



Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Estructura de Teleformación

Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales

Trabajo Fin de Máster

**RIESGOS GENERALES Y ESPECÍFICOS
DE LOS DIISOCIANATOS
EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN**

Autora: Leticia Delgado Ramírez

Tutor: Marcos Antonio Pérez Delgado

Curso académico 2023/2024

Junio, 2024

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objeto.....	1
1.2. Justificación	2
1.3. Metodología	3
2. ANTECEDENTES	5
2.1. Conceptos básicos	5
2.1.1. Producto químico	5
2.1.2. Diisocianatos	5
2.1.3. Diisocianatos más comunes	6
2.1.4. Poliuretanos.....	9
2.2. Análisis preliminar	10
2.2.1. Riesgos higiénicos.....	10
2.2.2. Vías de entrada.....	11
2.3. Referencias sobre siniestralidad.....	12
3. RIESGOS GENERALES Y ESPECÍFICOS	14
3.1. Riesgos generales.....	14
3.2. Riesgos específicos	15
3.2.1. Sensibilización respiratoria	15
3.2.2. Sensibilización cutánea	17
3.3. El caso de los alineadores transparentes Invisalign	19
4. NORMATIVA.....	20
4.1. Normativa legal.....	20
4.1.1. Directiva 98/24/CE.....	20
4.1.2. REACH	20
4.1.3. Reglamento (UE) 2020/1149.....	21
4.1.4. Real Decreto 374/2001.....	22
4.1.5. Real Decreto 363/1995.....	23
4.2. Normativa técnica	23
4.2.1. Límites de Exposición Profesional.....	24
4.2.2. NTP 58 – Toma de muestras de 2,4-toluendiisocianato (TDI).....	25
4.2.3. NTP 116 – Toma de muestras de metilen-bis-4-fenil-isocianato (MDI).....	25
4.2.4. NTP 148 – Riesgos higiénicos por isocianatos	26
4.2.5. NTP 535 – Isocianatos: control ambiental de la exposición	27

4.2.6. MTA/MA-034/A95	28
4.3. Fichas Internacionales de Seguridad Química (FISQ)	29
4.3.1. FISQ Diisocianato de tolueno (TDI)	29
4.3.2. FISQ Diisocianato de difenilmetano (MDI)	31
4.3.3. FISQ Diisocianato de hexametileno (HDI)	32
4.3.4. FISQ Diisocianato de naftaleno (NDI)	33
4.4. El caso del incendio de Valencia 2024	34
5. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	36
5.1. Análisis en España	36
5.2. Análisis en otros países	36
5.2.2. Restricciones legales europeas	37
6. PROPUESTAS DE MEJORAS Y MÉTODOS.....	39
6.1. Zonas habilitadas con extracción forzada	39
6.2. Designación trabajadores	40
6.3. Control periódico Equipos de Protección Individual (EPI)	41
6.4. Equipos y máquinas autónomas	42
6.5. Rediseño de los envases	43
6.6. Reconocimiento médico anual específico	44
6.7. Protocolo específico de actuación	45
7. ANÁLISIS DAFO DE LAS PROPUESTAS	48
7.1. Zonas habilitadas con extracción forzada	48
7.2. Designación trabajadores	49
7.3. Control periódico Equipos de Protección Individual (EPI)	49
7.4. Equipos y máquinas autónomas	49
7.5. Rediseño de los envases	49
7.6. Reconocimiento médico anual específico	50
7.7. Protocolo específico de actuación	50
8. CULTURA PREVENTIVA Y FORMACIÓN.....	51
9. CONCLUSIONES.....	55
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
11. ANEXOS	66

ÍNDICE TABLAS

TABLA 1. DIISOCIANATOS MÁS COMUNES	8
TABLA 2. LÍMITES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL 2024	22

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DIISOCIANATO DE TOLUENO (TDI)	7
FIGURA 2. DIISOCIANATO DE DIFENILMETANO (MDI).....	8
FIGURA 3. DIISOCIANATO DE HEXAMETILENO (HDI).....	8
FIGURA 4. ESTRUCTURA QUÍMICA POLIURETANO.....	9
FIGURA 5. PICTOGRAMAS PELIGRO DIISOCIANATO DE TOLUENO	30
FIGURA 6. RESUMEN NORMATIVA DIISOCIANATOS	34
FIGURA 7. PROTOCOLO DE ACTUACIÓN	47

LISTADO DE ABREVIATURAS

ACGIH: *American Conference of Governmental Industrial* en inglés. Su significado en español es Conferencia Americana de Industriales Gubernamentales.

