

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ**

**COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COVs) EN LA INDUSTRIA DE
PINTURAS Y SUS DISOLVENTES EN PERÚ – ANÁLISIS DE CASO Y
ESTRATEGIAS DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SALUD OCUPACIONAL**

Tesis para optar el grado de Magíster en Desarrollo Ambiental presentado por:

RENATO GONZALO RIVEROS ALCEDO

ASESORA

DRA. NADIA ROSA GAMBOA FUENTES

JURADO

DRA. ANA SABOGAL DUNIN BORKOWSKI

DR. JORGE ARMANDO GUEVARA GIL

LIMA - PERÚ

2017



RESUMEN

Los compuestos orgánicos volátiles (COVs) son sustancias suficientemente volátiles para existir en forma de vapores en la atmósfera en condiciones normales de temperatura y presión. Sustancias con estas características son utilizadas como insumos en industrias manufactureras y, en particular, para la fabricación de diversos tipos de pinturas, barnices y disolventes industriales. Está demostrado que estas sustancias causan smog fotoquímico, al ser precursores del ozono troposférico, así como efectos directos sobre la fisiología humana debido a su toxicidad. En el Perú no existen inventarios actualizados y completos de emisiones de COVs para la industria de pinturas, a diferencia de otros países latinoamericanos, por lo que urge conocer qué volúmenes se emiten a fin de determinar cuál es el nivel de exposición ocupacional y ambiental a estas sustancias tóxicas.

La presente investigación tuvo como objetivos la estimación de emisiones de COVs al ambiente y la evaluación de los riesgos ocupacionales por exposición a COVs en una empresa mediana local de producción de pinturas. Asimismo, se evaluaron las estrategias de gestión para minimizar la exposición a estas sustancias. La metodología incluyó la observación del proceso productivo, la realización de entrevistas a trabajadores y representantes de la empresa, la evaluación de riesgos ocupacionales por exposición a COVs y la estimación de emisiones de COVs al ambiente.

Los resultados muestran que ocupacionalmente los trabajadores están expuestos a concentraciones elevadas de COVs, por encima de los límites de exposición ocupacional regulados en el Perú, lo que es muy preocupante ya que los antecedentes demuestran daño a los sistemas cardiovascular y nervioso y enfermedades carcinogénicas. Se identificó tolueno y xileno como los COVs de mayor impacto en la salud ambiental y ocupacional, tanto por su alta toxicidad como por sus volúmenes de uso en la producción de pinturas. De igual forma, el total de emisiones de COVs por la producción de pinturas en el año 2015 en una empresa local estudiada fue 8801 toneladas, siendo las pinturas alquídicas a base de solventes orgánicos las que generan mayor volumen de emisiones de COVs (equivalente a casi 50% del total), seguidas de las lacas celulósicas que contribuyen con 32% de emisiones. En esta tesis se explican además las posibles alternativas de gestión de los COVs en la industria para minimizar los riesgos ambientales y ocupacionales, siendo la sustitución una de las mejores opciones dado que actualmente existen varias alternativas en tecnologías de formulación de pinturas y la tendencia mundial es el crecimiento del mercado de pinturas con bajo contenido de COVs.

ABSTRACT

Volatile organic compounds (VOCs) are sufficiently volatile substances to exist as vapors in the atmosphere under normal temperature and pressure conditions. Substances with such characteristics are used as inputs in manufacturing industries and, in particular, for the manufacture of various types of paints, varnishes and industrial solvents. It is demonstrated that these substances cause photochemical smog, being precursors of tropospheric ozone, as well as direct effects on human physiology due to its toxicity. In Peru, there are no updated and complete inventories of VOCs emissions for the paint industry, unlike other Latin American countries, so it is urgent to know what volumes are emitted in order to determine the level of occupational and environmental exposure to these toxic substances.

The objectives of this research are VOCs emissions estimation and evaluation of occupational hazards due to exposure to VOCs in a medium local paint production company. Management strategies were also evaluated to minimize exposure to these substances. The methodology included observation of the production process, interviews with workers and company representatives, assessment of occupational hazards due to exposure to VOCs and estimation of VOCs emissions to the environment.

The results show that workers are occupationally exposed to high concentrations of VOCs, above the occupational exposure limits regulated in Peru, which is very worrisome since the antecedents show damage to the cardiovascular and nervous systems and carcinogenic diseases. Toluene and xylene were identified as the VOCs with the greatest impact on environmental and occupational health, both because of their high toxicity and their use volumes in the production of paints. Likewise, the total VOCs emissions from the production of paints in 2015 in a local company studied were 8801 tons, with organic solvent-based alkyd paints generating the highest volume of VOCs emissions (equivalent to almost 50% of the total), followed by cellulosic lacquers contributing 32% of emissions. This thesis also explains the possible alternatives of VOCs management to minimize environmental and occupational risks, being substitution one of the best options given currently among several in paint formulation technology alternatives and worldwide trend is paints with low VOC content.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas aquellas personas que me apoyaron e incentivaron en la realización de esta tesis, a mi padre, hermanos y amigos.

A mi asesora, la Dra. Nadia Gamboa, por su guía, apoyo y colaboración.

A los representantes de la empresa de pinturas, que me permitieron analizar el problema de cerca y me brindaron información valiosa para la realización de esta tesis, lo que es una clara muestra de su política de responsabilidad social empresarial.



ÍNDICE

1. MARCO TEÓRICO	1
1.1 Pinturas y disolventes asociados	1
1.1.1 Insumos utilizados en la producción de pinturas	5
1.1.2 Disolventes o diluyentes	7
1.2 Compuestos orgánicos volátiles	8
1.2.1 Contaminación ambiental por COVs	9
1.2.2 Toxicidad de COVs	10
1.2.2.1 Sustancias mutágenas	11
1.2.2.2 Sustancias carcinógenas	11
1.2.3 Inflamabilidad de COVs	12
1.3 Normativa de control de COVs	12
1.3.1 Límites de exposición ocupacional	12
1.3.1.1 Valor umbral límite	13
1.3.1.2 Límite de exposición de corto plazo	13
1.3.1.3 Concentración promedio ponderada en relación con el tiempo	13
1.3.2 Normativas para las emisiones de COVs por la industria de pinturas y sus disolventes	14
1.4 Planteamiento del problema	18
1.5 Objetivos	20
1.5.1 Objetivos generales	20
1.5.2 Objetivos específicos	20
2. APROXIMACIONES METODOLÓGICAS	21
2.1 Métodos cuantitativos	21
2.1.1 Estimación de emisiones de COVs por la producción y comercialización de pinturas y sus disolventes	21
2.1.2 Determinación de la concentración de líquidos volátiles en el aire en ambientes laborales	22
2.2 Métodos cualitativos	23
2.2.1 Identificación de los peligros y evaluación de riesgos en una organización por el método IPER	23
2.2.2 Evaluación del riesgo por el uso de insumos químicos por el método HRN	25

3. METODOLOGÍA	26
3.1 Identificación de COVs utilizados en los procesos de fabricación de pinturas y sus disolventes	26
3.2 Estimación de emisiones de COVs	27
3.3 Cálculo de la concentración de COVs en el aire del ambiente laboral	27
3.4 Evaluación de riesgos por el uso y exposición a COVs con el método IPER	28
3.5 Evaluación de riesgos por el uso y exposición a COVs con el método HRN	29
4. EMISIONES DE COVs AL MEDIO AMBIENTE POR LA PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DE PINTURAS Y SUS DISOLVENTES	32
5. EVALUACIÓN DE RIESGOS OCUPACIONALES POR MANIPULACIÓN Y EXPOSICIÓN A COVs	39
5.1 Concentración de COVs en el aire del ambiente laboral	41
5.2 Evaluación de riesgos por el uso y exposición a COVs con el método IPER	43
5.3 Evaluación de riesgos por el uso y exposición a COVs con el método HRN	47
6. ESTRATEGIAS PARA LA GESTIÓN DE COVs	49
6.1 Tecnologías para la sustitución de COVs en la industria de pinturas	49
6.2 Sistemas de extracción, remoción de COVs y purificación del aire interior	51
6.2.1 Sistemas mecánicos de extracción de aire contaminado y remoción de COVs	51
6.2.2 Absorción de COVs del aire interior con el uso de plantas	52
6.3 Protocolos de monitoreo de calidad de aire en el ambiente laboral	56
6.4 Protocolos de protección respiratoria para los trabajadores expuestos	58
7. CONCLUSIONES	62
8. RECOMENDACIONES	64
9. BIBLIOGRAFÍA	66

ANEXOS

Anexo 1: Formato de entrevista a personal administrativo por áreas

Anexo 2: Formato de entrevista a trabajadores expuestos a COVs

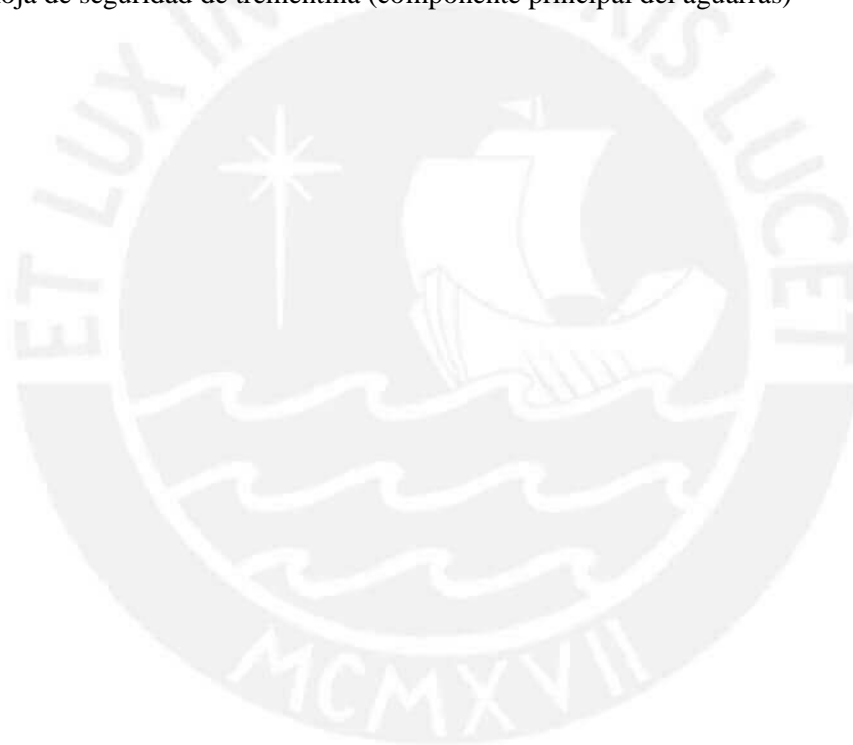
Anexo 3: Clasificación IARC de riesgo carcinogénico

Anexo 4: Ejemplo de hoja de seguridad de pintura alquídica con dato de contenido de COV
(g/L)

Anexo 5: Hoja de seguridad de tolueno

Anexo 6: Hoja de seguridad de m-xileno (isómero de xileno)

Anexo 7: Hoja de seguridad de trementina (componente principal del aguarrás)



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Diagrama de flujo general del proceso de elaboración de pinturas líquidas.	3
Figura 1.2.	Diagrama de procesos de empastado, dispersión, estabilización y completado de pinturas a base de solventes.	4
Figura 1.3.	Diagrama del proceso de mezcla de solventes para la obtención de un diluyente específico.	7
Figura 1.4.	Compuestos orgánicos recomendados por U.S. EPA en 1999 a ser prohibidos en la industria de pinturas.	17
Figura 2.1.	Jerarquía de controles para minimizar los riesgos.	24
Figura 4.1.	Porcentaje de emisiones de COVs por grupo de pintura.	35
Figura 4.2.	Reducción de emisiones de COVs de la empresa estudiada con adopción de límites internacionales.	38
Figura 6.1.	Mercado global de pinturas por tecnología en millones de dólares, 2013 – 2020	50
Figura 6.2.	Planta de <i>Nicotiana tabacum</i>	54
Figura 6.3.	Planta de <i>Dracaena deremensis</i> ‘Janet Craig’	55
Figura 6.4.	Planta <i>Spathiphyllum</i> ‘Sweet Chico’	55
Figura 6.5.	Planta <i>Zamioculcas zamiifolia</i>	56
Figura 6.6.	Detector de vapores inflamables	57
Figura 6.7.	Esquema del control de calidad de aire interior	58
Figura 6.8.	Respirador cara completa	59

ÍNDICE DE TABLAS

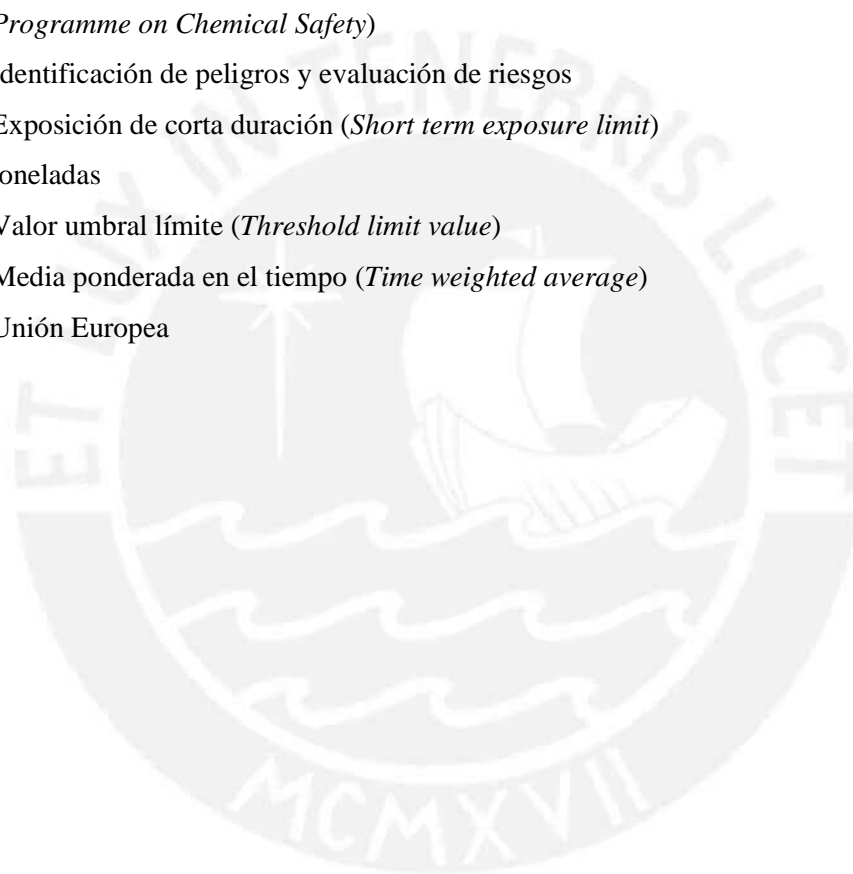
Tabla 1.1.	Tipos de pintura, sus componentes y usos	6
Tabla 1.2.	Principales grupos de COVs, según su estructura química	9
Tabla 1.3.	Límites de exposición ocupacional TWA y STEL existentes en el Perú	14
Tabla 1.4.	Contenido máximo de COVs (g/L) a partir del 1 enero 2010 en la UE	15
Tabla 2.1.	Ejemplo de cálculo de emisiones de COVs para barnices	21
Tabla 2.2.	Valoración y clasificación del riesgo	24
Tabla 2.3.	Clasificación del riesgo y plan de acción de acuerdo al valor de HRN	25
Tabla 3.1.	Escalas de toxicidad	29
Tabla 3.2.	Asignación de índices y valoración del riesgo según metodología IPER	29
Tabla 3.3.	Calificación de factores de evaluación de riesgos según metodología HRN	31
Tabla 4.1.	Producción y contenido de COV por tipo de pintura y disolvente comercializado	33
Tabla 4.2.	Emisiones de COVs de la empresa en estudio	34
Tabla 4.3.	Contenido de COVs en pinturas identificadas y límites COV por la UE y U.S. EPA.	36
Tabla 4.4.	Emisiones de COVs de la empresa en estudio con la adopción de límites establecidos por Colombia/Unión Europea y U.S. EPA	37
Tabla 5.1.	COVs utilizados en el proceso productivo de la empresa estudiada	40
Tabla 5.2.	Superficie, tiempo de evaporación y presión de vapor de COVs	41
Tabla 5.3.	Moles evaporados por hora y concentración de cada COV en el aire del ambiente laboral para la empresa en estudio	42
Tabla 5.4.	Comparación entre la concentración estimada de cada COV y sus límites ocupacionales	42
Tabla 5.5.	Zonas de trabajo, COVs utilizados y cantidad de trabajadores por zona de la empresa estudiada	43
Tabla 5.6.	Frecuencia de exposición a COVs en la empresa estudiada	44
Tabla 5.7.	Índices CL50 para COVs e identificación de otros peligros	44
Tabla 5.8.	Evaluación de riesgos para cada COV en el ambiente laboral de la empresa estudiada según método IPER	46
Tabla 5.9.	Trabajadores sometidos a la exposición de cada COV	47
Tabla 5.10.	Evaluación de riesgos para cada COV en el ambiente laboral según	

	método HRN	48
Tabla 6.1.	Especies de plantas que absorben COVs y su eficiencia de remoción	53
Tabla 6.2.	Factores de exposición a COVs	60



ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

COV	Compuesto orgánico volátil (<i>Volatile organic compound, VOC</i>)
CL50	Concentración letal media
CPA	Contaminante peligroso del aire (<i>Hazardous air pollutant, HAP</i>)
ECA	Estándar de calidad ambiental
gal	Galón americano (equivale a 3,785 L)
HRN	Número de clasificación de peligro (<i>Hazard rating number</i>)
IPCS	Programa internacional de seguridad de las sustancias químicas (<i>International Programme on Chemical Safety</i>)
IPER	Identificación de peligros y evaluación de riesgos
STEL	Exposición de corta duración (<i>Short term exposure limit</i>)
t	toneladas
TLV	Valor umbral límite (<i>Threshold limit value</i>)
TWA	Media ponderada en el tiempo (<i>Time weighted average</i>)
UE	Unión Europea



1. MARCO TEÓRICO

1.1 Pinturas y disolventes asociados

La pintura es definida por la ISO como “producto o material de recubrimiento pigmentado que, cuando se aplica a un sustrato, forma una película seca opaca que posee propiedades protectoras, decorativas o técnicas específicas” (2014). El mercado mundial de pinturas y recubrimientos está segmentado por tipo de producto (acrílicas, alquídicas, de poliuretano, epóxicas, poliésteres y otros), por las aplicaciones (sector automotriz, pinturas marinas, recubrimientos para maquinarias, recubrimientos industriales, de madera, etc.) y aplicaciones decorativas (pinturas de construcción para paredes exteriores e interiores, acabados para madera, esmaltes y otras aplicaciones). En el mercado de América del Sur, además de estas clasificaciones, se ha segmentado al mercado de pinturas en función de la tecnología utilizada (a base de disolvente, a base de agua, polvo, y otros). (Mordor Intelligence 2016)

El mercado global actual de pinturas y recubrimientos es liderado por la región Asia-Pacífico, seguida de Europa y América del Norte. En los países en desarrollo de Asia-Pacífico, América Latina, Europa del Este y Oriente Medio, la construcción de nuevos edificios residenciales y comerciales está en auge y se espera que el mercado de pinturas se incremente aún más en el futuro, siendo principalmente el mercado de pinturas de construcción o arquitectónicas el que tiene mayor perspectiva de crecimiento. La función principal de estas pinturas es actuar como capas de protección para edificaciones e impedir que se produzcan corrosión, humedad y daños debido a las condiciones climáticas extremas. Asimismo, el crecimiento del mercado de pinturas de construcción o arquitectónicas viene acompañado del aumento de la demanda de pinturas para maquinarias y electrodomésticos, pinturas cuya utilidad es incrementar la vida útil de los productos. (Mordor Intelligence 2016)

Tanto en Colombia como en Chile, Ecuador y Perú, la industria de pinturas abarca una amplia gama de productos que pueden ser clasificados de acuerdo a su uso, ya sea industrial (minería, petroquímica, industria pesada, construcción, industria en general) o decorativo (arquitectónico, uso doméstico). Los productos también son clasificados según el vehículo líquido o disolvente base (agua o solvente) que se evapora luego de la aplicación. Existen también otros recubrimientos o pinturas especiales, de tipo no volátil, que se clasifican de acuerdo al mecanismo de secado, curado o endurecimiento. Estos incluyen las pinturas en polvo, recubrimientos curados por radiación y las pinturas catalizadas. (CONAMA 1998: 6)

De acuerdo a la tecnología utilizada para la formulación de pinturas (base de agua, base de disolvente, altos sólidos, polvo, catalizadas) se determina el mecanismo de secado y curado de la pintura (proceso por el cual la pintura aplicada sobre una superficie forma una película seca o recubrimiento sólido). Para las pinturas a base de agua, el secado y curado es por coalescencia o evaporación de agua en condiciones ambientales. Para las pinturas a base de disolvente, el secado y curado es por evaporación de solventes en condiciones ambientales (secado al aire), por evaporación de solventes a temperaturas elevadas (secado al horno) o por reacción con el oxígeno del aire. Para las pinturas de dos componentes o catalizadas, el proceso de secado y curado es por reacción química, y para las pinturas en polvo el proceso de secado y curado ocurre a temperaturas elevadas. (Giudice y Pereyra 2009: 3-6)

Una de las propiedades más importantes de las pinturas líquidas es su viscosidad, propiedad que, además de influir sobre otras propiedades de la pintura líquida y en el desempeño de la película seca o recubrimiento, representa la fluidez de las pinturas para su aplicación. Muchas pinturas elaboradas necesitan ser diluidas por tener una elevada viscosidad que no permite su aplicación; la fluidez de una pintura es una de las propiedades más valoradas por los usuarios ya que representa el rendimiento del producto y la facilidad de su uso. (Giudice y Pereyra 2009: 236-238)

Desde la década de los 80, las regulaciones sobre la contaminación del aire exterior han sido una fuerza impulsora detrás de la adopción de nuevas tecnologías de pinturas. Estas regulaciones estimularon el desarrollo de pinturas con bajo contenido de solvente y sin solventes con la finalidad de reducir la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COVs). Además, la conservación de energía y el aumento de los costos de disolventes también fueron factores contribuyentes. Estas nuevas tecnologías de recubrimientos incluyen pinturas a base de agua (emulsión termoestable, dispersión coloidal, resina soluble en agua), pinturas de alto contenido en sólidos, sistemas de dos componentes (catalizados), las pinturas en polvo y pinturas curables por radiación. Con la adopción de regulaciones más estrictas relativas a la emisión de COVs, todas estas tecnologías parecen tener buenas perspectivas de crecimiento. (IHS Markit 2015)

Las pinturas son elaboradas siguiendo una serie de pasos, desde la selección de insumos o materias primas de acuerdo al tipo de pintura formulada, la adición de estos insumos a los equipos de mezclado, el control del proceso y sus condiciones, la verificación de las propiedades o estándares de calidad que deben cumplir las pinturas elaboradas, hasta el envasado de los productos para su venta. En la Figura 1.1 se muestra el diagrama de flujo general del proceso de elaboración de pinturas líquidas.

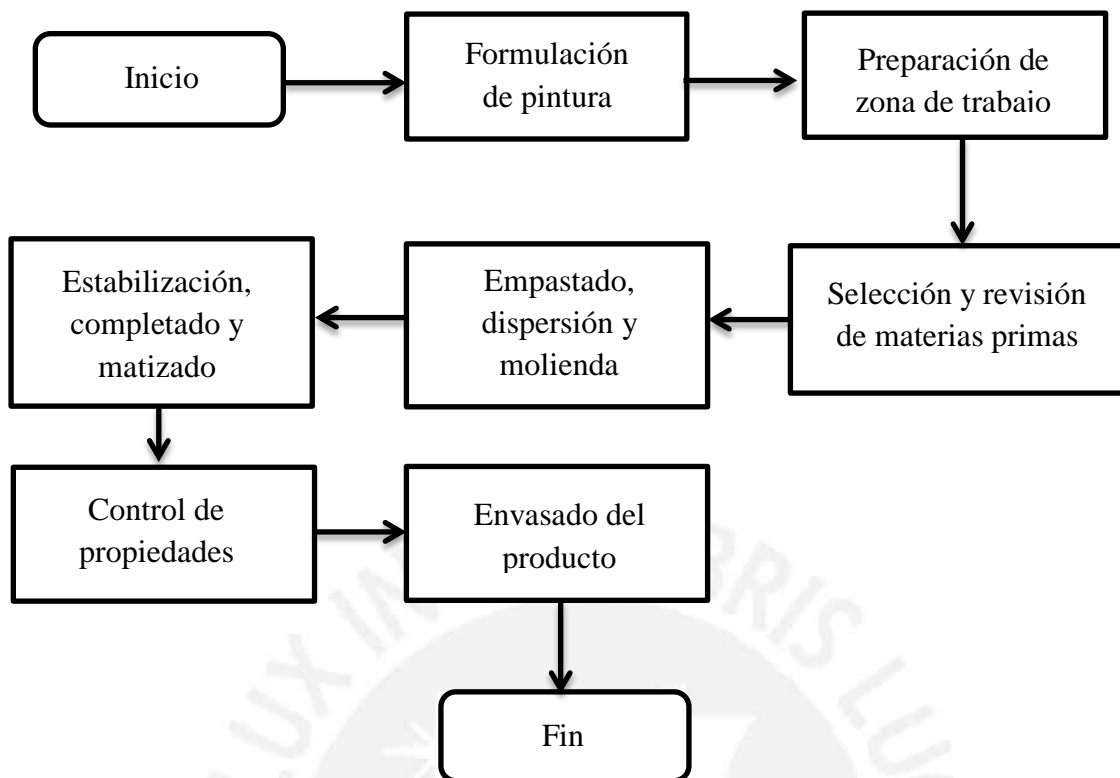


Figura 1.1. Diagrama de flujo general del proceso de elaboración de pinturas líquidas
(Fuente: elaboración propia)

Toda pintura líquida está siempre compuesta por cuatro componentes: el vehículo sólido o ligante (resina), los solventes, los pigmentos y las cargas. En la Figura 1.2 se muestran los diagramas de procesos de empastado, dispersión, estabilización y completado de pinturas a base de solventes, especificando las materias primas que intervienen durante los procesos.

