades el trabajador de troquelado lleva a cabo la manipulación manual de carga, al comienzo del proceso, recoge el material del estibador, se traslada a su lugar de trabajo y lo dispone en el mesón. En ese procedimiento, el trabajador no se agacha, ni flexiona su parte lumbar al comienzo y mantiene la carga en la posición de la cadera, lo que significa que no se produce un control considerable de la carga.

Después de troquelar todo el material, el operario toma la carga acumulada sobre el nivel de la cadera y se desplaza con la carga para dejarla nuevamente en el estibador, donde puede variar la distancia vertical de colocación del objeto, por lo que se pueden presentar esfuerzos equiparables o superiores al soltarla. Cuando esto ocurre, se indicará que el levantamiento requiere control significativo de la carga en el destino. En estos casos se deben evaluar ambos gestos, el inicio y el final del levantamiento (Figura 44). Instituyendo un estudio multitarea y aplicando dos veces la ecuación de NIOSH, seleccionando como peso máximo recomendado (RWL) el más desfavorable de los dos (Diego-Mas, 2015b).

Figura 44. Levantamiento y disposición final de la carga del operario de troquelado.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

6.3.1. Recolección de datos

Los principales parámetros por estudiar en el proceso son:

El peso del objeto manipulado: La carga se compone de alrededor de 1300 hojas o láminas de cartulina u otro material seleccionado por el cliente para la confección del empaque, lo que pesa cerca de 12 kilogramos si no se utiliza un contenedor (Figura 45).

Figura 45. Volumen aproximado de una carga de 12 kg, la cual manipula el operador de troquelado de la empresa Imprelit SAS.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Identificación de los factores multiplicadores

En esta etapa se realiza el desarrollo de la puntuación asignada para cada factor multiplicador, este influye en la aplicación de la ecuación NIOSH. Tanto para la tarea de levantamiento como para la tarea de colocación.

1. Factor de distancia horizontal (HM): Ubicado entre el punto de agarre y el punto medio de la línea que conecta los tobillos. Debe medirse tanto en el origen del levantamiento como en el destino, obteniendo los valores de H en la imagen (Figura 46) y aplicando la ecuación 14.

$$HM = 25 / H \text{ (ec.14)}$$

4. Factor de distancia vertical (VM): Calculado mediante la ecuación 15:

$$VM = (1 - 0.003 |V - 75|) \text{ (ec.15)}$$

El resultado para la tarea de levantamiento es $VM = 0,88$. Indica que se produce un riesgo moderado, mientras que la actividad de colocación es $VM = 0,99$ y con un V de 73 cm (Figura 46) es más cercano a 75 cm, por lo que genera un rango óptimo Tabla 14.

Tabla 14. Aplicación de la ecuación de distancia horizontal y vertical según la tarea realizada en la manipulación de cargas del puesto de troquelado.

Tarea de levantamiento origen	Tarea de colocación o destino
$HM = 25 / H$ $HM = \frac{25}{44 \text{ Cm}} = 0,56$	$HM = 25 / H$ $HM = \frac{25}{52 \text{ Cm}} = 0,48$
$VM = (1 - 0.003 112 - 75)$ $VM = (1 - 0.003 \times 37)$ $VM = (1 - 0,111)$ $VM = 0,88$	$VM = (1 - 0.003 73 - 75)$ $VM = (1 - 0.003 \times 2)$ $VM = (1 - 0,006)$ $VM = 0,99$

Fuente: Elaboración propia con información de Diego-Mas, 2015b.

En la Figura 46 se identifica cuáles son los datos que el técnico de prevención recolectó, para hallar distancia horizontal y vertical proyectada.

Figura 46. Localización estándar de levantamiento y colocación, para hallar el factor de distancia Horizontal (HM) y factor de distancia vertical (HV) de la ecuación NIOSH.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

3. Factor de Desplazamiento Vertical (DM): Para hallar el desplazamiento de la tarea, se usa la ecuación 16:

$$DM = 0.82 + (4.5 / D) \text{ (ec.16)}$$

$$D = | V_o - V_d |$$

En la fórmula D, es la diferencia tomada en valor absoluto, entre la altura de la carga al inicio del levantamiento (V en el origen) y al final del levantamiento (V en el destino).

El DM de la tarea de levantamiento: el operario toma la carga desde la distancia vertical de 100 cm, al borde de la cintura la cual se sitúa en la posición de la mesa, ajustando la carga a una distancia de 112cm, para tener mejor distribución del peso (Figura 47), por lo que al aplicar la ecuación 16 será:

$$D = | 100\text{cm} - 112\text{cm} | = 12\text{cm}$$

$$DM = 0.82 + (4.5 / 12\text{cm}) = 1,19$$

Al interpretar esta regla Si $D \leq 25\text{cm}$ $DM = 1$ riesgo reducido.

Figura 47. Distancia vertical de desplazamiento en la tarea de levantamiento de la carga, para el operario de troquelado.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

El DM de la tarea de colocación: El operario se desplaza con la carga a una elevación de 112 cm y al soltar y ponerlo en la estiba la distancia vertical cambia a 73cm (Figura 48), valorando DM en: 0,93 cm, refleja mayor impacto ergonómico al ejercer movimiento lumbar.

$$D = | 112 - 73 | = 39 \text{ cm}$$

$$DM = 0.82 + (4.5 / 39\text{cm}) = 0,93 \text{ cm}$$

Figura 48. Distancia vertical de desplazamiento en la tarea de colocación de la carga, para el operario de troquelado.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

4. Factor de Asimetría (AM):

En esta fórmula A es ángulo de giro (en grados sexagesimales) debe medirse con la Figura 49 y aplicar la ecuación 17:

$$AM = 1 - (0.0032 * A) \text{ (ec.17)}$$

La Tabla 15, modela el cálculo de AM, tanto en el origen como en el destino. Generando un riesgo ergonómico más elevado en el movimiento ejercido en el origen, lo que significa que el operario debe ejercer una posición forzada al manipular la carga.

Tabla 15. Aplicación de la ecuación para hallar el factor de asimetría AM de las tareas de levantamiento y colocación de la carga en el puesto de troquelado.

Tarea de levantamiento origen	Tarea de colocación destino
$AM = 1 - (0.0032 * 90^\circ)$	$AM = 1 - (0.0032 * 10^\circ)$
AM=1-0,288	AM=1- 0,032
AM=0,712	AM=0,96

Fuente: Elaboración propia de Diego-Mas, 2015b.

Figura 49. Ángulo de asimetría para calcular el factor AM del levantamiento y la colocación de la ecuación NIOSH.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

5. Factor de Frecuencia (FM):

Se determina a partir de la Figura 50 con la duración de la tarea. Al contabilizar los levantamientos de origen y destino, el trabajo se lleva a cabo de manera constante 1 vez cada 45 minutos, lo que indica una frecuencia baja. Sin embargo, en cuanto a la carga, esta se aplica al cuerpo durante todo el día y no tiene un periodo de recuperación cuando se está llevando a cabo el trabajo de troquelado, lo que implica una larga duración.

Figura 50. Cálculo de la duración de la tarea, ecuación NIOSH.

Tiempo	Duración	Tiempo de recuperación
≤1 hora	Corta	al menos 1,2 veces el tiempo de trabajo
>1 - 2 horas	Moderada	al menos 0,3 veces el tiempo de trabajo
>2 - 8 horas	Larga	

Fuente: Diego-Mas, 2015b

La frecuencia de levantamiento por minuto es igual a:

$$1 \text{ levantamiento} / 45 \text{ minutos} = 0,02 \text{ levantamientos } \times \text{ minuto.}$$

La frecuencia es menor a 0,2 elevaciones/minutos. Para obtener el valor del factor de frecuencia (Figura 51), se tiene en cuenta la distancia vertical, de la tarea, 112 cm, para el levantamiento del origen y 73 cm, para colocación en el destino, estos valores anteriormente calculados, Obteniendo:

- Origen: $112 \text{ cm} > 75 = 0,85$

- Destino: 73 cm < 75 = 0,85

Figura 51. Cálculo del Factor de Frecuencia del levantamiento y la colocación de la ecuación NIOSH.

FRECUENCIA elev/min	Larga	
	V<75	V>75
< 0,2	0,85	0,85
0,5	0,81	0,81
1	0,75	0,75
2	0,65	0,65

Fuente: Diego-Mas, 2015b

6. Factor de Agarre (CM):

Para decidir el tipo de agarre se emplea la tabla de decisión presentada en la Figura 52, estableciendo las tareas de origen y destino, un tipo de agarre malo, evaluando que la carga no tiene contenedores, el objeto es voluminoso, irregular y a granel.

Para el origen el valor de CM es 0,90 identificados de color azul porque V>75cm y la tarea de destino el valor de CM es 0, 90, donde V < 75 cm.

Figura 52. Cálculo del factor de agarre según la ecuación NIOSH para manipulación manual de cargas del origen y de destino.

TIPO DE AGARRE	V < 75	V ≥ 75
Bueno	1,00	1,00
Regular	0,95	1,00
Malo	0,90	0,90



Fuente: Elaboración propia con información de Diego-Mas, 2015b.

6.3.2. Aplicación de la ecuación NIOSH e interpretación

Al realizar el análisis de los factores multiplicadores se procede a resolver la Ecuación de NIOSH que calcula el peso límite recomendado RWL mediante la siguiente ecuación 18:

$$RWL = LC \cdot HM \cdot VM \cdot DM \cdot AM \cdot FM \cdot CM \text{ (ec. 18)}$$

Donde:

LC es la constante de carga: el peso máximo que podría ser levantado sin problemas, por el 75% de las mujeres y el 90% de los hombres. NIOSH, toma el valor 23 kg. (Diego-Mas, 2015b.).

Para levantamiento u origen:

$$RWL = 23kg \times 0,56 \times 0,88 \times 1 \times 0,71 \times 0,85 \times 0,90 = 6,15 \text{ kg}$$

Para colocación o destino:

$$RWL = 23kg \times 0,48 \times 0,99 \times 0,93 \times 0,96 \times 0,85 \times 0,90 = 7,46kg$$

Según el autor Diego-Mas “Si el RWL es mayor o igual al peso levantado se considera que la tarea puede ser desarrollada por la mayor parte de los trabajadores sin problemas. Si el RWL es menor que el peso realmente levantado existe riesgo de lumbalgias y lesiones” (2015b).

Para ambas actividades, el RWL resultó ser inferior al peso real de 12 kg, lo que supone un riesgo de sufrir lesiones. Es necesario proponer acciones correctivas que reduzcan los riesgos vinculados a la MMC y los posibles impactos adversos en la salud de los empleados y se deberá reevaluar las actividades.

