

EVALUACIÓN CUALITATIVA DE EXPOSICIÓN INHALATORIA Y PERCEPCIÓN DEL RIESGO EN COLORISTAS INDUSTRIALES:

UN ESTUDIO DE CASO EN QUITO QUALITATIVE ASSESSMENT OF INHALATION EXPOSURE RISK AND RISK PERCEPTION IN INDUSTRIAL COLORISTS: A CASE STUDY IN QUITO

Denisse Carolina Morales-Andrade¹, Kristel Valeria Monteros-Parreño², César José D Pool-Fernández³

{denisse.morales@epn.edu.ec¹, krisvmonteros@gmail.com², cdpool@doc.unibe.edu.ec³}

Fecha de recepción: 01/02/2026 / Fecha de aceptación: 09/02/2026 / Fecha de publicación: 10/02/2026

RESUMEN: El riesgo químico por inhalación representa un desafío para la salud ocupacional, particularmente en actividades laborales que implican la formulación de pinturas. El objetivo de este estudio permitió evaluar cualitativamente el riesgo químico por inhalación en siete trabajadores de las áreas de colorimetría y bodega de una industria ubicada en Quito, Ecuador. La empresa se dedica a la producción de pintura automotriz y para madera. Se evaluó el riesgo en la manipulación de cinco productos empleados en la línea de pintura automotriz y de siete sustancias usadas en la línea de pintura para madera mediante una lista de verificación adaptada a la NTP 937, que integró el análisis de propiedades toxicológicas y fisicoquímicas, procedimientos operativos y la disponibilidad de mecanismos de protección colectiva. Además, se analizó la percepción del riesgo ocupacional para lo que se implementó una encuesta con escala de Likert. El thinner laca y el catalizador, en el área de pintura automotriz, presentaron riesgo probablemente muy elevado al obtener una puntuación de riesgo por inhalación (P_{inh}) de 100000 y 10000, respectivamente. En el área de pinturas para madera, nuevamente el catalizador presentó un riesgo muy elevado ($P_{inh}=5000$), pero el 85,7 % de sustancias evaluadas alcanzaron un P_{inh} promedio de 866, correspondiente a un nivel de riesgo moderado ($P_{inh} < 1000$). Aunque se detectó riesgo químico moderado en la manipulación del 41,67 % de sustancias analizadas, los trabajadores consideraron que las medidas de control adoptadas en la empresa son adecuadas y el 50,89 % de respuestas mostraron que perciben un bajo nivel de riesgo. Por

¹Maestría en Salud y Seguridad Ocupacional, Universidad Iberoamericana del Ecuador - UNIB.E. - Ecuador, <https://orcid.org/0009-0003-9688-871X>; +593983860806

²Maestría en Salud y Seguridad Ocupacional, Universidad Iberoamericana del Ecuador - UNIB.E. - Ecuador, <https://orcid.org/0009-0008-8966-4773>; +59383239563

³Maestría en Salud y Seguridad Ocupacional, Universidad Iberoamericana del Ecuador - UNIB.E. - Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-6570-9702>; +59398336459

esta razón, es pertinente integrar la evaluación cualitativa del riesgo con el análisis de la percepción ocupacional y reforzar la gestión preventiva en la colorimetría industrial.

Palabras clave: Riesgo químico; Exposición inhalatoria; Percepción ocupacional; Coloristas industriales; COV

ABSTRACT: Chemical inhalation risk is a challenge to occupational health, particularly in work activities involving paint formulation. This study aimed to qualitatively assess the chemical inhalation risk for seven workers in the colorimetry and warehouse areas of a company located in Quito, Ecuador. The company produces automotive and wood paints. The risk associated with the handling of five chemical products used in the automotive paint line and seven substances used in the wood paint line was evaluated using a checklist adapted from NTP 937, which incorporated the analysis of toxicological and physicochemical properties, operating procedures, and the availability of collective protection measures. In addition, occupational risk perception was assessed by a structured Likert- scale questionnaire. In the automotive paint line, lacquer thinner and catalyst showed a very high risk, obtaining inhalation risk scores (P_{inh}) of 100000 and 10000, respectively. In the wood paint line, the catalyst again showed a very high risk score ($P_{inh}=5000$), but the remaining substances reached an average P_{inh} score of 866, corresponding to moderate risk levels ($P_{inh} < 1000$). Although a moderate chemical risk was detected in the handling of 41.67% analyzed substances, workers considered that control measures adopted by the company are adequate, and 50.89% of responses showed that they perceive a low level of risk. For this reason, it is pertinent to merge qualitative risk assessment with occupational perception analysis, and to strengthen preventive management in industrial colorimetry.

Keywords: Chemical risk; Inhalation exposure; Occupational perception; Industrial colorists; VOC

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la exposición a agentes químicos en el ámbito laboral se considera un problema de salud pública y de seguridad laboral. A diario, millones de trabajadores se ven expuestos a sustancias químicas potencialmente peligrosas en su entorno laboral, lo que provoca un aumento significativo de enfermedades profesionales, sobre todo de tipo respiratorio, pero también neurológicas, hematológicas y diversos tipos de cáncer ocupacional. Esto, según datos obtenidos por organizaciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) (1, 2).

Una proporción considerable de estas exposiciones ocurre por vía inhalatoria, especialmente las que involucran sustancias volátiles y procesos de dispersión de contaminantes en el aire, por lo que constituye una de las más relevantes en el estudio del riesgo químico ocupacional (1).

A nivel industrial, se tiene una gran dependencia de compuestos químicos, puesto que procesos como la producción de pintura y recubrimientos implican una gran cantidad de

solventes orgánicos, que son parte esencial de diluyentes, desengrasantes y formulaciones pigmentarias, utilizados en las etapas de mezclado, ajuste de tonalidades y aplicación de pintura. Compuestos como tolueno, benceno, xileno, conocidos por su alta volatilidad y liposolubilidad, facilitan su dispersión y absorción en el ambiente laboral y vía inhalatoria respectivamente, con distribución sistémica en el organismo a largo plazo, generando alteraciones en el sistema nervioso central y periférico, daño hepático, renal o trastornos hematológicos, cuya magnitud depende del tipo de sustancia, de la concentración ambiental y de la duración de la exposición (3, 4). Aun así, la dimensión real puede tener cambios significativos según las condiciones determinadas de los procesos de producción y medidas de control instauradas, las cuales son distintas entre contextos industriales y ámbitos territoriales a nivel mundial.

Bajo este contexto, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer ha clasificado al benceno como carcinógeno para humanos, mientras que la Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades de Estados Unidos ha documentado efectos neurotóxicos y sistémicos asociados a solventes como tolueno y xileno en exposiciones prolongadas por inhalación (3, 5).

Los trabajadores involucrados en actividades de pintura y colorimetría son una población vulnerable, pues sus tareas implican mezclado, formulación, ajuste de tonalidades y aplicación de pinturas en las que hay liberación de vapores y aerosoles inhalables. En investigaciones a pintores automotrices, se ha podido evidenciar exposiciones significativas a mezclas de solventes orgánicos por vía inhalatoria; en Colombia, encontraron correlaciones positivas entre las concentraciones de solventes en el aire y los niveles de metabolitos urinarios, al evaluar a pintores de vehículos expuestos a benceno, tolueno y xileno, lo que pone en manifiesto la magnitud de la exposición inhalatoria en este tipo de actividades laborales (6).

Resultados concordantes han sido descritos en trabajadores industriales, donde la exposición ocupacional a tolueno y xileno, se asoció con alteraciones neurológicas y biomarcadores biológicos alterados, a pesar de encontrarse en condiciones habituales de trabajo (7, 8). También efectos hematológicos e inmunológicos se han documentado en poblaciones expuestas a dichas sustancias, lo que refuerza la idea de evaluar y controlar sistemáticamente este riesgo ocupacional (9).

El riesgo por inhalación aumenta si dichas actividades ocupacionales se realizan en espacios cerrados, con ventilación pobre o sin sistemas de extracción localizada, puesto que favorecen la acumulación de vapores orgánicos en el entorno laboral. Hernández-Baltazar et al. (10) evidenciaron que controles de ingeniería insuficientes conjuntamente con el uso inadecuado de equipos de protección respiratoria elevan el riesgo de exposición a solventes orgánicos por vía inhalatoria, inclusive en tareas consideradas rutinarias (10, 11).

Pese a la amplia evidencia internacional en cuanto a los efectos adversos a la salud secundarios a la exposición a químicos, gran parte de ellos, fueron elaborados en circunstancias industriales contrarios a los de América Latina, lo que limita la disponibilidad de información local en cuanto a la evaluación cualitativa del riesgo químico y las condiciones reales de exposición en actividades como la colorimetría industrial en Ecuador. Aunque la normativa en seguridad y salud en el trabajo de Ecuador establece como obligación la gestión

del riesgo químico, no existe una metodología oficial y estandarizada para valorar la exposición por inhalación en actividades como la colorimetría industrial, lo que ha llevado a la adopción de metodologías cualitativas y semicuantitativas de referencia internacional, como la Nota Técnica de Prevención 937, misma que integra la peligrosidad de las sustancias, condiciones del proceso productivo y la eficacia de las medidas de control existentes (12).