MEZCLADO DE INSUMOS, EMPASTADO Y DISPERSION

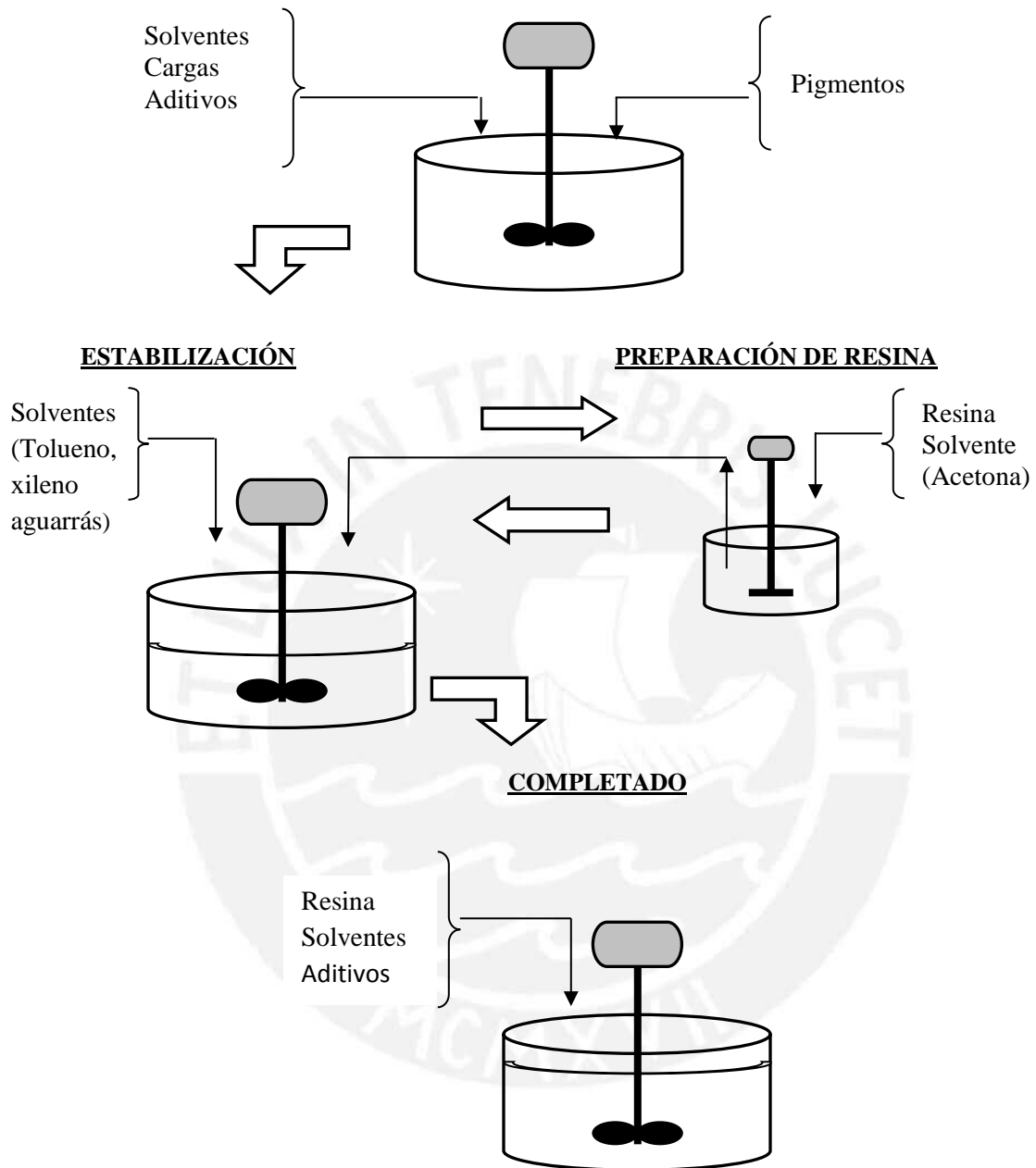


Figura 1.2. Diagrama de procesos de mezclado, empastado, dispersión, estabilización y completado de pinturas a base de solventes

(Fuente: elaboración propia)

1.1.1 Insumos utilizados en la producción de pinturas

Las principales materias primas utilizadas en la producción tradicional de pinturas líquidas a nivel mundial son:

- **Solventes** o vehículos volátiles: sustancias líquidas que dan a las pinturas el estado de fluidez necesario para su aplicación evaporándose una vez aplicada la pintura. Los solventes orgánicos, dependiendo de su grado de pureza, contienen un único compuesto orgánico volátil en su composición o puede ser una mezcla de varios COVs como hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos alifáticos o aldehídos. La variedad de solventes que emplea esta industria es muy amplia pero, a pesar de ello, su uso se ha visto disminuido en los últimos años debido a restricciones de tipo ambiental y de costo. Los solventes se evaporan dejando como residuos los pigmentos que forman las películas mediante procesos de secado y endurecimiento. Para pinturas látex, el solvente utilizado es el agua. (CONAMA 1998: 12)
- **Resinas** o vehículos sólidos: existen resinas sintéticas como las alquídicas, acrílicas, vinílicas, úrea - formaldehído y de poliuretanos. Para pinturas látex, las resinas utilizadas son las acrílicas y vinílicas. (Wilches y Duarte 2006: 28)
- **Pigmentos y cargas:** entre los más utilizados se encuentran los pigmentos activos como compuestos en base a cromo, óxidos de hierro y dióxido de titanio, y las cargas que cumplen el objetivo de extender el pigmento y contribuir con un efecto de relleno; así, se tienen sustancias de origen mineral como carbonatos, caolines, sílice y talcos. (Wilches y Duarte 2006: 28)
- **Aditivos:** son importantes en el proceso de fabricación teniendo en cuenta que aumentan significativamente algunas propiedades de las pinturas, como la viscosidad, velocidad de secado y fineza. Entre los aditivos más comunes se encuentran: secantes, tensoactivos, dispersantes, antiespumantes, preservantes, espesantes, niveladores, bactericidas, entre otros. (Wilches y Duarte 2006: 28).

En la Tabla 1.1 (CONAMA 1998: 19) se presentan algunos tipos de pinturas con sus respectivos vehículos sólidos y volátiles, y los usos para pinturas en base solvente. Los tipos de pinturas indicadas en dicha tabla son algunos de los productos que se fabrican en países latinoamericanos, incluyendo a Perú.

Tabla 1.1. Tipos de pintura, sus componentes y usos

Tipo de pintura	Resina (vehículo sólido)	Solvente	Usos
Alquídicas de secado al aire	Resina gliceroftálica con aceites secantes	Aguarrás	- Decoración - Anticorrosiva
Alquídicas de secado al horno	R-óleo-gliceroftálica + melamino-formol	Tolueno, xileno, butanol y/o sus mezclas	- Automotriz - Electrodomésticos
Vinílicas	Polivinil-butiral	Tolueno	- Anticorrosivos
Celulósicas (lacas)	Nitrocelulosa modificada con resinas y plastificantes	Acetato de etilo, ciclohexanona, dietilcetona, metiletilcetona y/o sus mezclas	- Decoración de muebles - Automotriz
Cloro-caucho	Caucho clorado	Xileno, tolueno y/o sus mezclas	- Pinturas ignífugas - Revestimiento antiácido, antiherrumbre.
Poliuretano	Poliéster y poliisocianato	Cetonas, acetato de etilenglicol, acetato de butilo y/o sus mezclas	- Pinturas marinas y para hormigón, - Protectoras de fierro y aluminio.
Epóxicas	Poliamida o poliamina con resina	Ésteres, cetonas, alcoholes, glicoles, y/o sus mezclas	- Pinturas marinas. - Revestimiento de estanques

Fuente: Modificado de CONAMA 1998: 19

Los pasos en la elaboración de toda clase de pinturas son similares y se inician con la adición de solventes y agentes dispersantes a un estanque de pre-mezcla. Posteriormente, se adicionan los pigmentos y agentes extensores o extendedores. Una vez realizada la pre-mezcla, dependiendo del tipo de pigmento, el material puede pasar a través de un equipo especial de molienda donde ocurre la dispersión y luego se transfiere a un tanque de mezcla con agitación. En este se incorporan las resinas, plastificantes y tintes, seguidos de preservantes, antiespumantes y demás aditivos. Luego de mezclar todos los ingredientes, se realizan pruebas al producto obtenido para determinar si cumple ciertos estándares o si presenta impurezas o material no disperso y así determinar si necesita ser filtrado o adición de solventes; finalmente, la pintura es envasada en sus diferentes presentaciones. (Wilches y Duarte 2006: 14-15)

1.1.2 Disolventes o diluyentes

Los disolventes orgánicos son definidos según el Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea como “todo compuesto orgánico volátil que se utilice solo o en combinación con otros agentes, sin sufrir ningún cambio químico, para disolver materias primas, productos o materiales residuales, o se utilice como agente de limpieza para disolver la suciedad, o como disolvente, o como medio de dispersión, o como modificador de la viscosidad, o como agente tensoactivo, o plastificante o conservador” (2004).

Para la industria de pinturas y sus diluyentes, los disolventes, diluyentes o *thinners* son definidos como “líquido único o mezcla de líquidos, volátiles en condiciones específicas de uso, añadidos a una pintura o material de revestimiento para reducir la viscosidad o influir en otras propiedades” (ISO 2014). Según esta definición, los diluyentes se incorporan a las pinturas o revestimientos para reducir su viscosidad y puedan ser aplicadas más fácilmente sobre los sustratos o superficies correspondientes. Además, estos diluyentes también se utilizan en la limpieza de superficies para remover impurezas y restos de pintura, resinas, barnices y otros productos.

El proceso de fabricación de disolventes o diluyentes es bastante sencillo al ser mezclas líquidas de varios tipos de compuestos orgánicos volátiles. Los insumos, COVs puros, son mezclados en diferentes proporciones para obtener un diluyente para fines específicos. En la industria de pinturas, para cada tipo de pintura se debe formular un diluyente o *thinner* específico, debido a las incompatibilidades que se pueden presentar entre los compuestos químicos. En la Figura 1.3 se muestra el diagrama del proceso de mezcla de solventes para la obtención de un diluyente.

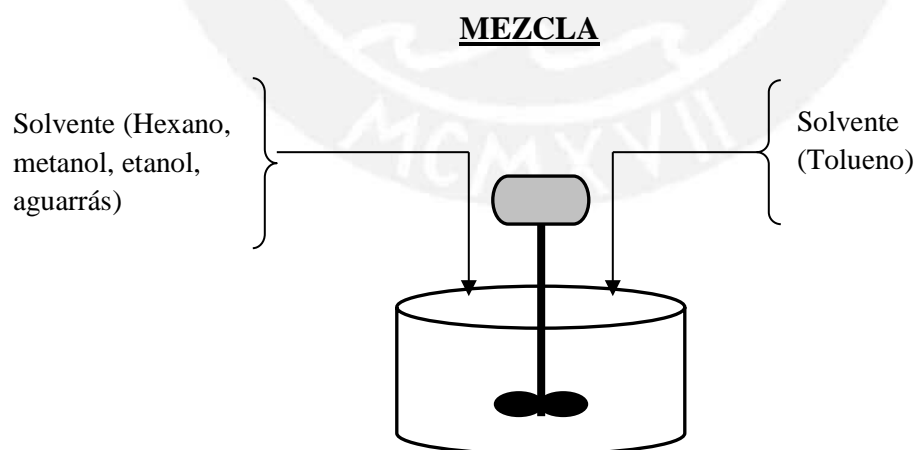


Figura 1.3. Diagrama del proceso de mezcla de solventes para la obtención de un diluyente.

(Fuente: elaboración propia)

Los disolventes incorporados a las pinturas y barnices para uso y aplicación en diferentes superficies, como cemento, metal y madera, son finalmente evaporados y emitidos al ambiente durante el secado o curado de la pintura sobre las superficies recubiertas.

1.2 Compuestos orgánicos volátiles

Los compuestos orgánicos volátiles (COVs) son componentes orgánicos suficientemente volátiles como para existir en forma de vapores en la atmósfera en condiciones normales de temperatura y presión (UNEP 2009). Según el Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, un compuesto orgánico es cualquier compuesto que contenga al menos el elemento carbono y uno o más de los siguientes elementos: hidrógeno, oxígeno, azufre, fósforo, silicio, nitrógeno o un halógeno, con excepción de los óxidos de carbono, los carbonatos y bicarbonatos inorgánicos; por lo tanto, definen como compuesto orgánico volátil a “cualquier compuesto orgánico que tenga un punto de ebullición inicial menor o igual a 250 °C a una presión estándar de 101,3 kPa” (2004).

La ISO considera compuesto orgánico volátil a “cualquier líquido y/o sólido orgánico que se evapora espontáneamente a la temperatura predominante y la presión de la atmósfera con la que está en contacto” (2014). Las definiciones anteriores resultan ser similares, concluyendo que los COVs son todos aquellos compuestos orgánicos que se evaporan a temperatura ambiente.

Según U.S. EPA, “todo compuesto orgánico volátil se define como cualquier compuesto de carbono, excluyendo monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácido carbónico, carburos metálicos o carbonatos, y carbonato de amonio, que participan en reacciones fotoquímicas atmosféricas” (2014). Esta definición considera como COVs sólo a aquellos compuestos orgánicos que reaccionan fotoquímicamente y contribuyen a la formación del smog fotoquímico.

Dentro del grupo de estos compuestos orgánicos, clasificados según su estructura química, se encuentran los hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos clorados, hidrocarburos policíclicos, alcoholes, aldehídos, éteres y otros que, en su mayoría, son de origen sintético. Existen cientos de sustancias químicas que son consideradas COVs incluyendo benceno, cloroformo, metanol, tetracloruro de carbono y formaldehído. (Yassi y otros 2002:264). En la Tabla 1.2 (Mercado 1997: 303) se indican los principales grupos de COVs, según su estructura química.

La concentración de COVs en el aire se monitorea y cuantifica utilizando varios métodos y según normas internacionales. El principal método es el uso de filtros de carbón activado que luego son analizados a través de un cromatógrafo de gases cuantificando la concentración de COVs en el aire; también se pueden utilizar detectores de gases o analizadores. (Caro, Gallego y Montero 2009: 20-36)

Estas sustancias químicas orgánicas son utilizadas como insumos en diversos tipos de industrias manufactureras, como las industrias del calzado, química o de pinturas y disolventes, donde son empleadas en gran volumen para la fabricación de diversos tipos de pinturas, barnices y disolventes industriales (Mercado 1997: 302,303).

Tabla 1.2. Principales grupos de COVs, según su estructura química

Grupo	Ejemplos
Hidrocarburos alifáticos	pentano, hexano, heptano
Hidrocarburos alicíclicos	ciclohexano, trementina (aguarrás)
Hidrocarburos nitrogenados	nitroetano
Hidrocarburos aromáticos	benceno, tolueno, xilenos, etilbenceno, cumeno
Hidrocarburos clorados	metilcloroformo, tricloroetileno, cloruro de metileno, tetracloruro de carbono, 1,1,2-tricloroetano
Alcoholes	metanol, isopropanol
Glicoles	etilenglicol
Cetonas	acetona, metiletilcetona, metilisobutilcetona
Ésteres	formiato de metilo, acetato de etilo
Éteres	éter etílico, éter isopropílico, Metilcelosolve® (éter monometílico de etilenglicol)
Aldehídos	formaldehido, acetaldehído

Fuente: Mercado 1997: 303

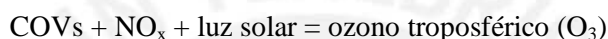
Debido a los altos volúmenes de estas sustancias usadas como insumos en la manufactura de pinturas, revestimientos y disolventes, el contenido de COVs se cuantifica en los productos y se define como la masa de los compuestos orgánicos volátiles, expresada en gramos por litro (g/L), en la formulación del producto (pintura o revestimiento) listo para su empleo. El contenido de COVs se determina de acuerdo a condiciones específicas; estas condiciones varían de acuerdo a las normativas existentes y al tipo de pintura y/o revestimiento. (ISO 2014)

1.2.1 Contaminación ambiental por COVs

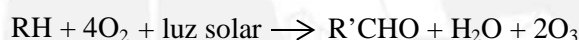
Está demostrado que los COVs causan efectos dañinos en el ambiente como la contribución al smog fotoquímico, al ser precursores del ozono troposférico por sus reacciones fotoquímicas. La contaminación por las emisiones gaseosas de los COVs causada por la combustión de la gasolina en vehículos automotores, la quema de madera, sus usos como insumos para la fabricación de disolventes, pinturas aromatizantes y otros productos, permanece en la tropósfera que es la zona de la atmósfera más cercana a la superficie terrestre (10-16 km de altura). La acumulación de estas sustancias tóxicas genera una nube gris conocida como smog industrial o fotoquímico, la cual puede

cubrir una ciudad entera. (Sánchez y Alcántara 2007:380-389). Para que ocurra esto último se deben cumplir ciertas condiciones meteorológicas.

El smog fotoquímico es conformado, entre otras especies, por el ozono troposférico (O_3), que es un gas que se forma en la atmósfera mediante una serie de complejas reacciones. La concentración de ozono troposférico existente en una determinada localidad depende de varios factores, entre los que destacan la cantidad de dióxido de nitrógeno (NO_2), cantidad y tipo de COVs e intensidad de la radiación solar. El ozono que se encuentra a nivel de la tropósfera produce efectos perjudiciales en la salud, como problemas respiratorios y cambios en la función pulmonar que van precedidos por irritación de ojos y mareos. (Matus y Lucero 2002). Por lo tanto, para la formación de ozono troposférico se necesitan óxidos de nitrógeno, COVs y luz solar, resumiéndose en la siguiente relación:



Asimismo, la reacción neta de oxidación de una molécula de hidrocarburo (RH) para la formación de ozono troposférico y compuestos carbonílicos (aldehídos o cetonas), se muestra a continuación:



Así pues, por cada molécula de hidrocarburo que se oxida en la tropósfera se generan dos moléculas de ozono con los consiguientes perjuicios ya comentados. (Sánchez y Alcántara 2007: 383-385).

1.2.2 Toxicidad de COVs

Además de los efectos en el ambiente, los COVs también generan efectos directos negativos sobre la fisiología humana debido a su toxicidad. El contacto y la inhalación de COVs afectan el sistema nervioso central generando problemas neurológicos, como pérdida de memoria, dolores de cabeza y cansancio. La exposición a largo plazo también produce daños renal, hepático y respiratorio en los seres humanos (Puente y Romarosan 2006: 43, Mercado 1997: 309-313).

El IPCS define toxicidad como “La capacidad de causar daño a un organismo vivo. Se define en función de la cantidad de productos químicos que han sido administrados o absorbidos, la vía de exposición (inhalación, ingestión, aplicación tópica, inyección) y su distribución en el tiempo (dosis única o repetidas), el tipo y la severidad de la lesión, el tiempo requerido para producirla, la naturaleza del organismo u organismos afectados y otras condiciones relevantes”(1997,24). La relación entre la gravedad del efecto, la concentración y el tiempo de exposición dependerá de la

edad y del estado de salud de la persona u organismo en riesgo. (IPCS 1997,24) Para este contexto, el riesgo se define como “frecuencia o probabilidad real o prevista de que un producto químico cause daño o efectos inadmisibles como resultado de la exposición de organismos sensibles o ecosistemas” (IPCS 1997, 42).

Los niveles de toxicidad por inhalación de COVs pueden cuantificarse a través de los valores de CL50 (concentración letal media), los cuales representan las concentraciones de las sustancias en el aire que mata al 50% de los animales de prueba durante el periodo de observación. Estos valores permiten determinar las relaciones concentración-respuesta para cuantificar la toxicidad de sustancias químicas.

De acuerdo a IPCS, algunas sustancias tóxicas son también mutágenas y carcinógenas. A continuación se definen estas sustancias.

1.2.2.1 Sustancias mutágenas

Son sustancias que pueden causar mutaciones. Una mutación es cualquier cambio hereditario relativamente estable en el material genético, ADN. Muchas sustancias mutagénicas también pueden causar cáncer (es decir, son carcinógenas). (IPCS 1997, 26)

1.2.2.2 Sustancias carcinógenas

Son sustancias que pueden causar cáncer. El cáncer es la enfermedad que resulta del desarrollo de un tumor maligno y su propagación agresiva en los tejidos circundantes. Un tumor (neoplasma) es el crecimiento de tejido en forma de masa anormal en el organismo. Un tumor benigno es localizado y no llega a diseminarse ni a producir cáncer. Un tumor maligno está compuesto de células que se fragmentan y diseminan en todo el organismo, lo que produce cáncer. (IPCS 1997: 26) De acuerdo al período de exposición y a las características tóxicas de la sustancia química, algunos de los COVs utilizados en la industria de pinturas y disolventes son considerados sustancias mutágenas y carcinógenas. (IARC 2010:41-394)

Es importante mencionar que es necesario realizar evaluaciones médicas ocupacionales de la exposición laboral para determinar los efectos de los COVs y prevenir daños a la salud en el trabajo, a través de la cuantificación en fluidos corporales del trabajador (como sangre u orina) de los metabolitos biomarcadores derivados de la biotransformación de compuestos orgánicos que penetran al organismo del trabajador por vías inhalatoria, cutánea y digestiva. Los resultados encontrados se comparan con valores de referencia lo que permite estimar el nivel de riesgo de sufrir daño. Por ejemplo, se determinan las concentraciones de fenoles, ácido hipúrico y ácido

metilhipúrico en orina como indicadores biológicos a la exposición al benceno, tolueno y xileno respectivamente. (Mercado 2003:25)

1.2.3 Inflamabilidad de COVs

Los COVs no solamente tienen efectos toxicológicos, por ser sustancias altamente inflamables en fase vapor; en determinadas proporciones con respecto al oxígeno del aire pueden combustionar espontáneamente y producir incendios que, si no son controlados, pueden alcanzar gran magnitud y ocasionar pérdidas humanas y materiales. Debido a estos riesgos existen límites de explosividad e inflamabilidad que se representan como porcentajes en volumen de la sustancia en el aire. Estos límites indican las concentraciones de COVs en el aire que no deben ser superadas para que no exista riesgo de combustión espontánea. Los límites inflamables de las sustancias son, por lo general, mucho mayores que los límites de exposición ocupacional establecidos para el ambiente laboral. (Duffus y Park 1999: 13-15) Por ejemplo, el límite inferior de inflamabilidad del vapor de acetona en el aire es aproximadamente 2,5% en volumen (CDC 2014d). Esto significa que en 100 litros de mezcla vapor de acetona-aire hay 2,5 litros de vapor de acetona y 97,5 litros de aire.

1.3 Normativa para el control de COVs

Debido al uso de estas sustancias químicas en los procesos productivos de diversas industrias, se han establecido a nivel mundial límites de exposición a estas sustancias en el ambiente laboral, ya sea por inhalación o contacto dérmico. (Ibarra 2003:77-83) Para ello, existen diversas formas de monitoreo y análisis para determinar la concentración de compuestos orgánicos volátiles en el aire que luego se comparan con los límites de exposición y permiten determinar si existen riesgos con la finalidad de implementar controles en las industrias. (Rincón y Ortiz 2015: 152-155)

1.3.1 Límites de exposición ocupacional

Debido al uso masivo de sustancias químicas en los procesos productivos, el peligro potencial de contaminación de los ambientes de trabajo por dichas sustancias, así como el riesgo de exposición e intoxicación entre los trabajadores asociados a los puestos de trabajo de referencia, fue necesario e imprescindible adoptar a tiempo las medidas adecuadas para prevenir los posibles daños y otras desviaciones de salud en la población trabajadora. Es por ello que el término « límite de exposición ocupacional » se introdujo por primera vez en la Conferencia Internacional del Trabajo en 1977, que es un instrumento para limitar la exposición a sustancias nocivas en centros laborales, así como para la prevención de daños a la salud y enfermedades profesionales. (Ibarra 2003, 76:77)

A partir de la introducción de este término y su desarrollo en Europa y los Estados Unidos, se establecieron valores límites de exposición ocupacional para muchas sustancias químicas que, con

el paso de los años, han evolucionado y adoptado diferentes denominaciones para su aplicación obligatoria en muchas regiones del mundo. (Ibarra 2003, 77) A continuación, se presentan algunas denominaciones utilizadas actualmente para el control a la exposición de sustancias químicas en los centros laborales.

1.3.1.1 Valor umbral límite: la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) establece la concentración máxima de una sustancia potencialmente tóxica en el aire, a la cual podrían exponerse los trabajadores sanos sin sufrir efectos adversos, como una concentración promedio ponderada en relación con el tiempo. Se establecen para el control de riesgos por exposición a sustancias químicas que pueden afectar la salud humana. Los valores TLV, por sus siglas en inglés, también pueden ser usados específicamente como normas legales, como ocurre en muchos países. (IPCS 1997, 88)

1.3.1.2 Límite de exposición de corto plazo: según la U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA), este límite (o STEL, por sus siglas en inglés) es la concentración promedio ponderada en el aire a la cual los trabajadores podrían estar expuestos durante períodos de hasta 15 minutos, con no más de 4 contactos diarios y con intervalos de 60 minutos entre ellos. (IPCS 1997, 88)

1.3.1.3 Concentración promedio ponderada en relación con el tiempo: o TWA, por sus siglas en inglés, es la concentración de una sustancia en el aire a la cual está expuesta una persona y resulta del promedio para un período determinado, generalmente de 8 horas. (IPCS 1997, 88)

En el Perú, las regulaciones que existen sobre los COVs son, en su mayoría, a nivel de salud ocupacional; existen valores límites de exposición que aplican al ambiente de trabajo (MINSA 2005). Actualmente, la autoridad nacional que regula los temas de salud ocupacional en el Perú es el Ministerio del Trabajo y Promoción del Empleo a través de la Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral (SUNAFIL). Este organismo público fiscaliza la salud en el trabajo y es responsable de asegurar que las concentraciones de sustancias químicas no superen los límites de exposición establecidos para el ambiente laboral; además, es responsable de implementar procedimientos y guías de apoyo técnico para la selección de métodos de monitoreo de acuerdo a la actividad productiva (SUNAFIL 2016). En la Tabla 1.3 se indican los límites de exposición ocupacional para algunos COVs regulados en el Decreto Supremo 015-2005 SA para el ambiente laboral.

Tabla 1.3. Límites de exposición ocupacional TWA y STEL existentes en el Perú

N° CAS	AGENTE QUÍMICO	LÍMITES ADOPTADOS			
		TWA		STEL	
		ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
123-86-4	Acetato de n-butilo	150	713	200	950
141-78-6	Acetato de etilo	400	1441		
67-63-0	Alcohol isopropílico	200	491	400	983
67-56-1	Alcohol metílico	200	262	250	328
108-88-3	Tolueno	50	188		
1330-20-7	Xileno (mezcla de isómeros)	100	434	150	651
75-50-3	Trimetilamina	5	12	15	36
25551-13-7	Trimetilbenceno (todos los isómeros)	25	123		
121-44-8	Trietilamina	1	4,1	3	12,4
111-65-9	Octano	300	1401		
91-20-3	Naftaleno	10	52	15	79
109-86-4	2-Metoxietanol	5	16		
	Hexano				
110-54-3	n-Hexano	50	176		
	Otros isómeros	500	1762	1000	3525
100-41-4	Etilbenceno	100	434	125	543
100-42-5	Estireno (monómero)	20	85	40	170
8006-64-2	Aguarrás	20	111		
67-64-1	Acetona	500	1187	750	1781
64-17-5	Alcohol etílico	1000	1884		
67-56-1	Alcohol metílico	200	262	250	328
78-93-3	Metiletilcetona	200	590	300	885

Fuente: Modificado de MINSA 2005

1.3.2 Normativas para las emisiones de COVs por la industria de pinturas y sus disolventes

Todos los solventes empleados en la formulación de las pinturas y barnices, y para reducir la viscosidad de los productos facilitando la aplicación de las pinturas sobre las superficies, son evaporados durante el secado y adhesión del recubrimiento sobre la superficie. Por lo tanto, la evaporación de estos solventes genera emisiones de COVs y, si además las pinturas se utilizan dentro de instalaciones con poca ventilación, se incrementa la concentración de estos contaminantes en el interior. Por ello, en Europa se han establecido límites de concentración de COVs en el producto final (pinturas y disolventes) para no afectar el ambiente ni la salud de los usuarios finales. (Fernández 2012:31) Además, estos controles ayudan a reducir las emisiones de COVs que es uno

de los objetivos de calidad de aire en Europa. Por ello se realizan inventarios de emisiones que incluyen a todas las industrias siendo la industria de pinturas y disolventes la que más COVs emite. (Agencia Europea de Medio Ambiente 2013: 17-36)

En la Directiva 2004/42/ce del Parlamento y Consejo Europeo se establecen límites de contenido máximo de COVs en las pinturas y barnices. Algunos otros países de Latinoamérica, como Colombia (ICONTEC 2008), se basan en estos límites propuestos para establecer sus propias normas técnicas con los contenidos máximos de COVs para pinturas y barnices. En la Tabla 1.4 se indican los límites de contenido máximo de COVs establecidos para la Unión Europea a partir del 1 de enero del 2010 para cada tipo de pintura.