Para el control significativo de carga, se toma como referencia el peso máximo recomendado (RWL) más desfavorable de los dos, es decir, el levantamiento de origen.

Cálculo del índice de levantamiento LI

El primer paso es identificar LI de cada tarea simple ecuación 19, para el caso de la manipulación de carga en el origen será: 1,95, para el destino: 1,60.

$$LI = \text{Peso de la carga levantada} / RWL \text{ (ec. 19)}$$

$$LTI \text{ origen} = 12 \text{ kg} / 6,15 = 1,95$$

$$LTI \text{ destino} = 12 \text{ kg} / 7,46 = 1,60$$

El trabajador realiza un número total de levantamiento en su jornada nominal de 6,75 horas: $0,02 \text{ lev} \times \text{min} \times 405 \text{ min} = 8,1 \text{ levantamientos} \times \text{jornada}$.

Se asume que cada levantamiento (origen + destino) toma 1 minuto, entonces:

$$t_i = 8 \text{ levantamientos} \times 1 \text{ minutos} = 8 \text{ minutos.}$$

$$t_{\text{origen}} = t_{\text{destino}} = \frac{8 \text{ minutos}}{2} = 4 \text{ minutos.}$$

Ahora con los datos proporcionados, se halla $DILT_i$ con la ecuación 20:

$$DILT_i = \frac{t_i}{T_{total}} (ITL_i - 1) \quad (\text{ec. 20})$$

$$DILT_{origen} = \frac{4 \text{ min}}{405 \text{ min}} \times (1,95 - 1) = 0,0093$$

$$DILT_{destino} = \frac{4 \text{ min}}{405 \text{ min}} \times (1,60 - 1) = 0,0059$$

Se aplica el índice de levantamiento de las tareas combinadas con la ecuación 21:

$$ILC = ILT_1 + \sum DILT_i \quad (\text{ec. 21})$$

$$ILC = 1,95 + (0,0093 + 0,0059) = 1,96$$

Donde:

El ILT_1 es el IL máximo =1,95

Si IL está entre 1 y 3, siendo el caso, la tarea puede ocasionar problemas a algunos trabajadores. Conviene estudiar el puesto de trabajo y realizar las modificaciones pertinentes (Diego-Mas, 1025b).

6.3.3. Propuestas de medidas preventivas

A continuación, se detallan las propuestas para disminuir el riesgo de la manipulación manual de cargas en el puesto de trabajo de troquelado.

1. Automatización y mecanización

Superficies de apoyo a la altura apropiada: Se implementará un carro móvil manual para mantener y desplazar la carga sin necesidad de levantarla, disminuyendo el riesgo de la fuente emisora (Figura 53), sustituyendo las mesas laterales que usa el operario en la máquina de troquelado.

Figura 53. Carro bandejero en acero INOX para manipulación manual de cargas.



Fuente: Pallomaro, 2024.

Las características de esta herramienta son: HUAYI referencia: C07-B3 carro bandejero de tres niveles, fabricado completamente en acero inoxidable con ruedas grandes para fácil desplazamiento, agarre cómodo, dimensiones: Frente 53 / Fondo 85 / Altura 100 cm, adaptándose aproximadamente a la altura de la cintura del operario.

2. Rediseño del puesto de trabajo

Altura adecuada de levantamiento y destino de la carga: deben manipularse a la altura de entre la cintura y el pecho, para minimizar la presión sobre la espalda baja y los hombros. Es decir, que se debe disponer de estanterías (Figura 54), donde el trabajador al recoger y disponer la carga no tenga que inclinarse ni doblar la parte lumbar, ayudando al operario a colocar fácilmente la carga.

Figura 54. Rack de soporte de metal de acero inoxidable de estante, para disposición y almacenamiento de cargas.



Fuente: Made-in-China, 2024.

Las características de esta herramienta son: Estante Modelo No. TPR02 de movilidad fija, Con certificado CE, ISO9000 para almacenar herramientas, alimentos e industrial. Fabricados en material de acero con capacidad de resistir hasta 1000 kg y con ajuste de altura según las características necesarias (Made-in-China, 2024).

Adecuación del espacio: asegurarse que el espacio de trabajo se encuentre libre de obstáculos y sea fácil de maniobrar, reduciendo los esfuerzos al manipular las cargas. Cada día antes, durante y al final de la jornada, el supervisor de producción inspeccionará el orden y aseo de los puestos de trabajo y áreas de circulación y ante una anomalía dará aviso al técnico de prevención para hacer los ajustes correspondientes.

3. Control de superficies:

Instalar pisos antideslizantes para reducir el riesgo de caídas al manipular cargas. En la planta se evidencia que el piso es de cemento con pintura antideslizante de tráfico pesado de color azul desgastado, dado que se encuentra en uso continuo y constante limpieza de barrido y trapeado. Se realizarán las siguientes medidas preventivas:

- Se deberá realizar un cronograma de mantenimiento de pisos cada 6 meses de manera preventiva y cuando se genere algún tipo de desnivel o pelado del piso. Contratando a una empresa para que nivele homogéneamente la superficie del suelo y aplique la pintura epóxica de tráfico pesado.
- Instalar un corredor de pisos antideslizante donde el operario transite (Figura 55).

Figura 55. Pisos industriales en goma para tránsito seguro.



Fuente: PTE, 2021.

4. Formación y capacitación

Capacitación en técnicas de levantamiento seguro: formación de técnicas adecuadas de levantamiento, creando un cronograma de capacitación semestral sobre los siguientes temas:

- Como doblar las rodillas y no la espalda. Fecha: noviembre.
- Como mantener la carga cerca del cuerpo. Fecha: diciembre.
- Evitar movimientos bruscos y giros mientras se mantiene levantada la carga: enero.
- La relación de la organización y la disminución de esfuerzos innecesarios: febrero.

- Importancia de mantener una correcta postura al momento de levantar, transportar y colocar la carga: marzo.
- Malas técnicas de manipulación manual de cargas y los efectos dañinos que pueden causar en la salud de los trabajadores: abril.

Todas las capacitaciones deberán ser realizadas por el técnico de prevención y solicitar el acompañamiento de profesionales en el área de medicina preventiva.

5. Ejercicios de estiramiento y calentamiento

Rutinas de calentamiento diario antes de iniciar la jornada durante 5 minutos y jornada de estiramientos por 5 minutos cada 2 horas de trabajo. El técnico de prevención hará acompañamiento durante las pausas activas para enseñarles el tipo de ejercicios que se deben hacer y aumentar el hábito de la realización.

Entre los ejercicios de estiramiento se encuentran: ejercicios de respiración profunda, movimientos para la disminución de tensión en el cuello, estiramiento de hombros, ejercicios de estiramiento y movilidad de los brazos, manos y pies, (Figura 56) (Universidad de Boyacá, 2016).

Figura 56. *Ejercicios de estiramiento para pausas activas.*



Fuente: Universidad de Boyacá, 2016.

La asistencia al desarrollo de los estiramientos y pausas quedará registrada en el formato registro de asistencia a pausas activas de Imprelit SAS.

6. Organización del trabajo

Rotación de tareas: alternar las actividades o tareas para disminuir la exposición continua al esfuerzo físico. Cada 3 horas se rotará al operario troquelado con el operario de la máquina compactadora durante 1 hora, ya que este último también tiene conocimientos de troquelado y puede desarrollar las tareas de este proceso, lo que permitirá que ambos trabajadores puedan cambiar de actividad, esta rotación se hará dos veces al día.

7. Vigilancia de la salud

Exámenes médicos periódicos: exámenes médicos anualmente con énfasis osteomuscular a los trabajadores que realizan tareas de manipulación manual de cargas, para detectar de forma temprana los posibles trastornos musculoesqueléticos.

Sistema de reporte de lesiones: se implementa el reporte de lesiones a través de un formato donde se informa cualquier situación que les genere dolor o posible lesión por la manipulación manual de cargas durante la realización de las tareas. Este formato estará ubicado en cada una de las áreas de trabajo y este será revisado al final de cada semana por el técnico de prevención.

6.4. Evaluación ergonómica por movimientos repetitivos MR

6.4.1. Recolección de datos para movimientos repetitivos

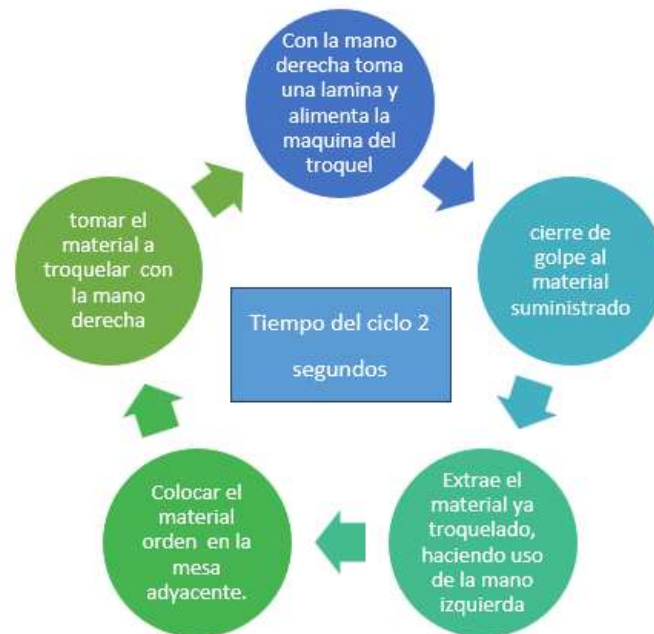
El 8 de noviembre se efectuó un recorrido por la fábrica de Imprelit SAS. Para observar cómo el empleado lleva a cabo sus labores cotidianas. La meta consiste en detectar patrones de movimiento repetitivo, las posturas adoptadas y su frecuencia.

La fuente de información más relevante fue la toma de notas sobre la duración de cada ciclo de trabajo, la cantidad de movimientos realizados en un ciclo, y el cronometraje de tiempo de recuperación que dispone el operario para descansar. El uso de videos facilitó el análisis posteriormente de los movimientos, posturas, agarre, tiempos del ciclo.

Al conversar con el trabajador sobre su percepción de la carga física o incomodidad asociada a los movimientos, este indicó que se siente muy cansado al finalizar la jornada y en ocasiones, debe hacer una pausa por los dolores y tensiones musculares de las extremidades superiores como son la muñeca, mano y antebrazo.