Según la OIT, la gestión efectiva del riesgo químico no basta con la evaluación técnica de la exposición, sino que se debe incorporar el análisis de la percepción del riesgo por parte de los trabajadores, pues esto repercute en el comportamiento preventivo, el uso de equipo de protección personal y la adherencia a las medidas de control; una baja percepción del riesgo se puede asociar con prácticas inseguras y mayor probabilidad de exposición real (2).

En el presente estudio, se realizó una evaluación cualitativa al riesgo por inhalación de agentes químicos en trabajadores del área de colorimetría de una empresa ubicada en Quito, Ecuador, que cuenta con dos líneas de producción de pintura: automotriz y maderera; para lo que se implementó la Nota Técnica de Prevención 937 y se analizó la percepción del riesgo ocupacional en los trabajadores expuestos, con la finalidad de aportar evidencia local para el fortalecimiento de estrategias de prevención y control del riesgo químico en este sector.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio tuvo un diseño descriptivo y de corte transversal, con el objetivo de evaluar cualitativamente el riesgo químico por inhalación en los trabajadores que manipulan sustancias químicas peligrosas durante sus actividades laborales en el área de colorimetría de una empresa, así como analizar la percepción subjetiva del riesgo.

Para ello, se realizó un muestreo censal, en el cual los empleados participantes cumplieron con los siguientes criterios: vinculación laboral activa con contrato vigente en la empresa, manipulación directa de sustancias químicas durante la jornada laboral, jornada mayor a 40 horas semanales, participación voluntaria e informada y capacidad para responder la encuesta de percepción del riesgo. Mientras que se excluyeron del estudio los empleados de áreas administrativas que no tienen contacto directo con productos químicos, trabajadores con ausencia por algún motivo durante la evaluación realizada y aquellos que no aceptaron participar voluntariamente.

La metodología aplicada en este estudio incluyó la recolección de información mediante una lista de verificación con observación directa en el puesto de trabajo de los coloristas en ambas líneas de producción y la aplicación de una encuesta de percepción del riesgo expuesto por los mismos trabajadores. Las actividades se desarrollaron en áreas de mezcla y formulación de pinturas, caracterizadas por el uso de recipientes abiertos, la manipulación manual de materias primas y la presencia de sistemas de ventilación natural y mecánica.

A continuación, se detalla la forma en la cual fue evaluado el riesgo químico mediante estas dos herramientas:

Lista de verificación

Dado que la normativa ecuatoriana no define un método estandarizado para la evaluación del riesgo químico, se elaboró una herramienta semicuantitativa basada en la Nota Técnica de Prevención NTP 937 propuesta por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), adaptada al marco normativo ecuatoriano según la Resolución C.D. 513 y el Acuerdo Ministerial No. 255, y alineada con las directrices de la OIT y la OMS. Se aplicó esta nota técnica por su versatilidad, sencilla aplicabilidad y porque considera factores influyentes en la concentración del químico en el aire, como el procedimiento de trabajo y los sistemas de ventilación existentes en el área (12).

La lista de verificación permitió registrar características del ambiente laboral como el tipo de ventilación, orden, limpieza y uso de equipos de protección personal para evaluar de forma cualitativa el riesgo químico por inhalación mediante la asignación de puntajes establecidos en la NTP 937. De esta manera, se determinaron las puntuaciones correspondientes al procedimiento de trabajo ($P_{\text{procedimiento}}$) y a los mecanismos de protección colectiva ($P_{\text{protec. colec.}}$), relacionados con la ventilación disponible en el área. El $P_{\text{procedimiento}}$ se determinó con base en el modo de aplicación de cada agente químico y la manipulación de los materiales en cada línea de producción.

Una fuente principal para la obtención de las propiedades fisicoquímicas y toxicológicas de cada agente químico fueron las hojas de seguridad o MSDS (13). La información extraída de cada MSDS incluyó: la composición química de cada sustancia empleada, las frases R (riesgo) o H (peligro), los Valores Límite Ambientales (VLA) expresados en mg/m^3 , las temperaturas de ebullición y las presiones de vapor.

En cada línea de producción se emplea una variedad de pinturas; sin embargo, se consideraron las MSDS de los pigmentos usados con mayor frecuencia de acuerdo con los registros de productos químicos de cada línea de producción. A partir de esta información, se determinaron las puntuaciones relativas al riesgo potencial ($P_{\text{riesgo pot.}}$) y a la volatilidad ($P_{\text{volatilidad}}$) de cada agente químico.

La puntuación $P_{\text{riesgo pot.}}$ se obtuvo a partir de dos parámetros: la clase de peligro y la clase de exposición potencial, como se muestra en la Figura 1. La clase de peligro fue definida por las frases R y H y el VLA reportado en la MSDS de los productos químicos utilizados. Mientras que la clase de exposición potencial fue estimada a partir de la cantidad de reactivo utilizado por día y la frecuencia de uso de cada sustancia química. A cada clase se le asignó un valor en una escala del 1 al 5 de acuerdo con la NTP 937. A partir de estos valores, se establecieron la clase de riesgo potencial y su puntuación (12).

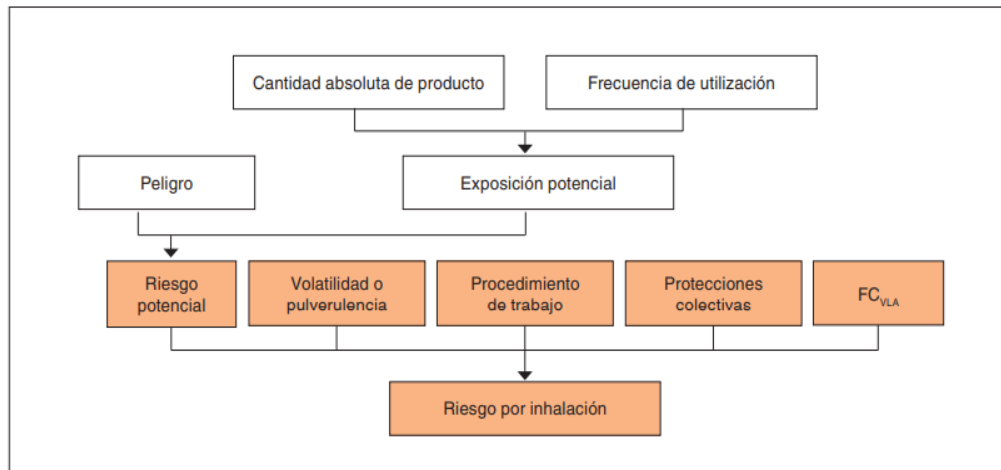


Figura 1. Esquema para la evaluación semicuantitativa del riesgo por inhalación según la NTP 397.

Fuente: (12).

La puntuación de la volatilidad de la sustancia ($P_{\text{volatilidad}}$) se determinó considerando la clase de volatilidad del líquido según la Figura 2, a partir de los puntos de ebullición de los componentes y de la temperatura de uso del agente químico. De acuerdo con la nota técnica publicada por el INSST, a los agentes químicos utilizados en operaciones de pulverización (spraying) les corresponde la clase 3 de volatilidad (alta volatilidad), independientemente de las temperaturas de ebullición de sus componentes (12).

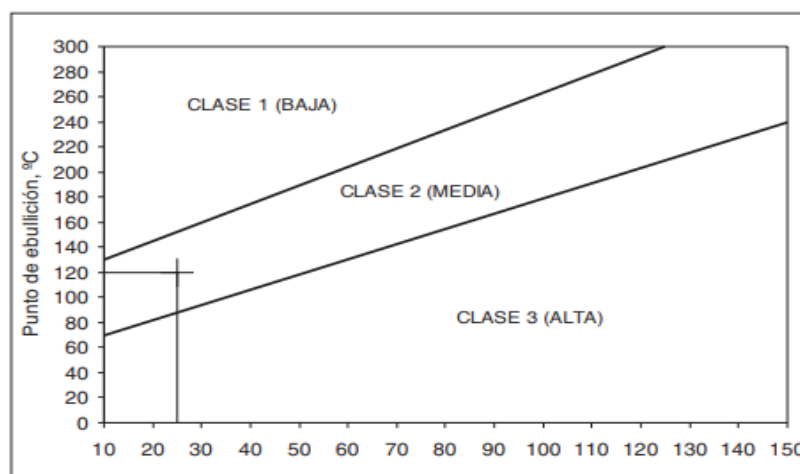


Figura 2. Clases de volatilidad para líquidos según la NTP 397.

Fuente: (12).

Una vez determinadas las puntuaciones de riesgo potencial, volatilidad, procedimiento de trabajo y mecanismos de protección colectiva, se estableció un factor de corrección según la magnitud de VLA en mg/m^3 de las diferentes sustancias químicas (FC_{VLA}). La puntuación del riesgo por inhalación (P_{inh}) de cada agente químico se obtuvo mediante la ecuación 1, establecida en la NTP 937 (12).

$$P_{inh} = P_{riesgo\ pot.} * P_{volatilidad} * P_{procedimiento} * P_{protec.\ colec.} * FC_{VLA} \quad (1)$$

Finalmente, la puntuación del riesgo por inhalación se relacionó con la prioridad de acción y la caracterización del riesgo mostradas en la Tabla 1.

Tabla 1. Caracterización del riesgo por inhalación según la NTP 937.

Puntuación del riesgo por inhalación	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo
> 1000	1	Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)
> 100 y ≤ 1000	2	Riesgo moderado. Necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada (mediciones)
≥ 100	3	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)

Fuente: (12).