Tabla 1.4. Contenido máximo de COVs (g/L) a partir del 1 enero 2010 en la UE

Subcategoría de producto	Base	
	agua	solvente
Productos mate para interiores: paredes y techos	30	30
Productos brillantes para interiores: paredes y techos	100	100
Productos para paredes exteriores de substrato mineral	40	430
Pinturas interiores/exteriores para madera o metal, carpintería o revestimientos	130	300
Barnices y lasures ¹ interiores/exteriores para carpintería, incluidos los lasures opacos	130	400
Lasures interiores/exteriores de espesor mínimo	130	700
Imprimaciones	30	350
Imprimaciones consolidantes	30	750
Recubrimientos de altas prestaciones de un componente	140	500
Recubrimientos de altas prestaciones reactivos de dos componentes para usos finales específicos, por ejemplo suelos	140	500
Recubrimiento multicolor	100	100
Recubrimientos de efectos decorativos	200	200

Fuente: Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2004

La U.S. EPA, a través de proyectos y en colaboración con otras organizaciones como Green Seal, estableció en 1999 límites máximos aceptables para varios tipos de pinturas y publicó un listado de insumos que deberían ser prohibidos en la elaboración de pinturas. Se prohíben insumos orgánicos e inorgánicos debido a sus conocidos o sospechosos impactos adversos sobre la salud humana,

¹ Lasur es un recubrimiento transparente o semitransparente utilizado en carpintería para decorar o proteger superficies de madera, metal y plástico.

incluyendo daño renal al hígado, alteraciones en el sistema nervioso central, problemas neurológicos y pulmonares, anemia, cáncer y la infertilidad. (U.S. EPA 1999c: 4-19) El cumplimiento de las disposiciones establecidas por Green Seal es de carácter voluntario, por lo tanto, no fue ni es obligatorio que las industrias manufactureras de pinturas adopten estas medidas de prohibición. Sin embargo, es recomendable su cumplimiento para evitar impactos en la salud y el ambiente, además de que su cumplimiento por parte de las industrias manufactureras les permite obtener certificaciones de productos verdes. (Green Seal 2015). En la Figura 1.4 se muestran las estructuras químicas de los compuestos orgánicos utilizados en la industria de pinturas que U.S. EPA recomendó prohibir en 1999. Algunas de esas sustancias, junto con otros COVs como metanol, tetracloroetileno y hexano, son consideradas también contaminantes peligrosos del aire.

En 1990 se dieron enmiendas a la Ley de Aire Limpio en Estados Unidos. Estas enmiendas tuvieron como objetivo la reducción de emisiones de contaminantes peligrosos del aire. Para ello, la U.S. EPA ha establecido desde hace varios años controles para implementar los controles que involucran el reemplazo de insumos químicos, cambios en la formulación de los productos e implementación de tecnologías para reducir las emisiones al ambiente. Estos controles han permitido reducir las emisiones de contaminantes peligrosos del aire en varios sectores industriales de Estados Unidos. (Vallero 2007: 710-715)

A nivel de Latinoamérica, Colombia, Brasil, Chile y Ecuador tienen normas técnicas que limitan el contenido de COVs en las pinturas y disolventes, y para que estos productos sean puestos en el mercado deben cumplir con estas normativas. Asimismo, en Colombia y Chile existen inventarios de COVs para la industria de pinturas y disolventes con los que se pueden plantear objetivos de reducción de emisiones de COVs.

En el Perú existen inventarios actualizados de emisiones de COVs para el sector energía y minería; sin embargo no existen inventarios actualizados de COVs para la industria química que incluye la industria de pinturas y disolventes. (DIGESA 2011: 45-50) En el año 2016, el Ministerio del Ambiente publicó guías para elaborar reportes anuales de gases de efecto invernadero en el sector de procesos industriales y uso de productos. Sin embargo, no se especifican los métodos para estimar emisiones para la manufactura y uso de pinturas y disolventes en el Perú. (MINAM 2016)

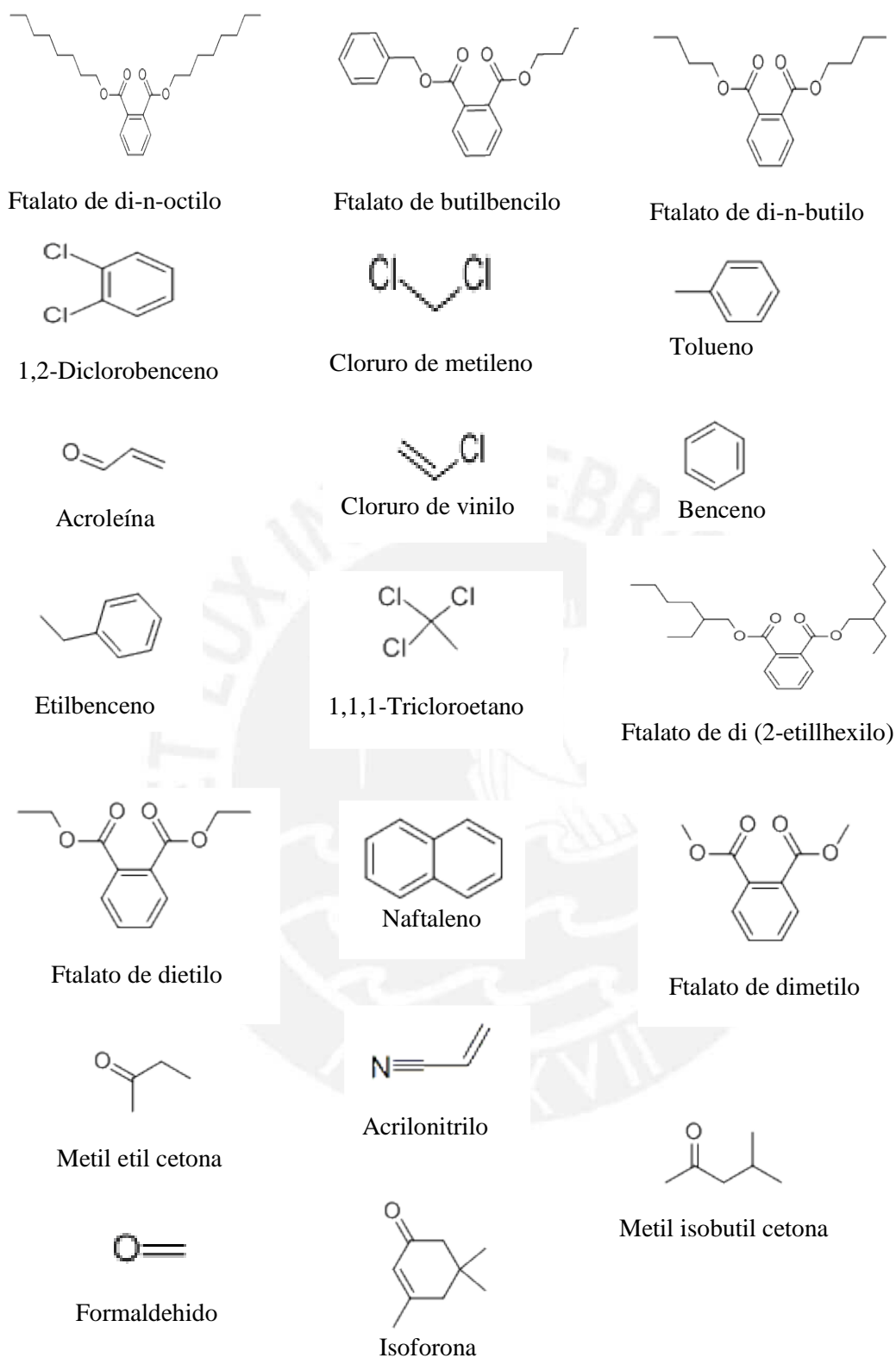


Figura 1.4. Compuestos orgánicos recomendados por U.S. EPA en 1999 a ser prohibidos en la industria de pinturas

Sobre los insumos y productos químicos fiscalizados para la elaboración de drogas ilícitas y estupefacientes, en Chile, Ecuador, Colombia y Perú se han implementado las listas de tales sustancias o mezclas, que incluyen algunos COVs como tolueno, xileno, acetona y otros. En el Perú se han implementado controles y protocolos de fiscalización para asegurar el uso declarado y lícito de los insumos y productos químicos fiscalizados. Si bien no se han planteado políticas de reducción de consumo de insumos químicos fiscalizados, las industrias optan por reemplazar algunos insumos para evitar trámites administrativos y facilitar la obtención de permisos. (MEF 2015)

Sobre estándares de calidad ambiental (ECAs) para aire, la OMS recomienda valores guía para contaminantes no tradicionales que incluyen algunos COVs; por ello, en varios países de Europa y de América Latina se han establecido estándares de calidad ambiental para benceno, tolueno, xileno y otros (Kore, Farías y Cerda 2000: 32-38). En Perú, los ECAs para aire que existen para COVs incluyen al benceno e hidrocarburos totales expresados como hexano (MINAM 2008). En relación a las industrias de pinturas y sus disolventes, se debe evaluar si estas industrias contribuyen a tener concentraciones elevadas de determinados COVs en el aire ambiental de sus alrededores considerando que estas sustancias se propagan rápidamente por sus características de rápida evaporación y difusividad.

1.4 Planteamiento del problema

Los COVs son sustancias químicas orgánicas suficientemente volátiles para existir en forma de vapores en la atmósfera en condiciones normales de temperatura y presión (UNEP 2009). Estas sustancias son utilizadas como insumos en diversos tipos de industrias manufactureras, como es el caso de la industria de pinturas y sus disolventes, donde son utilizados en volúmenes altos para la fabricación de diversos tipos de pinturas, barnices y disolventes industriales (Mercado 1997: 302,303).

Está demostrado que estas sustancias causan efectos en el ambiente como la contribución al smog fotoquímico, al ser precursores del ozono troposférico, así como efectos directos sobre la fisiología humana debido a su toxicidad (UNEP 2009). El contacto y la inhalación de COVs generan problemas neurológicos, como pérdida de memoria, dolores de cabeza y cansancio, además de problemas respiratorios en los seres humanos (Puente y Romarosan 2006: 43). Asimismo, dependiendo del período de exposición y de las características tóxicas del compuesto químico, algunos de los COVs son considerados mutagénicos y carcinogénicos (IARC 2010:41-394). Se han establecido, a nivel mundial, límites de exposición a estas sustancias en el ambiente laboral, ya sea por inhalación o contacto dérmico (Ibarra 2003:77-83).

Los COVs no solamente tienen efectos toxicológicos y ambientales. Por ser sustancias altamente inflamables, al estar en fase vapor y en determinadas proporciones con respecto al oxígeno del aire, pueden combustionar espontáneamente y producir incendios que, si no son controlados, son de gran magnitud y ocasionan pérdidas humanas y materiales.

A nivel internacional, la regulación de COVs ha evolucionado a lo largo de los años, además del control de las concentraciones en el ambiente de trabajo. En España se han establecido límites de concentración para estas sustancias en pinturas y sus disolventes asociados con el fin de no afectar el ambiente ni la salud de los usuarios finales (Fernández 2012:31). Estos controles ayudan a reducir las emisiones de COVs; por ello, se realizan inventarios de emisiones que incluyen todas las industrias siendo la industria de pinturas y disolventes la que más COVs emite en Europa (Agencia Europea de Medio Ambiente 2013: 17-36).

En el Perú las regulaciones que existen sobre los COVs son, en su mayoría, a nivel de salud ocupacional. Actualmente, la autoridad nacional que regula los temas de salud ocupacional en el Perú es el Ministerio de Trabajo a través de Sunafil que fiscaliza la salud en el trabajo y debe asegurar que las concentraciones de sustancias químicas no superen los límites de exposición establecidos para el ambiente laboral. Para realizar las fiscalizaciones se debe contar con procedimientos para la identificación de insumos químicos empleados por cada actividad y guías de apoyo técnico para la selección de métodos de monitoreo de agentes químicos de acuerdo a la actividad productiva. Sin embargo, estos procedimientos y guías no se encuentran publicados para los diferentes tipos de industrias que existen en nuestro país (SUNAFIL 2016). Respecto a controles ambientales, en el Perú no existen inventarios de emisiones de COVs para la industria de pinturas y sus disolventes, a diferencia de Chile y Colombia en donde sí existen tales inventarios y con los cuales se pueden plantear objetivos para la reducción de emisiones.

Finalmente, de acuerdo a la revisión hecha sobre la gestión y regulación nacional actual de COVs en materia ambiental y salud ocupacional se formulan las siguientes preguntas: ¿Las políticas actuales de gestión ambiental y de salud ocupacional asociadas al uso de compuestos orgánicos volátiles en la industria de pinturas y sus disolventes en el Perú son suficiente para asegurar el uso racional de COVs, reducir sus emisiones y limitar la exposición humana a estas sustancias? ¿Qué planes de gestión para COVs se necesitan implementar en estas industrias?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Evaluar la gestión actual en materia ambiental y en salud ocupacional de compuestos orgánicos volátiles (COVs) utilizados en la industria de pinturas y sus disolventes en el Perú y proponer estrategias para mejorar la gestión de COVs con la finalidad de controlar los niveles de exposición a estas sustancias en el ambiente laboral y reducir las emisiones de COVs al medio ambiente.

1.5.2 Objetivos específicos

- Identificar los COVs utilizados en los procesos productivos de una industria de pinturas y sus disolventes en el Perú que implican un riesgo para la salud humana.
- Evaluar los riesgos ocupacionales por la exposición a COVs en las operaciones de producción de pinturas y sus disolventes, en base a información de toxicidad de las sustancias químicas, volúmenes utilizados, trabajadores expuestos y frecuencia de exposición para una industria local.
- Estimar la cantidad de COVs emitidos a la atmósfera debido a la manufactura de pinturas y sus disolventes por una industria en el Perú, para luego extrapolar a la producción nacional, utilizando el método de U.S. EPA aplicado en México.
- Comparar la gestión y legislación actual de COVs en la industria de pinturas y sus disolventes en el Perú con la gestión y legislación existente a nivel internacional, para la identificación de debilidades en la gestión de estas sustancias en nuestro país.
- Proponer estrategias como implementación de tecnologías, protocolos de monitoreo y sustitución de compuestos orgánicos volátiles para mejorar la gestión ambiental y en salud ocupacional asociado al uso de COVs en la industria de pinturas y sus disolventes en el Perú.

2. APROXIMACIONES METODOLÓGICAS

Para el análisis sobre el uso y la exposición a COVs en la industria de pinturas y sus disolventes se utilizan métodos cuantitativos para estimar las emisiones de COVs al ambiente exterior y en el ambiente laboral. Para la evaluación de riesgos ocupacionales por la exposición a COVs se utilizan métodos cualitativos para determinar su criticidad. Este conjunto de métodos permite analizar los impactos y los riesgos para el medio ambiente y la salud ocupacional, además de identificar la necesidad de implementar estrategias para la correcta gestión de COVs.

2.1 Métodos cuantitativos

2.1.1 Estimación de emisiones de COVs por la producción y comercialización de pinturas y sus disolventes

Este método para la estimación de emisiones de COVs fue propuesto inicialmente por U.S. EPA en 1986 y ha ido evolucionando con los años, siendo aplicado en México desde el año 1996. El método permite generar los inventarios de emisiones para la industria de pinturas y disolventes. Para el desarrollo de esta metodología es necesario contar con información sobre volúmenes de producción y comercialización de pinturas y disolventes de una determinada industria tomando un mes o año determinado como base de análisis. Estos volúmenes de producción y comercialización de pinturas se reportan en galones americanos (gal) o en toneladas (t). Además, se debe contar con información sobre la composición de COVs (en unidades de concentración) en las diferentes clases de pinturas y disolventes que se comercializan. Esto último es información que se encuentra en las hojas técnicas o de seguridad de pinturas y disolventes (U.S. EPA 1999a). En la Tabla 2.1 se muestra un ejemplo para el cálculo de emisiones de COVs por la producción de barnices en un mes; para ello se debe conocer su volumen de producción en galones americanos (gal) y su composición de COVs en g/L.

Tabla 2.1. Ejemplo de cálculo de emisiones de COVs para barnices

Producción de barnices (gal/mes)	Composición de COVs (g/L)	Producción (gal/mes) x composición (g/L) x 3,785 (L/gal) ²	Emisiones de COVs (t/mes)
100	600	100 x 600 x 3,785	0,2271

² 1 gal equivale a 3,785 L

2.1.2 Determinación de la concentración de líquidos volátiles en el aire en ambientes laborales

Este modelo de cálculo fue presentado por el Programa Internacional de Seguridad Química (IPCS) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), y desarrollado por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) para las evaluaciones de la exposición ocupacional y del consumidor a sustancias químicas. El cálculo de la concentración estimada de vapores en el lugar de trabajo se basa en la transferencia de masa de una sustancia a través del límite de la fase líquida-gaseosa. Se asume que la sustancia se mezclará completamente con la atmósfera de dicho lugar después de la evaporación. La concentración teórica (denotada como C_j) se calcula mediante la siguiente ecuación (Duffus y Park 1999: 89):

$$C_j = n_j \frac{(1 - e^{-S \cdot t})}{S \cdot V}$$

donde: n_j = cantidad de sustancia evaporada por hora (mol/h; S = tasa de ventilación (h^{-1}); V = volumen de la habitación (m^3); t = tiempo de evaporación (h).

De igual forma, la masa de sustancia evaporada se calcula con la siguiente fórmula (Duffus y Mark 1999, 89):

$$n_j = \frac{(F \cdot P_s \cdot b)}{(R \cdot T)}$$

donde: F = superficie de evaporación (m^2), P_s = presión del vapor de la sustancia (Pa), b = coeficiente de la transferencia de masa (m/h), R = constante universal de los gases ($J/(mol \cdot K)$), T = temperatura de la fase de gas (K).

Se usan los mismos parámetros estándar para la estimación de todas las sustancias:

- Volumen de la habitación: $100 m^3$
- Tasa de ventilación: $1 h^{-1}$
- Coeficiente de la transferencia de masa: $8,7 m/h$
- Constante universal de los gases: $8,314 J/(mol \cdot K)$
- El tiempo de evaporación estándar es 100 min ($1,667 h$), pero para una mayor aproximación del valor real se deben analizar los procesos u operaciones y determinar el tiempo real de evaporación del líquido volátil.

- La superficie de evaporación estándar es 0,02 m², pero para una mayor aproximación del valor real se deben analizar los equipos donde ocurren los procesos u operaciones, determinar las superficies de los líquidos volátiles que están en contacto directo con el aire y calcular la superficie real de evaporación.
- La presión del vapor de una sustancia se puede calcular a través de ecuaciones y correlaciones, conociendo la temperatura de las fases líquida y gas en equilibrio.

Según el IPCS, a pesar de las aproximaciones los resultados obtenidos a través de este modelo ofrecen estimaciones muy buenas de las concentraciones en el aire del lugar de trabajo. Este método de cálculo teórico de la concentración de vapor en el aire permite compararlo con métodos experimentales y determinar si se sobrepasan los límites de exposición ocupacional. (Duffus y Park 1999: 90-92)

2.2 Métodos cualitativos

2.2.1 Identificación de los peligros y evaluación de los riesgos en una organización por el método IPER

Este método está basado en normas ANSI sobre sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional y en la Guía Básica del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, anexo N° 3, publicado por el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE) en el año 2013. Se basan en la observación y recopilación de información a través de entrevistas y encuestas. Para realizar la evaluación de riesgos se deben conocer los procesos productivos, los insumos utilizados, el número de personas expuestas, los tiempos de exposición a COVs, la toxicidad y la concentración de estas sustancias en el ambiente laboral; con toda esta información se procede a la valoración del riesgo y a su clasificación. (Lyon y Hollcroft 2012) En el desarrollo de la tesis se usa este método para evaluar los riesgos y grado de exposición a COVs en la industria de pinturas y disolventes ya que es el método actual más utilizado para la evaluación de riesgos ocupacionales en las organizaciones, además de ser recomendado por normas internacionales de seguridad y salud ocupacional, como la OHSAS 18001 (Lyon y Hollcroft 2012).

Esta metodología también permite proponer jerarquías de controles efectivos para minimizar los riesgos, como se muestra en la Figura 2.1. La jerarquía de controles empieza desde la eliminación del uso de sustancias químicas peligrosas, la sustitución de insumos químicos tóxicos por otros menos tóxicos, nuevas tecnologías de formulación, la implementación de controles de ingeniería como sistemas de extracción y sensores, vigilancia médico-ocupacional, monitoreo periódico, hasta llegar al último eslabón en el control de riesgos que es el uso de equipos de protección personal

como respiradores y filtros para vapores orgánicos (Lyon y Hollcroft 2012). En la Tabla 2.2 se muestra un método de valoración del riesgo y su clasificación según el D.S. N° 050-2013-TR del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo.

Tabla 2.2. Valoración del riesgo y clasificación

		SEVERIDAD		
		Ligeramente dañino	Dañino	Extremadamente dañino
Probabilidad	Baja	Trivial 4	Tolerable 5 - 8	Moderado 9 - 16
	Media	Tolerable 5 - 8	Moderado 9 - 16	Importante 17 - 24
	Alta	Moderado 9 - 16	Importante 17 - 24	Intolerable 25 - 36

Fuente: MTPE 2013 Anexo 3: 25

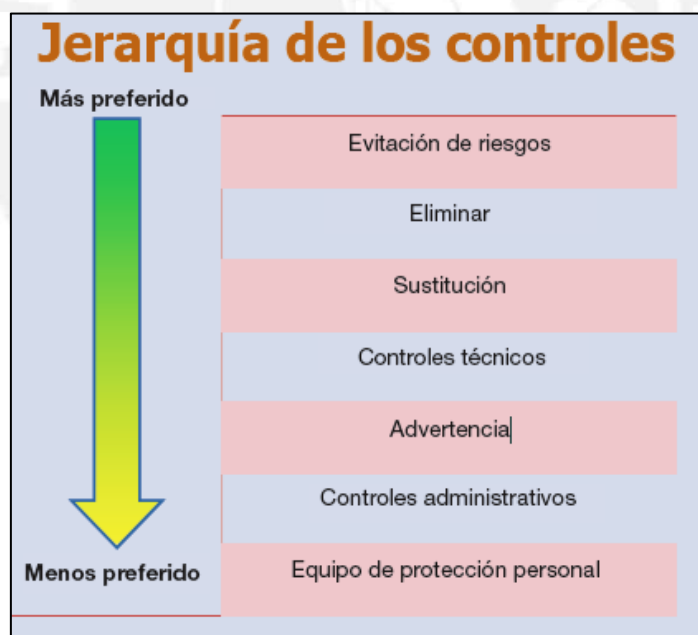


Figura 2.1. Jerarquía de controles para minimizar los riesgos

(Fuente: Lyon y Hollcroft 2012: 33)

2.2.2 Evaluación del riesgo por el uso de insumos químicos por el método HRN

La evaluación de riesgo requiere que se determinen los peligros de la sustancia así como sus características de exposición. Una vez identificados los riesgos provenientes de los insumos químicos y determinado si se han sobrepasado los límites de exposición ocupacional, se deben priorizar de acuerdo al riesgo que representan para así crear planes, estrategias y políticas que ayuden a minimizar el riesgo. Para lograr dicha priorización se utilizan métodos de evaluación de riesgos, siendo el método simplificado de evaluación del riesgo, llamado número de riesgo o *Hazard Rating Number* (HRN), uno de los más recomendados para este caso, ya que es un método sencillo de aplicar en instalaciones industriales y su evaluación está en función del daño a la salud de las personas y no en las pérdidas económicas (Casals y otros 1999: 35). Este método se basa en la evaluación de cuatro factores (Morales y otros 2011: 3-5):

- Posibilidad de exposición al peligro: valor entre 0 (imposible) y 15 (seguro).
- Frecuencia de exposición al peligro: de 0,1 (no frecuente) a 5 (constante).
- Número de personas sometidas al riesgo: desde 1 (entre 1 y 12 personas) hasta 12 (50 o más personas).
- Máxima pérdida probable: desde 0,1 (lesiones leves) hasta 15 (muerte).

El producto de estos cuatro factores da el valor HRN. En la Tabla 2.3 (Morales y otros 2011: 5) se muestra la clasificación de los riesgos por el valor resultante de HRN y el plan de acción que se debe seguir para la gestión.

Tabla 2.3. Clasificación del riesgo y plan de acción de acuerdo al valor de HRN

Riesgo	HRN	Periodo de implementación de plan de acción
Riesgo “tolerable”	0 a 1	Aceptar el riesgo / Considerar posibles acciones
Riesgo muy bajo	1 a 5	Actuar en 1 año
Riesgo bajo	5 a 10	Actuar en 3 meses
Riesgo importante	10 a 50	Actuar en 1 mes
Riesgo alto	50 a 100	Actuar en 1 semana
Riesgo muy alto	100 a 500	Actuar en 1 día
Riesgo extremo	500 a 1000	Actuar inmediatamente
Riesgo intolerable	Mayor a 1000	Parar la actividad /eliminar el peligro

Fuente: Morales y otros 2011: 5

3. METODOLOGIA

Para la realización del trabajo de campo se seleccionó una empresa mediana productora de pinturas ubicada en Lima. Debido al tipo de información que la empresa brindó para el desarrollo de la tesis, se tiene un acuerdo de confidencialidad con esta empresa, manteniéndolos anónimos no identificables.

La empresa en estudio suministró información sobre sus procesos productivos y procedimientos de gestión, a través de la realización de entrevistas a su personal administrativo y operativo. Se entrevistó a personal responsable del control de la producción de pinturas para recopilar información sobre volúmenes de consumo de COVs, volúmenes de producción de pinturas y disolventes, tiempos de procesos, cantidad de trabajadores expuestos e información complementaria para la evaluación de los riesgos y estimación de emisiones. También se entrevistó a personal responsable de la salud ocupacional y gestión ambiental, recopilando información sobre sus procedimientos de gestión relacionado al manejo, monitoreo y control de COVs. Los formatos y preguntas correspondientes a las entrevistas se indican en los Anexos 1 y 2.

3.1 Identificación de COVs utilizados en los procesos de fabricación de pinturas y sus disolventes

Antes de las visitas a campo y de la recolección de información sobre el uso de solventes en la empresa en estudio, se revisó información bibliográfica sobre COVs típicos utilizados en la industria de pinturas y disolventes a nivel mundial.

Durante la visita a campo se entrevistó a las personas responsables del planeamiento y control de producción, así como personas responsables del control de materias primas. Las preguntas correspondientes a las entrevistas realizadas se encuentran en el Anexo 1. Con los resultados de estas entrevistas se obtuvo información sobre los COVs utilizados, sus nombres comerciales, los usos específicos de cada COV en productos determinados que se comercializan en el Perú y las cantidades promedio de abastecimiento por año, correspondiente a los años 2014, 2015 y 2016.

Con la información recopilada, se procedió a revisar las hojas de seguridad públicas de cada COV, identificando sus números de registro CAS, estructuras y fórmulas químicas, presión de vapor, peso molecular, temperatura de ebullición, límites de inflamabilidad y explosividad, concentraciones letales (CL50), nivel de peligro y riesgo por inflamabilidad, daño a la salud y reactividad. Además, se revisó en fuentes internacionales (IARC) cuáles de los COVs identificados eran considerados carcinógenos y a qué nivel (Anexo 3). Por último, se identificaron los límites ocupacionales

vigentes en el Perú para cada COV, y para aquellos no regulados se tomaron como referencia los límites ocupacionales de agencias internacionales como OSHA y NIOSH.

Todo el análisis de la información anteriormente descrita permitió identificar los COVs que representan mayores riesgos para la salud humana y el medio ambiente, además de priorizar cuáles COVs deben ser analizados más profundamente en la evaluación de riesgos ocupacionales.