En el apartado 4.2.1. y 4.2.2 se recopilan los datos de la actividad repetitiva que realiza el operario de troquelado de la máquina amarilla. Se describen los periodos de descanso y pausas especificando su duración. Posteriormente, en la Figura 57 se presenta el ciclo repetitivo, detallando el trabajo en subtareas específicas y su tiempo de duración.

Figura 57. Ciclo repetitivo de la tarea de troquelado en Imprelit SAS.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Para facilitar la comprensión de la Figura 57, se representa secuencialmente el proceso del ciclo repetitivo. Según el análisis de la información, se evaluará al operario de la máquina de troquelado Serramagnus amarilla (Figura 58), ya que esta máquina presenta las condiciones más desfavorables. Es la única que permanece en funcionamiento durante toda la jornada laboral, mientras que las demás máquinas se utilizan según el requerimiento del pedido.

Figura 58. Fotografía del operario de troquelado realizando en ciclo repetitivo en la empresa Imprelit SAS.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tiempo de trabajo no repetitivo en minutos: al iniciar la jornada, el operario dedica 30 minutos a las siguientes tareas: montaje del troquel, graduación de la máquina, ajustes de la máquina troqueladora, y ajuste del macren. Al finalizar la jornada, el operario suspende su

labor 30 minutos antes de la salida para limpiar el puesto de trabajo. Además, dedica 15 minutos por la mañana para el desayuno y 20 minutos a pausas activas distribuidas a lo largo del día en intervalos de 5 minutos cada una.

También emplea 8 minutos para desplazarse y tomar la carga, colocándola en la mesa de trabajo, repitiendo este proceso 8 veces al día aproximadamente, con un intervalo de 1 minuto cada 45 minutos. Al sumar todo este tiempo, el operario pasa 103 minutos en actividades no repetitivas, mientras que el tiempo dedicado a movimientos repetitivos es de 6,28 horas durante toda la jornada laboral.

Pausas: El operario realiza una pausa de 5 minutos cada 120 minutos para estiramientos.

6.4.2. Determinación de factores e índice Check List OCRA

Cálculo del tiempo neto de trabajo repetitivo y tiempo neto de ciclo TNTR

Para realizar el cálculo, se debe considerar el tiempo en que el trabajador está en su puesto realizando únicamente actividades repetitivas (Diego-Mas, J. A. 2015a). Se calcula el tiempo neto de trabajo repetitivo mediante la ecuación 22:

$$TNTR = DT - [TNR + P + A] \text{ (ec. 22)}$$

$$TNTR = 480 \text{ min} - [68 + 20 + 15 \text{ min}] = 377 \text{ minutos}$$

Donde:

DT: Es la duración en minutos del turno

TNR: Es el tiempo de trabajo no repetitivo en minutos.

P: Es la duración en minutos de las pausas que realiza el trabajador

A: Es la duración del descanso para desayuno y almuerzo en minutos.

Tiempo neto del ciclo de trabajo (TNC): se define mediante el cálculo de la ecuación 23 (Diego-Mas, 2015a):

$$TNC = 60 * TNTR/NC \text{ (ec. 23)}$$

$$TNC = 60 * \frac{377 \text{ min}}{11,310 \text{ ciclos}} = 2 \text{ seg}$$

Donde:

TNTR: Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo

NC: Número de ciclos de trabajo que el empleado realiza en el puesto.

Para este caso, cada ciclo corresponde a la realización de una pieza de troquelado. Por lo tanto, el valor de NC es igual al número de piezas realizadas durante el turno. Si el trabajador realiza una pieza en cada ciclo y cada ciclo tiene una duración de 2 segundos, entonces se estima que realiza 30 ciclos por minuto, lo que equivale a 11,310 ciclos durante una jornada completa. (Diego-Mas, 2015a).

Cálculo del factor de recuperación (FR):

Se selecciona la puntuación 2, (Figura 59). Se registran 4 interrupciones de al menos 8 minutos cada una. Dado que el tiempo de almuerzo no se incluye en el horario laboral, y al restar las pausas y el tiempo dedicado a tareas no repetitivas, el tiempo efectivo de trabajo repetitivo resulta ser de 377 minutos, es decir, 6,28 horas.

Figura 59. Obtención de la puntuación del factor de recuperación FR, método Check List OCRA.

Situación de los periodos de recuperación	Puntuación
- Existe una interrupción de al menos 8 minutos cada hora de trabajo (contando el descanso del almuerzo). - El periodo de recuperación está incluido en el ciclo de trabajo (al menos 10 segundos consecutivos de cada 60, en todos los ciclos de todo el turno)	0
- Existen al menos 4 interrupciones (además del descanso del almuerzo) de al menos 8 minutos en un turno de 7-8 horas. - Existen 4 interrupciones de al menos 8 minutos en un turno de 6 horas (sin descanso para el almuerzo).	2
- Existen 3 pausas, de al menos 8 minutos, además del descanso para el almuerzo, en un turno de 7-8 horas. - Existen 2 pausas, de al menos 8 minutos, en un turno de 6 horas (sin descanso para el almuerzo).	3
- Existen 2 pausas, de al menos 8 minutos, además del descanso para el almuerzo, en un turno de 7-8 horas. - Existen 3 pausas (sin descanso para el almuerzo), de al menos 8 minutos, en un turno de 7-8 horas. - Existe 1 pausa, de al menos 8 minutos, en un turno de 6 horas.	4
- Existe 1 pausa, de al menos 8 minutos, en un turno de 7 horas sin descanso para almorzar. - En 8 horas sólo existe el descanso para almorzar (el descanso del almuerzo se incluye en las horas de trabajo).	6
- No existen pausas reales, excepto de unos pocos minutos (menos de 5) en 7-8 horas de turno.	10

Fuente: Diego-Mas, 2015^a

Cálculo del factor de frecuencia (FF):

Las acciones técnicas realizadas por el operario de troquelado son de tipo dinámico. Se caracterizan por ser breves y repetidas (sucesión periódica de tensiones y relajamientos de los músculos actuantes de corta duración).

Las acciones dinámicas que se realizan en el ciclo son: 1) alcanzar la hoja, 2) introducir en la máquina troqueladora, 3) retirar la hoja ya troquelada de la máquina y 4) apilar las hojas troqueladas. Este ciclo tiene una duración de 2 segundos, lo que equivale a 30 acciones por minuto.

Al evaluar estas acciones con la Figura 60, se obtiene una puntuación del Factor de Frecuencia de valor 1.

Figura 60. Obtención de puntuación del factor de frecuencia FF, método Check List OCRA.

Acciones técnicas dinámicas:	ATD:
Los movimientos del brazo son lentos (20 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas frecuentes.	0
Los movimientos del brazo no son demasiado rápidos (30 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas.	1
Los movimientos del brazo son bastante rápidos (más de 40 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas.	3
Los movimientos del brazo son bastante rápidos (más de 40 acciones/minuto). Sólo se permiten pequeñas pausas ocasionales e irregulares.	4
Los movimientos del brazo son rápidos (más de 50 acciones/minuto). Sólo se permiten pequeñas pausas ocasionales e irregulares.	6
Los movimientos del brazo son rápidos (más de 60 acciones/minuto). La carencia de pausas dificulta el mantenimiento del ritmo.	8
Los movimientos del brazo se realizan con una frecuencia muy alta (70 acciones/minuto o más). No se permiten las pausas.	10

Fuente: Diego-Mas, 2015a.

Cálculo del factor de fuerza (FFz):

Este valor será 0, considerando que el operario de troquelado no ejerce fuerza con los brazos ni con las manos durante el ciclo de trabajo.

Cálculo del factor de posturas y movimientos (FP):

En el análisis se considera la repetición de movimientos idénticos dentro del ciclo de trabajo (movimientos estereotipados). Evaluando cada articulación involucrada: hombro, codo, muñeca y mano.

La Figura 61, muestra la puntuación del hombro (PHo), a la que se le asignan 12 puntos debido a que el puesto de trabajo mantiene los brazos en constante movimiento, alcanzando varias veces la altura del hombro, como se observa en la fotografía.

Figura 61. Selección parámetro de postura y movimiento de hombro, método Check List OCRA.

Posturas y movimientos del hombro	PHo
El brazo/s no posee apoyo y permanece ligeramente elevado algo más de la mitad el tiempo	1
El brazo se mantiene a la altura de los hombros y sin soporte (o en otra postura extrema) más o menos el 10% del tiempo	2
El brazo se mantiene a la altura de los hombros y sin soporte (o en otra postura extrema) más o menos el 1/3 del tiempo	4
El brazo se mantiene a la altura de los hombros y sin soporte más de la mitad del tiempo	12
El brazo se mantiene a la altura de los hombros y sin soporte todo el tiempo	24

(*) Si las manos permanecen por encima de la altura de la cabeza se duplicarán las puntuaciones.




Fuente: Diego-Mas, 2015a.

Los movimientos realizados por el operario en el codo incluyen supinación y pronación para colocar la lámina en la máquina troqueladora, y en algunas ocasiones flexión, con el fin de agarrar mejor la lámina y colocarla en la mesa, como se indica en el círculo rojo (Figura 62). Con base en esto, se selecciona una puntuación de 4 para la postura y el movimiento del codo.

Figura 62. Obtención de puntaje para postura de movimiento del codo, método Check List OCRA.