La metodología aplicada permitió integrar de manera sistemática los parámetros toxicológicos, fisicoquímicos y operativos en el área de colorimetría, proporcionando una valoración semicuantitativa del riesgo por inhalación de cada sustancia química a la que estuvieron expuestos los trabajadores y un análisis categórico para los niveles de riesgo cualitativo por inhalación.

Encuesta de percepción

Adicionalmente, se recolectó información sobre la percepción subjetiva de los coloristas frente al riesgo de inhalación de agentes químicos mediante una encuesta independiente, aplicada de forma individual a los participantes durante la jornada laboral, con escalas de frecuencia tipo Likert. La encuesta de percepción estuvo compuesta por 16 preguntas cerradas, con puntuaciones de 1 a 5, donde 1 correspondía al menor nivel de frecuencia (nunca). La aplicación del cuestionario se realizó en presencia del investigador.

El cuestionario de percepción utilizado es una adaptación del análisis de percepción realizado por Alcívar (14) en el campo laboral de la ingeniería civil; por lo tanto, se consideraron parámetros como el conocimiento de la toxicidad, la acción preventiva de la empresa, el miedo a la manipulación de sustancias químicas tóxicas, la vulnerabilidad percibida por los trabajadores, la confianza en las medidas de seguridad adoptadas por la empresa y la interpretación personal del riesgo químico (14).

Durante todo el proceso investigativo, se garantizaron la confidencialidad, el consentimiento informado, el anonimato de los participantes y el uso exclusivo de la información con fines

académicos y científicos. La información obtenida fue analizada mediante estadística descriptiva, empleando frecuencias y porcentajes para las variables relacionadas con la percepción del riesgo.

Este enfoque reflexivo e inductivo de las experiencias de los coloristas en su jornada laboral permitió profundizar en la realidad subjetiva de los trabajadores y enriquecer la comprensión del riesgo químico más allá de los indicadores cuantitativos tradicionales (15).

Análisis comparativo entre la evaluación del riesgo químico y la percepción del riesgo

Finalmente, se analizó la correlación de los resultados obtenidos en la encuesta de percepción con los niveles de riesgo químico por inhalación mediante un análisis comparativo, con enfoque cualitativo, para determinar si las distribuciones porcentuales de la percepción y del riesgo químico por inhalación siguen la misma tendencia y si existe alineación conceptual entre las distribuciones. Para determinar la distribución porcentual del riesgo se consideró el número de agentes químicos que presentaron la misma caracterización del riesgo químico (elevado, moderado o bajo) por inhalación. En contraste, la determinación de la distribución porcentual de la percepción del riesgo se basó en el número de respuestas obtenidas en las 16 preguntas de la encuesta realizada a los trabajadores participantes.

RESULTADOS

Una vez aplicada la metodología seleccionada para la evaluación semicuantitativa del riesgo químico por inhalación y el análisis de la percepción subjetiva de los trabajadores en el área de colorimetría y bodega, se obtuvieron los resultados que se describen a continuación:

En primer lugar, se determinaron las características sociodemográficas y laborales de los coloristas de la empresa. La Tabla 2 muestra la información obtenida.

Tabla 2. Características sociodemográficas y laborales de los coloristas.

	Número de coloristas	%
Área de trabajo		
Colorimetría automotriz	2	28,57
Colorimetría para madera	1	14,29
Bodega	4	57,14
Género del trabajador		
Femenino	0	0

**EVALUACIÓN CUALITATIVA DE EXPOSICIÓN INHALATORIA Y PERCEPCIÓN DEL RIESGO EN COLORISTAS INDUSTRIALES:
UN ESTUDIO DE CASO EN QUITO**

Masculino	7	100
Edad (años)		
20 a 30	4	57,14
31 a 40	1	14,29
41 a 50	1	14,29
51 a 60	1	14,29
Tiempo de servicio (años)		
< 1	5	71,43
1 a 2	0	0
3 a 5	0	0
6 a 10	2	28,57
Tiempo de manipulación de productos químicos		
< 4 horas	3	42,86
≥ 4 horas	4	57,14
Protección e higiene personal		
Uso de guantes	6	85,71
Uso de ropa de trabajo	7	100
Uso de gafas de seguridad	0	0
Uso de mascarilla	4	57,14

Los resultados evidencian que todos los trabajadores evaluados pertenecen al género masculino y el 57,14 % tienen edades comprendidas entre los 20 y 30 años; además, la mayoría de coloristas, correspondiente al 71,43 %, tiene corta experiencia con menos de 1 año de servicio en la empresa. La edad promedio de los trabajadores evaluados es de 33 años aproximadamente, con un tiempo de exposición promedio de 3 años. Además, la mayoría de los participantes del estudio corresponden al área de bodega (57,14 %) quienes principalmente desempeñan actividades que incluyen la recepción de materia prima, el almacenamiento y organización de materia prima y productos en venta, el manejo de producto terminado, así como el envasado y etiquetado de thinner, el despacho y transporte de materia prima a las líneas de producción y de producto final al cliente y el control de inventarios. El resto de trabajadores componen el área de colorimetría, de los cuales el

28,57 % de los empleados se encuentran en la línea de producción que formula pintura automotriz y el 14,29 % son coloristas que formulan pintura para madera. En el área de colorimetría, los trabajadores se dedican a la selección de pigmentos y materia prima para la formulación, la carga de insumos y el mezclado, el ajuste de formulación que incluye la corrección de color y brillo de las pinturas, el envasado y etiquetado y la limpieza y mantenimiento básico de la línea de producción.

Por otro lado, en la Tabla 2 se puede apreciar que el 57,14 % de trabajadores tiene una exposición química de más de 4 horas de exposición que corresponden a los empleados que pertenecen al área de colorimetría. A pesar de que no todos los trabajadores tienen una exposición química continua, el 100 % de ellos utiliza ropa de trabajo adecuada en su jornada laboral, el 85,71 % utiliza guantes en el desarrollo de sus actividades, pero solamente el 57,14 % usa mascarilla y ninguno de los trabajadores trabaja con gafas de seguridad porque notificaron que presentan incomodidad al momento de utilizarlas.

Evaluación cualitativa del riesgo químico en la línea de producción de pintura automotriz

La Tabla 3 indica la evaluación del riesgo potencial aplicada a 5 agentes químicos que se utilizan con frecuencia en la producción de pintura automotriz. Entre los compuestos que componen a en estos productos químicos se encuentran compuestos alifáticos y aromáticos de baja y media velocidad de evaporación como: n-butil acetato, xileno, poliisocianato, 1,6-hexametileno diisocianato, 2-(1-metoxi) propil acetato, 1,2,4-trimetil benceno, metil isobutil cetona, nafta disolvente, etanol y butil glicol.

La puntuación del riesgo potencial correspondiente al thinner laca especial ($P_{\text{riesgo pot.}} 1000$) fue la mayor de todas las puntuaciones asignadas según la Tabla 3, seguida de la puntuación asignada al catalizador. La puntuación del thinner laca se obtuvo porque esta sustancia se emplea entre 100 mL y 10 L por día, de forma permanente durante la jornada laboral de los coloristas, por más de 6 horas diarias, lo cual incrementó la exposición potencial de esta sustancia. Asimismo, presenta un valor de VLA menor a $0,1 \text{ mg/m}^3$ lo cual aumenta el peligro asociado a su manipulación. En el caso del catalizador o hardener, su puntaje ($P_{\text{riesgo pot.}} 100$) se debe a que es otra sustancia que se utiliza continuamente durante la jornada laboral y tiene la frase R42/43, que, según el Instituto Sindical de Trabajo, Seguridad y Salud, esta sustancia química tiene la “posibilidad de sensibilización por inhalación y en contacto con la piel” (16).

Además, la Tabla 3 presenta una disparidad en los valores de riesgo potencial del thinner laca y el catalizador con los valores asignados al riesgo potencial del resto de productos evaluados debido a las clases de peligro correspondientes a cada sustancia. En cuanto a la evaluación del peligro de las sustancias, la pintura de recubrimiento tiene frases R20/21 con significado “nocivo por inhalación y en contacto con la piel”; la pintura de acabado presentó la frase R 20 que significa “nocivo por inhalación”; y, el desengrasante tiene las frases H304 “puede ser mortal en caso de ingestión y de penetración en las vías respiratorias”; H336 “puede provocar somnolencia o vértigo”; H315 “provoca irritación cutánea”; H319 “provoca irritación ocular grave”; H226 “líquidos y vapores inflamables” (16, 17).

Tabla 3. Clases de cantidad, frecuencia de utilización, exposición potencial, riesgo potencial y puntuación del riesgo potencial para sustancias químicas de la línea de producción de pintura automotriz.

Agente químico	Clase de Cantidad	Clase de frecuencia de utilización	Clase de exposición potencial	Clase de peligro	Clase de Riesgo potencial	Puntuación Riesgo potencial
Thinner Laca Especial	2	4	2	5	4	1000
Catalizador (hardener)	1	4	1	4	3	100
2K Solid Color topcoat	2	4	2	3	2	10
1K Metallic Basecoat	2	4	2	3	2	10
Desengrasante 010	1	1	1	3	2	10

La evaluación semicuantitativa del riesgo químico por inhalación de cada agente químico empleado en la línea de producción de pintura automotriz, la prioridad de acción y la caracterización del riesgo correspondiente se muestran en la Tabla 4.