BOE: Boletín Oficial del Estado.

CAS: *Chemical Abstracts Service* en inglés. Su significado en español es Servicio de Resúmenes Químicos.

CE: Comunidad Europea.

CER: Comité de Evaluación de Riesgos.

CLP: *Classification, Labeling and Packaging* en inglés. Su significado en español es Clasificación, Etiquetado y Envasado.

CR: Criterios y Recomendaciones.

DAFO: Debilidades, Amenazadas, Fortalezas, Oportunidades.

DHHS: *Department of Health and Human Services* en inglés. Su significado en español es Departamento de Salud y Servicios Humanos.

EN: *European Norm* en inglés. Su significado en español es Norma Europea.

EPC: Equipo de Protección Colectiva.

EPI: Equipo de Protección Individual.

EQ: Electroquímico.

EVR: Evaluación de Riesgos.

FISQ: Fichas Internacionales de Seguridad Química, en inglés sus siglas son ICSCs que significa *Chemical Safety Cards*.

GHS: *Global Harmonized System* en inglés. Su significado en español es Sistema Globalmente Armonizado.

HDI: Diisocianato de Hexametileno.

HPLC: *High Performance Liquid Chromatography* en inglés. Su significado en español es Cromatografía Líquida de Alta Resolución.

HSE: *Health and Safety Executive* en inglés. Su significado en español es Dirección de Salud y Seguridad.

IARC: *International Agency for Research on Cancer* en inglés. Su significado en español es Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer.

INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

INSST: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, anteriormente era el INSHT.

IPDI: Diisocianato de isoforona.

ISO: *International Organization for Standardization* en inglés. Su significado en español es Organización Internacional de Normalización.

ITeC: Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña.

LEP: Límite de Exposición Profesional.

LEPAR: Ley de Espectáculos Públicos y Actividades Recreativas.

MA: Métodos Ambientales.

MB: Métodos Biológicos.

MDA: Isómero dyphenylmethano-4,4'diamina.

MDHS: *Methods for the Determination of Hazardous Substances* en inglés. Su significado en español es Métodos para la Determinación de Sustancias Peligrosas.

MDI: Diisocianato de difenilmetano.

MTA: Método de Toma de Muestras y Análisis.

NDI: Diisocianato de 1,5-Naftaleno.

NIOSH: Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional.

NTP: Nota Técnica de Prevención.

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

OPS: Organización Panamericana de la Salud.

PI: Productos Industriales.

PPM: Partes Por Millón.

PV: Protocolos de Validación.

PYME: Pequeña Y Mediana Empresa.

QR: *Quick Response* en inglés. Su significado en español es Respuesta Rápida.

RAC: *Risk Assessment Committee* en inglés. Su significado en español es Comité de Evaluación de Riesgos.

RD: Real Decreto.

REACH: *Registration, Evaluation, Authorization and Control of Chemical substances and mixtures* en inglés. Su significado en español es Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de las Sustancias y Mezclas Químicas.

SEAC: *Socio-Economic Analysis Committee* en inglés. Su significado en español es Comité de Análisis Socioeconómico.

TDI: Diisocianato de Tolueno.

TFM: Trabajo Fin de Máster.

TLV-TWA: *Threshold Limit Value - Time Weighted Average* en inglés. Su significado en español es Valor Límite Umbral - Media Ponderada en el Tiempo.

UE: Unión Europea.

UNE: Una Norma Española.

UV: Ultra Violeta.

VLA-ED: Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria.

VLA-EC: Valor Límite Ambiental de Exposición Corta.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objeto

El presente Trabajo Fin de Máster (TFM) tiene por objeto analizar los riesgos generales y específicos de los diisocianatos en el sector de la construcción, además de incluir una serie de propuestas de mejora para la protección de la seguridad y salud de los trabajadores. Los diisocianatos son compuestos de gran relevancia debido a su presencia en la composición química en una amplia gama de productos. Principalmente el TFM se centrará en el uso de productos que contienen diisocianatos en el sector de la construcción.