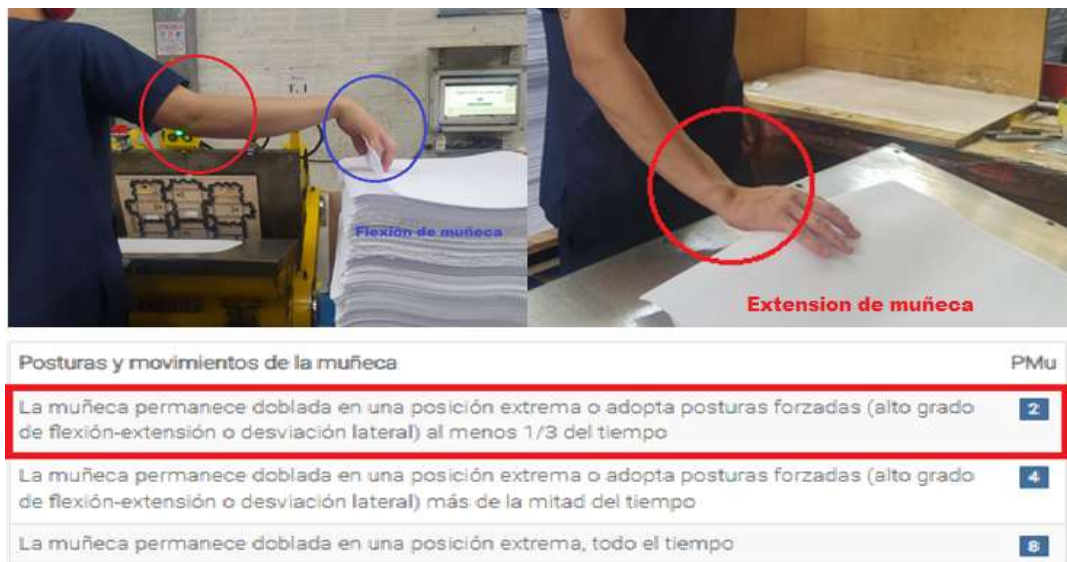
Posturas y movimientos del codo	PCo
El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o prono-supinación extrema, tirones, golpes) al menos un tercio del tiempo	2
El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o prono-supinación extrema, tirones, golpes) más de la mitad del tiempo	4
El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o prono-supinación extrema, tirones, golpes) casi todo el tiempo	8



Fuente: Diego-Mas, 2015a

Considerando que en el ejercicio de tomar la lámina y colocarla en la máquina, el operario flexiona levemente la muñeca, y al disponerla en la mesa para apilar la hoja ya troquelada, se produce extensión de esta, como ilustra la Figura 63. Sin embargo, este movimiento no ocurre en todo el ciclo del movimiento repetitivo (MR), ya que varía según la altura de las láminas apiladas y su grosor. En base a esta evaluación, se asigna una puntuación de 2, que es la más representativa de las características del movimiento realizado en el puesto de trabajo.

Figura 63. Movimiento de codo y muñeca del movimiento repetitivo realizado por el operario de troquelado.



Fuente: Elaboración propia con información de Diego-Mas, 2015a.

El tipo de agarre identificado en el operario es de pellizco, como se muestra en las fotografías de la Figura 63, donde se observa que los dedos forman una pinza. Este tipo de agarre se utiliza en dos acciones técnicas al agarrar y al retirar la lámina, y está presente a lo largo de todo el ciclo de repetición. En base a esta observación, se asigna una puntuación de 8, para la postura y movimiento de la mano (PMa), (Figura 64).

Figura 64. Obtención de puntuación de duración del agarre, método Check List OCRA.

Duración del Agarre	PMa
Alrededor de 1/3 del tiempo	2
Más de la mitad del tiempo	4
Casi todo el tiempo.	8

(*) El agarre se considerará solo cuando sea de alguno de estos tipos: agarre en pinza o pellizco, agarre en gancho o agarre palmar.

Fuente: Diego-Mas, 2015a.

Para obtener el valor de (Pes) movimientos estereotipados, según lo indicado por Diego-Mas, (2015a):

- Si los movimientos repetidos del hombro, codo, muñeca, o dedos, ocurren al menos 2/3 del tiempo, o si el tiempo del ciclo está entre 8 y 15 segundos, la valoración será de 1.5 puntos.
- Si los movimientos repetidos del hombro, codo, muñeca o dedos, casi todo el tiempo, o si el tiempo del ciclo es inferior a 8 segundos, la valoración será de 3 puntos.

Para este caso particular, el puntaje representativo es 3 puntos, puesto que el ciclo de trabajo repetitivo es de 2 segundos, es decir, inferior a 8 segundos, y el hombro, codo y muñeca están en movimiento durante todo el ciclo.

Finalmente, se obtiene el valor de FP, evaluando cada articulación involucrada: (PHo, PCo, PMu, PMa). Este cálculo se realiza utilizando la ecuación 24 (Diego-Mas, 2015a):

$$FP = \text{Max} (PHo ; PCo ; PMu ; PMa) + PEs \quad (\text{ec. 24})$$

$$FP = \text{Max} (12 ; 4 ; 2 ; 8) + 3 =$$

$$FP = 12 + 3 = 15$$

Donde:

PHo: Posturas y movimientos del hombro

PCo: Posturas y movimientos del codo

PMu: Posturas y movimientos de la muñeca

PMa: Duración del Agarre

Cálculo del factor de riesgos adicionales (FC)

Los factores adicionales abarcan dos tipos: físico-mecánico y socio-organizativos del trabajo. Para obtener la puntuación correspondiente, se debe aplicar la ecuación 25: (Diego-Mas, 2015a):

$$FC = Ffm + Fso \text{ (ec. 25)}$$

$$FC = 2 + 2 = 4$$

Donde:

Ffm: Factores físico-mecánicos

Fso: Factores socio-organizativos

Se selecciona la puntuación de 2, (Figura 65) para los factores físico- mecánicos, ya que la precisión al colocar la lámina en la máquina debe ser exacta y rápida. De lo contrario, el corte de troquelado podría quedar torcido o fuera de la hoja y dado que el operario de troquelado debe llevar un ritmo de trabajo dictado por la máquina y adaptarse a su velocidad, se establece una puntuación de 2 para factores socio- organizativos.

Figura 65. Obtención de puntaje factores adicionales físicos – mecánicos y socio-organizativos, método Check List OCRA.

Factores físico-mecánicos	Ffm
Se utilizan guantes inadecuados (que interfieren en la destreza de sujeción requerida por la tarea) más de la mitad del tiempo	2
La actividad implica golpear (con un martillo, golpear con un pico sobre superficies duras, etc.) con una frecuencia de 2 veces por minuto o más	2
La actividad implica golpear (con un martillo, golpear con un pico sobre superficies duras, etc.) con una frecuencia de 10 veces por hora o más	2
Existe exposición al frío (menos de 0°) más de la mitad del tiempo	2
Se utilizan herramientas que producen vibraciones de nivel bajo/medio 1/3 del tiempo o más	2
Se utilizan herramientas que producen vibraciones de nivel alto 1/3 del tiempo o más	2
Las herramientas utilizadas causan compresiones en la piel (enrojecimiento, callosidades, ampollas, etc.)	2
Se realizan tareas de precisión más de la mitad del tiempo (tareas sobre áreas de menos de 2 o 3 mm.)	2
Existen varios factores adicionales concurrentes, y en total ocupan más de la mitad del tiempo	2
Existen varios factores adicionales concurrentes, y en total ocupan todo el tiempo	3
<i>(*) Si concurren varios factores se escogerá alguna de las dos últimas opciones.</i>	
Factores socio-organizativos	Fso
El ritmo de trabajo está parcialmente determinado por la máquina, con pequeños lapsos de tiempo en los que el ritmo de trabajo puede disminuirse o acelerarse	1
El ritmo de trabajo está totalmente determinado por la máquina	2

Fuente: Diego-Mas, 2015a

Multiplicador de Duración (MD):

Este factor se determina a partir del tiempo neto de trabajo repetitivo (TNTR), calculado al inicio del método. Como el valor del TNTR es de 377 minutos, el MD será 0.95 y se utilizará como multiplicador para todo el índice de Check List OCRA (ICKL) (Figura 66).

Figura 66. Obtención del puntaje factor multiplicador según la metodología Check List OCRA.

Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR) en minutos	MD
60-120	0.5
121-180	0.65
181-240	0.75
241-300	0.85
301-360	0.925
361-420	0.95
421-480	1
481-539	1.2
540-599	1.5
600-659	2
660-719	2.8
≥720	4

Fuente: Diego-Mas, 2015a.

Cálculo del Índice Check List OCRA (ICKL)

A continuación, se calcula el Índice Check List OCRA (ICKL), que permite clasificar el nivel de riesgo utilizando la ecuación 26 (Diego-Mas, 2015a):

$$ICKL = (FR + FF + FFz + FP + FC) \cdot MD \text{ (ec. 26)}$$

$$ICKL = (2 + 1 + 0 + 15 + 4) * 0,95 = 20.9$$

Determinación de riesgo

Con el índice Check List OCRA (ICKL) de 20,9 se evalúa el riesgo utilizando Figura 67, la cual indica que el puesto de troquelado de la máquina amarilla presenta un nivel de riesgo **Inaceptable Medio**. Por lo tanto, se recomienda implementar mejoras en el puesto de trabajo, así como supervisión médica, capacitación y entrenamiento para el operario.

Figura 67. Nivel del riesgo, acción recomendada e índice OCRA equivalente.

Índice Check List OCRA	Nivel de Riesgo	Acción recomendada	Índice OCRA equivalente
< 5	Optimo	No requiere	< 5.1
5.1-7.5	Aceptable	No requiere	1.6 – 2.2
7.6 – 11	Incierto	Se recomienda un nuevo análisis o mejora del puesto	2.3 – 3.5
11.1 – 14	Inaceptable leve	Se recomienda mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento	3.6 – 4.5
14.1. – 22.5	Inaceptable medio	Se recomienda mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento	4.6 - 9
> 22.5	Inaceptable alto	Se recomienda mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento	> 9

Fuente: Tomado de: Diego-Mas, J. A. 2015a.

Esto indica un riesgo muy alto de generar daños en la salud del trabajador debido a trastornos músculo esqueléticos a lo largo del tiempo.

6.4.3. Propuesta de medidas preventivas

El literal d) del Artículo 15 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales (1995) indica que el empresario debe: *“adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción, con miras, en particular, a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos de este en la salud”*.

1. Automatización del proceso que genera el movimiento repetitivo:

Instalar un sistema automático de alimentación y descarga de láminas en la máquina, con el fin de reducir el número de movimientos manuales. Esta medida podría implementarse mediante la actualización de las máquinas de troquelado manuales por una de versión automática. Una opción adecuada sería la máquina troqueladora y descartonadora automática HT-1050P (Figura 68).

Figura 68. Máquina troqueladora y descartonadora automática HT-1050P.



Fuente: Maqui-Corrugado, 2018.

Esta máquina tiene la capacidad de alimentar automáticamente la lámina de troquelado al interior del macren y de igual manera, retirarla y apilarla, eliminando considerablemente la actividad que genera movimiento repetitivo.

Algunas características importantes de la máquina son:

- Está equipada con una unidad de precarga, unidad de alimentación, mecanismo de transporte de velocidad variable y mecanismo de entrega automática de muestreo neumático. Además, cuenta con un sistema de lubricación de sincronización automática y un enfriador para el engranaje principal (Maqui-Corrugado, 2018).
- Contiene un sistema de descartonado, capaz de eliminar todos los bloques o bordes innecesarios, excluyendo el borde de sujeción, mejorando la eficiencia en la producción.
- La precisión de corte es de $\pm 0.15\text{mm}$, con una presión máxima de troquelado 300 toneladas. La velocidad máxima de operación es de 7500 s/h, y la velocidad máxima de troquelado y descartonado es de 6500 s/h. Las dimensiones generales son 5810*3865*2600 mm, con una potencia total de motores de 16.9KW y un peso bruto 17,000 Kg (Maqui-Corrugado, 2018).