En la Tabla 4 se puede evidenciar que dos sustancias químicas analizadas (40 %) presentan un riesgo químico muy elevado, lo cual implica la adopción y ejecución de medidas correctivas inmediatas. Mientras que el 60% restante tiene riesgo moderado, por lo que también son requeridas mediciones ambientales de control. Entonces, es imperativo el uso correcto de EPP, el control y mantenimiento del sistema de extracción, el almacenamiento correcto de las sustancias químicas utilizadas y la elaboración de un programa de vigilancia de la salud que incluya la medición de biomarcadores ambientales y biológicos de los COV encontrados en la composición de cada producto utilizado. Otra medida que debe ser considerada es la sustitución del proceso de aplicación de la pintura automotriz a través de una pistola por otro mecanismo que no disperse partículas del producto, y capacitar al personal para que la aplicación del desengrasante sea dentro de la cabina ventilada.

Los resultados muestran que el thinner obtuvo un riesgo elevado (Pinh 100000) demostrando que el VLA es un factor influyente en el riesgo potencial, la volatilidad y el factor de corrección

(FC_{VLA}); esto se debió principalmente a la alta frecuencia de utilización del producto en las actividades relacionadas con este puesto de trabajo (8 horas diarias) y los solventes aromáticos de baja y mediana velocidad de evaporación presentes en su composición que hacen que este disolvente sea una sustancia de alta volatilidad. Por la presencia de estos componentes, el thinner laca tiene un valor de TLV-TWA de 120 ppm, equivalente a una concentración promedio en el aire durante una jornada laboral de 8 horas y 40 horas semanales menor a $0,1 \text{ mg/m}^3$. Además, en esta línea de producción, se aplica la mezcla de pintura con pistola o se realiza la limpieza de piezas metálicas con trapos; por lo tanto, estos procedimientos son dispersivos y favorecen la exposición por inhalación de solventes (12).

Tabla 4. Puntuaciones para el riesgo potencial, volatilidad, procedimiento, protección colectiva, factor de corrección (FC_{VLA}), puntaje del riesgo por inhalación (P_{inh}), prioridad de acción y caracterización del riesgo para cada sustancia química utilizada en el proceso de fabricación de pintura automotriz.

Agente químico	Riesgo potencial	Volatilidad	Procedimiento	Protección colectiva	FC_{VLA}	P_{inh}	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo
Thinner Laca Especial	1000	100	1	0,1	10	100000	1	Riesgo probablemente muy elevado
Catalizador (hardener)	100	100	1	0,1	10	10000	1	Riesgo probablemente muy elevado
2 K Solid Color topcoat	10	100	1	0,1	1	100	2	Riesgo moderado.
1K Metallic Basecoat	10	100	1	0,1	1	100	2	Riesgo moderado.
Desengrasante 010	10	100	1	1	1	1000	2	Riesgo moderado.

Para el caso del catalizador (hardener), los mismos parámetros que influyeron en la caracterización del riesgo por inhalación del thinner provocaron un alto riesgo químico por inhalación de este otro químico (P_{inh} 10000). El catalizador se utiliza durante las 8 horas de la jornada de trabajo; presenta la frase R 42/43 por la mezcla de n-butil acetato, xileno, poliisocianato y 1,6-hexametileno diisocianato en su composición química (16).

Conjuntamente, este producto se aplica como aerosol siendo una operación dispersiva, y el 1,6-hexametileno diisocianato, uno de los componentes del catalizador, tiene un TWA de 0,02 mg/m³ que aumenta la volatilidad de este químico en el ambiente.

Evaluación cualitativa del riesgo químico en la línea de producción de pintura para madera

La Tabla 5 presenta la evaluación del riesgo potencial de las 7 sustancias químicas usados frecuentemente en la formulación de pintura para madera. Los componentes comunes encontrados en las MSDS de estos productos integran: xileno, acetato de butilo, acetato de cellosolve, tolueno, acetato de etilo, nafta disolvente (petróleo), metacrilato de metilo, 2,3-epoxipropil neodecanoato, metacrilato de 2-hidroxi-2-etilo, poliisocianato, 1,6-hexametileno diisocianato, acetato de 2-metoxi-1-metiletilo, poliéster de ácido fosfórico, etilbenceno, propilidintrimetanol, etilbenceno, 4-metilpentan-2-ona, acetato de n-butilo, n-metil-2-pirrolidona, 4-hidroxi-4-metilpentan-2-ona, y cuarzo.

Tabla 5. Clases de cantidad, frecuencia de uso, exposición potencial, riesgo potencial y puntuación del riesgo potencial de sustancias químicas en la línea de producción de pinturas para madera.

Agente químico	Cantidad/día	Frecuencia de utilización	Clase de exposición potencial	Clase de peligro	Clase de riesgo potencial	Puntuación Riesgo potencial
Thinner Poliuretano	2	4	2	2	1	1
602 Mixing White	2	4	2	2	1	1
Catalizador (hardener)	1	4	1	4	3	100
702 White	2	4	2	2	1	1
GB100B-Uni Blanco KUPSAPAST	2	4	2	3	2	10
GB2000B-Uni Amarillo Indio KUPSAPAST	2	4	2	4	3	100

EVALUACIÓN CUALITATIVA DE EXPOSICIÓN INHALATORIA Y PERCEPCIÓN DEL RIESGO EN COLORISTAS INDUSTRIALES:
UN ESTUDIO DE CASO EN QUITO

GB2120B- Uni Amarillo Ocre KUPSAPAST	2	4	2	3	2	10
---	---	---	---	---	---	----

Como en la otra línea de producción, la mayoría de los productos químicos se utilizan entre 100 mL y 10 L diarios, mientras que el catalizador se usa menos de 100 mL. Todos los productos químicos se utilizan durante 8 horas diarias.

Como resultado se obtuvo que el catalizador y el pigmento Amarillo Indio presentaron los mayores valores de la puntuación del riesgo potencial (100) a causa las frases de peligro y riesgo que les corresponde. Al catalizador tiene la frase de riesgo R42/43; mientras que el pigmento tiene la frase de peligro H351 que indica “sospecha que provoca cáncer”.

El resto de las sustancias químicas analizadas también presentan frases de peligro. A las pinturas 602 Mixing White y 702 White les correspondió la frase H336, que establece que “puede provocar somnolencia o vértigo”. La pasta pigmentada Uni Blanco presenta frases de peligro, pero ninguna de las especificadas en la NTP 937; sin embargo, en la información suplementaria de la MSDS se incluyó la frase “EUH211: ¡Atención! Al rociar pueden formarse gotas respirables peligrosas. No respirar el aerosol o la niebla”. En adición, algunos de sus componentes (etilbenceno, xileno y acetato de 2-metoxi-1-metiletilo) presentan la frase H336 relacionada con que “puede provocar somnolencia o vértigo”. Por su parte, a la pasta pigmentada amarillo ocre tiene la frase H373 que indica que “puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas” (12, 16, 17). Aunque en esta línea de producción también se utiliza thinner como disolvente, difiere la composición y volatilidad del thinner poliuretano y del thinner laca. El thinner poliuretano presenta menor volatilidad que el otro, puesto que su componente, el acetato de etilo, tiene un VLA de 75 mg/m³.

La Tabla 6 indica la evaluación semicuantitativa del riesgo químico por inhalación de las sustancias químicas empleadas en la línea de producción de pintura para madera, la prioridad de acción y la caracterización del riesgo.

Como se observa en la Tabla 6, solamente uno de los 7 productos químicos evaluados presenta un riesgo muy elevado, lo que corresponde al 14,28% de las sustancias químicas analizadas. Al igual que en la línea de producción de pintura automotriz, el catalizador (hardener) es un producto que presenta un riesgo muy elevado (P_{inh} 5000). Sin embargo, al comparar los resultados obtenidos para esta sustancia química en cada línea de producción, se aprecia que cuando se la usa en la formulación de pintura para madera disminuye el valor de este puntaje, debido a que la volatilidad del producto y el procedimiento de aplicación del mismo cambian. Para la formulación de pintura para madera, el puntaje del riesgo de inhalación disminuyó porque el producto no se utiliza como aerosol, sino que se emplean mezcladores abiertos; entonces, se cambió de un proceso dispersivo a un proceso abierto que disminuye la exposición inhalatoria por niebla. La volatilidad del producto se evaluó a partir de la temperatura de ebullición de su componente más volátil, el n-butil acetato (124 °C), la temperatura de trabajo y la Figura 2; en consecuencia, el catalizador se consideró como una sustancia de volatilidad media y no alta como en la otra línea de producción.

Por otro lado, las pastas pigmentadas amarillo indio y amarillo ocre, correspondientes al 28,57% de los químicos evaluados, tuvieron un riesgo químico moderado (P_{inh} 500), razón por la cual también se necesita aplicar medidas correctivas que permitan controlar estos riesgos químicos por inhalación. Para la pasta amarillo indio, este resultado se debe a la frase de peligro que tiene (frase H336) y a su media volatilidad (12) por tener una temperatura de ebullición de 140 °C. En el caso del pigmento amarillo ocre, el nivel de riesgo moderado se debe a su frase de peligro (frase H373); su volatilidad media por su temperatura de ebullición de 139 °C; y el VLA del cuarzo (componente de este pigmento) de 0,05 mg/m³.