La manipulación de productos que contienen diisocianatos no está limitado ni restringido al uso exclusivo por profesionales, cualquier persona puede comprar este tipo de productos químicos. Es por ello, como se indica en el Reglamento (CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre Clasificación, Etiquetado y Envasado de Sustancias y Mezclas (Reglamento CLP) la obligación por parte del fabricante a indicar en la etiqueta de los productos clasificados como peligroso el contenido referente al correspondiente artículo 17. Se debe incluir en dicha etiqueta los pictogramas de peligro y los consejos de prudencia (artículo 17 Reglamento (CE) nº 1272/2008).

El uso de productos de la construcción que contengan diisocianatos no está controlado ni restringido, de hecho, no se requiere ser mayor de edad para poder conseguir un producto que contengan diisocianatos y utilizarlo sin las medidas de protección adecuadas. Cualquier persona puede adquirir este tipo de productos tenga o no conocimientos sobre sus respectivos riesgos a la salud. La manipulación sin las medidas preventivas adecuadas implica la exposición a diversos riesgos higiénicos. El efecto de dichos riesgos a la salud irá en función de la concentración del compuesto en el ambiente, la duración y frecuencia de la exposición, tipo de diisocianato, vía de entrada, antecedentes clínicos de los afectados, etc. En el presente TFM se indican los efectos a la salud en el apartado 3 “Riesgos generales y específicos”. Otro punto importante por destacar es el almacenamiento ya que normalmente los productos que contienen diisocianatos, como los poliuretanos, pueden ser inflamables o combustibles como es el caso del diisocianato de tolueno (*ICSC 1783 - DIISOCIANATO DE TOLUENO (Mezcla 80/20 De Isómeros 2,4- Y 2,6-), n.d.*).

El déficit de control y restricciones con respecto a la compra-venta de productos químicos en el sector de la construcción (especialmente de sustancias peligrosas) obliga a que las medidas de preventivas deban estar claramente señalizadas en los envases de los productos y en sus respectivas fichas técnicas. Igualmente las instrucciones de aplicación/uso deben ser de fácil interpretación y comprensión para cualquier usuario final indicándose los Equipos de Protección Individual necesarios para su uso.

Se debe recalcar que no resulta equivalente el uso de productos químicos que contengan diisocianatos en un trabajador que los usa asiduamente por motivos laborales, comparado con otro trabajador o particular (persona que utiliza el producto sin ser trabajador) cuando los utiliza de forma puntual en una reforma como podría darse en una vivienda. Los riesgos higiénicos su potencial dañino varían en función de factores como son la duración y continuidad de la exposición, además de factores personales como resulta ser el estado de salud de la persona expuesta. No obstante, los efectos sobre la salud resultan ser igualmente perjudiciales debido a las acciones nocivas de los diisocianatos en el cuerpo humano, la gravedad dependerá de los factores anteriormente indicados.

La capacidad de transmitir y comunicar la información sobre los riesgos (fichas técnicas, hojas de seguridad, guías de buenas prácticas, instrucciones de aplicación, etc.) por parte de los fabricantes y distribuidores de productos químicos es vital para mejorar el uso seguro de los productos por parte los usuarios. En diversas empresas fabricantes y/o distribuidores se puede encontrar en su página web dicha información pudiéndose descargar fácilmente. Otras compañías disponen de un formulario el cual se debe rellenar para poder obtener los documentos referentes a la información de los productos.

1.2. Justificación

La principal motivación que ha impulsado y complementado la elaboración del presente trabajo se encuentra en la actualización del *Reglamento (UE) 2020/1149 de la Comisión, 3 de agosto del 2020*. En el reglamento indicado se refleja la obligatoriedad a partir del 24 de agosto de 2023 a los profesionales, distribuidores y todo usuario que manipule productos que contengan diisocianatos deberán realizar una formación específica para la seguridad en el uso de dichos productos químicos, con su correspondiente certificación cuya vigencia es de 5 años.