3.2 Estimación de emisiones de COVs

Para el cálculo de emisiones de COVs se recogió información de la empresa en estudio sobre volúmenes de producción en galones de todos los tipos de pinturas que comercializan (acrílicas base agua, alquídicas base disolvente, lacas, epóxicas, poliuretano, etc.) y sus disolventes; la información recogida de volúmenes de producción corresponde al año 2015. Asimismo, para obtener la información del contenido de COV por cada tipo de pintura y disolvente, se revisaron las hojas de seguridad (MSDS) de todos los productos; en estas hojas de seguridad el contenido de COVs se reporta en g/L.

Se procedió a realizar el cálculo de emisiones de COVs por cada tipo de pintura y disolvente tomando el año 2015 como base de cálculo. Se obtuvieron resultados de emisiones por cada producto comercializado, agrupados por tipo de pintura. Estos resultados fueron sumados para estimar el total de emisiones de COVs en el año 2015 por la manufactura de pinturas y sus disolventes de la empresa en estudio.

La estimación de emisiones de COVs por grupo de pintura permitió determinar cuáles grupos contribuyen más en la generación de emisiones de COVs. Además, se realizaron simulaciones para estimar posibles reducciones en las emisiones actuales de COVs utilizando límites establecidos por Colombia, Unión Europea y U.S. EPA para el contenido máximo de COVs en pinturas.

3.3 Cálculo de la concentración de COVs en el aire del ambiente laboral

Para el cálculo de concentraciones de COVs en el aire, se recogió información sobre las temperaturas máxima, mínima y promedio del aire en el ambiente laboral además de las condiciones de operación y procesos, dimensiones de equipos de fabricación, diámetros de las pailas donde ocurren las mezclas y tiempos de operación para los COVs más usados en producción de pinturas y sus disolventes.

Durante la visita de campo se pudo observar que las operaciones de mezclado se realizan en pailas sin tapa, por lo tanto, el área descubierta en contacto con el aire representa la superficie de evaporación de cada COV utilizado en las mezclas. Con la información sobre los diámetros de

pailas, que se utilizan en la elaboración de los diferentes tipos de pinturas y disolventes donde interviene cada COV, se procede a calcular la superficie de evaporación para cada sustancia. Asimismo, el tiempo de evaporación es equivalente al tiempo que permanece la mezcla en agitación y en contacto con el aire del ambiente laboral.

Se obtuvo información bibliográfica sobre la presión de vapor de los COVs, como sustancias puras, en el rango de temperatura entre 20°C y 25 °C, que es la temperatura promedio del aire en el ambiente laboral. Se hicieron los cálculos de concentración en el aire sólo de aquellos COVs que se utilizan en mayor cantidad y los que se identificaron como más peligrosos para la salud.

Con la información anteriormente descrita y utilizando ecuaciones para el cálculo de moles evaporados de cada COV de acuerdo a las condiciones en que se realizan las operaciones, se procedió a calcular la concentración de cada COV en el aire del ambiente laboral. Finalmente, se compararon estos resultados con los límites de exposición ocupacional regulados en el Perú (TWA y STEL).

3.4 Evaluación de riesgos por el uso y exposición a COVs con el método IPER

La evaluación de riesgos por la metodología IPER se realiza por zona de trabajo y puesto de trabajo específico, no es por producto o sustancia química manipulada. Por lo tanto, los riesgos por exposición a los diferentes COVs, al ser evaluados de acuerdo a las zonas de trabajo, se repetirán de acuerdo al flujo que siguen los COVs durante los procesos productivos, desde su uso inicial hasta el envasado de los diferentes tipos de pinturas y disolventes. Para realizar la evaluación de riesgos por uso y exposición a COVs con la metodología IPER se recolectó información en campo sobre etapas de los procesos de elaboración de pinturas y sus disolventes, identificación de las zonas de trabajo, cantidad de trabajadores y COVs utilizados por zona. También se determinó la frecuencia de uso y exposición ocupacional a cada COV, el nivel de capacitación sobre los peligros y riesgos por exposición a solventes y COVs específicos, así como los controles y/o procedimientos que existen para reducir la exposición a COVs.

Para determinar la severidad del daño a la salud debido a la exposición a COVs por inhalación se revisó información bibliográfica sobre los niveles de toxicidad de cada COV, que se representa por el índice CL50. Además, se identificaron aquellos COVs considerados cancerígenos y los que son mundialmente reconocidos como contaminantes peligrosos (CPA). En la Tabla 3.1 (Duffus y Park 1999:80) se indican las escalas de toxicidad según IPCS. Con la información recopilada se procede a asignar índices de 1 al 3 para cada parámetro de evaluación, según la Tabla 3.2 (MTPE 2013 Anexo 3: 25).

Tabla 3.1. Escalas de toxicidad

CL50 (mg/L/4h)	Indicación de peligro
< 0,5	Muy tóxica
0,5 - 2	Tóxica
2,0 - 20	Dañina

Fuente: Duffus y Park 1999:80

Tabla 3.2. Asignación de índices y valoración del riesgo según metodología IPER

Índice	Probabilidad				Severidad	Estimación del nivel de riesgo		Críticidad
	Personas expuestas	Procedimientos/Controles existentes	Capacitación	Exposición al riesgo		Grado de riesgo	Puntaje	
1	De 1 a 3	Existen son satisfactorios y suficientes	Personal entrenado, conoce el peligro y lo previene	Al menos una vez al año (S)	Lesion sin incapacidad (S)	Trivial	Menor o igual a 4	No Crítico
				Esporadicamente (SO)	Disconfor / incomodidad (SO)	Tolerable	De 5 a 8	
2	De 4 a 12	Existen parcialmente y no son satisfactorios	Personal parcialmente entrenado, conoce el peligro pero no toma acciones de control	Al menos una vez al mes (S)	Lesion con incapacidad temporal (S)	Moderado	De 9 a 16	Crítico
				Eventualmente (S)	Daño a la salud reversible	Importante	De 17 a 24	
3	Mas de 12	No existen	Personal no entrenado, no conoce el peligro, no toma acciones de control	Al menos una vez al día (S)	Lesion con inapacidad permanente (S)	Intolerable	De 25 a 36	Crítico
				Permanentemente (SO)	Daño a la salud irreversible			

Fuente: MTPE 2013 Anexo 3: 25

Con la asignación de índices para cada criterio de evaluación se procede a realizar la estimación y la clasificación del riesgo de exposición a cada COV como crítico o no crítico.

3.5 Evaluación de riesgos por el uso y exposición a COVs con el método HRN

La evaluación de riesgos por el uso y exposición a COVs por la metodología HRN utiliza criterios similares a la metodología IPER. A diferencia de la metodología IPER, la evaluación de riesgos por el método HRN se realiza por sustancia o producto químico y no por zonas de trabajo, por lo tanto, la evaluación de riesgos se realizó para cada COV utilizado en el proceso productivo general de pinturas y sus disolventes.

Uno de los factores de evaluación es la “posibilidad de exposición al riesgo”; en este caso, el riesgo es la inhalación de COVs. Para evaluar este factor se debe considerar si los trabajadores están siempre expuestos al riesgo de inhalación de COVs, si existen controles que eliminan por completo la exposición, o si existen controles que sólo reducen la exposición, como son los sistemas de extracción, ventilación y purificación del aire o simplemente el uso de respiradores con filtros para vapores orgánicos.

Para evaluar el factor de frecuencia de exposición a cada COV se utilizan los datos ya empleados para el método IPER, así como para evaluar la máxima pérdida probable por exposición a cada COV se usan los datos de toxicidad CL50 y carcinogenicidad. Para la evaluación del factor de personas o trabajadores sometidos al riesgo de exposición a cada COV se utiliza la información del total de trabajadores expuestos a cada COV durante todo el proceso productivo en donde es manipulada cada sustancia química en forma individual o como mezcla. En la Tabla 3.3 se muestran las formas de calificación cualitativa y cuantitativa para cada uno de los factores de evaluación de riesgos por exposición a COVs según la metodología HRN. El grado de riesgo se estima multiplicando las calificaciones numéricas de cada factor.

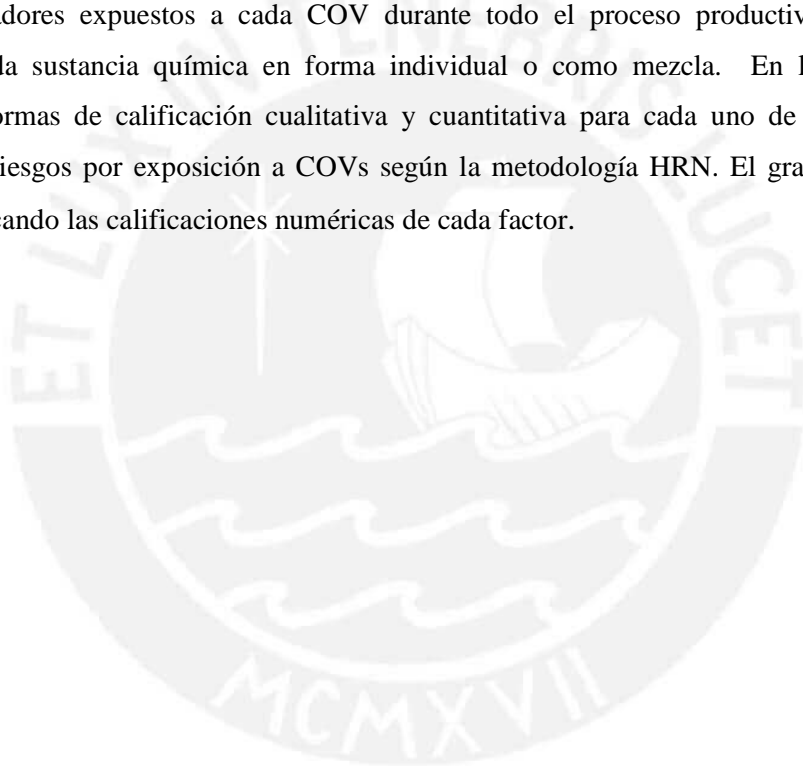


Tabla 3.3. Calificación de factores de evaluación de riesgos según metodología HRN

	Factores para evaluación de riesgo por inhalación de COVs				Estimación del nivel de riesgo (HRN)		
	Posibilidad de exposición al riesgo	Frecuencia de exposición al riesgo	Personas sometidas al riesgo	Máxima pérdida probable MPP (Salud)	Puntaje (Multiplicación de factores)	Grado de riesgo	Acción
Calificación cualitativa	Imposible la inhalación	Exposición no frecuente (1 o varias veces al año)	De 1 a 24	Consecuencias agudas (Daños y ligeramente dañinos: CL50>10000 ppm/4h o CL50>2 mg/L /4h)	1,0-10	Bajo	Actuar en menos de un año
Calificación numérica	1	1	1	1<MPP<=5			
Calificación cualitativa	Existen controles que reducen la exposición (Respirador)	Exposición 1 vez por semana o varias veces al mes	Rango de 24 a 50	Consecuencias agudas y crónicas (Tóxicos: 100 ppm/4h<CL50<10000 ppm/4h , 0.5 mg/L/4h<CL50<2 mg/L/4h, CPA, probables cancerígenos)	10-100	Importante	Actuar en menos de un mes
Calificación numérica	5	3	6	5<MPP<=10	100 -1000	Muy alto	Actuar en 1 día
Calificación cualitativa	Siempre existe el riesgo de inhalación	Constante (Todos los días)	Mayor a 50	Consecuencias fatales por inhalación (Altamente tóxicos: CL50<100 ppm/4h o CL50<0.5 mg/L/4h y/o cancerígenos)	>1000	Intolerable	Eliminar el riesgo/Parar la actividad
Calificación numérica	15	5	12	10<MPP<=15			

4. EMISIONES DE COVs AL MEDIO AMBIENTE POR LA PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DE PINTURAS Y SUS DISOLVENTES

De acuerdo a la metodología aplicada se obtuvo la información sobre volúmenes de producción de todos los tipos de pintura comercializada por la empresa en estudio en el año 2015, así como el contenido de COVs de cada tipo de pintura y disolvente. Las pinturas y disolventes identificados fueron clasificados en nueve grandes grupos: lacas celulósicas (pinturas para para madera), pinturas alquídicas a base disolvente de uso doméstico para decoración y construcción, pinturas alquídicas caucho clorado a base de disolvente utilizadas para señalización y de altas prestaciones, pinturas acrílicas/vinil-acrílicas a base de agua de uso doméstico para decoración y construcción y como imprimantes, diluyentes para pinturas acrílicas, alquídicas, epóxicas y poliuretanos, pinturas epóxicas a base de disolvente de uno o dos componentes y/o altos sólidos para uso industrial y de altas prestaciones, pinturas poliuretano a base de disolvente de uno o dos componentes para uso automotriz y de altas prestaciones, pinturas epoxi-poliamida ricas en zinc a base de disolvente para uso industrial y de altas prestaciones, y pinturas vinílicas a base de disolvente utilizadas como antiincrustantes en embarcaciones marinas. Dentro de cada uno de estos grupos de pinturas, los productos se diferencian por su contenido de COVs ya que tienen diferentes formulaciones. Es por esta razón que se les ha dado términos adicionales de tipo 1, tipo 2, tipo 3, etc. Los volúmenes de producción-comercialización y contenidos de COVs de cada tipo de pintura y disolvente se encuentran recopilados en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Producción y contenido de COVs por tipo de pintura y disolvente comercializados

Tipo de pintura/ disolvente	Producto específico	Producción- Comercialización (gal/año)	Contenido COVs (g/L)
Lacas celulósicas (madera)	Laca para madera tipo 1	143 672	684
	Laca para madera tipo 2	1 084 706	590
Alquídicas (decoración, construcción, acero y metal)	Pintura alquídica tipo 1	650 000	600
	Pintura alquídica tipo 2	1 265 321	530
	Esmalte (Para acero, altas prestaciones)	66 400	450
	Producto automotriz	15 024	471
	Esmalte Anticorrosivo	15 443	445
	Pintura alquídica modificada	625	502
Alquídicas caucho clorado (señalización, altas prestaciones)	Pintura alquídica caucho clorado tipo 1	2 615	375
	Pintura alquídica caucho clorado tipo 2	32 669	239,6
	Pintura alquídica caucho clorado tipo 3	540	545
Acrílicas/vinil-acrítica base agua (decorativo y construcción)	Pintura vinil-acrítica base agua tipo 1	831 045	79,6
	Pintura vinil-acrítica base agua tipo 1	296 918	34
	Imprimante con resina acrílica estirenada	1 856 892	10,1
	Pintura vinil-acrítica base agua tipo 3	528 000	44,8
	Pintura acrílica base agua tipo 1	965 000	49
	Pintura acrílica base agua tipo 2	130 354	74
	Pintura acrílica estirenada base agua tipo 1	2 838 000	47
	Pintura vinil-acrítica base agua tipo 4	1 032 967	27
	Pintura acrílica estirenada base agua tipo 2	35 338	5,3
	Pintura vinil-acrítica base agua tipo 5	55 057	2,4
	Pintura vinil-acrítica base agua tipo 6	96 000	42,5
	Pasta acrílica estirenada base agua tipo 3	220 500	52,8
	Pintura acrílica estirenada base agua tipo 4	31 656	5
Diluyentes para pinturas	Diluyente tipo 1	13 074	825
	Diluyente (Desengrasante)	579	720
	Diluyente tipo 2	679	785
Epóxicas (uso industrial)	Esmalte epóxico convencional	30 000	501
	Recubrimiento epóxico altos sólidos tipo 1	144 000	225
	Anticorrosivo epóxico	24 000	380
	Recubrimiento epóxico altos sólidos tipo 2	22 275	170
	Recubrimiento epóxico altos sólidos tipo 3	3 592	127
Poliuretano (automotriz)	Producto automotriz tipo 1	4 718	658
	Pintura automotriz tipo 2	52 000	326
	Producto automotriz tipo 3	96	639
Epoxi-poliamida	Pintura rica en Zinc (altas prestaciones)	44 000	553
Vinílica (antiincrustante)	Pintura para embarcaciones	15 594	285

Con los datos de la Tabla 4.1 se procedió a realizar los cálculos para estimar las emisiones de COVs por la comercialización de cada tipo de pintura y disolvente para la empresa en estudio en el año 2015, el cual fue un año típico en términos de producción para la empresa en estudio. En la Tabla 4.2 se muestran los resultados y el total de emisiones de COVs.

Tabla 4.2. Emisiones de COVs de la empresa en estudio

Tipo de pintura/ disolvente	Emisiones de COVs (t/año)
Lacas celulósicas (madera)	2794,3
Alquídicas (decoración, construcción, acero y metal)	4181,5
Alquídicas caucho clorado (señalización, altas prestaciones)	34,5
Acrílicas/vinil-acrítica base agua (decorativo y construcción)	1331,3
Diluyentes para pinturas	44,4
Epóxicas (uso industrial)	230,1
Poliuretano (uso automotriz)	76,1
Epoxi-poliamida (altas prestaciones)	92,1
Vinílica (antiincrustrante)	16,8
Total	8801,1

De acuerdo a la Tabla 4.2, el total de emisiones de COVs generado por la comercialización de pinturas y sus disolventes en el año 2015 por la empresa en estudio fue 8801,1 toneladas. Para un mejor entendimiento de la contribución porcentual de cada uno de los grupos de pintura en la generación de emisiones de COVs, en la Figura 4.1 se presentan estos porcentajes de contribución. De acuerdo a esta figura, las pinturas alquídicas a base de disolvente son aquellas que generan mayor cantidad de emisiones de COVs (equivalen a casi 50% del total de emisiones), seguidas de las lacas celulósicas que contribuyen con 32% de emisiones. Entre ambos grupos de pinturas se generan 80% del total de emisiones por la producción de pinturas y sus disolventes, por lo tanto, para la generación de planes de reducción de emisiones de COVs se deben priorizar estos dos grupos.

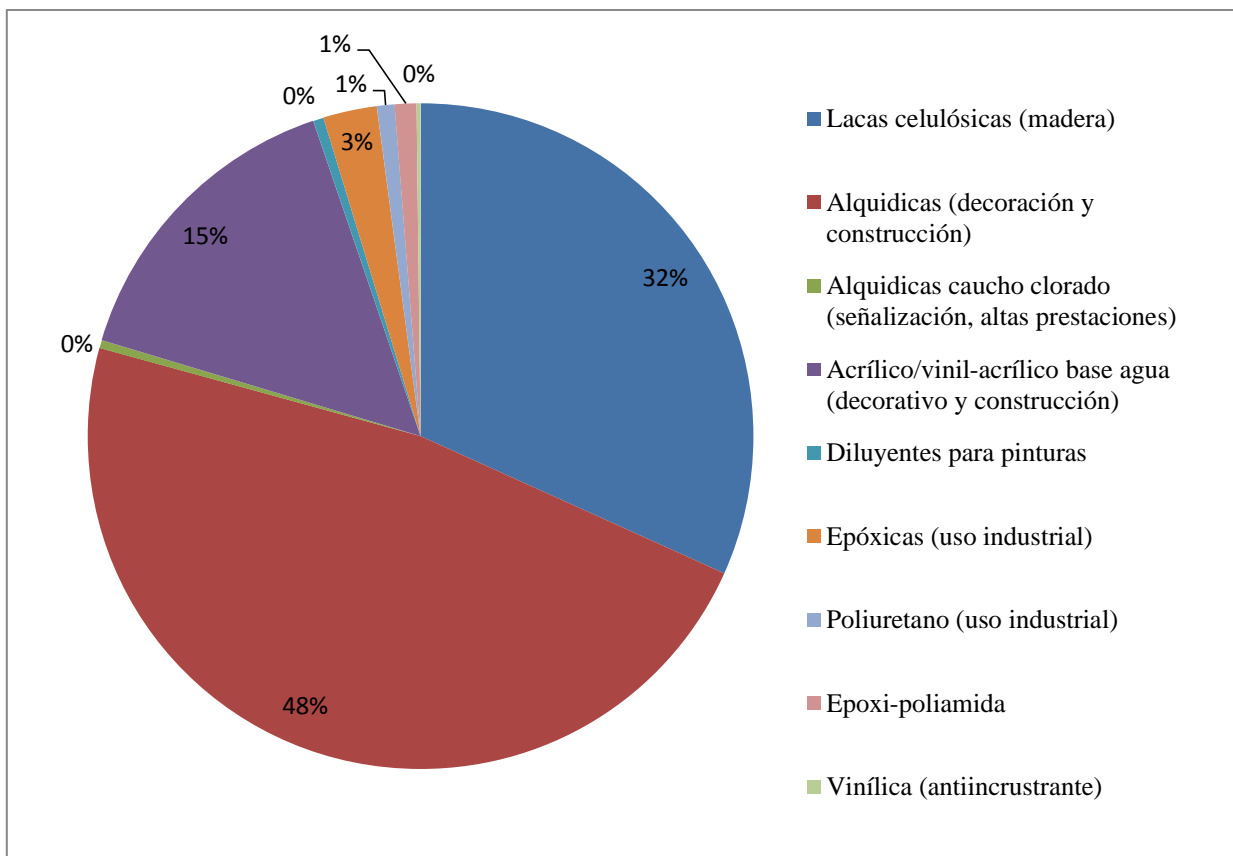


Figura 4.1. Porcentaje de emisiones de COVs por grupo de pintura

Estas emisiones de COVs calculadas para la empresa estudiada pueden ser extrapoladas a la producción nacional. De acuerdo a las estadísticas del Ministerio de la Producción (PRODUCE), el volumen de producción nacional de pinturas en el año 2015 fue 40 millones de galones, por lo tanto las emisiones de COVs extrapoladas a la producción nacional corresponden a 28 052 toneladas.

En el Perú no existen regulaciones respecto al contenido de COVs en pinturas y sus disolventes, por lo tanto, muchas de las pinturas formuladas en el país contienen altas concentraciones de COVs, a diferencia de otros países que sí tienen regulaciones y normativas respecto al contenido de COVs en pinturas, como es el caso de Colombia, que adoptó los mismos límites de contenido de COVs que la Unión Europea (UE). Asimismo, en Estados Unidos también se tienen límites de contenido de COVs de acuerdo a las normativas de U.S. EPA. Se realizaron comparaciones entre los contenidos actuales de COVs en las pinturas identificadas con los límites adoptados en los países mencionados, los resultados se muestran en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Contenido de COVs en pinturas identificadas y límites COVs por la UE y U.S. EPA.

Tipo de pintura/ disolvente	Producto específico	Contenido COV (g/L) en la empresa estudiada	Límite COV (g/L) UE	Límite COV (g/L) U.S. EPA
Lacas celulósicas	Laca para madera tipo 1	684	400	450
	Laca para madera tipo 2	590	400	450
Alquídicas	Pintura alquídica tipo 1	600	300	380
	Pintura alquídica tipo 2	530	300	380
	Esmalte (Para acero, altas prestaciones)	450	500	400
	Producto automotriz	471	300	450
	Esmalte Anticorrosivo	445	300	450
	Pintura alquídica modificada	502	200	380
Alquídicas caucho clorado	Pintura alquídica caucho clorado tipo 1	375	500	400
	Pintura alquídica caucho clorado tipo 2	239,6	500	400
	Pintura alquídica caucho clorado tipo 3	545	500	450
Acrílicas/vinil- acrílica base agua	Pintura vinil-acrílica base agua tipo 1	79,6	100	250
	Pintura vinil-acrílica base agua tipo 2	34	40	380
	Imprimante con resina acrílica estirenada	10,1	30	350
	Pintura vinil-acrílica base agua tipo 3	44,8	30	250
	Pintura acrílica base agua tipo 1	49	30	250
	Pintura acrílica base agua tipo 2	74	100	250
	Pintura acrílica estirenada base agua tipo 1	47	30	250
	Pintura vinil-acrílica base agua tipo 4	27	40	380
	Pintura acrílica estirenada base agua tipo 2	5,3	30	350
	Pintura vinil-acrílica base agua tipo 5	2,4	30	380
	Pintura vinil-acrílica base agua tipo 6	42,5	40	380
	Pasta acrílica estirenada base agua tipo 3	52,8	30	350
	Pintura acrílica estirenada base agua tipo 4	5	40	380
Diluyentes para pinturas	Diluyente tipo 1	825	850	-
	Diluyente (Desengrasante)	720	850	-
	Diluyente tipo 2	785	850	-
Epóxicas	Esmalte epóxico convencional	501	300	450
	Recubrimiento epóxico altos sólidos tipo 1	225	500	450
	Anticorrosivo epóxico	380	500	450
	Recubrimiento epóxico altos sólidos tipo 2	170	500	450
	Recubrimiento epóxico altos sólidos tipo 3	127	500	450
Poliuretano	Producto automotriz tipo 1	658	420	450
	Pintura automotriz tipo 2	326	500	450
	Producto automotriz tipo 3	639	420	450
Epoxi-poliamida	Pintura rica en Zinc (altas prestaciones)	553	500	450
Vinílica	Pintura para embarcaciones	285	500	450

Fuente: Elaboración propia con datos de Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea 2004 y U.S. EPA 1998

De acuerdo a la Tabla 4.3, el contenido de COVs en las lacas celulósicas y pinturas alquídicas sobrepasa, en la mayoría de los casos, los límites establecidos por la Unión Europea y por U.S. EPA. De acuerdo al análisis de los resultados de emisiones de COVs, los grupos de pinturas que contribuyen con mayor cantidad de emisiones son las lacas y pinturas alquídicas que coinciden con ser las pinturas que tienen los contenidos de COVs muy por encima de los estándares en otros países. Por lo tanto, hay una relación directa entre los contenidos elevados de COVs en las pinturas y las emisiones de COVs que éstas generan.

Si se adoptaran los límites de contenido de COV establecidos por Colombia, Unión Europea y U.S. EPA aplicados para la empresa en estudio, las simulaciones realizadas para el cálculo de emisiones de COVs arrojaron los resultados indicados en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4. Emisiones de COVs de la empresa en estudio con la adopción de límites establecidos por Colombia/Unión Europea y U.S. EPA

Grupo de pintura	Emisiones COVs con límites establecidos en UE y Colombia (t/año)	Emisiones COVs con límites establecidos por U.S. EPA (t/año)
Lacas celulósicas (madera)	1859,8	2092,2
Alquídicas (decoración, construcción, acero y metal)	2338,3	2907,8
Alquídicas caucho clorado (señalización, altas prestaciones)	34,4	34,3
Acrílicas/vinil-acrítica base agua (decorativo y construcción)	1034,8	1331,3
Diluyentes para pinturas	44,4	44,4
Epóxicas (uso industrial)	207,3	224,3
Poliuretano (uso automotriz)	71,8	72,4
Epoxi-poliamida (altas prestaciones)	83,3	74,9
Vinílica (antiincrustrante)	16,8	16,8
Total	5690,9	6798,5

Con la adopción de la normativa de UE/Colombia, las emisiones de COVs se reducen en 3110,3 toneladas, lo que equivale a una reducción de 35,3 %. De igual manera, con la adopción de los límites propuestos por U.S. EPA, las emisiones de COV se reducen en 2002,6 toneladas, que equivale a una reducción de 22,8 %.

En la Figura 4.2 se representa la comparación de emisiones de COVs actuales con las emisiones generadas, por grupo de pinturas, si se adoptaran límites internacionales.