Tabla 6. Puntuaciones de riesgo potencial, volatilidad, procedimiento, protección colectiva, Factor de corrección (FC_{VLA}), Puntaje del riesgo por inhalación (P_{inh}), prioridad de acción y caracterización del riesgo para cada sustancia química utilizada en el proceso de formulación de pintura para madera.

Agente químico	Riesgo potencial	Volatilidad	Procedimiento	Protección colectiva	FC_{VLA}	P_{inh}	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo
Thinner Poliuretano	1	10	0,5	1	1	5	3	Riesgo a priori bajo
602 Mixing White	1	10	0,5	1	1	5	3	Riesgo a priori bajo
Endurecedor (hardener)	100	10	0,5	1	10	5000	1	Riesgo probablemente muy elevado
702 White	1	10	0,5	1	1	5	3	Riesgo a priori bajo
GB100B-Uni Blanco KUPSAPAST	10	10	0,5	1	1	50	3	Riesgo a priori bajo
GB2000B- Uni Amarillo Indio KUPSAPAST	100	10	0,5	1	1	500	2	Riesgo moderado.
GB2120B-Uni Amarillo Ocre KUPSAPAST	10	10	0,5	1	10	500	2	Riesgo moderado.

Al evidenciar niveles elevados y moderados de riesgo químico por inhalación en esta área de producción, se deben aplicar inmediatamente medidas correctivas en la fuente, el medio y el

receptor. Es importante la adecuación de un sistema de ventilación local en el área, como mecanismo de protección colectiva, seguido de la utilización de EPP apropiado. En este sentido, se sugiere que los trabajadores utilicen obligatoriamente protección respiratoria con filtros de cartucho para vapores orgánicos (tipo A), guantes de nitrilo, gafas y ropa resistente a solventes orgánicos.

Resultados en la encuesta de percepción subjetiva del riesgo

La Figura 3 muestra los resultados de las respuestas relacionadas con la percepción de inhalación de productos químicos y se pudo constatar que, respecto a la percepción de olores fuertes o irritantes, una proporción importante de los trabajadores (43%) manifestó percibirlos a veces, mientras que el 14% indicó percibirlos siempre. A pesar de ello, el total de encuestados (100%) indicó que la ventilación del área de trabajo es siempre adecuada para la eliminación de vapores y olores.

Por otra parte, en lo referente al tiempo de exposición, existió una variabilidad en las respuestas, ya que, aunque algunos mencionaron exposiciones prolongadas (más de cuatro horas), otro grupo manifestó lo contrario, lo que insinúa una percepción mixta de la exposición en el proceso laboral.

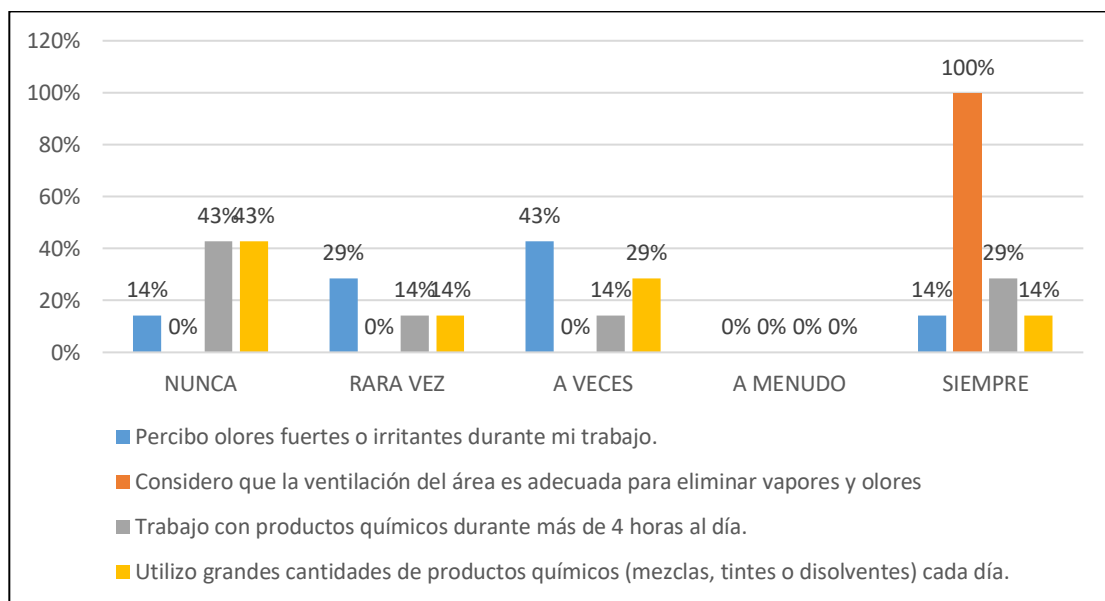


Figura 3. Distribución porcentual de las respuestas que tienen relación con la exposición al riesgo químico por inhalación.

En cuanto a la percepción de los efectos del riesgo químico sobre la salud (Figura 4) el 71% de trabajadores respondió nunca cuando se les consultó sobre presentar síntomas como mareos o irritación ocular o de la garganta durante la preparación de mezclas.

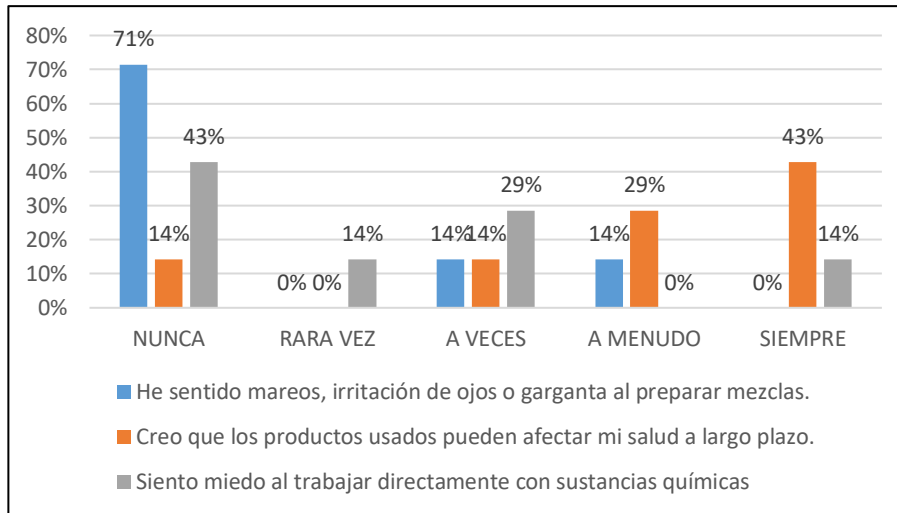


Figura 4. Distribución porcentual de las respuestas sobre los efectos percibidos en la salud y su asociación con la inhalación de productos.

Aun así, cuando se les preguntó si consideraban que los productos utilizados podían afectar su salud a largo plazo, un grupo considerable de evaluados (43%) respondió de forma afirmativa, lo que pone en manifiesto que hay una mayor percepción del riesgo crónico que al inmediato, en total concordancia con ello, la mayoría (29%) manifestó nunca sentir miedo al trabajar directamente con productos químicos, pudiendo estar relacionado con estar familiarizados con la rutina laboral.

En la Figura 5 se presentan los resultados que tienen relación con la percepción de las medidas de prevención y control del riesgo químico implementadas en la empresa. El 57 % de los encuestados indicó conocer los riesgos que hay al manejar los productos químicos de su entorno laboral; asimismo, el 43 % respondió haber recibido información sobre las fichas de datos de seguridad.

EVALUACIÓN CUALITATIVA DE EXPOSICIÓN INHALATORIA Y PERCEPCIÓN DEL RIESGO EN COLORISTAS INDUSTRIALES:
UN ESTUDIO DE CASO EN QUITO