Al trabajar en el sector de la construcción se puede verificar la escasa información que se puede encontrar con respecto a los riesgos higiénicos, especialmente a compuestos poco conocidos como son los diisocianatos. Los diisocianatos son compuestos químicos poco conocidos, sin embargo, se encuentran presentes como componente principal en multitud de productos químicos utilizados día a día por trabajadores y/u o particulares en el sector de la construcción. Por ello resulta necesario informar a los usuarios de estos productos de los riesgos a los que se exponen tras la manipulación durante un contacto corto, medio y/o prolongado.

La información sobre los riesgos debe complementarse con las principales medidas preventivas y Equipos de Protección Colectiva e Individual para eliminar o combatir los riesgos a la salud de los consumidores. Se aportan medidas preventivas, procedimientos de trabajo seguro y sinergias con otras áreas tecnológicas para conformar el contenido del presente trabajo, de manera

que resulte ser viable su aplicación en el sector de la construcción, pudiendo trasladarse a otros sectores con condiciones similares.

Se requiere de una mayor difusión y formación acerca de los peligros y riesgos en el uso de productos que contengan diisocianatos para evitar futuras enfermedades respiratorias. La información y las buenas prácticas en el uso de estos productos son la finalidad del Trabajo Fin de Máster Universitario con título *Riesgos generales y específicos de los diisocianatos en el sector de la construcción*.

1.3. Metodología

El Trabajo de Fin de Máster resultante se trata de una revisión bibliográfica, con la aportación de un conjunto de propuestas y medidas preventivas cuyo enfoque es eliminar y/o reducir los riesgos a los que están sujetos los trabajadores y usuarios finales con respecto a la exposición de productos que contengan diisocianatos. El ámbito de estudio y aplicación es principalmente el sector de la construcción.

Referente a los motores de búsqueda al ser un tema con escasos estudios, difusión y publicaciones gran parte del contenido ha sido recopilado de Internet (fuentes en español, inglés y otros idiomas). La documentación con respecto a medidas preventivas relativas a la seguridad y la higiene industrial se ha elaborado a partir de los manuales del Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria) y otras referencias bibliográficas detalladas en el correspondiente apartado. Las palabras clave en la búsqueda de los contenidos del Trabajo de Fin de Máster han sido: diisocianatos, isocianato, aparato respiratorio, riesgos higiénicos, construcción, productos químicos en la construcción, poliuretanos, diisocianatos y poliuretanos, REACH, Reglamento (UE) 2020/1149, normativa productos químicos, asma laboral, entre otros.

Los criterios de selección de la información encontrada han sido varios en función de la disponibilidad de la información, fuentes y prestigio de la institución y/o página web. La relevancia del contenido ha sido el primer criterio de selección en cuanto a la recopilación de la documentación, donde se ha buscado todo lo relacionado y conectado con los diisocianatos. La actualidad de la información resulta ser el segundo criterio de selección a destacar como, por ejemplo, el anuncio de la formación obligatoria impuesta a partir del 24 de agosto de 2023 con respecto a los productos que contengan diisocianatos.

Por otro lado, otro criterio de selección ha sido la procedencia de la información es otro criterio de gran relevancia, se ha filtrado y recopilado la información respaldada con estudios de autores, universidades y páginas web donde existe un rigor científico. La información de dudosa procedencia se ha contrastado con la obtenida de fuentes fiables para poder ampliar el contenido del

TFM. Además, se han acudido a páginas web oficiales tales como la del Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), Boletín Oficial del Estado, Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST, anteriormente Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo conocido por sus siglas INSHT), etc.

Los criterios de selección anteriormente mencionados han sido la clave para generar como resultado el presente Trabajo de Fin de Máster con la intención de ser lo más preciso, actual y riguroso. La conclusión ha sido elaborada con base a los conocimientos, experiencias y opinión personal, además de los conocimientos adquiridos en el Máster Universitario de Prevención de Riesgos Laborales.

En cuanto a las referencias bibliográficas las directrices que se han seguido para su elaboración han sido extraídas de la norma APA. Se han ordenado alfabéticamente en el apartado *Referencias bibliográficas* todas las referencias incorporadas en el siguiente Trabajo Fin de Máster.

2. ANTECEDENTES

Para comenzar el presente Trabajo de Fin de Máster se requiere en primer lugar introducir una serie de conceptos que resultan esenciales para comprender el contenido. La exposición a los diisocianatos está clasificada como se verá a continuación como un riesgo higiénico, por tanto, se deben conocer las definiciones más relevantes para poder comprender y relacionar fácilmente la información expuesta.