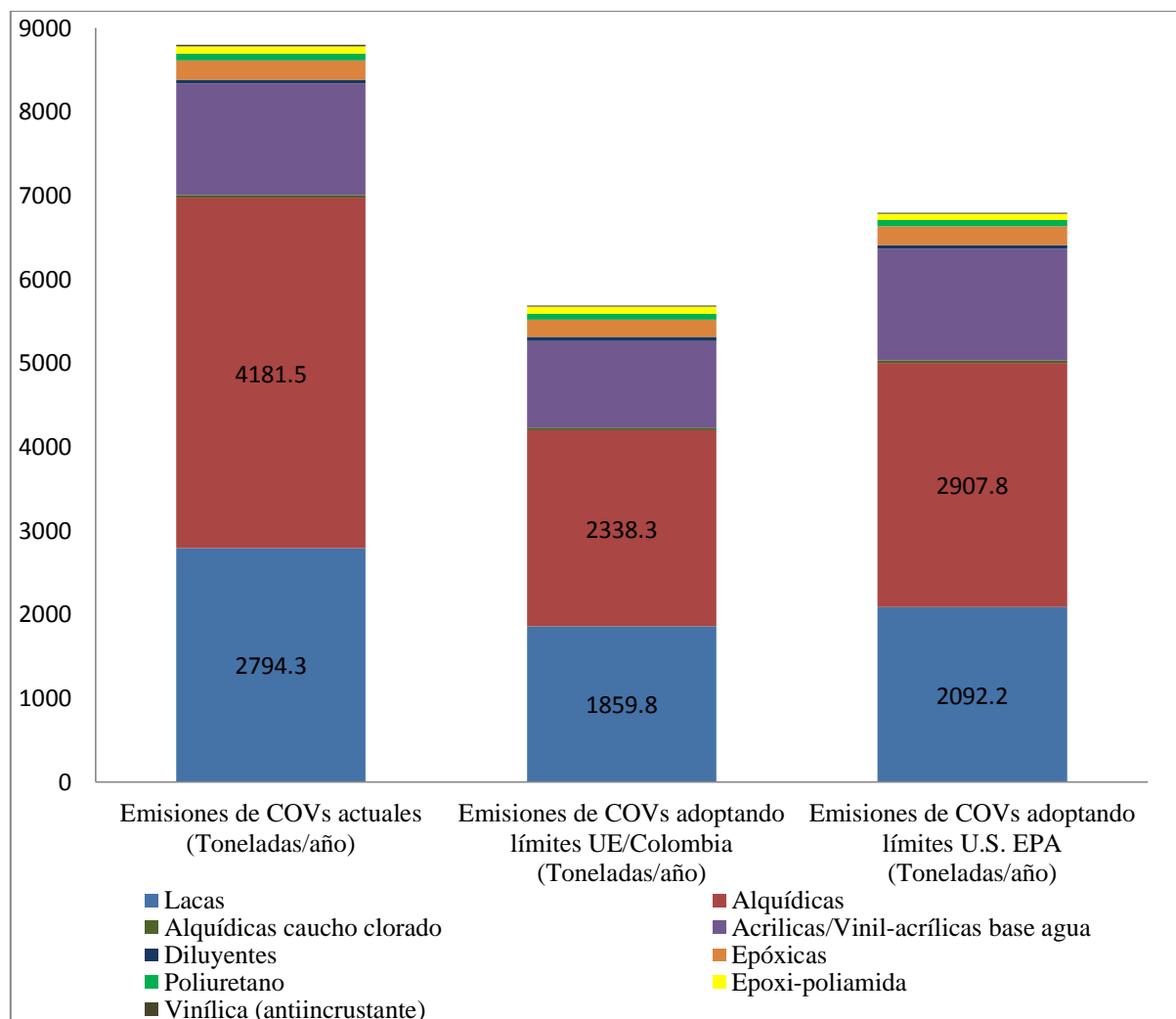


Figura 4.2. Reducción de emisiones de COVs de la empresa estudiada con adopción de límites internacionales

De acuerdo a la Figura 4.2, con la adopción de límites de contenidos de COVs en pinturas, se podrían reducir las emisiones actuales de COVs en la industria peruana de pinturas y sus disolventes. Con respecto a las pinturas que generan mayores emisiones, las lacas y pinturas alquídicas, estas se reducirían en más del 25% con la adopción de estos límites internacionales, siendo las normativas de Colombia y Unión Europea las más estrictas.

5. EVALUACION DE RIESGOS OCUPACIONALES POR MANIPULACIÓN Y EXPOSICION A COVs

Se identificaron todos los COVs utilizados en los procesos de producción de pinturas y sus disolventes. En la Tabla 5.1 se indican los nombres comunes de los COVs, sus números CAS, identificación de peligrosidad de acuerdo a U.S. EPA y rangos de consumo en toneladas/año para cada COV.

Para la evaluación de riesgos, se seleccionaron a aquellos COVs clasificados como contaminantes peligrosos del aire (CPA) y aquellos cuyos rangos de consumo son altos. Es por esto que se seleccionaron sólo a algunos de los compuestos de la Tabla 5.1 para calcular su concentración en el aire del ambiente laboral y realizar la evaluación de sus riesgos por uso y exposición. No se evaluaron en campo a aquellos que, por sus bajos consumos, no se pudieron verificar cómo eran procesados y a aquellos que poseen baja toxicidad y no son considerados CPA.

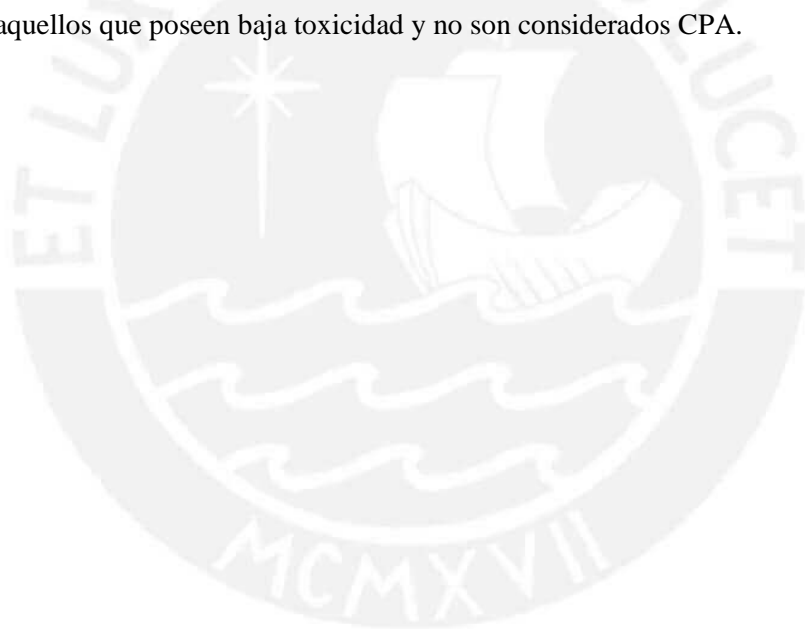


Tabla 5.1. COVs utilizados en el proceso productivo de la empresa estudiada

COV	Número CAS	CPA (Contaminante peligroso del aire)	Rango de consumo (t/año)
Aguarrás	8006-64-2	No	>1000
Tolueno	108-88-3	Sí	>1000
Acetato de n-butilo	123-86-4	No	500 – 1000
Xileno, mezcla de isómeros	1330-20-7	Sí	500 – 1000
Dimetil carbonato	616-38-6	No	100 - 500
Solvente nafta ligero	64742-95-6	No	100 - 500
Acetona	67-64-1	No	100 - 500
Bencina	64475-85-0	No	100 - 500
N-butanol	71-36-3	No	100 - 500
Acetato de cellosolve®	111-15-9	No	100 - 500
Propilenglicol monometil éter	107-98-2	No	10 - 100
Metil isobutil cetona	108-10-1	Sí	10 - 100
Cloruro de metileno	75-09-2	Sí	10 - 100
Acetato de etilo	141-78-6	No	10 - 100
Metanol	67-56-1	Sí	10 - 100
Etanol	64-17-5	No	10 - 100
Butilglicol	111-76-2	No	10 - 100
Etilenglicol mono-etil-éter	110-80-5	No	10 - 100
Alcohol bencílico	100-51-6	No	10 - 100
Metil amil cetona	110-43-0	No	10 - 100
Isopropanol	67-63-0	No	10 - 100
Monoetilenglicol	107-21-1	Sí	10 - 100
Metiletilcetona	78-93-3	No	10 - 100
Solvente nafta pesado	64742-94-5	No	10 - 100
Dietilenglicol	111-46-6	No	<10
Alcohol furfurílico	98-00-0	No	<10
Isobutanol	78-83-1	No	<10
Isoforona	78-59-1	Sí	<10
Acetato monometil éter del propilenglicol	108-65-6	No	<10
N-hexano	110-54-3	Sí	<10
Percloroetileno	127-18-4	Sí	<10
Estireno	100-42-5	Sí	<10
Propilenglicol	57-55-6	No	<10

Fuente: Elaboración propia

5.1. Concentración de COVs en el aire del ambiente laboral

Para la determinación de las concentraciones de COVs en el aire del ambiente laboral de la empresa estudiada se necesitó determinar primero los datos indicados en la Tabla 5.2. En dicha tabla se muestran las superficies de evaporación para cada COV, así como los tiempos de evaporación durante las operaciones y la presión de vapor para cada compuesto químico, como sustancia pura, en el rango de temperatura entre 20 y 25 °C.

Tabla 5.2. Superficie, tiempo de evaporación y presión de vapor de COVs

COV	Superficie de evaporación de COVs (m ²)	Tiempo de evaporación de COVs durante la operación (horas)	Presión de vapor (Pa) Rango de temperatura: 20- 25 °C
Xileno	0,8	4,0	1070
Tolueno	0,8	4,0	3800
Acetona	0,2	1,0	24 000
Isopropanol	0,2	1,0	4400
N-hexano	0,2	1,0	17 000
Metanol	0,2	1,0	12 300
Cloruro de metileno	0,2	1,0	47 400
Percloroetileno	0,2	1,0	1900
Acetato de butilo	0,8	4,0	1200
Isoforona	0,2	1,0	40 000
Metil isobutil cetona	0,2	1,0	2100

Fuente: Elaboración propia con datos de presión de vapor obtenidos hojas de seguridad para cada COV

Con los datos de la Tabla 5.1, y haciendo uso del modelo de cálculo explicado en el apartado 2.1.2, se obtienen las concentraciones de cada COV en el aire del ambiente laboral de la empresa estudiada. Los resultados son presentados en la Tabla 5.3. Estos resultados deben ser verificados a través de medidores de COVs, sensores de vapores inflamables o utilizando métodos de muestreo y análisis acreditados internacionalmente. Durante las entrevistas con responsables de la empresa en estudio se verificó que las concentraciones estimadas con este método son aproximadas a las concentraciones medidas experimentalmente a través de sensores de medición de vapores inflamables. Sin embargo, para los casos en los que se pudo comparar las concentraciones teóricas y las experimentales, los resultados presentados en la Tabla 5.3 son ligeramente mayores a las concentraciones medidas, esto es así porque el método asume transferencia total del líquido evaporado al aire. Además, se asume una ventilación mínima constante cuando en la realidad las corrientes de viento externo pueden influir en la variación de concentración de COVs.

Tabla 5.3. Moles evaporados por hora y concentración de cada COV en el aire del ambiente laboral para la empresa en estudio

COV	Moles evaporados (moles/hora)	Concentración de COV en aire (mg/m ³)
Xileno	3,0	3131,0
Tolueno	10,7	9649,8
Acetona	16,9	6186,8
Isopropanol	3,1	1173,3
n-hexano	11,9	6501,8
Metanol	8,6	1746,4
Cloruro de metileno	33,3	17 855,2
Percloroetileno	1,3	1397,7
Acetato de butilo	3,4	3842,1
Isoforona	28,1	24 528,9
Metil isobutil cetona	1,5	1198,1

Al ser los resultados teóricos y experimentales similares, en la Tabla 5.4 se procede a comparar los resultados obtenidos con los límites ocupacionales vigentes en el Perú para cada COV.

Tabla 5.4. Comparación entre la concentración estimada de cada COV y sus límites ocupacionales

COV	Concentración de COV en aire para la empresa estudiada (mg/m ³)	Límites ocupacionales	
		TWA (mg/m ³)	STEL (mg/m ³)
Xileno	3131,0	434	651
Tolueno	9649,8	188	-
Acetona	6186,8	1187	1781
Isopropanol	1173,3	491	983
n-Hexano	6501,8	176	-
Metanol	1746,4	262	328
Cloruro de metileno	17 855,2	174	-
Percloroetileno	1397,7	170	678
Acetato de butilo	3842,1	713	950
Isoforona	24 528,9	140 (OSHA)	-
Metil isobutil cetona	1198,1	205	307

Fuente: Elaboración propia con datos de MINSA 2005

De acuerdo a la Tabla 5.4, todos los COVs evaluados se encuentran en concentraciones muy por encima de los límites ocupacionales nacionales para el aire del ambiente laboral. Esto implica que los trabajadores se encuentran expuestos a concentraciones muy elevadas de COVs que podrían traer consecuencias a su salud en el corto y largo plazo. Estos resultados implican también que no se está cumpliendo con la normativa vigente sobre mantener las concentraciones de sustancias químicas en el ambiente laboral por debajo de los límites establecidos, por lo tanto, existe también una deficiencia en la fiscalización por parte de las autoridades responsables para asegurar que los límites permisibles para agentes químicos se cumplan. Los resultados demandan una reducción de las concentraciones de COVs en el aire del ambiente laboral así como reducir la exposición por parte de los trabajadores.

5.2. Evaluación de riesgos por exposición a COV con el método IPER

Con la información recopilada sobre los procesos productivos de la empresa estudiada se identificaron las zonas de trabajo, los COVs utilizados por zona y la cantidad de trabajadores presentes en cada zona (Tabla 5.5).

Tabla 5.5. Zonas de trabajo, COVs utilizados y cantidad de trabajadores por zona de la empresa estudiada

Zona de trabajo (Proceso)	COVs	Cantidad de trabajadores por zona
Empastado	Tolueno, xileno, aguarrás, metil isobutil cetona, cloruro de metileno, metanol, isoforona, bencina, acetona, percloroetileno, n-hexano.	12
Molino	Tolueno, xileno, aguarrás, bencina, acetona.	3
Matizado	Tolueno, xileno, aguarrás, metil isobutil cetona, metanol, isoforona, bencina, acetona.	12
Completado	Tolueno, xileno, aguarrás, metil isobutil cetona, cloruro de metileno, metanol, isoforona, bencina, acetona.	12
Envasado	Tolueno, xileno, aguarrás, metil isobutil cetona, cloruro de metileno, metanol, isoforona, bencina, acetona, percloroetileno, n-hexano.	12
General (Todo el ambiente laboral)	Tolueno, xileno, aguarrás, metil isobutil cetona, cloruro de metileno, metanol, isoforona, bencina, acetona, percloroetileno, n-hexano.	51

Se determinó la frecuencia de uso y exposición ocupacional a cada COV; esta información se presenta en la Tabla 5.6. Asimismo, se determinó que el nivel de capacitación es general sobre los peligros y riesgos por exposición a solventes, pero no existe capacitación específica para cada COV

utilizado en el proceso productivo. De igual manera, el único control y/o procedimiento existente para reducir la exposición a COVs es el uso de respiradores para solventes orgánicos.

Tabla 5.6. Frecuencia de exposición a COVs en la empresa estudiada

COV	Frecuencia de exposición
Tolueno	Diario
Xileno	Diario
Aguarrás	Diario
Metil isobutil cetona	Una vez por semana
Cloruro de metileno	Una vez por mes
Metanol	Una vez por semana
Isoforona	Una vez por mes
Bencina	Diario
Acetona	Diario
Percloroetileno	Algunas veces al año
N-hexano	Algunas veces al año

En la Tabla 5.7 se muestran los índices CL50 de cada COV y la identificación de aquellos COV que son considerados contaminantes peligrosos del aire (CPA) y posibles/probables carcinógenos para humanos. Estos índices permiten calificar la severidad (impacto en la salud) de cada COV.

Tabla 5.7. Índices CL50 para COVs e identificación de otros peligros

COV	CAS	CL50 (ppm/4h)	CL50 (mg/L/4h)	Otros peligros
Tolueno	108-88-3	265,4	1,00	CPA
Isoforona	78-59-1	1281,0	7,20	CPA
Aguarrás	8006-64-2	2463,0	13,70	-
Metil isobutil cetona	108-10-1	9760,5	40,00	CPA
Percloroetileno	127-18-4	4000,0	27,12	CPA/Carcinógeno
Xileno	1330-20-7	5000,0	21,71	CPA
Isopropanol	67-63-0	16 000,0	39,33	-
n-Hexano	110-54-3	48 000,0	169,23	CPA
Metanol	67-56-1	64 000,0	83,76	CPA
Acetato de butilo	123-86-4	390,0	1,90	-
Bencina	64475-85-0	-	-	-
Acetona	67-64-1	20 702,0 ³	50,10 ⁴	-
Cloruro de metileno	75-09-2	21 886,9	76,00	CPA/Carcinógeno

Fuente: Elaboración propia con datos de CDC 2014a, CDC 2014b, CDC 2014c, CDC 2014d, CDC 2016a, CDC 2016b, CDC 2016c, CDC2016d, CDC2016e, CDC 2016f, CDC 2016g, CDC 2016h, U.S. EPA 2016, IARC 2016.

³ En unidades ppm/8h

⁴ En unidades mg/L/8h

Con los datos de las Tablas 5.5, 5.6 y 5.7 y los criterios de valoración de riesgos se procede a determinar el grado de riesgo para cada COV. Los resultados generales para todo el ambiente laboral en la empresa estudiada se muestran en la Tabla 5.8. Para todos los casos, la causa del riesgo es la elaboración de productos a base de solventes orgánicos y la única medida de control actual es el uso de respiradores de media cara.

De acuerdo a la metodología, los riesgos importantes e intolerables son riesgos críticos que deben ser eliminados o reducidos. Según la Tabla 5.8, los COVs que representan riesgos importantes debido a la exposición por inhalación son el tolueno, xileno, metil isobutil cetona, metanol e isoforona.



Tabla 5.8. Evaluación de riesgos para cada COV en el ambiente laboral de la empresa estudiada según método IPER

Área de trabajo	Peligro (Producto químico)	Riesgo (Inhalación)	EVALUACIÓN DE RIESGO							
			PROBABILIDAD				Índice de Severidad	Magnitud del Riesgo (Probabilidad x Severidad)	Nivel de Riesgo	
			Índice de Personas Expuestas	Índice de Controles Existentes	Índice de capacitación, entrenamiento, comportamiento y capacidad humana	Índice de Frecuencia de Exposición al Riesgo				Índice de Probabilidad
General (Todo el ambiente laboral)	Tolueno	Inhalación de tolueno	3	2	2	3	10	2	20	Importante
	Xileno	Inhalación de Xileno	3	2	2	3	10	2	20	Importante
	Aguarrás	Inhalación de aguarrás	3	2	2	3	10	1	10	Moderado
	Metil isobutil cetona	Inhalación de metil isobutil cetona	3	2	2	3	10	2	20	Importante
	Cloruro de metileno	Inhalación de cloruro de metileno	3	2	2	2	9	1	9	Moderado
	Metanol	Inhalación de metanol	3	2	2	3	10	2	20	Importante
	Isoforona	Inhalación de isoforona	3	2	2	2	9	2	18	Importante
	Bencina	Inhalación de bencina	3	2	2	3	10	1	10	Moderado
	Acetona	Inhalación de acetona	3	2	2	3	10	1	10	Moderado
	Percloroetileno	Inhalación de percloroetileno	3	2	2	1	8	2	16	Moderado
N-hexano	Inhalación de hexano	3	2	2	1	8	2	16	Moderado	

5.3. Evaluación de riesgos por exposición a COV con el método HRN

Para la evaluación del factor de cantidad de personas o trabajadores sometidos al riesgo de exposición a cada COV, se utiliza la información de la Tabla 5.9. En ella se encuentran los datos del total de trabajadores de la empresa estudiada expuestos a cada COV durante todo el proceso productivo, en donde es manipulado cada COV en forma individual o como mezcla.

Tabla 5.9. Trabajadores sometidos a la exposición de cada COV

COVs	Total de trabajadores expuestos
Tolueno, xileno, aguarrás, bencina	51
Metil isobutil cetona	48
Cloruro de metileno, metanol, isoforona, acetona, isopropanol	26
Monoetilenglicol, estireno, percloroetileno, n-hexano, acetato de n-butilo	12

Con los datos de las Tablas 5.6, 5.7 y 5.9, junto con los criterios de valoración de riesgos del método HRN se procede a determinar el grado de riesgo para cada COV; los resultados se presentan en la Tabla 5.10. De acuerdo a los resultados de la evaluación de riesgos con el método HRN, todos los COVs evaluados representan riesgos altos e importantes siendo el tolueno, xileno y aguarrás los COVs que representan riesgos intolerables. Por lo tanto, se deben implementar acciones que eliminen o reduzcan los riesgos por exposición a estos COVs.

Tabla 5.10. Evaluación de riesgos para cada COV en el ambiente laboral según método HRN

COV	Posibilidad de exposición al riesgo	Frecuencia de exposición al riesgo	Personas sometidas al riesgo	Máxima pérdida probable	HRN	Grado de riesgo
Tolueno	5	5	12	10	3000	Riesgo intolerable
Xileno	5	5	12	10	3000	Riesgo intolerable
Aguarrás	5	5	12	5	1500	Riesgo intolerable
Metil isobutil cetona	5	3	6	10	900	Riesgo muy alto
Cloruro de metileno	5	3	6	10	900	Riesgo muy alto
Metanol	5	3	6	10	900	Riesgo muy alto
Isoforona	5	3	6	10	900	Riesgo muy alto
Bencina	5	3	12	2	360	Riesgo muy alto
Acetona	5	3	6	2	180	Riesgo muy alto
Isopropanol	5	3	6	2	180	Riesgo muy alto
Monoetilenglicol	5	1	1	12	60	Riesgo importante
Estireno	5	1	1	10	50	Riesgo importante
Percloroetileno	5	1	1	10	50	Riesgo importante
N-hexano	5	1	1	10	50	Riesgo importante
Acetato de butilo	5	3	1	2	30	Riesgo importante

Los resultados obtenidos por ambos métodos de evaluación de riesgos coinciden en que tanto el tolueno como el xileno son los COVs que implican los riesgos más críticos para la salud de los trabajadores expuestos. Asimismo, los resultados obtenidos de las concentraciones de tolueno y xileno en el ambiente laboral son muy elevados por lo que se deben implementar soluciones en el corto plazo.

De acuerdo a las entrevistas realizadas a los trabajadores expuestos, el único metabolito que es evaluado en sus fluidos corporales (orina) es el fenol siendo el ácido hipúrico y el ácido metil hipúrico los metabolitos correspondientes al tolueno y xileno respectivamente. Corresponde que sean evaluados continuamente en la orina de los trabajadores expuestos para comparar los resultados con los valores límites referenciales y verificar si la exposición a estos COVs podría generar efectos en la salud. Según los diferentes Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo existen distintos controles para reducir los riesgos por exposición a sustancias químicas (Lyon y Hollcroft 2012, MTPE 2013). Estos controles y estrategias para la gestión de COVs se explicarán en el capítulo siguiente.

6. ESTRATEGIAS PARA LA GESTION DE COVs

En este capítulo se presentan las diferentes estrategias que se pueden implementar en las industrias de pinturas y sus disolventes para reducir las emisiones de COVs al ambiente exterior, reducir las concentraciones de COVs en el ambiente laboral y reducir los riesgos por exposición a COVs. Se da más énfasis en la gestión de aquellos COVs que, según los resultados obtenidos, representan mayores riesgos a la salud de trabajadores expuestos; asimismo, se consideran aquellos COVs que son mundialmente reconocidos como muy peligrosos.

6.1. Tecnologías para la sustitución de COVs en la industria de pinturas

La mezcla de materias primas utilizadas en las pinturas y recubrimientos ha evolucionado a lo largo de los años en respuesta a una mayor comprensión de los aspectos de salud y seguridad de los materiales y de su disponibilidad finita. Ahora se sabe que muchos de los materiales más usados en la industria son tóxicos, tienen olores que no son aceptables, son fotoquímicamente reactivos y/o pueden causar cáncer. Existe la necesidad de proteger la salud y seguridad de los trabajadores y los clientes, y asegurar que los alrededores de las plantas de producción sean lugares aceptables para vivir. (Shoff 2015: 26-31)

La salud y el medio ambiente son partes importantes de la ecuación de sostenibilidad. La sostenibilidad es vital para la industria de pinturas si esta desea seguir vigente y prosperar. A nivel mundial se está mejorando el grado de sostenibilidad con la inserción de nuevas tecnologías de formulación de pinturas y sustitución de materias primas, sin embargo hay mucho más que hacer para aumentar la eficiencia de fabricación y disminuir el impacto ambiental (reducir emisiones de COVs y contaminantes peligrosos del aire). Por ello, es necesario que los proveedores de pinturas desarrollen productos que sean más sostenibles pero a precios competitivos, incluso más de estos productos deben basarse en recursos renovables. (Shoff 2015: 26-31)

Actualmente existen varias alternativas en tecnologías de formulación de pinturas que no utilizan COVs, así como el reemplazo de COVs tóxicos por otros de menor impacto. De acuerdo a las propiedades de disolución y compatibilidad de los COVs en la formulación de pinturas y sus disolventes, el tolueno y xileno pueden ser sustituidos por mezclas de dimetil carbonato e isobutil isobutirato, que son sustancias no fiscalizadas en el Perú, además de poseer muy baja toxicidad y considerarse solventes ecológicos. Estos sustitutos tienen nula reactividad fotoquímica, por lo que no son considerados COVs por la U.S. EPA.

Las pinturas alquídicas, poliuretano y epóxicas pueden ser desarrolladas a base de agua, esto implica utilizar resinas emulsionadas en agua. Al ser pinturas a base de agua el contenido de COVs

se reduce considerablemente con respecto a las pinturas a base de solventes orgánicos. Para la formulación de estas pinturas a base de agua se deben considerar propiedades de aplicación, como la protección anticorrosiva, compatibilidad con los diferentes tipos de sustratos donde se aplicarán las pinturas y su rendimiento.

Las pinturas en polvo y de altos sólidos también son opciones con bajos contenidos de COVs. Sin embargo, sus usos se restringen a aplicaciones industriales, además de que sus procesos de aplicación y secado se dan a condiciones determinadas, por ejemplo, el curado de las pinturas en polvo se realiza a temperaturas elevadas.

Las pinturas fotocatalíticas utilizadas para decoración exterior e interior son buenas alternativas de reemplazo. Además del bajo contenido de COVs, que las clasifica como pinturas ecológicas, también pueden absorber los óxidos de nitrógeno del aire exterior, así como COVs, es decir, ayudan a purificar el aire.

El crecimiento de tecnologías de pinturas amigables con el medio ambiente, o también denominadas “pinturas verdes”, tales como las pinturas a base de agua, pinturas en polvo y pinturas de altos sólidos, ha progresado de manera constante hasta el punto en que casi 75% del mercado global de pinturas se deriva de estas tecnologías (Olson 2016). Se proyecta que esta tendencia continúe en el futuro como se muestra en la Figura 6.1.