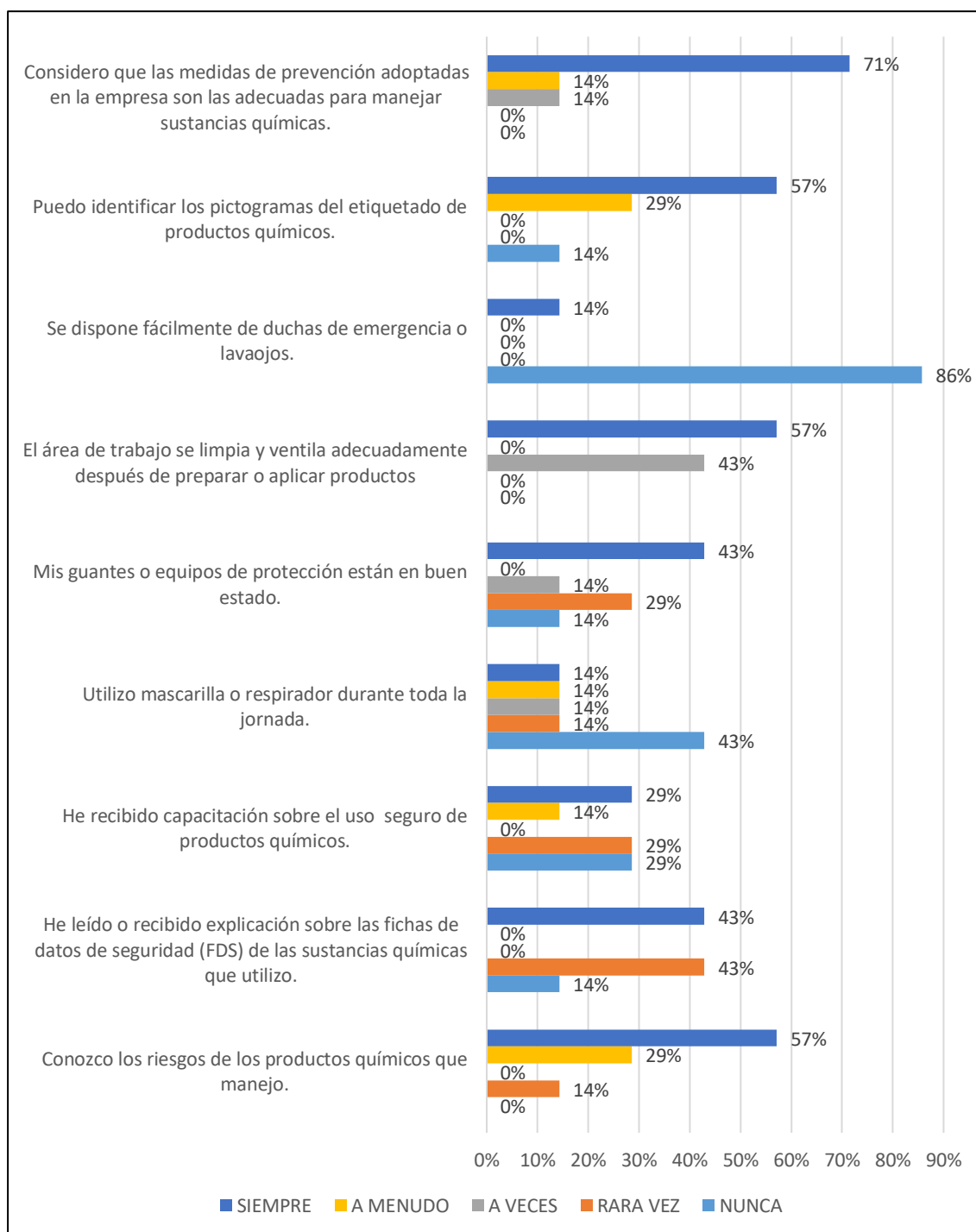


Figura 5. Distribución porcentual de las respuestas relacionadas con las medidas de control y prevención del riesgo químico.

No obstante, al cuestionar sobre recibir capacitación periódica sobre el uso seguro de productos químicos, uso constante de equipo de protección personal (mascarillas, respiradores), se detectaron limitaciones importantes. De igual manera, el 86 % de los trabajadores indicó una escasa disponibilidad de duchas de emergencia o lavaojos, lo que representa un punto crítico dentro de la gestión del riesgo.

Incorporando esta información a la evaluación técnica del riesgo químico que se obtuvo gracias a la NTP 937, llama la atención que aun cuando algunas sustancias químicas utilizadas por los coloristas fueron clasificadas con niveles de riesgo moderado a alto, tienden a percibir tanto la exposición como efectos inmediatos de manera controlada. Dicha discrepancia expone una posible subestimación del riesgo real, frente a estas sustancias altamente volátiles, lo que nos muestra cuán importante es fortalecer programas de capacitación y sensibilización en esta área industrial.

Finalmente, la Tabla 7 presenta la distribución detallada de las respuestas obtenidas para cada uno de las preguntas evaluadas en la encuesta de percepción subjetiva del riesgo por inhalación de agentes químicos; se expresan en frecuencia absoluta (n) y porcentaje (%), lo que permite una visualización general y ordenada del nivel de percepción del riesgo por parte de los trabajadores evaluados, la misma complementa los resultados mostrados en las figuras 3, 4 y 5 facilitando la comprensión de las tendencias observadas en relación con la exposición, los efectos percibidos sobre la salud y las medidas de prevención y control existentes.

Tabla 7. Distribución de frecuencias y porcentajes de las respuestas obtenidas en la encuesta de percepción subjetiva del riesgo.

Pregunta	Nunca	Rara vez	A veces	Frecuente	Siempre
Percibo olores fuertes o irritantes durante mi trabajo	1 (14%)	2 (29%)	3 (43%)	-	1 (14%)
He sentido mareos, irritación de ojos o garganta al preparar mezclas.	5 (71%)	-	1 (14%)	1 (14%)	-
Considero que la ventilación del área es adecuada para eliminar vapores y olores.	-	-	-	-	7 (100%)
Trabajo con productos químicos durante más de 4 horas al día.	3 (43%)	1 (14%)	1 (14%)	-	2 (29%)
Utilizo grandes cantidades de productos químicos (mezclas, tintes o disolventes) cada día.	3 (43%)	1 (14%)	2 (29%)	-	1 (14%)
Conozco los riesgos de los productos químicos que manejo.	-	1 (14%)	-	2 (29%)	4 (57%)
He leído o recibido explicación sobre las fichas de datos de seguridad (FDS) de las sustancias químicas que utilizo.	1 (14%)	3 (43%)	-	-	3 (43%)

**EVALUACIÓN CUALITATIVA DE EXPOSICIÓN INHALATORIA Y PERCEPCIÓN DEL RIESGO EN COLORISTAS INDUSTRIALES:
UN ESTUDIO DE CASO EN QUITO**

He recibido capacitación sobre el uso seguro de productos químicos.	2 (29%)	2 (29%)	-	1 (14%)	2 (29%)
Utilizo mascarilla o respirador durante toda la jornada.	3 (43%)	1 (14%)	1 (14%)	1 (14%)	1 (14%)
Mis guantes o equipos de protección están en buen estado.	1 (14%)	2 (29%)	1 (14%)	-	3 (43%)
El área de trabajo se limpia y ventila adecuadamente después de preparar o aplicar productos	-	-	3 (43%)	-	4 (57%)
Se dispone fácilmente de duchas de emergencia o lavaojos.	6 (86%)	-	-	-	1 (14%)
Puedo identificar los pictogramas del etiquetado de productos químicos.	1 (14%)	-	-	2 (29%)	4 (57%)
Creo que los productos usados pueden afectar mi salud a largo plazo.	1 (14%)	-	1 (14%)	2 (29%)	3 (43%)
Considero que las medidas de prevención adoptadas en la empresa son adecuadas para manejar sustancias químicas.	-	-	1 (14%)	1 (14%)	5 (71%)
Siento miedo al trabajar directamente con sustancias químicas	3 (43%)	1 (14%)	2 (29%)	-	1 (14%)

Análisis comparativo entre la evaluación del riesgo químico y la percepción del riesgo.

En la Tabla 8 se comparan las distribuciones porcentuales del riesgo químico por inhalación evaluado y la percepción ocupacional del mismo.

Los resultados de la Tabla 8 muestran que las distribuciones porcentuales comparadas no siguen la misma tendencia. De acuerdo con la evaluación cualitativa aplicada, la mayoría de los productos químicos presentan un nivel de riesgo moderado (41,67 %), pero es subestimado en la percepción de los trabajadores (14,29 %). En contraste, gran parte de las respuestas (50,89 %) brindadas por los trabajadores reflejan que perciben el riesgo con nivel bajo, comprobando la presencia de una falsa sensación de control en sus respectivos puestos de trabajo, un exceso de confianza en las medidas preventivas adoptadas en la empresa y la posible normalización del peligro.

Tabla 8. Distribución porcentual del nivel de riesgo químico por inhalación y la percepción del riesgo.

Nivel	Riesgo químico (%)	Percepción del riesgo (%)
-------	--------------------	---------------------------

Elevado	25,00	34,82
Moderado	41,67	14,29
Bajo	33,33	50,89

Adicionalmente, en las MSDS y la composición química de los productos, se encontró una similitud toxicológica de las sustancias utilizadas en el área de colorimetría y bodega debido a que los xenobióticos que forman parte de estos agentes químicos incluyen solventes orgánicos aromáticos, COV y vapores irritantes. Esta mezcla de sustancias provoca efectos similares en el sistema respiratorio y nervioso central por exposición inhalatoria continua (3, 4, 10, 11). En consecuencia, al coexistir simultáneamente varios químicos con efectos similares en la salud, el riesgo por inhalación incrementa a causa de una exposición múltiple y un efecto combinado.

DISCUSIÓN

Los agentes químicos utilizados por los trabajadores dedicados a la producción de pintura automotriz en este estudio comprenden una variedad de solventes orgánicos volátiles como thinner laca, desengrasante, catalizador (hardener), recubrimientos y pinturas de acabado metálico. Los solventes comúnmente utilizados en la industria de pintura automotriz incluyen el xileno, tolueno, etanol, butanol, etil acetato, butil acetato, naftas pesadas y benceno. La mayoría de los componentes de los productos químicos utilizados con frecuencia en la línea de pintura automotriz de la empresa son nocivos por inhalación debido a la presencia de mezclas de solventes orgánicos de alta volatilidad (18, 19, 20). Adicionalmente, Anderson y Meade (21) establecen que la aplicación del recubrimiento final en los vehículos es la fase del proceso de pintura que emite la mayor cantidad de compuestos orgánicos volátiles (COV) al ambiente, entre los que se encuentran alcoholes, ésteres, cetonas e hidrocarburos.