2.1. Conceptos básicos

2.1.1. Producto químico

Los productos químicos se definen como el conjunto de compuestos químicos destinados a cumplir una función para satisfacer una necesidad. En su gran mayoría son obtenidos a través de complejos procesos industriales de transformación de las materias primas. Deben pasar por procesos de transformaciones físico-químicas hasta lograr obtener el producto final con las características deseadas. Pueden tener varias funciones y también efectos secundarios que dependerán de diversos factores como pueden ser: una aplicación inadecuada, sobredosificación, factores climáticos, etc. En la Unión Europea la legislación de los productos químicos es la misma para todos los miembros de la comunidad. El principal objetivo de dicha legislación comunitaria es la protección de la salud de los usuarios finales y la protección del medioambiente (*Productos Químicos*, 2023).

En los productos químicos hay que diferenciar entre distintas funciones donde se encuentra la función principal (componente activo), funciones secundarias y efectos secundarios. La función principal es aquella la cual ha motivado la adquisición del producto químico, es lo que cubre la necesidad que se desea satisfacer. Las funciones secundarias suelen tener un beneficio adicional al utilizar el producto, aunque no es la causa que motiva la adquisición del mismo. En cambio el efecto secundario tiene una connotación negativa ya que causa un efecto adverso al que realmente se desea.

2.1.2. Diisocianatos

Para entender la composición química de los diisocianatos se debe comprender primero qué son los isocianatos. El isocianato se trata de un compuesto químico el cual contiene el grupo funcional $R-N=C=O$. Se trata de una molécula orgánica ya que contiene en su fórmula estructural el átomo de carbono (C) formando un doble enlace con los átomos de nitrógeno (N) y oxígeno (O), y un enlace simple con la cadena lateral (R-) a la que está unida el grupo funcional isocianato. Este radical

R- suele ser uno de los siguientes grupos: hidroxilo (-OH), sulfhidrilo (-SH), amino (-NH₂), imino (=NH), carboxilo (-CO₂H) y carboamida (-CONH₂) entre otros (Guasch Farrás & Luna Mendaza, 1985).

Los isocianatos de origen inorgánico son aquellos que provienen de las sales del ácido isocianúrico HCON que contienen el anión NCO⁻ (*Isocianato*, s. f.). En cuanto a los diisocianatos resultan ser aquellos compuestos químicos que presentan dos grupos isocianatos, como por ejemplo, el diisocianato de tolueno como se muestra en el siguiente apartado en la Figura 1.

Los diisocianatos son componentes químicos de base orgánica que se utilizan en la fabricación de una amplia gama de productos presentes en el sector de la construcción. Debido a sus diversas propiedades se pueden utilizar en multitud de áreas y para diversos fines. Los productos químicos más comunes en el sector de la construcción que contienen diisocianatos son: los poliuretanos, espumas rígidas y flexibles, revestimientos, adhesivos, selladores, elastómeros, etc. Además, también están presentes en diversos productos en otros sectores como, por ejemplo, el de la automoción en las pinturas para coches (Sika España, 2023).

Se pueden encontrar en forma líquida o con diversos grados de solidez. Con la humedad ambiental reaccionan, por ello, se utilizan también para la elaboración de poliuretano de acabados y curadores. Poseen una alta reactividad frente a nucleófilos (molécula o anión con un par de electrones libres en cuya reacción los cede dichos electrones). Los diisocianatos poseen un bajo peso molecular, por tanto, al ser moléculas más pequeñas el riesgo se incrementa debido a la facilidad de penetración en el cuerpo por las diferentes vías de entrada.

2.1.3. Diisocianatos más comunes

En la Tabla 1 de la Nota Técnica de Prevención (NTP) 148 figuran los diisocianatos con mayor relevancia y presencia en diversos sectores, elaborada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSST). Los diisocianatos más comunes indicados por el INSST son los siguientes:

- Diisocianato de Tolueno (TDI).
- Diisocianato de difenilmetano (MDI).
- Diisocianato de hexametileno (HDI).
- Diisocianato de 1,5-naftaleno (NDI).
- Diisocianato de isoforona (IPDI) (Guasch Farrás & Luna Mendaza, 1985).