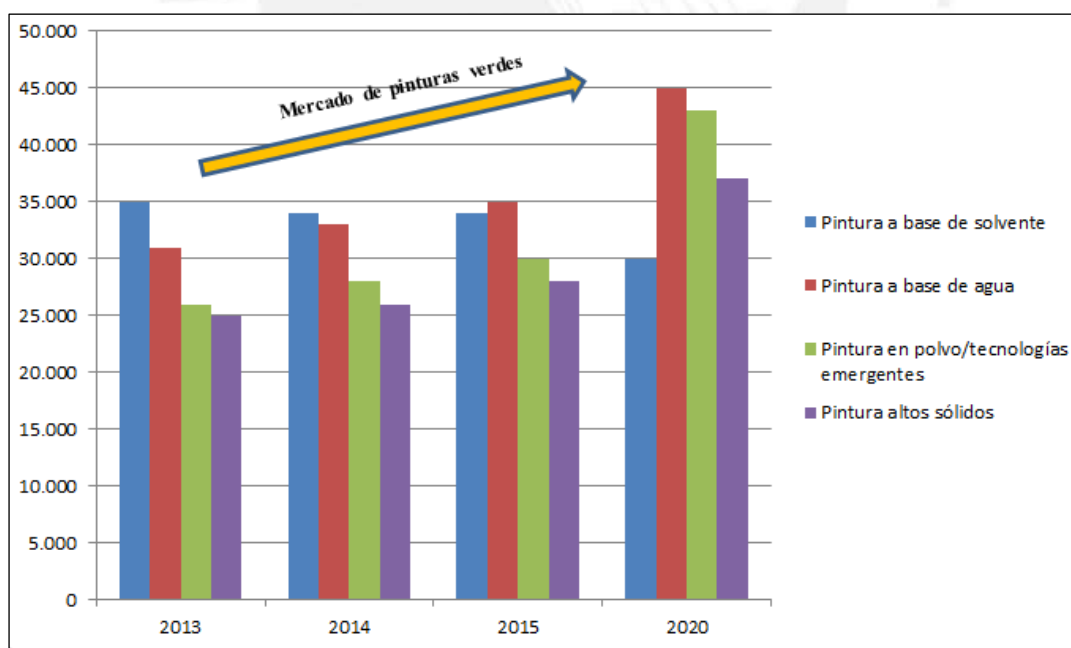


Figura 6.1. Mercado global de pinturas por tecnología en millones de dólares, 2013 – 2020
(Fuente: modificado de Olson 2016, 64)

El desarrollo de más pinturas sostenibles corresponde a una tendencia a largo plazo para el crecimiento del mercado de “pinturas verdes”. Es por esto que la reducción del consumo de pinturas a base de solventes orgánicos se está expandiendo al mercado de productos de cuidado de la madera, incluyendo barnices, lacas y poliuretanos (Jenkins 2016).

Con el fin de que el mercado de pinturas no se vea afectado en países donde hay poca restricción en el uso de disolventes orgánicos, se deben desarrollar productos con bajas emisiones de COVs que cumplan con los aspectos reglamentarios, manteniendo constantes los costos de producción y los altos rendimientos. Todos los productos deben relacionarse de alguna manera con los resultados financieros, ya sea por el cumplimiento de regulaciones o por el costo, mejora del desempeño del proceso de manufactura, etc., para ser considerados viables. Una pintura con bajo contenido de COV es rentable si el producto se ofrece al mismo costo o menor, o proporciona el mismo rendimiento que una pintura tradicional a base de solventes orgánicos. (Challener 2015: 32-39)

La educación es un componente de la comunicación que muchos proveedores de pinturas consideran importante cuando se trata de la sostenibilidad y las tecnologías verdes. A medida que los consumidores se vuelven más conscientes del impacto en el medio ambiente que tienen las pinturas, cada vez es más importante para ellos aprender de sus proveedores, cómo las soluciones disponibles pueden ayudarles a alcanzar sus objetivos. Los clientes deben entender que hay maneras de minimizar los impactos ambientales, reducir los riesgos para su salud y ser ambientalmente responsables. (Challener 2015: 32-39)

6.2. Sistemas de extracción, remoción de COVs y purificación del aire interior

6.2.1. Sistemas mecánicos de extracción de aire contaminado y remoción de COVs

Para las industrias que utilizan COVs en sus procesos productivos existen sistemas de extracción mecánica de aire contaminado con COVs que conducen a sistemas de transferencia de masa a través de la absorción de COVs del aire en aceites o líquidos solubles con compuestos orgánicos. También se pueden utilizar sistemas de adsorción utilizando filtros de carbón activado para la remoción de COVs del aire. De esta manera, el aire purificado puede ser expulsado al ambiente externo a través de chimeneas con flujo constante donde se debe monitorear las concentraciones emitidas de COVs de acuerdo a los protocolos de monitoreo regulados en el Perú (MITINCI 2000). Una alternativa para controlar la exposición a COVs en el lugar de trabajo es la implementación de sistemas de ventilación que proporcionen un flujo continuo de aire con una calidad y velocidad aceptables en todos los puntos de las zonas de exposición a COVs.

Los controles de ingeniería para reducir la contaminación por COVs, tanto en el ambiente laboral como en el ambiente externo, pueden ser los siguientes (Vallero 2007):

- Absorción en un líquido, con el uso de líquidos seleccionados en lavadores de gases (*scrubbers*), torres empacadas o torres de burbujas. La solubilidad de los COVs en el líquido solvente debe ser muy alta, el solvente debe tener baja presión de vapor para reducir pérdidas, ser no corrosivo, no tóxico, estable y con un punto bajo de congelamiento. Los líquidos más utilizados para la absorción de COVs son los aceites minerales.
- Adsorción en una superficie sólida; consiste en un fenómeno de superficie con fuerzas moleculares involucradas (quimisorción) haciendo que los COVs sean retenidos en la superficie o poros de los sólidos. Los materiales usados como adsorbentes deben ser porosos, como carbón activado, alúmina o sílica gel. La eficiencia de la adsorción es muy alta al principio hasta que ocurre un punto de quiebre y el adsorbente se satura con adsorbato (COV), es por ello que el adsorbente debe ser renovado o regenerado por periodos de tiempo.
- Condensación a un líquido, que se logra reduciendo la temperatura o aumentando la presión del COV en fase gaseosa. Los beneficios son recuperación de productos, remoción de componentes corrosivos o peligrosos, reducción de volumen de gases efluentes.
- Conversión a un gas menos contaminante o no contaminante, que consiste en la oxidación de los componentes para obtener agua y dióxido de carbono.

De entre las opciones mencionadas, se debe seleccionar aquellas que permitan recuperar los COVs en fase líquida para luego realizar destilaciones y obtener mezclas de solventes para su uso posterior como diluyente o solvente de limpieza. Es así que utilizar la absorción de COVs en aceites minerales o la condensación permiten la transferencia de las emisiones de COVs a la fase líquida. Por lo tanto, la instalación de ductos y equipamiento para sistemas de recuperación de solventes reduce la concentración de COVs en el ambiente laboral, reduce las emisiones al ambiente externo y también resulta en la recuperación de solventes económicos para su posterior uso.

6.2.2. Absorción de COVs del aire interior con el uso de plantas

Existen diversas especies de plantas que tienen la capacidad de absorber determinados COVs; desde la década de los 90 se han hecho investigaciones con plantas para determinar en qué rangos de concentración de COVs en el aire interior se puede dar la remoción de COVs. Las investigaciones hechas hasta el momento también han determinado las eficiencias de remoción de COV del aire por cada especie de planta utilizada. (Dela Cruz y otros 2014)

El mecanismo de filtración del aire contaminado se da a través de las hojas de las plantas, los COVs del aire son absorbidos por las cutículas y estomas de las hojas para luego ser metabolizados, dando lugar a la degradación, excreción o acumulación. Los factores que influyen en las eficiencias de remoción de COVs son: especie de planta utilizada, volumen de hojas, temperatura, intensidad de luz, tipo y concentración de COV y los efectos de las mezclas de COVs.

De acuerdo a los resultados obtenidos sobre la concentración de algunos COVs en el aire del ambiente laboral de la empresa estudiada, para que se pueda implementar esta tecnología las plantas deben tener la capacidad de absorber COVs cuando estos se encuentran en concentraciones bastante elevadas. En la Tabla 6.1 se identifican algunas especies de plantas que pueden absorber tolueno y xileno del aire interior con una alta eficiencia, además de ser capaces de realizar la absorción a concentraciones altas de COVs.

Tabla 6.1. Especies de plantas que absorben COVs y su eficiencia de remoción

COVs	Especies de plantas	Concentración de COV (mg/m ³)	Eficiencia de remoción
Tolueno	<i>Nicotiana tabacum</i>	2,5 – 22 000	0 – 157 µg/d
Tolueno, m-xileno	<i>Dracaena deremensis</i> ‘Janet Craig’, <i>Spathiphyllum</i> ‘Sweet Chico’	0,8 - 437	0,68–1014 mg/m ² /d
Tolueno, xileno	<i>Zamioculcas zamiifolia</i>	62,4 – 84,8	86–96 mmol/m ² /120h 28–68 mmol/m ² /7d

Fuente: Modificado a partir de Dela Cruz y otros 2014

De acuerdo a la Tabla 6.1, utilizar a la especie *Nicotiana tabacum*, comúnmente llamada tabaco, es una buena alternativa para la remoción de tolueno del aire del ambiente laboral para el caso de estudio debido a que la concentración estimada del tolueno es 9649,8 mg/m³, por lo que se encuentra dentro del rango de absorción de esta especie. Por otro lado, la concentración estimada del xileno es 3131mg/m³, muy por encima del rango de absorción de las especies que remueven el xileno del aire, por lo tanto, esta tecnología no sería la óptima para reducir significativamente la concentración del xileno en el aire del ambiente laboral. El uso de plantas para la absorción y remoción de COVs del aire interior se debe evaluar para ambientes laborales, verificar si efectivamente los rangos de concentración de absorción de COVs y la eficiencia de remoción se pueden obtener en estos ambientes, como es el caso de estudio, con mezclas de diferentes tipos de COVs y en concentraciones elevadas. En la Figura 6.2 se muestra una imagen de la planta

Nicotiana tabacum, que remueve tolueno del aire, en la Figura 6.3 una imagen de la planta *Dracaena deremensis* ‘Janet Craig’ y en la Figura 6.4 se muestra a la planta *Spathiphyllum* ‘Sweet Chico’. Estas dos últimas remueven simultáneamente tolueno y m-xileno (isómero del xileno) del aire. En la Figura 6.5 se muestra a la planta *Zamioculcas zamiifolia*, que remueve simultáneamente tolueno y xileno (todos sus isómeros) del aire.



Figura 6.2. Planta de *Nicotiana tabacum*

(Fuente: H. Zell – Trabajo propio, Creative Commons Attribution 3.0, via Wikimedia Commons)



Figura 6.3. Planta de *Dracaena deremensis* 'Janet Craig'
(Fuente: KENPEI- KENPEI's photo, Creative Commons Attribution 3.0, via Wikimedia Commons)

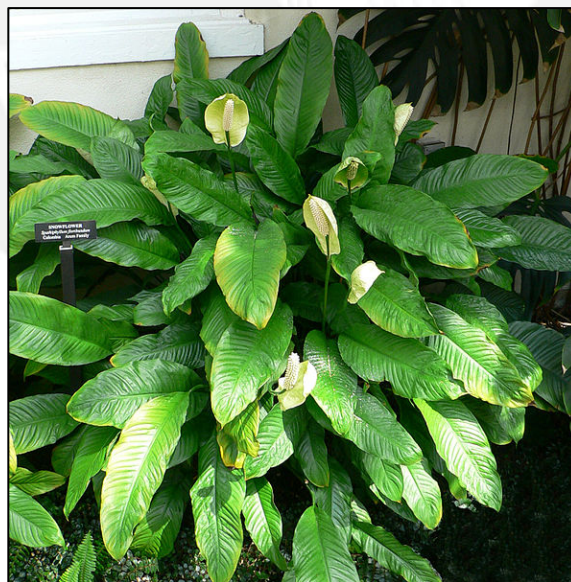


Figura 6.4. Planta *Spathiphyllum* 'Sweet Chico'
(Fuente: Creative Commons Attribution 3.0, via Wikimedia Commons)



Figura 6.5. Planta *Zamioculcas zamiifolia*

(Fuente: User:WeFt, Creative Commons Attribution 3.0, via Wikimedia Commons)

6.3. Protocolos de monitoreo de calidad de aire en el ambiente laboral

Debido al uso constante de COVs en los procesos de fabricación de pinturas y sus disolventes y a las concentraciones elevadas de COVs en el aire del ambiente laboral, se debe monitorear estas concentraciones continuamente. Un mecanismo puede ser la implementación de detectores o sensores para mediciones de COVs. Estos pueden ser medidores directos de COVs o medidores de vapores inflamables que miden porcentajes de un COV específico por volumen de aire total. Estos sensores deben ser programados de tal forma que emitan alarmas cuando las concentraciones estén por encima de un determinado límite y sea necesario que haya ventilación o extracción de aire para reducir las concentraciones de COVs. Los métodos más utilizados para la determinación de la concentración *in situ* de COVs son los detectores de fotoionización y los sensores infrarrojos. (BSI 2007: 16-47; Caro, Gallego y Montero 2009: 20-36)

Los detectores de COVs deben cumplir como mínimo con los siguientes requisitos técnicos (BSI 2007: 48-59):

- Transmisor del equipo a prueba de explosión para la supervisión continua de la concentración de COVs en el aire.
- Capacidad de ser conectado a un controlador lógico programable.
- Debe contar con una librería para medir acetato de butilo, acetato de etilo, isopropanol, tolueno, xileno, acetona, metiletilcetona y todos los COVs que sea posible.
- El transmisor debe contar con una entrada estándar de intensidad de corriente eléctrica para relacionarlo luego con las concentraciones de COVs (ppm) o los porcentajes de límites de inflamabilidad (%LEL).
- Debe contar con breves tiempos de respuesta y una alta estabilidad de señal, el transmisor debe ofrecer un alto grado de seguridad.
- Rangos de trabajo de temperatura, presión y humedad relativa adecuados para las condiciones de trabajo.

Además de estos requisitos técnicos, debido a las concentraciones de COVs calculadas en el capítulo 5, los sensores a implementar deben tener un amplio rango de medición y detección.

En la Figura 6.6 se muestra la imagen de un detector infrarrojo de vapores inflamables.



Figura 6.6. Detector de vapores inflamables

(Fuente: Raúl - C.A.E., S.L. -FIDEGAS, dominio público, via Wikimedia Commons)

Los sensores, además de detectar las concentraciones de COVs, tienen la capacidad de ser acoplados a sistemas de alarmas para la generación de alertas por concentraciones elevadas de COVs y también pueden controlar sistemas de ventilación y/o extracción. Las ventajas de los sistemas de ventilación controlados por sensores se conocen desde hace mucho tiempo, pero existen pocos estudios sobre la manera de implementar un control de ventilación de calidad del aire y el uso de sensores de COVs (Großklos 2015: 159). En la Figura 6.7 se muestra un esquema

general para el monitoreo de COVs y la determinación del flujo necesario de ventilación para reducir las concentraciones de COV en el ambiente laboral.

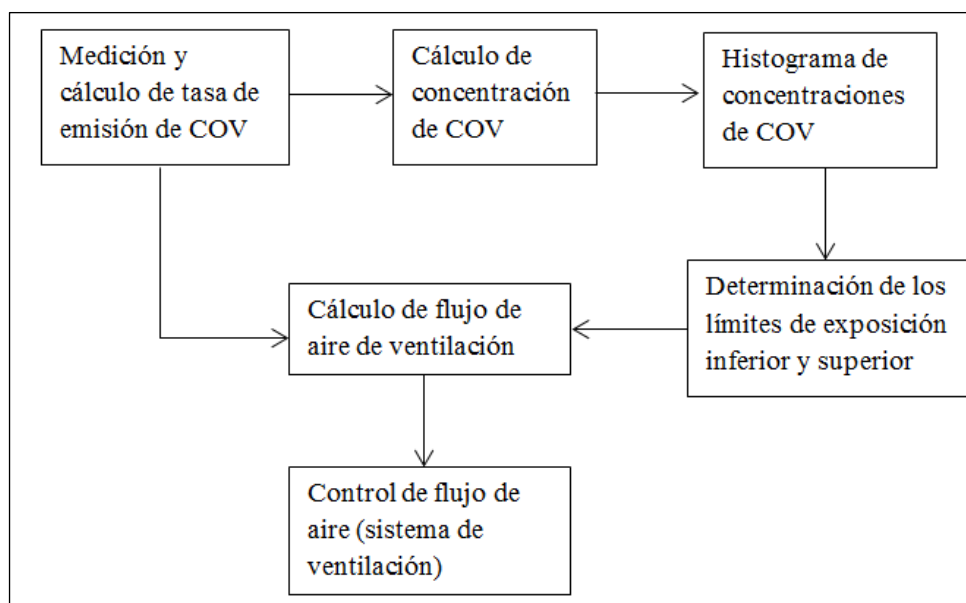


Figura 6.7. Esquema del control de calidad de aire interior

(Fuente: Modificado de Großklos 2015: 163)

6.5. Protocolos de protección respiratoria para los trabajadores expuestos

Durante la fabricación de pinturas, los trabajadores deben usar adecuados tipos de respiradores a lo largo del periodo de exposición para minimizar la exposición a vapores orgánicos, especialmente cuando el trabajo se realiza en lugares poco ventilados. La mayoría de los filtros o cartuchos purificadores de aire para vapores contienen un lecho de gránulos de carbón activado. La vida útil de estos cartuchos depende de la cantidad de contaminante en el cartucho, de las propiedades del carbón activado, geometría del lecho y de las condiciones de uso (concentración de vapores, humedad relativa y temperatura, y velocidades respiratorias de los trabajadores). Debido al uso constante de equipos de protección respiratoria y sus filtros por parte del personal operativo expuesto a COVs, se deben tener frecuencias estándar para los cambios de filtros de vapores orgánicos en estos equipos ya que, dependiendo de las concentraciones de COVs en el ambiente laboral, los cartuchos o filtros podrían saturarse más rápido de lo esperado. (Karimi 2013: 133-138)

Los protocolos de renovación de respiradores purificadores de aire proveen información a los trabajadores que los utilizan de cuándo los respiradores ya no dan la protección adecuada. OSHA sugiere tres formas válidas para estimar la vida útil del cartucho y establecer una frecuencia de

cambio para ellos: pruebas experimentales, recomendaciones del fabricante y un modelo matemático (2014).

De acuerdo a las recomendaciones de fabricantes de equipos de protección respiratoria, para determinar sus frecuencias de reemplazo se deben determinar las concentraciones a las que los trabajadores están expuestos, esto para seleccionar el tipo de respirador y filtro adecuado para la actividad. Como se sabe, existen concentraciones límites de COVs en el aire que pueden ser filtrados a través de estos equipos, si los límites son sobrepasados los filtros pierden eficiencia en remoción de contaminantes y el trabajador se ve expuesto a la inhalación de COVs.

Existen diferentes tipos de equipos de protección respiratoria, sin embargo los respiradores de cara completa son capaces de filtrar el aire contaminado con concentraciones elevadas de COVs. Asimismo, debe existir un programa de reemplazo general de filtros de vapores orgánicos para todos los trabajadores expuestos. (OSHA 2014) En la Figura 6.8 se muestra la imagen de un respirador de cara completa.



Figura 6.8. Respirador cara completa
(Fuente: Balzac, dominio público, via Wikimedia Commons)

De acuerdo a los estándares de la OSHA, el factor de protección para respiradores purificadores de aire de media cara es 10, mientras que para respiradores de cara completa el factor de protección es 50 (OSHA 2014). Se utiliza la siguiente ecuación para determinar cuál respirador es el adecuado:

$$\text{Factor de exposición} = \frac{\text{Concentración de contaminante (mg/m}^3\text{)}}{\text{Límite de exposición ocupacional (mg/m}^3\text{)}}$$

Como ejemplo, se determina el factor de exposición al tolueno con los resultados de su concentración y límites ocupacionales de la Tabla 5.4.

$$\text{Factor de exposición al tolueno} = \frac{9649,8 \text{ mg/m}^3}{188 \text{ mg/m}^3} = 51,3$$

De acuerdo al resultado, el factor de exposición al tolueno es 51,3, superior al factor de protección de ambos tipos de respiradores. Por lo tanto, para la situación actual de exposición al tolueno durante la producción de pinturas en la empresa estudiada, el uso de respiradores no es suficiente para reducir la exposición a niveles permitidos. En la Tabla 6.2 se muestran los factores de exposición a COVs identificados en el capítulo 5.

Tabla 6.2. Factores de exposición a COVs

COV	Concentración de vapor en aire en la empresa estudiada (mg/m ³)	Límites de exposición ocupacional TWA (mg/m ³)	Factor de exposición
Xileno	3131,0	434	7,2
Tolueno	9649,8	188	51,3
Acetona	6186,8	1187	5,2
Isopropanol	1173,3	491	2,4
n-Hexano	6501,8	176	36,9
Metanol	1746,4	262	6,7
Cloruro de metileno	17855,2	174	102,6
Percloroetileno	1397,7	170	8,2
Acetato de etilo	3908,9	1441	2,7
Metil etil cetona	3358,9	590	5,7
Acetato de butilo	3842,1	713	5,4
Isoforona	24528,9	140	175,2
Metil isobutil cetona	1198,1	205	5,8

De acuerdo a los resultados de esta tabla, el factor de exposición a COVs es mayor a 10 en varios casos, por lo que se recomienda el reemplazo de respiradores de media cara por respiradores de cara completa. Sin embargo, hay factores superiores a 50, por lo que para estos casos ninguno de los respiradores sirven para reducir la exposición a niveles seguros.

El uso de equipos de protección personal como los respiradores y filtros es el método de reducción del riesgo menos recomendado según los Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Los respiradores purificadores de aire se consideran una medida de control suplementaria y difícilmente puede reemplazar sistemas de ventilación. Además de protocolos de protección respiratoria, se deben implementar programas de vigilancia médica de los trabajadores expuestos. (Lyon y Hollcroft 2012: 33)

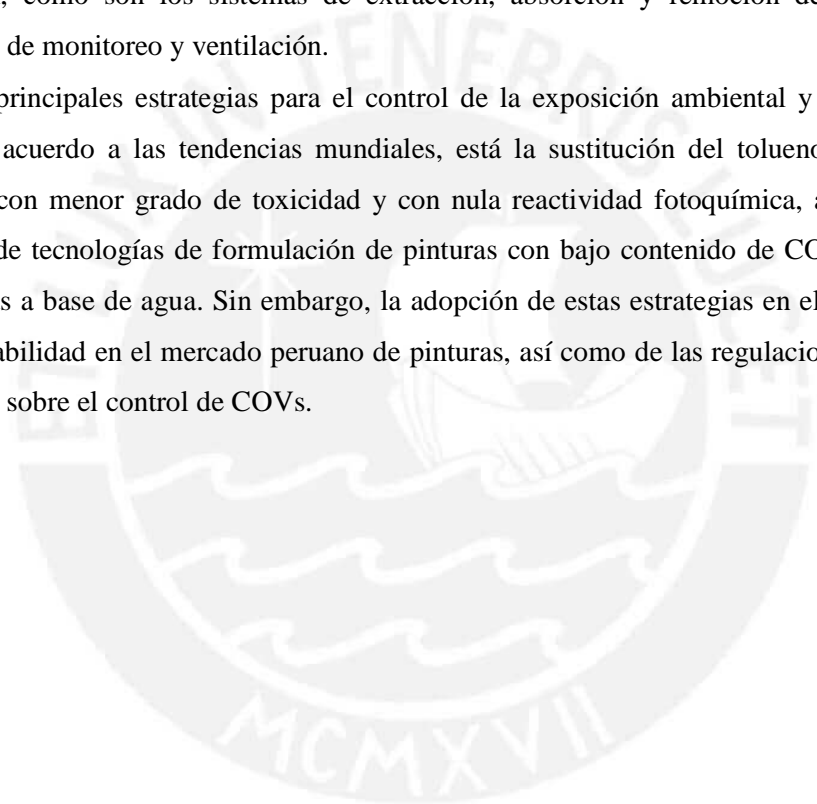


7. CONCLUSIONES

- De acuerdo a las estimaciones realizadas, la empresa en estudio generó 8801 toneladas de emisiones de COVs en el año 2015 y al extrapolarse para la producción nacional se obtuvo que la industria nacional de pinturas emitió aproximadamente 28 052 toneladas de COVs en el año 2015.
- Las pinturas alquídicas a base de solventes orgánicos y las lacas celulósicas generan la mayor cantidad de emisiones de COVs, debido a sus altos volúmenes de producción y a sus altos contenidos de COVs. Entre ambos grupos de pinturas se genera 80% del total de emisiones de la empresa estudiada.
- La falta de regulación en Perú sobre límites de contenido de COVs en pinturas no promueve la adopción de nuevas tecnologías de pinturas ni sustitución de COVs para la reducción de emisiones.
- Con la adopción de límites regulados en Colombia y Unión Europea sobre el contenido de COVs en pinturas, las emisiones estimadas de COVs en el Perú se podrían reducir en 35,3%, mientras que con la adopción de los límites regulados por U.S. EPA las emisiones se podrían reducir en 22,8%.
- De acuerdo a las entrevistas realizadas a los representantes de la empresa estudiada, no se realizan monitoreos continuos de COVs que permitan determinar los rangos de exposición ocupacional a estas sustancias.
- Las concentraciones estimadas de COVs en el aire del ambiente laboral de la empresa estudiada se encuentran muy por encima de los límites de exposición ocupacional regulados en el Perú, por ejemplo para el xileno su concentración estimada fue 3131 mg/m³ y su límite ocupacional es 434 mg/m³, así como para el tolueno su concentración estimada fue 9649,8 mg/m³ y su límite ocupacional es 188 mg/m³. Esto pone en riesgo la salud de los trabajadores expuestos.
- Los riesgos por exposición a tolueno y xileno son los más críticos, debido a sus volúmenes de uso, frecuencia de uso y toxicidad.
- El único control que existe en la empresa estudiada para reducir los riesgos por inhalación de COVs es el uso de respiradores con filtros para vapores orgánicos, sin embargo este control no es suficiente debido a las concentraciones tan elevadas de COVs en el aire del ambiente laboral.
- De acuerdo a las entrevistas realizadas a los trabajadores y representantes de la empresa, se realizan exámenes médicos anuales a los trabajadores, pero no se analizan metabolitos

correspondientes al tolueno y xileno, que son los COVs más críticos de acuerdo a la evaluación de riesgos.

- El único control existente en la empresa estudiada para reducir la exposición de los trabajadores a COVs es el uso de respiradores de media cara, sin embargo de acuerdo a las concentraciones estimadas de COVs en el aire del ambiente laboral, en muchos casos los factores de exposición exceden los factores de protección de los respiradores de media cara y de cara completa, por lo tanto el uso de los respiradores actuales no reduce la exposición a niveles seguros. Para reducir la exposición ocupacional a COVs hasta niveles seguros, es necesario que, además del uso de respiradores, se deba implementar otro control de mitigación, como son los sistemas de extracción, absorción y remoción de COVs o los protocolos de monitoreo y ventilación.
- Entre las principales estrategias para el control de la exposición ambiental y ocupacional a COVs de acuerdo a las tendencias mundiales, está la sustitución del tolueno y xileno por solventes con menor grado de toxicidad y con nula reactividad fotoquímica, además está la adopción de tecnologías de formulación de pinturas con bajo contenido de COVs, como son las pinturas a base de agua. Sin embargo, la adopción de estas estrategias en el Perú depende de su rentabilidad en el mercado peruano de pinturas, así como de las regulaciones y políticas nacionales sobre el control de COVs.