2. Descansos planificados

La implementación de rutinas diarias de calentamiento de 5 minutos antes de iniciar la jornada laboral. Además, de pausas activas cada dos horas, con una alarma que indicará a los operarios que deben detener su trabajo y realizar los ejercicios.

El técnico de prevención supervisará estas pausas y guiará a los operarios en los ejercicios, fomentando el hábito de realizarlos. Las pausas activas tendrán una duración de 5 minutos por cada dos horas de trabajo y se registrará la asistencia mediante un formato de participación.

Los ejercicios planificados se detallan en el apartado 6.3.3 relacionado con medidas de prevención para manipulación manual de cargas, que incluye estiramientos y calentamientos.

Otras propuestas para prevenir el riesgo ergonómico de movimiento repetitivo son explicadas en la Tabla 16, identificando medidas organizacionales, formación y vigilancia a la salud.

Tabla 16. Descripción de medidas preventivas para el riesgo ergonómico de movimiento repetitivo.

Medida Preventiva O Correctiva	Descripción
Rotación de tareas	Cada 3 horas, el operario de troquelado se rotará con el operario de la máquina compactadora durante 1 hora. El operario de la compactadora, al tener conocimientos de troquelado, podrá realizar las tareas de este proceso, permitiendo así un cambio de actividad para ambos trabajadores.
Formación e Información	Capacitaciones teórico-prácticas sobre ergonomía, enfocada en movimientos seguros, impartida por el técnico de prevención con el siguiente cronograma semestral. <ul style="list-style-type: none"> - Noviembre: Técnicas de estiramiento - Diciembre: Técnicas de relajación muscular - Enero: Socialización y sensibilización sobre riesgos identificados a través de una actividad lúdica. - Febrero: Posibles afecciones a la salud por movimientos repetitivos. - Marzo: Señales tempranas de molestias por movimientos repetitivos. - Abril: Buenas prácticas para interactuar con la máquina de forma eficiente y segura. Cada capacitación incluirá material informativo y lúdico, además de avisos formativos distribuidos en las áreas de trabajo correspondientes.
vigilancia de la salud	Se realizarán exámenes médicos anuales, a través del servicio de prevención ajeno, con el fin de detectar de manera temprana, síntomas de lesiones músculo esqueléticas, como tendinitis o dolores musculares y prevenir su progresión.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

7. Planificación de la actividad preventiva

Después de evaluar los riesgos relacionados con el ruido, la exposición a agentes químicos en la especialidad de higiene industrial y la manipulación manual de cargas y movimientos repetitivos en el área de ergonomía, se identificaron niveles de riesgo que deben ser controlados mediante la implementación de medidas preventivas y correctivas. Estas medidas tienen como objetivo mitigar los peligros y mejorar la seguridad en el puesto de trabajo de troquelado. Este apartado plantea las medidas correspondientes para cada uno de los riesgos identificados.

De acuerdo con el (Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, 1997) se establecen los requisitos mínimos que debe contener el plan de prevención de una empresa, tales como:

- Medios humanos y materiales necesarios, así como la asignación de los recursos económicos precisos para la consecución de los objetivos propuestos.
- Vigilancia de la salud prevista en los artículos 20 y 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Formación de los trabajadores en materia preventiva y la coordinación de todos estos aspectos.
- Planificación para un período determinado, estableciendo las fases y prioridades de su desarrollo en función de la magnitud de los riesgos y del número de trabajadores expuestos.
- El seguimiento y control periódico. En el caso de que el período en que se desarrolle la actividad preventiva sea superior a un año, deberá establecerse un programa anual de actividades.

7.1. Propuesta de medidas preventivas a riesgo higiénico: exposición a ruido

A continuación, se presentan y explican las medidas propuestas para mitigar el riesgo de exposición al ruido en el puesto de trabajo de troquelado de la empresa Imprelit SAS. La planificación preventiva se detalla en la Tabla 17.

Tabla 17. *Planificación de medidas preventivas para la reducción del riesgo a exposición de ruido.*

N.º	Tipo de medida	Medida propuesta	Prioridad	Plazo Fecha inicio-Fecha fin	Responsables implementación y seguimiento	Periodicidad seguimiento /evidencia	Coste (€)
1	TÉCNICAS	Firmar un contrato con una empresa, para realizar anualmente el mantenimiento de toda máquina generadora de ruido.	ALTA	1 /12/ 2024 al 15 /12/2024	Gerencia/ coordinador negocios	Anual / Registros de mantenimiento y revisión	5,000
2		Compra e instalación de espumas absorbentes de ruido a las máquinas troqueladoras.	ALTA	1 /12/ 2024 al 15 /12/2024	Gerencia/ mantenimiento	Anual / Registros de mantenimiento y revisión	3,250
3		Compra e instalación de láminas de goma o caucho en partes móviles de las máquinas.	ALTA	1 /12/ 2024 al 15 /12/2024	Gerencia/ mantenimiento	Mensual / Registros de mantenimiento y revisión	340
4		Conforme a la norma UNE-EN ISO 7010, instalar señalización que indique el uso adecuado de la máquina y la obligatoriedad de utilizar protectores auditivos, junto con avisos sobre la exposición a altos niveles de ruido y advertencias de riesgo de exposición a ruido elevado.	MEDIA	1 /02/2025 7 /02/2025	Técnico de prevención y área de compras	Anual /Señalización visible	1,760
5	PROTECCIÓN	Poner a disposición de los trabajadores protectores auditivos tipo orejeras, de carácter pasivo que, mediante copas de espuma, aíslan y sellan el sonido externo.	ALTA	15 /11/2024 – 20/11/2024	Administrativo /Técnico de prevención / área de compras	Semestral/ formato de acta entrega de EPI	200

Evaluación y planificación preventiva de la exposición a ruido, agentes químicos, movimiento repetitivo y manipulación manual de cargas en Imprelit SAS.

6	ORGANIZATIVA	Establecer un programa de mantenimiento de máquinas, donde especifique limpieza, inspección estructural y manuales de uso de cada máquina.	MEDIA	15 /12/2024 – 30/12/2024	Administrativo / coordinador de producción	Anual / registro documental	1,250
7		Reevaluación de la exposición al ruido anual.	MEDIA	1 /01/2025 30/11/ 2025	Técnico prevención/ laboratorio con equipos acústicos	Anual / informe de resultados evaluación acústica	375
8	FORMACIÓN / INFORMACIÓN	Formar e informar a los operarios de troquelado conforme al artículo 9 RD 286/2006	MEDIA	20 /11/ 2024 25 /11/2024	Técnico de prevención	Semestral / Formato de asistencia a la capacitación	1,340
9	VIGILANCIA A LA SALUD	Contratación de servicio de prevención ajeno que realice exámenes audio métrico a los operarios.	MEDIA	20 /12/2024 25 /12/2024	Técnico de prevención	Anual / registro de exámenes periódicos.	450
Coste total							13,015 €

Fuente: Elaboración propia, 2024.

7.2. Propuesta de medidas preventivas a riesgo higiénico: exposición a agentes químicos

La Tabla 18, proporciona una explicación de las medidas preventivas establecidas en el punto 6.2.2. Del capítulo 6 que aborda las medidas técnicas, operativas y sugerencias concretas para disminuir el riesgo a la salud de los empleados debido a la exposición a sus sustancias químicas y partículas en suspensión en el entorno. De igual manera, propone el tiempo de realización, los encargados de la intervención y su costo final.

Tabla 18. Planificación de medidas preventivas para la reducción del riesgo a exposición a agentes químicos.

N.º	Tipo de medida	Medida propuesta	Prioridad	Plazo Fecha inicio-Fecha fin	Responsables implementación y seguimiento	Periodicidad seguimiento /evidencia	Coste (€)
1		Compra e instalación de un sistema de extracción localizada.	MEDIA	1 /12/2024 - 15 /12/2024	Área de compras / Técnico de prevención	Semestral / formato de mantenimiento	3000

Evaluación y planificación preventiva de la exposición a ruido, agentes químicos, movimiento repetitivo y manipulación manual de cargas en Imprelit SAS.

2	TÉCNICA	Instalar señalización según el Real Decreto 486/1997 y la norma UNE 23035-7 de protocolos de limpieza y prácticas higiénicas adecuadas.	ALTA	10 /12/2024 30 /01/2025	Área de compras /Técnico de prevención	Anual / registro fotográfico de la implantación	1100
3	ORGANIZATIVA	Implementar el programa de orden y limpieza con horarios y frecuencia del sistema de extracción, con registro documental.	ALTA	1 /12/2024 10 /12/2024	Técnico de prevención / trabajador designado	Mensual/ formato de limpieza y desinfección	1000
4	PROTECCIÓN	Entrega de protección respiratoria con la mascarilla auto filtrante 3M 8801, para material particulado en el aire.	MEDIA	20 /11/2024 30 /11/2024	Área de compras / técnico de prevención	Entrega diaria y seguimiento mensual / acta de entrega de EPI	480
5	FORMACIÓN E INFORMACIÓN	Comunicar por circular y señalización la obligación, uso correcto y vida útil de los protectores respiratorios. Además, Capacitar sobre protocolos de orden y limpieza.	ALTA	5 /12/2024 15/12/ 2024	Técnico de prevención / coordinador de producción	Semestral/ inspección visual y acta de entrega de EPI	1,500
6	VIGILANCIA A LA SALUD	Cumplimiento del cronograma de exámenes médicos periódicos.	MEDIA	1 /01/2025 30 /01/ 2025	Técnico de prevención / gerencia	Anual / informe del estado de salud	450
Coste Total							7,530 €

Fuente: Elaboración propia, 2024.

7.3. Propuesta de medidas preventivas a riesgo ergonómico por manipulación manual de cargas MMC

Este segmento detalla las medidas preventivas específicas para disminuir la probabilidad de sufrir lesiones osteomusculares y lumbares debido al manejo manual de cargas. Elaborando estrategias de prevención técnicas, organizativas, capacitación e información y supervisión sanitaria detalladas en la Tabla 19.

Tabla 19. Planificación de medidas preventivas para la reducción del riesgo por manipulación manual de cargas.