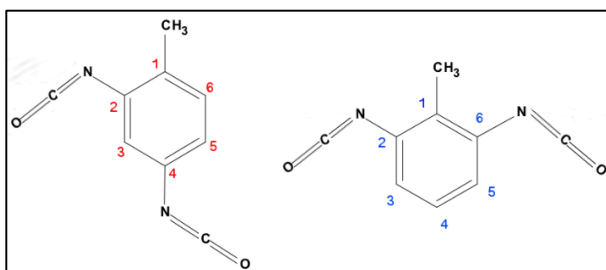
También se podría incluir entre los más comunes el MDA (isómero diphenylmethano-4,4' diamina). Las siglas indicadas proceden de los respectivos nombres de los diisocianatos en inglés

(CDC - Publicaciones De NIOSH - Prevención De Asma Y Muertes Por Exposición a Diisocianatos (96-111), n.d.).

El diisocianato de tolueno (a partir de ahora TDI) se trata de un compuesto orgánico líquido de apariencia incolora o amarillo claro. Su fórmula química es $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_3(\text{NCO})_2$ con un peso molecular de 174,17 g/mol y densidad con un valor intermedio de 1,22 g/cm³. El TDI posee dos isómeros el 2,4-diisocianato de tolueno y el 2,6-diisocianato de tolueno. Los isómeros son moléculas con la misma fórmula química, pero disponen de grupos de radicales dispuestos en su estructura de manera diferenciada. Por tanto, los isómeros a pesar de tener la misma fórmula química resultan ser compuestos diferentes debido a la disposición de los radicales en el espacio (Elena Herrero, 2023).

El diisocianato de tolueno es el segundo diisocianato más importante del mercado, el primer lugar lo ocupa el diisocianato de difenilmetano (MDI) (Santolaya Martínez, 1999). El diisocianato de tolueno suele emplearse como materia prima en la producción de espumas de poliuretanos, adhesivos y pinturas entre otros (Matias, n.d.). A continuación, se adjunta la Figura 1 donde se observa los dos grupos isocianatos (NCO) que conforman los diisocianatos. En función del tipo de isómero estarán en una posición u otra, en el caso del isómero 2,4-TDI se encuentran los grupos isocianatos en la posición 2 y 4. El grupo metilo (CH₃) se encuentra en el diisocianato de tolueno en la posición 1 independientemente de su isómero.

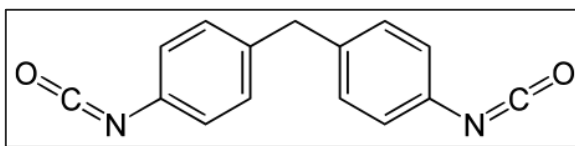
Figura 1. Diisocianato de Tolueno (TDI)



Nota 1. La imagen representa el diisocianato de tolueno sus dos isómeros 2,4-TDI (izquierda) y 2,6-TDI (derecha) (Colaboradores de Wikipedia, 2023)

El diisocianato de difenilmetano (a partir de ahora MDI) es un líquido viscoso con un aspecto de apariencia marrón oscuro. Su fórmula química es $\text{CH}_2(\text{C}_6\text{H}_4\text{NCO})_2$ y su peso molecular es de 250,25 g/mol. Su densidad es de 1,19 g/cm³ (Santolaya Martínez, 1999).

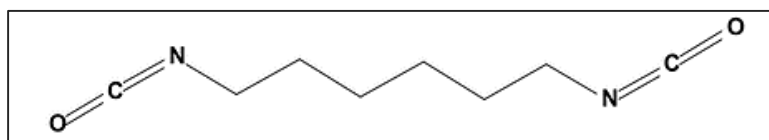
Figura 2. Diisocianato de difenilmetano (MDI)



Nota 2. Imagen de la estructura del 4,4'-diisocianato de difenilmetano (MDI) (Colaboradores de Wikipedia, 2022)

El diisocianato de hexametileno (a partir de ahora HDI) se trata de un líquido incoloro similar al TDI. Su fórmula química es $(\text{CH}_2)_6(\text{NCO})_2$, posee un peso molecular de 168,20 g/mol. Su densidad es de 1,05 g/cm³ siendo el menos denso de los tres (Santolaya Martínez, 1999).