8. RECOMENDACIONES

- Se sugiere al Ministerio de Salud y a la Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral un mayor control de la exposición ocupacional a COVs en las empresas de pinturas, ya que las concentraciones pueden alcanzar niveles muy altos, representando un alto riesgo para la salud humana y riesgo de incendios.
- Las concentraciones de COVs en el ambiente laboral deben ser medidos experimentalmente de forma continua, para determinar los rangos de concentración de cada COV, así como los picos que pueden existir; esto provee un historial de concentraciones de COVs por periodos de tiempo y permite estimar flujos de aire necesarios para los sistemas de ventilación y/o extracción.
- Se recomienda incluir en los exámenes médicos de los trabajadores análisis de ácido hipúrico y de ácido metil hipúrico, metabolitos correspondientes al tolueno y xileno respectivamente, en orina. Estos metabolitos deben ser evaluados continuamente en la orina de los trabajadores expuestos para comparar los resultados con los valores límites referenciales y verificar si la exposición a estos COVs genera efectos en la salud.
- Se sugiere al Ministerio del Ambiente y Ministerio de la Producción generar inventarios de emisiones de COVs por año para la industria de pinturas y sus disolventes, ya que de acuerdo a los resultados obtenidos las emisiones son bastante significativas.
- Se recomienda a las empresas de pinturas adoptar estrategias para la gestión de COVs, como se ha explicado anteriormente el riesgo por exposición a COVs es muy crítico y es necesario implementar planes de acción.
- Se sugiere al Ministerio de Producción, Ministerio del Ambiente y Sociedad Nacional de Industrias elaborar normas técnicas y/o regulaciones para establecer límites de contenido de COV en pinturas, tal como se tiene en países como Colombia, Ecuador y México.
- Se recomienda a las empresas de producción de pinturas sustituir progresivamente el tolueno y el xileno por otros solventes no fiscalizados y de menor toxicidad; actualmente se tienen varias opciones de sustitución por lo que se sugiere desarrollar nuevas formulaciones con menor consumo de estos dos solventes.
- Actualmente existen en países latinoamericanos opciones de pinturas alquídicas a base de agua, por lo que se recomienda a las empresas peruanas desarrollar nuevas formulaciones de pinturas alquídicas a base de agua e introducirlas al mercado. De esta forma se reduciría progresivamente las emisiones de COVs por la producción y comercialización de pinturas alquídicas.

- Se sugiere a las empresas introducir al mercado mayor variedad de pinturas a base de agua, para medir la aceptación por los consumidores de productos con bajo contenido de COVs.



9. BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE

2013 La calidad de aire en Europa - Informe 2012. Madrid. Consulta: 15 de junio de 2016.

http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/Calidad_Aire_en_Europa_tcm7-317018.pdf

BLANCHARD, Charles

1999 “Methods for attributing ambient air pollutants to emission sources”. *Annual Review of Energy and the Environment*. El camino way, volumen 24, pp. 329 - 365. Consulta: 25 de mayo de 2016.

<http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.energy.24.1.329>

BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI)

2007 *BS EN 60079-29-2:2007 Explosive atmospheres — Part 29-2: Gas detectors — Selection, installation, use and maintenance of detectors for flammable gases and oxygen*. Consulta: 04 de febrero de 2017.

<https://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2015-03-16-Normativa%20equipos%20detecci%C3%B3n.pdf>

BRIZUELA, Julissa e Ygmar, JIMENEZ

2010 “Niveles urinarios de fenol y ácido hipúrico en trabajadores de una empresa de pintura automotriz”. *Salud de los trabajadores*. Maracay, volumen 18, número 2, pp. 107 - 115. Consulta: 25 de mayo de 2016.

http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01382010000200003

BUCCINI, John y Cristina, CORTINAS DE NAVA

2004 *Impacto de la Producción y Uso de Sustancias Químicas en la Salud y el Ambiente*. Naciones Unidas, Nueva York. Consulta: 26 de junio de 2016.

http://siscop.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/efectos_produccion_uso_sq.pdf

CARO, Javier, Mercedes GALLEGO y MONTERO, Rosa

2009 “Diferentes metodologías para la evaluación de riesgos originados por compuestos orgánicos volátiles (VOCs) en ambientes laborales”. *Seguridad y medio ambiente*. Andalucía, número 113, pp. 20 - 36. Consulta: 25 de mayo de 2016.

https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?pat_h=1047768

CASALS, Joaquim y otros

1999 *Análisis del riesgo en Instalaciones industriales*. Barcelona: Ediciones UPC. Consulta: 09 de marzo de 2017.

<https://es.scribd.com/document/48038304/Casal-J-Montiel-H-Analisis-del-riesgo-en-instalaciones-industriales>

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC)

2014a The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Tetrachloroethylene. Consulta: 18 de noviembre de 2016.

<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/127184.html>

2014b The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Xylene (o-, m-, p-isomers). Consulta: 18 de noviembre de 2016.

<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/95476.html>

2014c The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Isopropyl alcohol. Consulta: 18 de noviembre de 2016.

<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/67630.html>

2014d The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Acetone. Consulta: 18 de noviembre de 2016.

<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/67641.html>

2016a The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS), Toluene. Consulta: 18 de noviembre de 2016.

<http://www.cdc.gov/niosh-rtecs/xs501bd0.html>

2016b The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS), 2-Cyclohexen-1-one, 3,5,5-trimethyl-. Consulta: 18 de noviembre de 2016.

<http://www.cdc.gov/niosh-rtecs/gw757e20.html>

2016c The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS), Turpentine. Consulta: 18 de noviembre de 2016.

<http://www.cdc.gov/niosh-rtecs/yo802c80.html>

2016d The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS), 2-Pentanone, 4-methyl-. Consulta: 18 de noviembre de 2016.

<http://www.cdc.gov/niosh-rtecs/sa8d8678.html>

2016e The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS), Hexane. Consulta: 18 de noviembre de 2016.

<http://www.cdc.gov/niosh-rtecs/mn8d8678.html>

2016f The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS), Methanol. Consulta: 18 de noviembre de 2016.

<http://www.cdc.gov/niosh-rtecs/pc155cc0.html>

2016g The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS), Acetic acid, butyl ester. Consulta: 18 de noviembre de 2016.

<http://www.cdc.gov/niosh-rtecs/af7026f0.html>

2016h The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS), Methane, dichloro-. Consulta: 18 de noviembre de 2016.

<http://www.cdc.gov/niosh-rtecs/pa7ad550.html>

CHALLENGER, Cynthia

2015 “Green advances to sustainability in the paint and coatings industry”. *JCT COATINGSTECH*. Volumen 12, número 6, pp. 32-39. Consulta: 16 de febrero de 2017.

http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_095f/0901b8038095fa99.pdf?filepa th=coatings/pdfs/noreg/884-00934.pdf&fromPage=GetDoc

CONSEJO NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE - REGION METROPOLITANA (CONAMA)

1998 *Guía para el control y prevención de la contaminación industrial: Industria Elaboradora de Pintura*. Santiago, pp. 12-20. Consulta: 24 de agosto de 2016.

http://www.sinia.cl/1292/articles-37620_pdf_pinturas.pdf

CONGRESO DE LA REPUBLICA

2011 Ley N° 29783. Ley de seguridad y salud en el trabajo. Lima, 20 de agosto. Consulta 03 de julio de 2016.

<http://www.sunafil.gob.pe/portal/images/docs/normatividad/LEYDESEGURIDADALSALUDTRABAJO-29783.pdf>

CORVALAN, C. y T. KJELLSTROM

1996 “Health and Environment Analysis for Decision-making”. *Linkage methods for environment and health analysis: General guidelines*. Geneva: Office of Global and Integrated Environmental Health, World Health Organization, pp. 1 - 18. Consulta: 25 de mayo de 2016.

http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/62988/1/WHO_EHG_95.26_eng.pdf

DELA CRUZ, Majbrit y otros

2014 “Can ornamental potted plants remove volatile organic compounds from indoor air?—a review”. *Environmental Science and Pollution Research*. France, volumen 21, número 24, pp. 13909-13928. Consulta: 24 de noviembre de 2016.

<https://greenplantsforgreenbuildings.org/wp-content/uploads/2014/09/Dela-Cruz-2014-review-on-phytoremediation-with-indoor-plants-2.pdf>

DIRECCION GENERAL DE SALUD AMBIENTAL (DIGESA)

2011 *Perfil Nacional de Sustancias Químicas, Perú 2010*. Proyecto Químicos seguros, DIGESA, CER-Grupo GEA, Lima, pp. 30-60.

DUFFUS J. y M. PARK

1999 “Evaluación de riesgos humanos”. *Evaluación de riesgos químicos*. Ginebra: Programa internacional de seguridad química (IPCS) y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), pp. 13 - 94.

EMISSIONS INVENTORY IMPROVEMENT PROGRAM (EIIP)

2005 “Methods for Estimating Air Emissions from Paint, Ink and Other Coating Manufacturing Facilities”. *Air Emissions Inventories*. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards. Consulta: 16 de octubre de 2016.

https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/ii08_feb2005.pdf

FERNANDEZ, Ricardo.

2012 *Principales obligaciones medioambientales para la pequeña y mediana empresa*. San Vicente: Editorial Club Universitario. Consulta: 14 de junio de 2016.

https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=m44Xfv7E7_4C&oi=fnd&pg=PA11&dq=limitar+las+emisiones+de+COV+por+el+uso+de+disolventes+en+determinadas+actividades&ots=Z3_C6JJ6QI&sig=RqB1PCkxtgCNMpAOfEf2z4eIMcw#v=onepage&q&f=false

GIUDICE, Carlos y Andrea, PEREYRA

2009 *Tecnología de pinturas y recubrimientos: Componentes, formulación, manufactura y control de calidad*. Buenos Aires: Edutecne, pp. 236 – 238. Consulta: 13 de octubre de 2016.

http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/45817633/Pinturas_y_recubrimientos_-_copia.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1476506816&Signature=%2FD1Yww91ab%2FIQnN%2FCQtSNO8JZb0%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DPinturas_y_recubrimientos_copia.pdf

GREEN SEAL

2015 *Paints, coatings, stains, and sealers, GS-11*. Washington, edición 3.2, pp. 6-32. Consulta: 27 de agosto de 2016.

http://www.greenseal.org/Portals/0/Documents/Proposed-GS11_Ed3.2.pdf

GROBKLOS, M.

2015 “Use of VOC sensors for air quality control of building ventilation systems”. *Journal of Sensors and Sensor Systems*. Darmstadt, volumen 4, número 1, pp. 159-168. Consulta: 18 de febrero de 2017.

<http://search.proquest.com/openview/571404cbb4e291bd6f638c63dbec321d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2037680>

IBARRA, Enrique

2003 “Toxicología en salud ocupacional”. *Temas de SALUD OCUPACIONAL*. La Habana: Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores, pp. 64 - 149. Consulta: 14 de junio de 2016.

<http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/insat/cap3.pdf>

IHS MARKIT

2015 Chemical Economics Handbook: Paint and Coatings Industry Overview. Consulta: 14 de octubre de 2016.

<https://www.ihs.com/products/paint-and-coatings-industry-chemical-economics-handbook.html>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC)

2008 Norma Técnica Colombiana NTC 5616: Rotulado o etiquetado general de pinturas, tintas y sus materias primas. Bogotá, 23 de julio. Consulta: 27 de agosto de 2016.

<http://myslide.es/documents/ntc5616.html>

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC)

2010 “Painting, Firefighting, and Shiftwork”. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*. Lyon: IARC, World Health Organization, volumen 98. Consulta: 15 de junio de 2016.

<https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol98/mono98.pdf>

2016 IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, List of classifications, volumes 1–117. Consulta: 25 de octubre de 2016.

http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/latest_classif.php

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY (IPCS)

1997 “Principios básicos de toxicología aplicada: La naturaleza de los peligros químicos”. *Módulo de capacitación N°1. Seguridad química*. Segunda edición, pp. 24-58.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO)

2014 *ISO 4618: Paints and varnishes - Terms and definitions*. Consulta: 24 de agosto de 2016.

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:4618:ed-2:v1:en>

JENKINS, Scott

2016 “Painting it 'Green'”. *Chemical Engineering*. New York, volumen 123, número 2, pp. 16-20. Consulta: 17 de febrero de 2017.

<http://search.proquest.com/openview/8961ae006978361f15440d3f3523a9d0/1?pq-origsite=gscholar&cbl=41910>

KARIMI, A. y otros

2013 “Revising organic vapour respirator cartridge change schedule: a case study of a paint plant in Iran”. *Archives of industrial hygiene and toxicology*. Shiraz, volumen 64, número 1, pp. 133-138. Consulta: 17 de febrero de 2017.

<https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/aiht.2013.64.issue-13/10004-1254-64-2013-2256/10004-1254-64-2013-2256.pdf>

KORE, Marcelo, Fernando FARIAS y CERDA, Rodrigo

2000 “Guías y normas de calidad del aire en exteriores”. *El proceso de fijación y revisión de normas de calidad del aire*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, OPS/CEPIS, pp. 32-38. Consulta: 03 de setiembre de 2016.

http://www.bvsde.paho.org/bvsci/e/fulltext/normas/2_2.pdf

LEWTAS, Joellen

1989 “Toxicology of complex mixtures of indoor air pollutants”. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*. North Carolina, volumen 29, pp. 415 - 439. Consulta: 25 de mayo de 2016.

https://www.researchgate.net/publication/20496997_Toxicology_of_Complex_Mixtures_of_Indoor_Air_Pollutants

LYON, B. y B. HOLLCROFT

2012 “Evaluaciones de riesgos”. *Professional Safety*. Chicago, pp. 28 - 34. Consulta: 15 de junio de 2016.

http://www.asse.org/assets/1/7/028_034_FILyon_12122.pdf

MATUS, Patricia y Rodrigo, LUCERO

2002 “Norma Primaria de calidad del aire”. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*. Santiago, volumen 18, número 2. Consulta: 24 de agosto de 2016.

http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-73482002000200006&script=sci_arttext

MERCADO, Francisco

1997 “Contaminantes orgánicos volátiles”. *Introducción a la toxicología ambiental*. Metepec: ECO, pp. 299-313. Consulta: 13 de junio de 2016.

<http://www.bvsde.paho.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-04a18.pdf>

2003 “Bioética en la práctica del monitoreo biológico de la exposición química laboral”. *Revista Latinoamericana de la Salud en el trabajo*. México D.F., volumen 3, número 1, pp. 25 - 29. Consulta: 13 de junio de 2016.

<http://www.medigraphic.com/pdfs/trabajo/lm-2003/lm031h.pdf>.

MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)

2008 Decreto Supremo N°.003-2008-MINAM. Lima, 22 de agosto. Consulta: 15 de junio de 2016.

<http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2014/07/D.S.-N%C2%B0-003-2008-MINAM-Est%C3%A1ndares-de-Calidad-Ambiental-para-Aire.pdf>

2015 Guía para la elaboración de estudios de evaluación de riesgos a la salud y el ambiente (ERSA) en sitios contaminados. Lima. Consulta: 03 de julio de 2016.

<http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/02/Anexo-R.M.-N%C2%B0-034-2015-Guia-ERSA.pdf>

2016 Guía N° 3: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero – Sector Procesos Industriales y Uso de Productos. Categorías: Industria de los Minerales, Industria Química e Industria de los Metales. Lima. Consulta: 25 de agosto de 2016.

http://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Guia-03_Portada-Original.pdf

MINISTERIO DE ECONOMIA Y FINANZAS (MEF)

2015 Decreto Supremo N° 348-2015-EF. Lima, 10 de diciembre. Consulta: 25 de agosto de 2016.

http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/DECRETO%20SUPREMO%20N%C2%B0%20348-2015-EF.pdf

MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO, INTEGRACIÓN Y NEGOCIACIONES COMERCIALES INTERNACIONALES (MITINCI)

2000 Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI-DM. Lima, 23 de febrero. Consulta: 24 de noviembre de 2016.

http://intranet.redesur.com.pe/sig-redesur/Normativa%20Externa/Normativa%20Legal/Medio%20Ambiente/23_RM,%20026-2000,%20Protocolo%20Monitoreo%20de%20Efluentes%20Liquidos.pdf

MINISTERIO DE TRABAJO Y PROMOCION DEL EMPLEO (MTPE)

2013 Resolución Ministerial N° 050-2013-TR. Lima, 14 de marzo. Consulta: 08 de julio de 2016.

http://www.trabajo.gob.pe/archivos/file/SNIL/normas/2013-03-15_050-2013-TR_2843.pdf

2014 Decreto Supremo N° 006-2014-TR. Lima, 09 de agosto. Consulta: 03 de julio de 2016.

<http://www.sunafil.gob.pe/portal/images/docs/normatividad/DS-006-2014-SUNAFIL.pdf>

MINISTERIO DE SALUD (MINSA)

2005 Decreto Supremo N°.015-2005-SA. Lima, 6 de julio. Consulta: 23 de mayo de 2016.

http://www.mintra.gob.pe/contenidos/archivos/sst/DS_015-2005-SA%20.pdf

MORALES, Vilma y otros

2011 “Riesgos y Etiquetado de los Químicos”, Manejo de Químicos / Módulo de Auto instrucción. Dirección general de salud ambiental, DIGESA y Centro de ecoeficiencia y responsabilidad social, CER - Grupo GEA, Lima, pp. 2-5. Consulta: 19 de agosto de 2016.

<https://sites.google.com/a/saicm-peru.org/web/caja-de-herramientas>

MORDOR INTELLIGENCE

2016 Global Paints and Coatings Market Segmented By Product Type, Application And Geography (2015-2020). Consulta: 13 de octubre de 2016.

<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-paints-and-coatings-market-industry>

2016 South America Paints and Coatings Market - Growth, Trends, and Forecasts (2016 - 2021). Consulta: 13 de octubre de 2016.

<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/south-america-paints-and-coatings-market-industry>

OLSON, Kurt

2016 “Environmentally Friendly Coatings: Historical Perspectives and Future Outlook”. *Paint & Coatings Industry*. BNP Media. Consulta: 17 de febrero de 2017.

<http://www.pcimag.com/articles/102450-environmentally-friendly-coatings-historical-perspectives-and-future-outlook>

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION (OSHA)

2014 Directive CPL 02-00-158. Inspection Procedures for the Respiratory Protection Standard. Washington, 26 de junio. Consulta: 12 de febrero de 2017.

https://www.osha.gov/OshDoc/Directive_pdf/CPL_02-00-158.pdf

PARLAMENTO EUROPEO Y CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA

2004 DIRECTIVA 2004/42/CE. Relativa a la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas pinturas y barnices y en los productos de renovación del acabado de vehículos, por la que se modifica la Directiva 1999/13/CE. Unión Europea, 21 de abril. Consulta: 15 de junio de 2016.

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex%3A32004L0042>

PROGRAMA DE INVENTARIOS DE EMISIONES DE MÉXICO

1996 “Técnicas Básicas de Estimación de Emisiones”. *Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México*. Sacramento: Radian Corporation, volumen 3, pp. 2 - 83. Consulta: 13 de junio de 2016.

<https://www3.epa.gov/ttn/catc/dir1/technic3.pdf>

PUENTE, C. y R. RAMAROSON.

2006 “Medición y análisis de los compuestos orgánicos volátiles en la atmósfera: últimas técnicas, aplicabilidad y resultados a nivel europeo”. *Revista ION*. Bucaramanga, volumen 19, número 1, pp. 43 - 47. Consulta: 15 de junio de 2016.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=342030277009>

RINCON, Carlos y Adriana, ORTIZ

2015 “Descripción de la jerarquía de controles frente al peligro químico por exposición a compuestos orgánicos volátiles generados por procesos de pintura en el sector industrial”. *Investigación en Enfermería: Imagen y Desarrollo*. Bogotá, volumen 17, número 1, pp. 149-169. Consulta: 14 de junio de 2016.

<http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.IE17-1.djcp>

RINGEN, K., J. SEEGAL y ENGLUND, A

1995 “Safety and health in the construction industry”. *Annual Review of Public Health*. Washington, volumen 16, pp. 165 - 188. Consulta: 25 de mayo de 2016.

<http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.pu.16.050195.001121>

RODRÍGUEZ, Javier

2014 “Emisiones antropogénicas de compuestos tóxicos para el aire en el gran área metropolitana de costa rica en el 2007”. *Ciencia y Tecnología*. Costa Rica, volumen 30, número 1, pp. 1 - 10. Consulta: 26 de mayo de 2016.

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:muZnhye2iBUJ:revistas.ucr.ac.cr/index.php/cienciaytecnologia/article/download/19662/19743+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe>

SANCHEZ, José y Andrés, ALCANTARA

2007 “Compuestos orgánicos volátiles en el medio ambiente”. *Contaminación y Salud*. Madrid: s/n, pp. 375 - 401. Consulta: 13 de junio de 2016.

www.analesranf.com/index.php/mono/article/download/605/622

SCHOFF, Clifford

2015 “An introduction to coatings sustainability”. *JCT COATINGSTECH*. Volumen 12, número 6, pp. 26 - 31. Consulta: 16 de febrero de 2017.

<http://connection.ebscohost.com/c/articles/108934395/introduction-coatings-sustainability>

SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE FISCALIZACIÓN LABORAL (SUNAFIL)

2016 Resolución N° 064-2016-SUNAFIL: Aprueban Protocolo N.º 002-2016-SUNAFIL/INII, denominado “Protocolo para la fiscalización en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Sector Industrial”. Lima, 23 de mayo. Consulta: 27 de junio de 2016.

<http://www.safesi.com/documentos/RS%20064-2016%20Anexo.pdf>

SUNAFIL: Superintendencia nacional de fiscalización laboral. Consulta: 13 de junio de 2016.

<http://www.sunafil.gob.pe/>

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME (UNEP)

2009 Realidades de Contaminantes, Contaminantes: Compuestos orgánicos volátiles (VOCs). Consulta 30 de agosto de 2016.

http://www.unep.org/tnt-unep/toolkit_esp/pollutants/vocs.html

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (U.S. EPA)

1986 *A Guideline for Surface Coating Calculations EPA 340/1-86-016*. Washington: Office of Air Quality Planning and Standards, pp. 5 – 29. Consulta: 16 de octubre de 2016.

<https://www3.epa.gov/ttn/atw/coat/common/surfacecoatingcalcs.pdf>

1999a *Emisiones y prevención/técnicas de control para talleres de carrocería en Ciudad Juárez, México*. Research Triangle Park: Centro de Información sobre Contaminación de Aire (CICA) para la frontera entre EE. UU. – México, pp. 10 - 14. Consulta: 17 de junio del 2016.

<https://books.google.com.pe/books?id=qKzYGvaOc0oC&lpg=PA10&ots=nnagtzA1ot&dq=calculo%20de%20emisiones%20de%20cov%20pinturas&pg=PA11#v=onepage&q=calculo%20de%20emisiones%20de%20cov%20pinturas&f=false>

1999b *Painting the Town Green: Aberdeen Proving Ground's Paint Pilot Project*. Washington: Environmentally Preferable Purchasing Program, pp. 3 – 22. Consulta: 27 de agosto de 2016.

<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-05/documents/paint.pdf>

2009 Definition: Non-Precursor Organic Compounds. Consulta: 20 de setiembre de 2016.

<http://www.baaqmd.gov/~media/files/engineering/npoc.pdf?la=en>

2016 Initial List of Hazardous Air Pollutants with Modifications. Consulta: 20 de setiembre de 2016.

<https://www.epa.gov/haps/initial-list-hazardous-air-pollutants-modifications#mods>

VALLERO, Daniel

2007 *Fundamentals of Air Pollution*. Burlington, US: Academic Press, edición 4.

VARGAS, Marcos

2005 “La contaminación ambiental como factor determinante de la salud”. *Revista española de salud pública*. Madrid, volumen 79, número 2, pp. 117 - 127. Consulta: 10 de junio de 2016.

http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200001

WALLACE, Lance

2001 “Human exposure to volatile organic pollutants: Implications for Indoor Air Studies”. *Annual Reviews of Energy and the Environment*. Virginia, volumen 26, pp. 269–301. Consulta: 25 de mayo de 2016.

<http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.energy.26.1.269>

WIKIMEDIA COMMONS

File:Nicotiana tabacum 001.JPG. Consulta: 12 de febrero de 2017.

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10732140>

File:Dracaena deremensis1.jpg. Consulta: 12 de febrero de 2017.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ADracaena_deremensis1.jpg

File:Spathiphyllum floribundum2.jpg. Consulta: 12 de febrero de 2017.

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=127261>

File:Zamioculcas zamiifolia 1.jpg. Consulta: 12 de febrero de 2017.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AZamioculcas_zamiifolia_1.jpg

File:Detector de gas D-202.jpg. Consulta: 12 de febrero de 2017.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ADetector_de_gas_D-202.jpg

File:S6 NBC Respirator with filter.jpg. Consulta: 12 de febrero de 2017.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AS6_NBC_Respirator_with_filter.jpg

WILCHES, Carolina y Yuly, DUARTE

2006 *Formulación de estrategias de producción más limpia para el subsector mipyme manufacturero de pinturas en Bogotá D.C.* Universidad de la Salle, Bogotá D.C. Consulta: 22 de agosto de 2016.

<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14812/00798307.pdf?sequence=1>

YASSI, Annalee y otros

2002 *Salud ambiental básica.* México DF: Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente, oficina regional para América Latina y El Caribe.



ANEXOS

ANEXO 1: Formato de entrevista a personal administrativo por áreas

Área planeamiento y control de producción

- ¿Cuáles son las áreas productivas que existen en la planta industrial?
- Solicitar un diagrama de procesos y áreas que utilizan solventes orgánicos.
- ¿Cuántas personas laboran en las áreas productivas (Personas expuestas)?
- ¿Cuál es la frecuencia de uso de solventes en el área productiva?
- ¿Cuál es el tiempo de exposición a solventes por día del personal operativo?
- ¿Cuáles son los volúmenes aproximados de producción de pinturas y disolventes por año?

Área control de materias primas

- ¿Cuáles son los volúmenes aproximados de consumo de solventes como insumos usados en producción por año?
- ¿Cuáles solventes orgánicos se utilizan como insumos en las áreas productivas? Por ejemplo: tolueno, xileno, acetona, etc.

Área salud ocupacional y medio ambiente

- ¿Han identificado los riesgos en el área productiva por el uso de sustancias químicas y solventes orgánicos?
- ¿Han identificado los impactos ambientales por el uso de solventes orgánicos? ¿Han estimado las emisiones de compuestos orgánicos volátiles?
- ¿Se realizan monitoreo de agentes químicos en el ambiente laboral?
- ¿Cuáles agentes químicos se monitorean? ¿Incluyen compuestos orgánicos volátiles?
- ¿Las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles monitoreados en el ambiente laboral se encuentran por debajo de la normativa actual?
- ¿Qué métodos han utilizado para medir las concentraciones de COV en el ambiente laboral? ¿Medición directa con dispositivos? ¿Filtro de carbón activado y cromatografía de gases?
- ¿Han recibido inspecciones por parte de Ministerio de producción y SUNAT sobre el uso de solventes orgánicos para la producción de pinturas y disolventes?

- ¿Tienen planes de acción o medidas de control para reducir los riesgos a la salud por exposición a Compuestos orgánicos volátiles?
- ¿Han recibido inspecciones por parte de Sunafil (Ministerio de Trabajo) y DIGESA sobre calidad de aire en el ambiente laboral, monitoreo de agentes químicos y cumplimiento de exámenes médicos ocupacionales?
- ¿Se realizan exámenes médicos ocupacionales a personal operativo?
- ¿Se realizan análisis de metabolitos en la orina o sangre? Por ejemplo fenol, ácido metilhipúrico, ácido hipúrico como indicadores de exposición a benceno, tolueno y xileno.

Área diseño y desarrollo

- ¿Cuáles insumos que utilizan es sus formulaciones consideran compuestos orgánicos volátiles? ¿Qué institución toman como referencia? ¿EPA o Unión Europea?
- ¿En las hojas de seguridad de sus productos (pinturas y disolventes) indican la composición de compuestos orgánicos volátiles? ¿Cómo lo calculan?
- ¿En las hojas de seguridad de sus productos (pinturas y disolventes) indican los componentes peligrosos y los límites de exposición? ¿Cómo obtienen los valores límites de exposición a sustancias peligrosas?
- ¿Cómo determinan el grado de peligrosidad (toxicidad) de una pintura o disolvente?
- ¿Han sustituido solventes orgánicos peligrosos por otros en sus formulaciones? ¿Por qué razones?
- ¿Tienen proyectos de reducción de VOC en sus pinturas o disolventes?
- ¿Tienen proyectos de sustentabilidad o líneas de productos ecológicos?