La manipulación de thinner laca y catalizador (hardener) implica un riesgo elevado según la evaluación realizada. En otro estudio evaluaron los riesgos químicos por inhalación de 15 productos químicos utilizados en una industria gráfica, de los cuales el thinner fue uno de los productos químicos que presentó alto riesgo (22). Asimismo, en este estudio esta sustancia obtuvo un P_{inh} de 100000 debido al bajo valor de VLA (menor que $0,1 \text{ mg/m}^3$), los compuestos aromáticos volátiles que forman parte de su composición química, la alta frecuencia de uso diario y el procedimiento de aplicación por spraying, factores que favorecen la dispersión de los componentes en forma de niebla y, a su vez, aumentan el riesgo químico por inhalación (18). Este disolvente está principalmente constituido por una mezcla de tolueno, xileno y acetona, químicos potencialmente peligrosos y que causan irritación del tracto respiratorio, especialmente el xileno (23). Las mismas condiciones operativas correspondientes al thinner laca causaron que el catalizador fuera otra sustancia con alto riesgo (P_{inh} 10000). Asimismo, el 1,6-hexametileno diisocianato, un componente del catalizador, puede provocar un síndrome alérgico similar al asma, con sintomatología de falta de aliento, jadeo, bronquitis o tos (24).

De acuerdo con las composiciones de los cinco productos químicos evaluados, existen compuestos aromáticos comunes como benceno, xileno y acetato de n-butilo. Por lo tanto,

sería recomendable realizar una evaluación de los contaminantes atmosféricos presentes en todas las áreas de la empresa, puesto que la vía de exposición inhalatoria es la principal ruta de exposición de algunos xenobióticos comunes en varios productos químicos de esta línea de producción como los isocianatos (21). En un estudio se evaluó el riesgo químico por inhalación y la cuantificación de las concentraciones ambientales en una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de productos para pinturas y productos cosméticos, y se detectó la presencia de 22 COV en el ambiente que incluyeron tolueno, cloroformo, y acetato de isobutilo en el área de recepción, formulación y bodega principal de productos, sustancias catalogadas como cancerígenas que implican la afectación a órganos diana en exposiciones prolongadas, somnolencia o vértigo (25).

Por otro lado, las sustancias químicas comunes que usan los coloristas dedicados a la obtención de pinturas para madera en la empresa abarcan: thinner a base de poliuretano, catalizador (hardener), resinas, polímeros sintéticos, pigmentos y otros aditivos a base de solventes. Según IARC, resinas de bajo peso molecular como formaldehídos o isocianatos pueden ser liberadas y el uso de pinturas a base de poliuretano puede liberar monómeros y oligómeros de diisocianato, cuya liberación aumenta con una manipulación incorrecta de estos productos (18, 26).

Además, se detectó que todos los productos químicos analizados correspondientes a esta línea de producción presentaron xileno y algún tipo de éster como componentes principales. En una investigación se demostró que la exposición al xileno afecta en mayor proporción a los ojos y la nariz de los trabajadores de un laboratorio médico en Oman, o provoca problemas musculares o inconvenientes con la piel (27). Estas afectaciones en la salud hacen indispensable el monitoreo biológico con biomarcadores de exposición a estos xenobióticos en los trabajadores. Por otro lado, en las fórmulas de los pigmentos en pasta blanca, amarillo indio y amarillo ocre se presentó etilbenceno (28). Cierta cantidad de etilbenceno puede retenerse en el hígado y los riñones, o causar efectos nocivos en el sistema nervioso central (29, 30).

Los resultados de la encuesta de percepción subjetiva pusieron de manifiesto una discordancia entre el nivel real del riesgo químico obtenido a través de la evaluación cualitativa y la percepción de los coloristas, pues si bien reconocen que en su entorno se encuentran manipulando sustancias altamente volátiles, esto no se tradujo en una percepción acorde con el riesgo real, sobre todo en las sustancias que presentan riesgo potencialmente elevado. Esto concuerda con lo indicado por la OIT, que indica que el peligro se encuentra normalizado y hay una subestimación del riesgo, a pesar de que haya una exposición inhalatoria considerable, debido a la experiencia laboral de los trabajadores y la familiarización con las tareas (2). Por ejemplo, en un estudio realizado en Bogotá, los coloristas automotrices no lograron percibir completamente el impacto que ocasionan las exposiciones prolongadas a BTX (benceno, tolueno y xileno) sobre su salud neurológica y hematológica, a pesar de existir evidencia confirmatoria (6).

Aunque la mayoría de los encuestados no refirieron síntomas agudos frecuentes debido a la inhalación de sustancias químicas, un porcentaje considerable de ellos (43 %) sí mostró preocupación por la afectación a largo plazo, lo que muestra una mayor conciencia del riesgo crónico frente al inmediato. Hernández-Baltazar y colaboradores (10) en su investigación

ponen de manifiesto que una de las causas de retraso en la adopción de medidas de prevención y notificación oportuna de efectos ocupacionales se debe a la subestimación de síntomas leves o inespecíficos que se pueden presentar al estar expuestos a solventes orgánicos.

Los trabajadores también consideraron que las medidas de control y prevención instauradas en la empresa eran las adecuadas; sin embargo, esto no corresponde con lo obtenido en la evaluación semicuantitativa. La OMS y la OIT enfatizan que la falsa sensación de seguridad del personal se basa en la confianza que adquieren por su tiempo de experiencia laboral y por creer que si usan ocasionalmente el equipo de protección personal se reducirá el riesgo real, mismo que solo conlleva un aumento de exposición y afectación a su salud sobre todo en las etapas de mezclado y aplicación de pinturas (2, 4).

Tomando en discusión nuevamente al uso de equipo de protección personal y síntomas asociados con la exposición por vía inhalatoria, existió una variabilidad de respuestas en la encuesta de percepción, lo que confirma lo expresado en investigaciones previas a coloristas, en las cuales una baja percepción del riesgo condujo a una baja adherencia al uso de protección personal, específicamente respiratoria, lo que consecuentemente elevó la exposición rutinaria a compuestos orgánicos altamente volátiles (10, 30). En concordancia, estudios realizados en Irán y Nigeria reportaron niveles superiores a los recomendados en el ambiente de COV durante procesos de formulación de pinturas y, aun con ese precedente, los trabajadores evaluados referían leves percepciones olfativas o síntomas muy moderados, lo que indica que la exposición real es mayor a la percibida (31,32).

Todo lo expuesto anteriormente pone de manifiesto la brecha existente entre el riesgo químico objetivo y el riesgo percibido, situación alarmante pues incrementa la vulnerabilidad de trabajadores en constante exposición a solventes. En definitiva, los resultados obtenidos nos muestran cuán importante es fortalecer los programas de sensibilización, capacitación y comunicación del riesgo químico en entornos laborales, con especial énfasis en efectos a largo plazo (2). Finalmente, se manifestó una discordancia entre los niveles de riesgo químico detectados en el área y la percepción ocupacional. Al 41,67 % de los agentes químicos analizados presentan un riesgo químico por inhalación moderado, subestimado según la percepción de los trabajadores. Mientras que el 50,89 % de respuestas de los encuestados reflejan que perciben un riesgo químico bajo. Esta discrepancia aumenta la vulnerabilidad de las personas expuestas al riesgo e incluso podría aumentar la probabilidad de los efectos adversos en la salud, realzando la relevancia de incorporar análisis de percepción en la evaluación del riesgo químico.

CONCLUSIONES

La evaluación cualitativa del área de colorimetría industrial determinó que los trabajadores a diario se ven expuestos a agentes químicos altamente volátiles y peligrosos en sus actividades laborales, cuya principal vía de ingreso es la inhalación. Bajo esta premisa, la metodología NTP 937 permitió incluir distintos parámetros toxicológicos, físico-químicos y propios del proceso productivo, lo cual demuestra la utilidad de incluir la herramienta para la evaluación del riesgo químico en actividades como la colorimetría industrial en el Ecuador.

Los resultados permitieron mostrar como el thinner laca y el catalizador (hardener) en la línea de pintura automotriz obtuvieron niveles elevados en cuanto al riesgo por inhalación (valores de P_{inh} superiores a 10000), en total relación con su volatilidad, frecuencia de uso y aplicación en procesos dispersivos. En la línea de pinturas para madera, 57,14 % de sustancias evaluadas presentaron un nivel de riesgo bajo, sin embargo, el catalizador nuevamente, obtuvo una puntuación elevada ($P_{inh}=5000$); hechos que solo confirman que la dimensión del riesgo químico no va a depender únicamente del peligro real de la sustancia, sino también de las condiciones laborales (operación, frecuencia, cantidad de uso) y la eficacia de los sistemas de ventilación disponibles.