Nº	Tipo de medida	Medida propuesta	Prioridad	Plazo Fecha inicio-Fecha fin	Responsables implementación y seguimiento	Periodicidad seguimiento /evidencia	Coste (€)
1	TÉCNICA	Compra de carro móvil manual para mantener y desplazar la carga	ALTA	12/02/2025 - 14/02/2025	Administrativo/ Gerente	Puntual /Presupuesto	500
2		Adquisición de estantería donde el trabajador recoja y disponga la carga	ALTA	15/02/2025 - 19/02/2025	Administrativo/ Gerente	Puntual /Presupuesto	1000
3		Mantenimiento de los pisos del área de producción, lijado, nivelado y pintado.	MEDIA	03/03/2025 - 10/03/2025	Administrativo/ Gerente	semestral /Presupuesto y Contrato	2,100
4		Compra e instalación de pisos antideslizantes en planta de producción.	MEDIA	11/03/2025 - 19/03/2025	Empresa externa/ Técnico PRL	Mensual/ Inspecciones planeadas	400
5		Contratación de empresa profesional en el área de ergonomía, que dicte talleres.	MEDIA	11/02/2025	Técnico PRL	Puntual / asistencia a la capacitación	300
6		Elaborar un programa de mantenimiento de pisos con su respectivo cronograma y registro de implementación, así mismo, para el programa de pausas activas y capacitación.	MEDIA	20/03/2025 - 19/03/2025	Coordinador de Producción/ Técnico PRL	Anual / Documento aprobado	780

Evaluación y planificación preventiva de la exposición a ruido, agentes químicos, movimiento repetitivo y manipulación manual de cargas en Imprelit SAS.

6	ORGANIZATIVA	Cursos de formación en pausas activas para el personal responsable de las pausas.	MEDIA	10/02/2025 – 15/02/2025	Técnico PRL	Puntual / certificado de curso	350
7		Elaborar planilla para cambio de actividades entre el operario troquelado y compactado	MEDIA	08/02/2025	Técnico PRL	Documentos aprobados	130
8	FORMACIÓN E INFORMACIÓN	Generar un plan de capacitación con diferentes temas ergonómicos.	MEDIA	1/12/2024-30/12/2024	Técnico de PRL	Semestral / visualización de carteles	1290
9	VIGILANCIA A LA SALUD	Concretar con el servicio de prevención ajeno el control anual de los trabajadores expuestos a MMC y realizar los exámenes necesarios.	ALTA	10/02/2025	Técnico PRL	Puntual/ documentos aprobados	400
Coste total							7,750 €

Fuente: Elaboración propia, 2024.

7.4. Propuesta de medidas preventivas a riesgo ergonómico por movimiento repetitivos MR

Con la intervención de la Tabla 20, se explican detalladamente las medidas propuestas en el apartado 6.4.3. Del riesgo por movimientos repetitivos, representando los tiempos de elaboración de la acción, las responsabilidades y coste que lleva la implementación.

Tabla 20. Planificación de medidas preventivas para reducir el riesgo ergonómico por movimiento repetitivo.

N.º	Tipo de medida	Medida propuesta	Prioridad	Plazo Fecha inicio-Fecha fin	Responsables implementación y seguimiento	Periodicidad seguimiento /evidencia	Coste (€)
1	TÉCNICA	Adquirir e instalar el sistema automático de alimentación y descarga automática de láminas a la máquina	ALTA	07/01/2025 – 21/01/2025	Administrativo/ Gerente	Mensual/Presupuesto	80,000

Evaluación y planificación preventiva de la exposición a ruido, agentes químicos, movimiento repetitivo y manipulación manual de cargas en Imprelit SAS.

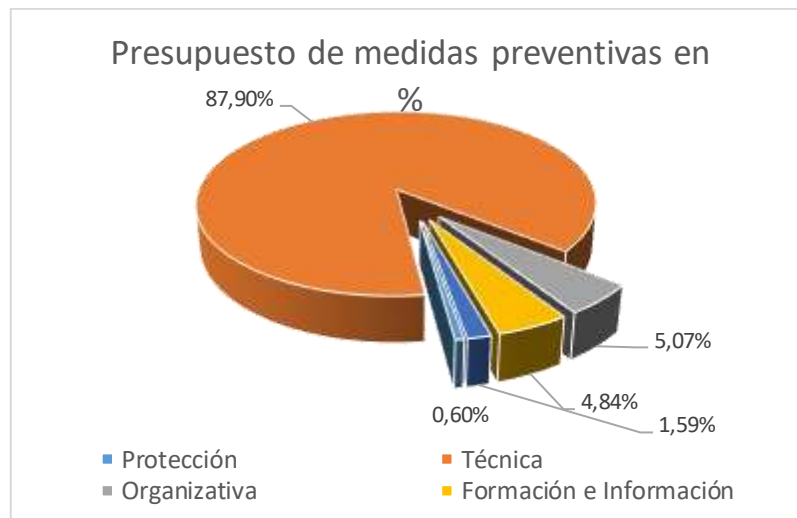
2		Realizar rutinas de calentamiento, estiramiento y pausas activas diarias.	MEDIA	05/02/2025	Técnico PRL	Mensual /asistencia a ejercicios pausas activas	750
3	ORGANIZATIVA	Elaborar procedimiento de manejo seguro de máquina según RD 1215/1995 y el RD 1647/2009.	ALTA	23/01/2025 – 29/01/2025	Coordinador de Producción/ Técnico PRL	Semestral/Documento aprobado	300
4		Crear e implementar un programa de pausas activas y ejercicios de estiramiento.	MEDIA	05/02/2025 - 05/03/2025	Técnico PRL	Anual /documentos aprobados	1,450
5		Elaborar planilla para cambio de actividades entre el operario troquelado y compactador	MEDIA	08/02/2025 - 09/02/2025	Técnico PRL	Puntual/documentos aprobados	100
6	FORMACIÓN E INFORMACIÓN	Estructurar el cronograma de capacitaciones teórico practico en la especialidad de la ergonomía	ALTA	09/02/2025 – 09/02/2026	Técnico PRL	Puntual/documentos aprobados	1,350
7	VIGILANCIA A LA SALUD	Promover la vigilancia a la salud específica del puesto que detecte trastornos músculo esqueléticos.	MEDIA	10/02/2025/ 15/02/2026	Administrativo/ Gerente	Anual /Exámenes médicos	500
Coste total							84,450 €

Fuente: Elaboración propia, 2024.

7.5. Presupuesto de toda la planificación preventiva

A continuación, se muestra el desglose del presupuesto general (Figura 69), diferenciado por tipo de medida y el porcentaje de financiamiento.

Figura 69. Distribución del porcentaje de presupuesto a destinar para la implementación de medidas preventivas.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

La Figura 69 muestra que la mayor inversión en el plan de prevención corresponde a las acciones técnicas que reciben un mayor presupuesto, seguidas de las acciones organizativas. Esto demuestra que los principios de acción preventiva se centran inicialmente en medidas colectivas en el emisor y el foco antes de aplicar estrategias a la protección del individuo.

8. Conclusiones

Impresores Litográficos Imprelit SAS, abrió sus puertas para llevar a cabo este trabajo de fin de máster, brindando siempre una actitud positiva, lo que permitió conocer las vivencias diarias de los trabajadores en el puesto de troquelado. Teniendo ello como punto de partida, se llevó a cabo la identificación de riesgos, elección de metodologías, evaluación y valoración de estos, y posteriormente la planificación de acciones orientadas a mitigar los riesgos y mejorar la seguridad y salud de los trabajadores.

Para llevar a cabo la evaluación de los riesgos higiénicos, se optó por valorar la exposición a ruido y sustancias químicas, mientras que, en el ámbito de ergonomía, se evaluaron los peligros asociados con la manipulación manual de cargas y movimientos repetitivos.

La evaluación del riesgo de exposición a ruido reveló que los niveles oscilaron entre 81,96 dB (A) a 89,09 dB (A), superando los límites de exposición permitidos para una jornada de trabajo conforme al RD 286/2006. Este hecho exige una acción inmediata para reducir la exposición y proteger la salud auditiva de los trabajadores. Se propusieron medidas preventivas, como la implementación de un plan de mantenimiento preventivo de las máquinas, instalación de materiales absorbentes, educar e instruir a los empleados acerca de la exposición a ruido y la correcta utilización de tapa oídos tipo orejeras para la protección auditiva.

Con relación al riesgo de exposición al agente químico de celulosa, los resultados mostraron conformidad, con una medición de 4,02 mg/m³ tras realizar la prueba estadística, lo que señala que el nivel de exposición cumple con los requisitos de seguridad, ya que se encuentra por debajo del límite ambiental profesional (VLA) establecido de 10 mg/m³. Se realizará un control regular con la reevaluación programada para 18 meses después. Como medida preventiva, se plantea implementar un sistema de ventilación de extracción local.

En la evaluación de los riesgos ergonómicos, se concluyó que el índice del peso máximo recomendado (RWL) era inferior al peso real de 12 kg, lo que indica un alto riesgo de padecer lesiones físicas que generan dificultades a ciertos empleados. Por lo tanto, es imprescindible sugerir medidas correctivas, como la implementación de un sistema mecánico para disminuir el levantamiento de cargas, la ejecución de un programa de mantenimiento de pisos y

estantería que se encuentre a una altura adecuada para minimizar los riesgos asociados a la MMC.

En cuanto a lo que respecta al riesgo de movimientos repetitivos, se logró inferir un riesgo inaceptable medio, lo que puede generar daño en la salud del trabajador por trastornos musculoesqueléticos en un determinado tiempo. Como medidas, se necesita, además de instalar un sistema de alimentación y descarga de material automático, efectuar exámenes médicos periódicos una vez al año y establecer momentos de descanso, rotación del personal y pausas activas.

Se puede indicar que, en tres de las cuatro evaluaciones realizadas, la compañía está incurriendo en incumplimiento y no conformidad legal. No obstante, se concluye que, a través de la implementación de las medidas correctivas propuestas en este estudio, la empresa podrá cumplir con su responsabilidad legal de proteger la salud de sus empleados, conforme a lo estipulado en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL).

Al cierre de este estudio máster, se logró planificar acciones preventivas que favorecen la gestión de los riesgos dentro de las actividades que desarrolla Imprelit SAS. Ejerciendo un efecto positivo en la empresa al incentivar a los trabajadores a mejorar sus prácticas diarias, generar hábitos seguros y de autocuidado mientras se desarrolla la tarea, lo que se traduce en un mejor entorno de trabajo, mayor productividad y salud.

Se puede deducir que se alcanzaron los objetivos propuestos, lo que permite reflexionar sobre el impacto positivo que los trabajadores experimentaron en su vida a raíz de los temas discutidos, aceptando e implementando las sugerencias proporcionadas.