ANEXO 2: Formato de entrevista a trabajadores expuestos a COVs

- ¿Cuál es la frecuencia de manipulación de solventes?
 - Diaria
 - Semanal
 - Varias veces por mes
- ¿Cuáles solventes manejan con mayor frecuencia?
- ¿Cuál es el tiempo de exposición diaria a solventes?
 - Mayor o igual a 8 horas
 - Menor a 8 horas
- ¿Existe presencia de malestares durante la manipulación de solventes (Ejemplo: Dolores de cabeza, irritación de vías respiratorias, náuseas o ninguna)?
- ¿Se encuentran capacitados respecto a manipulación de solventes?
- ¿Cuáles equipos de protección personal utilizan?
 - Respirador con filtros para vapores orgánicos
 - Lentes de seguridad
 - Guantes de protección para sustancias químicas
 - Ninguno
- Además del uso de equipos de protección personal, ¿conoce otras medidas de control actuales para los olores que existen en el área de trabajo?
- ¿Cuántos son sus años de permanencia en el área operativa?
- Sobre sus exámenes médicos ocupacionales, ¿les han realizado análisis de sangre y orina?
- Si les han realizado análisis de orina, podría dar algún comentario sobre los resultados de sus análisis.

ANEXO 3: Clasificación IARC de riesgo carcinogénico

CAS	COV	Grupo
75-09-2	Cloruro de metileno	2A
100-42-5	Estireno	2B
108-88-3	Tolueno	3
108-10-1	Metil isobutil cetona	2B
127-18-4	Percloroetileno	2A
111-76-2	Butilglicol	3
1330-20-7	Xileno (mezcla de isómeros)	3
67-63-0	Isopropanol	3

Grupo 1: Carcinogénico para seres humanos

Grupo 2A: Probablemente carcinogénico para seres humanos

Grupo 2B: Posiblemente carcinogénico para seres humanos

Grupo 3: No clasificable como carcinogénico para los seres humanos

Grupo 4: Probablemente no es carcinogénico para los seres humanos

Fuente: International Agency of Research on Cancer (IARC)

ANEXO 4: Ejemplo de hoja de seguridad de pintura alquídica con dato de contenido de COV (g/L) (Modificada por nombre de fabricante)

HOJA DE SEGURIDAD (MATERIAL SAFETY DATA SHEET)	
---	--

SECCION 1 – INFORMACION DEL PRODUCTO Y DEL FABRICANTE	
NOMBRE DE PRODUCTO	ESMALTE SINTETICO BLANCO
FAMILIA QUIMICA	PINTURA ALQUIDICA
RESUMEN DE EMERGENCIA	Inflamable. Mantener alejado del calor, chispas, llamas y otras fuentes de ignición. No fumar. Apagar hornos, calentadores, motores eléctricos y otras fuentes de ignición durante el uso y hasta que todos los vapores/olores se hayan ido. Causa daño irreversible a los ojos. Puede ser corrosivo. Este producto contiene materiales que causa quemaduras a la piel. Puede ser absorbido a través de la piel. El contacto prolongado o repetitivo puede causar reacciones alérgicas de la piel. Los vapores y/o nieblas de la aplicación a pistola podrían ser dañinos si son inhalados. Los vapores irritan los ojos, nariz y garganta. Los vapores generados a elevadas temperaturas irritan los ojos, nariz y garganta. Es dañino por ingestión.

SECCION 2 – INFORMACION DE LOS COMPONENTES PELIGROSOS		
MATERIAL	NUMERO CAS	% PESO
Dióxido de titanio	13463-67-7	15 - 25
Aguarrás	64742-47-8	50 - 60

SECCION 3 – IDENTIFICACIÓN DE PELIGROSIDAD	
EFFECTOS DE SOBRE EXPOSICION AGUDA	
CONTACTO CON LOS OJOS	Causa irritación severa de los ojos. Enrojecimiento, picazón, sensación de ardor. Desordenes visuales puede ser indicativo de un excesivo contacto.
CONTACTO CON LA PIEL	Irritación moderada. Resequedad, picazón, cuarteamiento de la piel, ardor, enrojecimiento e hinchazón son asociados con exposiciones excesivas. Puede ser absorbido por la piel. Una exposición prolongada o repetitiva puede ocasionar reacciones alérgicas.
INHALACIÓN	Los vapores, las nieblas y los polvos del arenado pueden ser nocivos si son inhaladas. Los vapores generados pueden irritar los ojos, la nariz y la garganta.
INGESTIÓN	Nocivo al ser ingerido
SINTOMAS Y SIGNOS DE SOBRE EXPOSICION	Exposición repetida a altas concentraciones de los vapores puede causar irritación de las vías respiratorias y puede causar daños permanentes cerebrales y del sistema nervioso. Lagrimeo, dolor de cabeza, náusea, mareos y pérdida de coordinación son indicadores que los niveles de solventes son muy altos. Un mal empleo

	intencional puede ser nocivo o fatal. Resequedad, picazón, cuarteamiento de la piel, ardor, enrojecimiento e hinchazón son condiciones asociadas con el contacto excesivo con la piel
CONDICIONES MEDICAS AGRAVADAS POR LA EXPOSICION	No aplica
EFFECTOS DE SOBRE EXPOSICION CRONICA	<p>Eliminar el contacto prolongado o repetitivo.</p> <p>Exposición repetitiva a los vapores por encima de los valores recomendados (ver sección 8) puede causar irritación de las vías respiratorias, daños al cerebro y al sistema nervioso. Mal uso intencional puede ser nocivo o fatal.</p> <p>Exposición prolongada a los ingredientes de este producto puede causar daño a los pulmones e hígado. Algunas evidencias a exposiciones repetidas a vapores de solventes orgánicos en combinación con el alto ruido pueden causar pérdida de audición más severa que la exposición sólo al ruido. El uso de un equipo de protección personal y controles de ingeniería deben ser empleados cada vez que estas operaciones se realicen. Los efectos a largo plazo, a exposiciones a bajas niveles de estos productos no han sido determinados. Una manipulación adecuada a estos materiales a largos periodos basados en la prevención del contacto evita los efectos de una exposición aguda.</p>

SECCION 4 – PRIMEROS AUXILIOS

Si hay ingestión, irritación o algún tipo de sobre exposición o síntomas de sobre exposición ocurre durante o persiste después del uso de este producto, contáctese al hospital de emergencias inmediatamente, tener disponible la hoja de seguridad.	
CONTACTO CON LOS OJOS	Quitar los lentes de contacto y lavarse con abundante agua tibia el ojo afectado por 15 minutos como mínimo. Si la irritación persiste, dar atención médica.
CONTACTO CON LA PIEL	Remover ropas contaminadas. Lavar con abundante agua y jabón la zona afectada por 15 minutos como mínimo, Consulte al médico si algún síntoma persiste.
INHALACIÓN	Trasladar del área afectada a un lugar con aire fresco. Consulte al médico.
INGESTIÓN	Limpie la boca con agua. Pueden darse sorbos de agua si la persona está plenamente consciente. No dar nada por la boca a personas inconscientes o que estén convulsionando. No induzca al vómito. Consulte al médico inmediatamente.

SECCION 5 – MEDIDAS DE CONTROL DE FUEGO

FLASH POINT	38 °C
TEMPERATURA DE AUTOIGNICION	No disponible
MEDIOS DE EXTINCION	Usar Extintores NFPA tipo B de espuma química seca, CO2 diseñados para combatir con fuegos de líquidos inflamables NFPA clase II. El spray de agua puede ser inefectivo. El agua puede ser utilizada para enfriar recipientes cerrados para prevenir el incremento de presión y evitar la auto combustión o explosión cuando se expone a fuego extremo.

PROTECCION DE BOMBEROS	Los bomberos deben vestir ropa de seguridad con equipo de respiración autónomo.
RIESGOS DE EXPLOSION Y FUEGO INUSUAL	Mantener este producto lejos del calor, chispas, flamas y otras fuentes de ignición (luces piloto, motores eléctricos, electricidad estática). Vapores imperceptibles pueden viajar a fuentes de ignición y combustionar. No fume mientras aplica este producto. Contenedores sellados pueden explotar por sobrecalentamiento. No aplicar sobre superficies calientes. Se pueden generar gases tóxicos cuando este producto entra en contacto con calor extremo. Calor extremo incluye, pero no limita, llamas oxocortantes y soldaduras.

SECCION 6 – MEDIDAS PARA CONTROLAR LIBERACIÓN ACCIDENTAL	
PASOS A SER TOMADOS SI HAY DERRAMES Y FUGAS DE MATERIAL	Proveer de la máxima ventilación. Solo personal equipado con equipo de protección personal para las vías respiratorias, ojos y piel, será permitido en el área afectada. Recoger el material derramado con arena, vermiculita u otro material absorbente no combustible y colocarlos en contenedores limpios y vacíos para su disposición final. Sólo el material derramado y el absorbente deben colocarse en los contenedores.

SECCION 7 – MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO	
PRECAUCIONES A SER TOMADAS DURANTE LA MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO	Los vapores podrían concentrarse en áreas bajas. Si este material es parte de un sistema de multi componente, leer el MSDS para cada componente o componentes antes de mezclar ya que como resultado la mezcla puede tener la peligrosidad de todas sus partes. Los recipientes deben estar en la superficie del suelo cuando se va a verter.
ALMACENAMIENTO	No almacenar por encima de 48 °C. Almacenar grandes cantidades en construcciones diseñadas para el almacenamiento de líquidos inflamables NFPA clase II

SECCION 8 – CONTROL DE EXPOSICIÓN/ PROTECCION PERSONAL	
CONTROLES DE INGENIERIA	Suministrar la ventilación adecuada para garantizar la dilución y mantener por debajo de los límites de exposición sugeridos. Remover los productos de descomposición durante el uso de soldaduras.
EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL	
OJOS	Usar lentes contra salpicadura de productos químicos cuando haya la posibilidad de exposición a salpicaduras, material particulado o vapores.
PIEL/GUANTES	Usar ropa protectora para prevenir el contacto con la piel. Los delantales y guantes deben ser fabricados de poli-iso-butileno. No se han realizado pruebas específicas de permeabilidad / degradación para este producto. Para un contacto frecuente o inmersión total contáctese con el fabricante de equipos de seguridad. La ropa y los zapatos contaminados deben ser limpiados.
RESPIRADOR	La sobre exposición a vapores puede ser evitado por el uso de controles de ventilación adecuados con entradas de aire fresco. Respiradores aprobados por la NIOSH con cartuchos químicos apropiados o respiradores con presión positiva, respiradores con

	suministro de aire, pueden reducir la exposición. Lea cuidadosamente las instrucciones de manejo de los respiradores suministrado por el fabricante y literatura para determinar el tipo de contaminantes del ambiente que son controlados por el respirador, sus limitaciones y su correcto empleo.
--	--

LIMITES DE EXPOSICION OCUPACIONAL ESTABLECIDOS

MATERIAL	NUMERO CAS	TLV-TWA, ppm (*)	TLV-TWA, mg/m ³ (*)	TLV-STEL, ppm (**)	TLV-STEL, mg/m ³ (**)
Dióxido de titanio	13463-67-7	No establecido	10	No establecido	No establecido
Aguarrás	64742-47-8	20	111	No establecido	No establecido

(*) **TLV-TWA:** Valor Límite Permissible-Media Ponderada en el Tiempo. Según DS 015-2005-SA representa las condiciones en las cuales la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias y 40 horas semanales durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos su salud.

(**) **TLV-STEL:** Valor Límite Permissible-Exposición de Corta Duración. Según DS 015-2005-SA el TLV-STEL no debe ser superado por ninguna STEL a lo largo de la jornada laboral. Para aquellos agentes químicos que tienen efectos agudos reconocidos pero cuyos principales efectos tóxicos son de naturaleza crónica, el TLV-STEL constituye un complemento del TLV-TWA y, por tanto, la exposición a estos agentes se valorará vinculando ambos límites. Las exposiciones por encima del TLV-TW hasta el valor STEL no deben tener una duración superior a 15 minutos ni repetirse más de cuatro veces al día. Debe haber por lo menos un período de 60 minutos entre exposiciones sucesivas de este rango.

SECCION 9 – PROPIEDADES FISICAS Y QUÍMICAS

GRAVEDAD ESPECÍFICA	1.03
ESTADO FISICO	Líquido
PORCENTAJE DE SÓLIDOS	47
PORCENTAJE DE VOLATILES POR VOLUMEN	69.3
VOC DEL COMPONENTE (g/L)	548.1
PH	No establecido
OLOR/APARIENCIA	Líquido viscoso con olor característico a solvente
DENSIDAD DE VAPOR	Más pesado que el aire
VELOCIDAD DE EVAPORACION	13
RANGO O PUNTO DE EBULLICION (°C)	149-213
RANGO O PUNTO DE CONGELAMIENTO (°C)	No establecido
RANGO O PUNTO DE ABLANDAMIENTO (°C)	No establecido
PESO POR GALON (Kg)	3.89 +/- 0.10

SECCION 10 – ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD


ESTABILIDAD	Este producto es normalmente estable y no debe ser sometido a reacciones peligrosas
CONDICIONES A EVITAR	No conocidas

MATERIALES INCOMPATIBLES	Evitar el contacto con álcalis, ácidos minerales fuertes y agentes oxidantes.
POLIMERIZACION PELIGROSA	No conocido
PRODUCTOS PELIGROSOS DE DESCOMPOSICION	CO, CO ₂ , polímeros de bajo peso molecular.

SECCION 11 – PROPIEDADES TOXICOLOGICAS				
TOXICIDAD AGUDA				
MATERIAL	NUMERO CAS	ORAL LD50(g/Kg)	DERMICA LD50(g/Kg)	INHALACION LC50(mg/l)
Dióxido de titanio	13463-67-7	10	No establecido	No establecido
Aguarrás	64742-47-8	5.760	5.0	No establecido
TOXICIDAD CRÓNICA				
ORGANOS QUE SON ATACADOS/EFFECTOS CRONICOS	Defectos de nacimiento, intoxicación del feto y del embrión, oído, riñón, hígado, teratogénico, cerebro, sistema nervioso central, carcinógeno, pulmón			
TOXICIDAD MUTAGENICA	No se ha evaluado para este producto			
TOXICIDAD REPRODUCTIVA	No se ha evaluado para este producto			

SECCION 12 – INFORMACIÓN ECOLÓGICA	
EFFECTOS AMBIENTALES POTENCIALES	
ECOTOXICIDAD	No se ha evaluado para este producto
DESTINOS AMBIENTALES	No se ha evaluado para este producto
MOVILIDAD	No se ha evaluado para este producto
BIODEGRADATION	No se ha evaluado para este producto
BIOACUMULACION	No se ha evaluado para este producto
FISICOQUÍMICO	
HIDRÓLISIS	No se ha evaluado para este producto
FOTOLISIS	No se ha evaluado para este producto

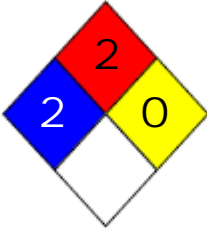
SECCION 13 – CONSIDERACIONES DE DISPOSICION
Almacenar en lugar apropiado y en envase cerrado, de acuerdo a las regulaciones, locales, estatales o federales.

SECCION 14 – INFORMACIÓN DE TRANSPORTE	
ETIQUETA DE TRANSPORTE	Pintura, Inflamable
UN NUMBER	UN 1263
CLASE	3
TIPO	III
	

SECCION 15 – INFORMACIÓN REGULATORIA	
DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	Reglamento de la LEY N° 27314 Ley General de Residuos Sólidos

SECCION 16 – INFORMACIÓN ADICIONAL	
SISTEMAS DE CLASIFICACION DE PELIGRO	
CLASIFICACION NFPA(NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION)	H2 F2 R0
CLASIFICACION HMIS (HAZARDOUS MATERIAL IDENTIFICATION SYSTEM)	2*20
<p>Sistema de evaluación: 0 = mínimo, 1= ligero, 2= moderado, 3= serio, 4= severo, * = crónico HMIS= Hazardous Material Identification System; NFPA= National Fire Protection Association. El manejo adecuado de este producto requiere que toda la información de las MSDS sea evaluada para ambientes de trabajo específicos y condiciones de uso.</p>	

Clasificación NFPA:



0 = Ninguno
 1 = Mínimo
 2 = Moderado
 3 = Severo
 4 = Extremo

SALUD
 INFLAMABILIDAD
 REACTIVIDAD
 INF. ESPECIAL

ANEXO 5: Hoja de seguridad de tolueno

Fichas Internacionales de Seguridad Química

TOLUENO		ICSC: 0078	
		Octubre 2002	
Metilbenceno Fenilmetano	Toluol	CAS: 108-88-3 RTECS: XS5250000 NU: 1294 CE Índice Anexo I: 601-021-00-3 CE / EINECS: 203-625-9	<chem>C6H5CH3 / C7H8</chem> Masa molecular: 92,1
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (p. ej., mediante conexión a tierra). NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICIÓN		¡HIGIENE ESTRICTA! ¡EVITAR LA EXPOSICIÓN DE MUJERES (EMBARAZADAS)!	
Inhalación	Tos. Dolor de garganta. Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas. Pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Piel seca. Enrojecimiento.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas ajustadas de seguridad	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Sensación de quemazón. Dolor abdominal. (Ver Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
¡Evacuar la zona de peligro en caso de grandes derrames! Consultar a un experto en caso de grandes derrames. Eliminar toda fuente de ignición. Ventilar. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo en el alcantarillado. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Protección personal: equipo autónomo de respiración en caso de grandes derrames.		Clasificación UE Símbolo: F, Xn R: 11-38-48/20-63-65-67 S: (2)-36/37-46-62 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: II	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S1294. Código NFPA: H2; F3; R0;		A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes.	
IPCS International Programme on Chemical Safety 			
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2003			




VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

TOLUENO	ICSC: 0078
DATOS IMPORTANTES	
<p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO: Líquido incoloro, de olor característico.</p> <p>PELIGROS FÍSICOS: El vapor se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS: Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión.</p> <p>LÍMITES DE EXPOSICIÓN: TLV: 50 ppm como TWA; (piel); A4 (no clasificable como cancerígeno humano); BEI establecido; (ACGIH 2004). MAK: Riesgo para el embarazo: grupo C; (DFG 2004). LEP UE: 192 mg/m³, 50 ppm como TWA; 384 mg/m³, 100 ppm como STEL (piel) (EU 2006).</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN: La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN: Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN: La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y a la consiguiente neumonitis química. La exposición a altas concentraciones puede producir arritmia cardíaca y pérdida del conocimiento.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA: El líquido se engrasa la piel. La sustancia puede afectar a sistema nervioso central. La exposición a esta sustancia puede potenciar el daño auditivo causado por la exposición a ruido. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.</p>
PROPIEDADES FÍSICAS	
<p>Punto de ebullición: 111°C Punto de fusión: -95°C Densidad relativa (agua = 1): 0,87 Solubilidad en agua: ninguna Presión de vapor, kPa a 25°C: 3,8 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3,1</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1,01 Punto de inflamación: 4°C c.c. Temperatura de autoignición: 480°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1,1-7,1 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2,69</p>
DATOS AMBIENTALES	
La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos.	
NOTAS	
Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. El consumo de bebidas alcohólicas aumenta el efecto nocivo. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en octubre de 2004: ver Clasificación UE, Respuesta de Emergencia, y en octubre de 2006: ver Límites de exposición.	
INFORMACIÓN ADICIONAL	
<p>Límites de exposición profesional (INSHT 2016):</p> <p>VLA-ED: 50 ppm; 192 mg/m³</p> <p>VLA-EC: 100 ppm, 384 mg/m³</p> <p>VLB: 0,5 mg/L en orina de o-cresol; 1,6 g/g creatinina en orina de ácido hipúrico; 0,05 mg/L en sangre; 0,08 mg/L en orina.</p> <p>Notas: vía dérmica. Esta sustancia tiene establecidas restricciones a la fabricación, comercialización o al uso especificadas en el Reglamento REACH.</p>	

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)

ANEXO 6: Hoja de seguridad de m-xileno (isómero de xileno)

Fichas Internacionales de Seguridad Química												
m-XILENO												
ICSC: 0085 Marzo 2002												
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;">CAS: 108-38-3</td> <td style="width: 33%;">meta-Xileno</td> <td rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;"></td> </tr> <tr> <td>RTECS: ZE2275000</td> <td>1,3-Dimetilbenceno</td> </tr> <tr> <td>NU: 1307</td> <td>m-Xilol</td> </tr> <tr> <td>CE Índice Anexo I: 601-022-00-9</td> <td>$C_8H_8(CH_3)_2 / C_8H_{10}$</td> </tr> <tr> <td>CE / EINECS: 203-676-3</td> <td>Masa molecular: 106.2</td> </tr> </table>		CAS: 108-38-3	meta-Xileno		RTECS: ZE2275000	1,3-Dimetilbenceno	NU: 1307	m-Xilol	CE Índice Anexo I: 601-022-00-9	$C_8H_8(CH_3)_2 / C_8H_{10}$	CE / EINECS: 203-676-3	Masa molecular: 106.2
CAS: 108-38-3	meta-Xileno											
RTECS: ZE2275000	1,3-Dimetilbenceno											
NU: 1307	m-Xilol											
CE Índice Anexo I: 601-022-00-9	$C_8H_8(CH_3)_2 / C_8H_{10}$											
CE / EINECS: 203-676-3	Masa molecular: 106.2											
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS									
INCENDIO	Inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, agua pulverizada, espuma, dióxido de carbono.									
EXPLOSIÓN	Por encima de 27°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Por encima de 27°C, sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra).	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.									
EXPOSICIÓN		¡HIGIENE ESTRICTA!										
Inhalación	Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.									
Piel	Piel seca. Enrojecimiento.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.									
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas de protección de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.									
Ingestión	Sensación de quemazón. Dolor abdominal (para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.									
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO										
Ventilar. Eliminar toda fuente de ignición. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal complementaria: Filtro respiratorio para vapores orgánicos y gases).		Clasificación UE Símbolo: Xn R: 10-20/21-38 S: (2-)25 Nota: C Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: III										
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO										
Código NFPA: H 2; F 3; R 0; Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S1307-III		A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes y ácidos fuertes.										

Fichas Internacionales de Seguridad Química

m-XILENO		ICSC: 0085
DATOS IMPORTANTES		
<p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO Líquido incoloro, de olor característico.</p> <p>PELIGROS FÍSICOS Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS Reacciona con ácidos fuertes y oxidantes fuertes.</p> <p>LÍMITES DE EXPOSICIÓN TLV: 100 ppm como TWA; 150 ppm como STEL; A4 BEI establecido (ACGIH 2001). UE OEL: 50 ppm como TWA; 100 ppm como STEL; (piel) (EU 2000).</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante lentamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN La sustancia irrita los ojos y la piel. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y la consiguiente neumonitis química.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La exposición a esta sustancia puede potenciar el daño auditivo causado por la exposición a ruido. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.</p>	
PROPIEDADES FÍSICAS		
<p>Punto de ebullición: 139°C Punto de fusión: -48°C Densidad relativa (agua = 1): 0,86 Solubilidad en agua: ninguna Presión de vapor, kPa a 20°C: 0,8 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3,7</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1,02 Punto de inflamación: 27°C c.c. Temperatura de autoignición: 527°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1,1-7,0 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 3,20</p>	
DATOS AMBIENTALES		
La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos.		
NOTAS		
Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Aplicar también las recomendaciones de esta ficha a xileno de grado técnico. Consultar también la ficha FISQ 0084 o-Xileno y FISQ 0086 p-Xileno. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en enero de 2008: ver Límites de exposición.		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
<p>Límites de exposición profesional (INSHT 2014):</p> <p>VLA-ED: 50 ppm; 221 mg/m³</p> <p>VLA-EC: 100 ppm; 442 mg/m³</p> <p>Notas: vía dérmica.</p> <p>VLB: 1 g/g creatinina en orina de ácidos metilhipúricos.</p>		

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)

ANEXO 7: Hoja de seguridad de trementina (componente principal del aguarrás)

TREMENTINA (Aceite)

ICSC: 1063







**MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ASUNTOS SOCIALES
ESPAÑA**




**INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO**

Esencias de trementina
 Aceite de trementina
 Vapor destilado de trementina
 Goma de trementina
 $C_{10}H_{16}$ (aproximada)
 Masa molecular: 136 (aproximada)

Nº CAS 8006-64-2
 Nº RTECS Y08400000
 Nº ICSC 1063
 Nº NU 1299
 Nº CE 650-002-00-6



TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Inflamable. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Espuma, polvo, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Por encima de 30°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Por encima de 30°C, sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra). Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICION		¡EVITAR LA FORMACION DE NIEBLA DEL PRODUCTO! ¡HIGIENE ESTRICTA!	
• INHALACION	Confusión mental. Tos. Dolor de cabeza. Jadeo. Dolor de garganta.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
• PIEL	Enrojecimiento. Dolor.	Guantes protectores. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
• OJOS	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa.	Gafas de protección de seguridad, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	Dolor abdominal. Sensación de quemazón. Confusión. Convulsiones. Diarrea. Náuseas. Pérdida del conocimiento. Vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	NO provocar el vómito. Dar a beber agua abundante. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO

<p>Ventilar. Eliminar todas las fuentes de ignición. NO verterlo al alcantarillado. Barrer la sustancia derramada e introduciría en un recipiente. Trasladarlo a continuación a un lugar seguro. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal adicional: equipo autónomo de respiración).</p>	<p>A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes y materiales incompatibles. Véanse Peligros Químicos. Mantener en lugar fresco. Mantener en lugar bien ventilado.</p>	<p>NU (transporte): Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: III Contaminante marino. CE: símbolo Xn símbolo N R: 10-20/21/22-36/38-43-51/53-65 S: 2-36/37-46-61-62</p> <div style="text-align: right;">  </div>
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE		
<p>ICSC: 1063 Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2003</p>		

Fichas Internacionales de Seguridad Química

TREMENTINA (Aceite)

ICSC: 1063

D A T O S I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido incoloro, de olor característico.</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS Por combustión, formación de humos tóxicos incluyendo monóxido de carbono. La sustancia se descompone lentamente bajo la influencia de aire o luz, produciendo la oxidación de compuestos que son más tóxicos o irritantes que la trementina por ella misma. Reacciona violentamente con oxidantes, halógenos, sustancias combustibles, ácidos minerales. Ataca al plástico y a la goma.</p> <p>LÍMITES DE EXPOSICIÓN TLV: 20 ppm (como TWA); SEN A4 (ACGIH 2003)</p> <p>MAK: Sh (sensibilización cutánea); Cancerígeno: categoría 3A (DFG 2003)</p>	<p>VIAS DE EXPOSICIÓN La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor, a través de la piel y por ingestión</p> <p>RIESGO DE INHALACION Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante lentamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACION El vapor irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y la consiguiente neumonitis química. La sustancia puede causar efectos en sistema nervioso central, vejiga y riñón, dando lugar a irritabilidad, convulsiones y alteración renal. La exposición a elevados niveles puede producir taquicardia, pérdida del conocimiento, fallo respiratorio y muerte.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido puede producir sensibilización de la piel. El líquido desengrasa la piel.</p>
PROPIEDADES FÍSICAS	<p>Punto de ebullición: 149 a 180°C Punto de fusión: -50 a -60°C Densidad relativa (agua = 1): 0.9 Solubilidad en agua: ninguna Presión de vapor, kPa a 20°C: 0.25 a 0.67</p>	<p>Densidad relativa de vapor (aire = 1): 4.6 a 4.8 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.01 Punto de inflamación: 30 a 46°C c.c. Temperatura de autoignición: 220 a 255°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 0.8-6</p>
DATOS AMBIENTALES	<p>La sustancia es nociva para los organismos acuáticos. La sustancia puede causar efectos prolongados en el medio acuático.</p>	

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)