Por su parte, el análisis de la percepción del riesgo expuso una divergencia entre lo obtenido en la evaluación técnica y la percepción como tal de los trabajadores del riesgo químico, pues se notó una tendencia a subestimar la magnitud del riesgo inhalatorio y una elevada confianza en las medidas de control existentes en su entorno de trabajo. Es así que, en el contexto ecuatoriano, es importante que las estrategias de gestión preventiva se adicione a evaluaciones técnicas, capacitación continua, sistemas de ventilación adecuados y programas de vigilancia de la salud robustos, con el fin de disminuir la probabilidad de la presencia de efectos adversos en los trabajadores y, así, se logre una mejor gestión del riesgo químico en el sector de la colorimetría industrial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud. Preventing disease through healthy environments [Internet]. Ginebra: World Health Organization; 2018 [citado 2026 Feb 5]. Recuperado a partir de: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565196>
2. Organización Internacional del Trabajo. Safety and health at the heart of the future of work [Internet]. Ginebra: International Labour Organization; 2019 [citado 2026 Feb 5]. Recuperado a partir de: https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@dcomm/documents/publication/wcms_686645.pdf
3. International Agency for Research on Cancer. Benzene. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 120 [Internet]. Lyon: IARC; 2018 [citado 2026 Feb 5]. Recuperado a partir de: <https://www.iarc.who.int/news-events/iarc-monographs-volume-120-benzene/>
4. World Health Organization. Chemical safety and health [Internet]. Ginebra: World Health Organization; 2022 [citado 2026 Feb 5]. Recuperado a partir de: <https://who-dev5.prgsdev.com/m/teams/environment-climate-change-and-health/chemical-safety-and-health/health-sector-action/health-in-international-instruments>
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for toluene [Internet]. Atlanta: ATSDR; 2016 [citado 2026 Feb 5]. Recuperado a partir de: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/toluene.pdf>
6. Palma M, Briceño L, Idrovo A, Varona M. Evaluación de la exposición a solventes orgánicos en pintores de carros de la ciudad de Bogotá. *Biomédica*. 2015;35(Suppl 2):66. doi:10.7705/biomedica.v35i0.2268

7. Song H, Yu IT, Lao XQ. Neurobehavioral effects of occupational exposure to organic solvents among male printing workers in Hong Kong. *Arch Environ Occup Health*. 2015;70(3):147–153. doi:10.1080/19338244.2013.828676
8. Alonso-Perarnau X, Domingo-Pueyo A, Bosch de Basea M. Occupational exposure to organic solvents and associated biomarkers: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(3):1715. doi:10.4321/s0465-546x2022000300004
9. Haro García L, Vélez N, Aguilar G, Guerrero S, Cuauhtémoc JP. Alteraciones hematológicas en trabajadores expuestos ocupacionalmente a mezcla de benceno-tolueno-xileno (BTX) en una fábrica de pinturas [Internet]. 2016 [citado 2026 Feb 5]. Recuperado a partir de: <https://upc.aws.openrepository.com/handle/10757/612393>
10. Hernández-Baltazar E, López-Sánchez M, Ramírez-García A. Evaluación del riesgo químico por inhalación en trabajadores expuestos a solventes orgánicos. *Rev Inst Cienc Salud*. 2023;12(1):45–58. doi:10.29057/icsa.v12i23.10836
11. Curtis P, Righteous I, Adeyemi O. A study on paint industry with health risk assessment of chemicals. *Int J Sci Res Environ Sci*. 2021;9(4):55–64 [citado 2026 Feb 5]. Recuperado a partir de: https://www.researchgate.net/publication/356032549_A_STUDY_ON_PAINT_INDUSTRY_WITH_HEALTH_RISK_ASSESSMENT_OF_CHEMICALS
12. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS. Nota Técnica de Prevención 937 [Internet]. España: Gobierno de España; 2012 [citado 2026 Feb 5]. Recuperado a partir de: <https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/27-serie-ntp-numeros-926-a-960-ano-2012/nota-tecnica-de-prevencion-ntp-937>
13. Mora-Barrantes J, Sotomayor-Pineda J, Afú-Méndez C, Vallejo-Salas M. Evaluación del riesgo químico mediante la aplicación de un índice de seguridad inherente: un caso de estudio en cursos de docencia de química general en un centro universitario. *Tecnol Marcha*. 2022;35(1). doi:10.18845/tm.v35i1.5288
14. Alcívar JP. Percepción del riesgo en trabajadores de la ingeniería civil y la relación con el nivel de educación. *Rev San Gregorio*. 2019:53–63 [citado 2026 Feb 5]. Recuperado a partir de: <https://revista.sangregorio.edu.ec/index.php/REVISTASANGREGORIO/article/view/960>
15. González Y, Cruz M, Rodríguez J. Percepción del riesgo en el ámbito laboral [Internet]. Presentación en congreso; 2018 May 2–9; Colombia [citado 2026 Feb 5]. Recuperado a partir de: http://oiss.org/prevencia2018/libponencias/2-9_mayoTarde/Sala_2_Buenas_practicas_preventivas/6-Universidad_Nacional_Abierta_a_Distancia_Colombia.pdf
16. Instituto Sindical de Trabajo, Seguridad y Salud. Frases R: naturaleza de los riesgos específicos atribuidos a las sustancias y preparados peligrosos [Internet]. España: ISTAS; 2025 [citado 2026 Feb 5]. Recuperado a partir de: <https://risctox.istas.net/index.asp?idpagina=604>
17. Comisión Europea. Frases H/P salud y seguridad [Internet]. Versión 1.1. 2019 [citado 2026 Feb 5]. Recuperado a partir de: https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/ES/Safety/HP_ES.htm
18. International Agency for Research on Cancer. Occupational exposure as a painter. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. No. 100F [Internet].

- Lyon: IARC; 2012 [citado 2026 Feb 5]. Recuperado a partir de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK304433/>
19. Carpitella S, Carpitella F, Izquierdo J. A sustainable approach to risk assessment in automotive paint shops. Proc 11th Int Workshop Simulation for Energy, Sustainable Development & Environment (SESDE). 2023. doi:10.46354/i3m.2023.sesde.006
 20. Bianco I, Panepinto D, Blengini G, Onofrio M, Zanetti M. Inventory and life cycle assessment of an Italian automotive painting process. Clean Technol Environ Policy. 2020;22:247–258. doi:10.1007/s10098-019-01780-3
 21. Anderson S, Meade B. Potential health effects associated with dermal exposure to occupational chemicals. Environ Health Insights. 2014;8:51–62. doi:10.4137/EHI.S15258
 22. Villalobos-González W, Sibaja-Brenes J, Mora-Barrantes J, Álvarez-Garay B. Evaluación de los riesgos químicos por inhalación de las sustancias utilizadas en una industria gráfica. Tecnol Marcha. 2021;34(2):122–134. doi:10.18845/tm.v34i2.4977
 23. Kumara, D. B. P., Fairuzahra, A., Herlinawati, A., Riandini, A. R., Haidar, M. R., Dwiyardari, F., & Simbiak, R. G. I. Inhalation Risk Assessment of Thinner Use in Furniture Painting Workers at Furniture X. Journal of Safety Education [P-ISSN 2986-6391 | E-ISSN 2988-3504]. 2025;3(1), 8-17.
 24. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Diisocianato de hexametileno [Internet]. Atlanta: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU.; 2025 [citado 2026 Feb 5]. Recuperado a partir de: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts120.html
 25. Villalobos-Morales J, Mora-Barrantes J, Sibaja-Brenes J, Zárate-Montero G, Alfaro-Solís R, Borbón-Alpizar H, et al. Evaluación de la exposición laboral a compuestos orgánicos volátiles (COV). Caso de estudio en una empresa química. Tecnol Marcha. 2024;37(3):141–155. doi:10.18845/tm.v37i2.6837
 26. Vicente J, López-Guillén A. Las enfermedades laborales por trabajos con la madera. Med Segur Trab. 2020;66(259):112–131. doi:10.4321/s0465-546x2020000200005
 27. Sreejaya K, Al Quraini M. Health impact of xylene exposure on laboratory workers at a selected healthcare facility in Oman. Int J Occup Saf Health. 2025;15(1):47–54. doi:10.3126/ijosh.v15i1.63993
 28. Kandyala R, Raghavendra S, Rajasekharan S. Xylene: an overview of its health hazards and preventive measures. J Oral Maxillofac Pathol. 2010;14(1):1–5. doi:10.4103/0973-029X.64299
 29. Mozo D., Merino R., Santos T., García A. Utilización de compuestos orgánicos volátiles (COV) como disolventes en empresas españolas. Arch Prev Riesgos Labor. 2011;14(1):27–37 [citado 2026 Feb 5]. Recuperado a partir de: https://archivosdeprevencion.eu/view_document.php?tpd=2&i=1968
 30. Flores E, Gutiérrez R, Alvarado J, Ruíz de Chávez D, Lazalde B. Efectos en la salud ante exposición a hidrocarburos. Ibn Sina Rev Electr Cienc Salud. 2023;14(2):79–91 [citado 2026 Feb 5]. Recuperado a partir de: <https://revistas.uaz.edu.mx/index.php/ibnsina/article/view/2079/1753>
 31. Ojo TO, Onayade AA, Afolabi OT, Ijadunola MY, Esan OT, Akinyemi PA, et al. Work practices and health problems of spray painters exposed to organic solvents in Ile-Ife, Nigeria. J Health Pollut. 2020;10(28):201208. doi:10.5696/2156-9614-10.28.201208

32. Ghobakhloo S, Khoshakhlagh AH, Morais S, Tehrani AM. Exposure to volatile organic compounds in paint production plants: levels and potential human health risks. *Toxics*. 2023;11(2):111. doi:10.3390/toxics11020111