Como limitaciones, se destaca que los costos asociados a la puesta en marcha de las medidas preventivas son elevados. Existe la posibilidad de que no se puedan aplicar todas las acciones inmediatamente, a pesar de tener una prioridad alta-media. Un caso es la compra de la máquina de troquelado con alimentación y descargue automático, que por tener un elevado costo la empresa no cuenta con la totalidad de los recursos para adquirirla, considerando que la compañía se clasifica como PYMES (pequeñas y medianas empresas) y sus recursos se ven limitados a su producción y comercialización.

Las próximas acciones que la empresa debe impulsar son la puesta en marcha de todas las medidas correctivas, seguida de la reevaluación del riesgo para verificar su efectividad, o en cambio, la planificación de una mejora continua. De igual manera, la valoración de otros riesgos en los puestos del área de producción y administrativos que resalten el compromiso del empresario hacia el bienestar y seguridad de todos sus empleados.

Finalmente, en el contexto grupal, se resalta que este trabajo de final de maestría fomenta el aprendizaje mediante la implementación de conceptos teóricos y prácticos de los conocimientos obtenidos durante el estudio, lo que contribuye a potenciar la experiencia en el entorno de trabajo real, como es el caso de la aplicación de la legislación, métodos, estrategias y soluciones que mitiguen el riesgo.

9. Referencias bibliográficas

3M SCIENCE APPLIED TO LIFE. (2024). 3MTM PELTORTM X4 Orejeras.

https://www.3m.com.es/3M/es_ES/p/d/b00037371/

3M Science Applied To Life. (2020). Hoja de datos técnicos 3M™ PELTOR™ Orejeras serie X. Multimedia.3m.com. https://multimedia.3m.com/mws/media/21250180/3m-peltor-x-series-p3-earmuffs-technical-datasheet-spanish.pdf?&fn=J470277_SG_PSD_22_PELTOR-X-Series-Earmuffs-P3-TDS_ES_LR_R1.pdf

Agencia Europea, P. la S. y. la S. en el T. (2000). Trastornos dorsolumbares de origen laboral. https://osha.europa.eu/sites/default/files/Factsheet_10_Trastornos_dorsolumbares_de_origen_laboral.pdf

Andersson, E., Sällsten, G., Lohman, S., Neitzel, R., & Torén, K. (2019). Lung function and paper dust exposure among workers in a soft tissue paper mill. International Archives of Occupational and Environmental Health, 93(1), 105–110. <https://doi.org/10.1007/s00420-019-01469-6>

Antúnez, M. Z. C., Clemente, A., Torres, A. L., Ferreira, P., & Mochiutti, P. (2008). CAPÍTULO VI PROPIEDADES DEL PAPEL [Universidad de Coimbra, Portugal]. https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_RIADICYP_VI_Propiedades+Papel.pdf

ASPAPEL - Instituto Papelero Español, & Consulting de Riesgos Laborales, Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales. (2005). Diagnóstico de la situación actual del sector en materia de Prevención de Riesgos Laborales. Aspapel.es. <https://www.aspapel.es/sites/default/files/publicaciones/Doc%2087.pdf>

ASPAPEL-Asociación Española de Fabricantes de Pasta, Papel y Cartón. (2013). Análisis de riesgos ergonómicos en la industria papelera. Aspapel.es. https://www.aspapel.es/sites/default/files/publicaciones/doc_328.pdf

Cortes, Díaz José. (2018). Técnicas de prevención de riesgos laborales (11a ED.). MADRID, Editorial Tebar.

- Domínguez Zambrano Elisabeth; Pineda Rivera Windy Constanza
Evaluación y planificación preventiva de la exposición a ruido, agentes químicos, movimiento repetitivo y manipulación manual de cargas en Imprelit SAS.
- DEBREGEN. (2024). Campana de Extracción de Gases. Industriasdebrecen.net.
<http://industriasdebrecen.net/campana-de-extraccion-de%20-gases.html>
- Diego-Mas, J. A. (2015a). Evaluación del riesgo por movimientos repetitivos mediante el Check List Ocra. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia.
<https://www.ergonautas.upv.es/metodos/ocra/ocra-ayuda.php>
- Diego-Mas, J. A. (2015b). NIOSH ecuación para manipulación de cargas manuales MMC. Upv.es. <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/niosh/niosh-ayuda.php>
- EPA - Agencia de Protección Ambiental, D. L. E. U. (2022). Material particulado en interiores. <https://espanol.epa.gov/cai/material-particulado-en-interiores>
- Eprodesa, O. N. G. (2024, febrero 5). *Laboratorio Ruido Acreditado IDEAM*. Eprodesa ONG - Laboratorio Acústico en Latinoamérica. <https://www.eprodesaong.com/ruido/>
- Federación de Servicios a la Ciudadanía, C. (2012). Fabricación de Papel Ruido y Salud. https://www.ugtfica.org/images/proyectos/pasta_papel_y_carton/informe_fabricacin_d_e_papel_ruido_y_salud_.pdf
- Ganime, J. F., Almeida da Silva, L., Robazzi, M. L. do C. C., Valenzuela Sauzo, S., & Faleiro, S. A. (2010). El ruido como riesgo laboral: una revisión de la literatura. *Enfermería global*, 19, 0–0. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1695-61412010000200020
- Greenberg, M. I., & Vearrier, D. (2022). Lesiones por movimiento repetitivo relacionadas con el trabajo [University of Mississippi Medical Center]. <https://www.msmanuals.com/es/hogar/temas-especiales/medicina-laboral-y-ambiental/lesiones-por-movimiento-repetitivo-relacionadas-con-el-trabajo>
- Gutiérrez, S. (2022). Ruido y manipulación manual de cargas en la reparación de infraestructuras comunes de telecomunicación (ICT) [Tesis Master, UNIR]. <https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/13848/Guti%3a9rrez%20Alegre%2c%20Sergio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Herrero, V. M. T., García, C. L., González, L., Á A, Iñiguez, R., & de la Torre, M. V. (2009). El hombro y sus patologías en medicina del trabajo. *Semergen*, 35(4), 197–202. [https://doi.org/10.1016/s1138-3593\(09\)70931-1](https://doi.org/10.1016/s1138-3593(09)70931-1)

INSST (2001). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo. Insst.es.
<https://www.insst.es/documents/94886/2927460/Gu%C3%ADa+t%C3%A9cnica+para+la+evaluaci%C3%B3n>

INSST. (2011). MTA/MA - 014/A11, Determinación de materia particulada (fracciones inhalable, torácica y respirable) en aire - método gravimétrico. Insst.es.
https://www.insst.es/documents/94886/359043/MA_014_A11.pdf/687c3305-70c6-4f12-9115-4c317d7e819f?version=1.1&t=1648209024110

INSST. (2019). FILTROS CONTRA PARTÍCULAS. EN 143. FILTROS CONTRA PARTÍCULAS. EN 143 | Equipos de Protección Individual en el sector de la construcción.
<https://epiconstruccion.lineaprevencion.com/tipos-de-epi/proteccion-respiratoria/tipos-de-filtros/filtros-contr-particulas-en-143>

INSST, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2011). MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS GUÍA TÉCNICA DEL INSHT. Insst.es.
<https://www.insst.es/documents/94886/509319/GuiatecnicaMMC.pdf/27a8b126-a827-4edd-aa4c-7c0ca0a86cda>

INSST Instituto Nacional De Seguridad y Salud En El Trabajo. (1998). NTP 477: Levantamiento manual de cargas: ecuación del NIOSH. Portal INSST.
<https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/14-serie-ntp-numeros-471-a-505-ano-1999/ntp-477-levantamiento-manual-de-cargas-ecuacion-del-niosh>

INSST - Instituto nacional de seguridad y salud en el trabajo. (2024). Manipulación manual de cargas. Portal INSST. <https://www.insst.es/materias/riesgos/riesgos-ergonomicos/manipulacion-manual-de-cargas>

INSST -Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, O. A. , M. P. (Madrid, enero 2024). LEP Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. 2024. Insst.es.
<https://www.insst.es/documents/94886/6896817/LEP+2024.pdf/2da36018-5d52-12e7-3b6a-d99544aa5a07?t=1708070663412>

- Domínguez Zambrano Elisabeth; Pineda Rivera Windy Constanza
Evaluación y planificación preventiva de la exposición a ruido, agentes químicos, movimiento repetitivo y manipulación manual de cargas en Imprelit SAS.
- Jara, O., Carrera, E., Freire, L., Alvarez, D., Ballesteros, F., & Gómez, A. (2016). Evaluación ergonómica en la industria papelera en Ecuador [International Conference on Occupational Risk Prevention].
<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2975/1/86.%202385-3832%20GOMEZ%20ANTONIO%202016-10.pdf>
- Jiménez, R., & Ccoo, I. (2019). Polvo en suspensión: ¿más peligroso de lo que parece? Informe de situación en la industria del papel. Iistas.net. https://istas.net/sites/default/files/2019-11/Polvo_suspensi%C3%B3n_Informe_situacion_industria_papel_2019.pdf
- La Asociación Española de Fabricantes de Envases y Embalajes de Cartón Ondulado (AFCO). (2023a). Informe sectorial 2023, Evolución de la industria española del cartón ondulado. Afco.es. <https://afco.es/wp-content/uploads/2024/02/Cifras-carton-ondulado-2023.pdf>
- La Asociación Española de Fabricantes de Envases y Embalajes de Cartón Ondulado (AFCO). (2023b, febrero 6). la industria del cartón en España produce 7.618 millones € facturación y más de 24.000 empleos. AFCO. <https://afco.es/publicaciones/7-618-millones-e-facturacion-y-mas-de-24-000-empleos-la-industria-del-carton-en-espana/>
- Ledesma, de M. J., & Picazo, A. R. (2003). Método de evaluación de la exposición a la carga física debida a movimientos repetitivos [UNIR].
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1012070#:~:text=Las%20tareass%20de%20trabajo%20con,y%20lesiones%20de%20origen%20laboral.>
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. (1995). Boletín Oficial del Estado, 269, (41 págs.) <https://www.boe.es/buscar/pdf/1995/BOE-A-1995-24292-consolidado.pdf>
- Ley 39/1997, de 31 de enero, de prevención de Riesgos Laborales. (1997). Boletín Oficial del Estado páginas 3031 a 3045. <https://www.boe.es/eli/es/rd/1997/01/17/39>
- Made-in-China. (2024). Paletización Lágrima estándar americano de almacenamiento RMI. Made-in-china.com. https://es.made-in-china.com/co_tocorack/product_American-Standard-Teardrop-Pallet-Racking-Rmi-Coil-Storage_eneueyhey.html?pv_id=1iermeg96111&faw_id=1iermetpj23a

- Domínguez Zambrano Elisabeth; Pineda Rivera Windy Constanza
Evaluación y planificación preventiva de la exposición a ruido, agentes químicos, movimiento repetitivo y manipulación manual de cargas en Imprelit SAS.
- Maqui-Corrigado, M. C. (2018, enero 3). Máquina troqueladora y descartonadora automática HT-1050P - Corrugadoras, Impresoras Flexográficas, Montadoras, Microcorrugado. Corrugadoras, Impresoras Flexográficas, Montadoras, Microcorrugado. <https://www.maquicorrugado.com/shop/maquina-troqueladora-y-descartonadora-automatica-ht-1050p/>
- Mecanocaucho, A. M. C. (2021). ASPECTOS SOBRE LOS SOPORTES ANTIVIBRATORIOS DE CAUCHO Y METAL. ¿SABÍAS QUE...? Mecanocaucho.com. <https://www.mecanocaucho.com/es/noticias/rubber-to-metal-mounts-design-es/>
- Merce, A., Martínez, C., & Bisbal, R. S. (2024). evaluación y planificación preventiva de agentes químicos y ruido, y riesgos higiénicos por manipulación de cargas en una estación de servicio [Tesis master UNIR]. [http://file:///C:/U%20Inmaculada%20%3B%20Martinez%20Lafraya,%20Carla%20%3B%20Sanchez%20Bisbal,%20Raquel%20\(2\).pdf](http://file:///C:/U%20Inmaculada%20%3B%20Martinez%20Lafraya,%20Carla%20%3B%20Sanchez%20Bisbal,%20Raquel%20(2).pdf)
- Metalmecanica. (2024, febrero 27). Troqueladoras: Definición y tipos de aplicaciones. Metalmecánica. <https://www.metalmecanica.com/es/noticias/troqueladoras-guia-y-tipos-de-aplicaciones>
- NIOSH. (1998). NIOSH 0600 Español, Partículas no reguladas de otro modo no reguladas, respirables. SlideShare. <https://es.slideshare.net/slideshow/niosh-0600-espaol/251316413>
- Pallomaro. (2024). CARRO BANDEJERO EN ACERO INOX. Pallomaro.com. <https://tienda.pallomaro.com/carros---transportadores/carro-bandejero-en-acero-inox-plantilla-r388>
- Pilco, D. A. F. (2021). Daño auditivo en trabajadores por exposición a ruido laboral revisión sistemática. PIENSO en Latinoamérica, 2. <https://piensoenlatinoamerica.org/storage/pdf-articles/1625551023-2%20Art%C3%ADculo%20original.pdf>
- PREVOR. (2012, septiembre 21). El riesgo químico en la industria papelera. Laboratorio de toxicología y dominio del riesgo químico; Prevor. <https://www.prevor.com/es/el-riesgo-quimico-en-la-industria-papelera/>

- Domínguez Zambrano Elisabeth; Pineda Rivera Windy Constanza
Evaluación y planificación preventiva de la exposición a ruido, agentes químicos, movimiento repetitivo y manipulación manual de cargas en Imprelit SAS.
- PTE. (2021, febrero 5). Pisos industriales: usos, tipos y beneficios. Productos Técnicos Especializados Escobar y Martínez. <https://www.eymproductostecnicos.com/pisos-industriales-eym>
- RAISAMEX. (2024). *Piezas especiales de hule RAISAMEX*. Raisamex.com. <http://www.raisamex.com.mx/prodalternativo.cfm?prodid=224>
- RATSA. (2024). Placa acústica de espuma de poliuretano para aislar ruido - Aislantes acústicos RATSA ®. RATSA. <https://www.ratsa.mx/producto/aislantes-acusticos/espuma-poliuretano>
- 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, (2006). Boletín Oficial del Estado. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/03/10/286>
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares. (1997, abril 23). Boletín Oficial del Estado. <https://www.boe.es/boe/dias/1997/04/23/pdfs/A12926-12928.pdf>
- Ruiz, A. M. A., Balboa, J. L. G., & Mingorance, J. L. M. (2010). Error, Incertidumbre, Precisión Y Exactitud, Términos Asociados A La Calidad Espacial Del Dato Geográfico [Universidad De Jaén]. http://coello.ujaen.es/congresos/cicum/ponencias/Cicum2010.2.02_Ruiz_y_otros_Error_incertidumbre_precision.pdf
- Ruiz, L., & Centro Nacional de Nuevas Tecnologías Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2024). Manipulación Manual De Cargas. Ecuación Niosh. Insst.es. <https://www.insst.es/documents/94886/509319/EcuacionNIOSSH.pdf/7a77a651-ee8e-436c-9bd7-a171d90b9320>
- SEGUTECNICA S.R.L. (2024). 3M MASCARILLA 8801 P2 PARA POLVOS, HUMOS Y NEBLINAS (35690). <https://www.segutecnica.com/3m-mascarilla-8801-p2-para-polvos-humos-y-neblinas-35690---det--005536>

SOLERPALAU. (2024). Campanas de extracción. Solerpalau.com.

<https://www.solerpalau.com/es-es/hojas-tecnicas-campanas-de-extraccion/>

Sute, A. H., Denisov, E. I., Suvoro, G. A., Driscoll, D. P., Royster, L. H., & Royster, J. D. (2001).

Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo Capitulo 47 de Ruido. Insst.es.

<https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+47.+Ruido>

SVANTEK. (2021, febrero 11). SV 104 - Dosímetro de Ruido. Dosímetro de ruido SV 104;

Svantek. <https://svantek.com/es/productos/sv-104-dosimetro-de-ruido/>

Torén, K., Järholm, B., Sällsten, G., & Thiringer, G. (1994). Respiratory symptoms and asthma

among workers exposed to paper dust: a cohort study. American Journal of Industrial

Medicine, 26(4), 489–496. <https://doi.org/10.1002/ajim.4700260406>

UNE- EN ISO 9612-2009 Determinación de la exposición al ruido en el trabajo, método de ingeniería. (2009).

http://file:///C:/Users/carlo/OneDrive/Escritorio/Windy/MASTER%20WINDY/TRABAJO%20FINAL/ruido/UNE%20ISO%209612_2009.pdf

UNE-EN 689:2019+AC 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. (2019). http://file://UNE-EN_689_2019+AC.pdf

UNE-EN 1005-5:2007. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano.

Parte 5: Evaluación del riesgo por manipulación repetitiva de alta frecuencia. (2007).

Une.org. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0040129>

UNE-EN 458:2016 Protectores auditivos. Recomendaciones relativas a la selección, uso,

cuidado y mantenimiento. Documento guía. (2016). Unir.net:4345.

<https://bv.unir.net:4345/standard/UNE/N0056361>

UNE-EN ISO 4869-2:2020 Acústica. Protectores auditivos contra el ruido. Parte 2: Estimación

de los niveles efectivos de presión sonora ponderados A cuando se utilizan protectores

auditivos. (ISO 4869-2:2018). (2020). Unir.net:4345.

<https://bv.unir.net:4345/standard/UNE/N0063541>

Domínguez Zambrano Elisabeth; Pineda Rivera Windy Constanza
Evaluación y planificación preventiva de la exposición a ruido, agentes químicos, movimiento repetitivo y
manipulación manual de cargas en Imprelit SAS.
Universidad de Boyacá. (2016). Catilla de pausas activas, División De Recursos Humanos
Sección De Seguridad Y Salud En El Trabajo.
<https://www.uniboyaca.edu.co/sites/default/files/2019-04/CARTILLA%20DE%20PAUSAS%20ACTIVAS.pdf>

10.Anexos

Anexo 1. Ficha técnica del protector auditivo 3M™ PELTOR™ Orejeras serie X

Peso

Modelo	Masa (gramos)
3M™ PELTOR™ Orejeras X1 (X1A)	184
3M™ PELTOR™ Orejeras X1 (X1P3, X1P3-OR)	187
3M™ PELTOR™ Orejeras X2 (X2A)	220
3M™ PELTOR™ Orejeras X2 (X2P3)	226
3M™ PELTOR™ Orejeras X3 (X3A)	245
3M™ PELTOR™ Orejeras X3 (X3P3)	256
3M™ PELTOR™ Orejeras X4 (X4A, X4A-OR)	234
3M™ PELTOR™ Orejeras X4 (X4P3, X4P3-OR)	241
3M™ PELTOR™ Orejeras X5 (X5A)	351
3M™ PELTOR™ Orejeras X5 (X5P3)	355
3M™ PELTOR™ Orejeras X1 (X1B)	149
3M™ PELTOR™ Orejeras X2 (X2B)	186
3M™ PELTOR™ Orejeras X3 (X3B)	223
3M™ PELTOR™ Orejeras X4 (X4B)	203
3M™ PELTOR™ Orejeras X5 (X5B)	319



Normas y homologaciones:

Las 3M™ PELTOR™ Orejeras serie X están aprobadas según la normativa europea (UE) 2016/425 por el Instituto Finandés de Salud Ocupacional (FIOH), Topeliuksenkatu 41aA, FIN-00250 Helsinki, Finlandia (organismo notificado número 0403). Estos productos cumplen los requisitos de la norma europea armonizada EN 352-1:2002 (para la versión de diadema y arnés de nuca) y EN 352-3:2002 (para la versión montada en casco). Los certificados y las declaraciones de conformidad aplicables están disponibles en el sitio web www.3M.com/Hearing/certs.

Lista de materiales

	Versión con diadema, con arnés de nuca	Versión montada en casco
Diadema/arnés de nuca y funda/cubierta	Cable de acero inoxidable, TPE, poliéster, polipropileno, acetato	N/D
Brazo de anclaje a casco	N/D	Acetato, poliamida
Cazoletas	ABS/TPU	ABS/TPU
Inserto (liner)	Espuma de poliuretano	Espuma de poliuretano
Almohadillas y fundas de almohadillas	PVC y espuma de poliuretano	PVC y espuma de poliuretano

Valores de atenuación

3M™ PELTOR™ Orejeras X1 (X1A diadema)

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	15,6	11,9	15,4	24,5	34,3	32,8	37,4	37,4
Sf (dB)	3,6	2,0	2,6	2,6	2,3	3,3	2,5	3,8
APVf (dB)	12,0	9,9	12,8	22,0	31,9	29,5	34,9	33,5

SNR = 27dB H = 32 dB M = 24 dB L = 16 dB