Figura 3. Diisocianato de hexametileno (HDI)



Nota 3. Estructura del diisocianato de hexametileno (HDI) (Colaboradores de Wikipedia, 2023)

El MDI está considerado como no volátil siendo el de mayor peso molecular. El TDI es volátil aunque menos que el HDI siendo el más volátil de los tres con un menor peso molecular y menor densidad. La volatilidad de los diisocianatos sería el siguiente orden del más volátil al menos: HDI > TDI > MDI. La exposición a estos compuestos representa un riesgo higiénico para la salud de los trabajadores y su volatilidad los hace más propensos a propagarse con mayor rapidez y facilidad, lo cual conlleva un incremento en el riesgo.

En el “Capítulo IV: Normativa” apartado “Normativa técnica” y subapartado “NTP 535 – Isocianatos: control ambiental de la exposición” del presente documento se exponen detalladamente los Límites de Exposición Profesional (LEP) de los compuestos más relevantes. Se adjunta tabla resumen de los diisocianatos más comunes, dicha tabla ha sido extraída de la NTP 148.

Tabla 1. Diisocianatos más comunes

Denominación	Fórmula química	N°CAS	Peso molecular	Densidad	Solubilidad
Diisocianato de tolueno (TDI)	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_3(\text{NCO})_2$	584-84-9	174,17 g/mol	1,22 g/cm ³	Hidrocarburos aromáticos, nitrobenzono, acetona, éster, ésteres

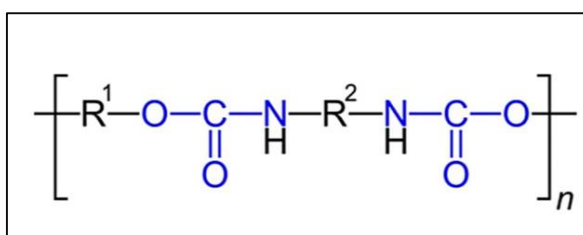
Diisocianato de difenilmetano (MDI)	$\text{CH}_2(\text{C}_6\text{H}_4\text{NCO})_2$	101-68-8	250,25 g/mol	1,23 g/cm ³	Hidrocarburos, nitrobeneno, acetona, éter, ésteres
Diisocianato de Hexametileno (HDI)	$(\text{CH}_2)_6(\text{NCO})_2$	822-06-0	168,20 g/mol	1,04 g/cm ³	Solventes orgánicos

Nota 4. Tabla elaboración propia, datos obtenidos de NTP 148 (Guasch Farrás & Luna Mendaza, 1985)

2.1.4. Poliuretanos

Los poliuretanos son productos químicos (concretamente polímeros sintéticos) los cuales son ampliamente utilizados en el sector de la construcción. Se fabrican a partir de la reacción entre los grupos hidroxilo de los polialcoholes (los polialcoholes o polioles son alcoholes que poseen dos o más grupos hidroxilo reactivos por molécula) con un isocianato o diisocianato con la presencia de catalizadores y aditivos seleccionados (*Polyurethane - American Chemistry Council, n.d.*). La alta reactividad de los isocianatos frente a los grupos hidroxilos favorece la creación de los poliuretanos.

Figura 4. Estructura química poliuretano



Nota 5. Estructura química de los poliuretanos (*¿Qué es el poliuretano?, s. f.*)(*¿Qué es el poliuretano?, s. f.*)

Debido a su fórmula química los poliuretanos presentan una gran adaptación para ser utilizados como componente en diversos productos industriales con diferentes finalidades. Las aplicaciones industriales más relevantes son: para muebles como espumas y acabados superficiales, para vehículos como espumas y adhesivos, para electrodomésticos como aislantes, para recubrimientos de superficiales, adhesivos entre materiales, como aislamiento para cubiertas de edificaciones y viviendas, en la metalurgia como moldes de fundición, calzados, etc. (Guasch Farrás & Luna Mendaza, 1985).

Los poliuretanos favorecen la durabilidad y eficacia de diversos productos destinados para la construcción, los más relevante son los pavimentos a base de poliuretano resultando ser duraderos, resistentes a la abrasión, elásticos y de fácil aplicación entre otras cualidades. En la fabricación de poliuretano existen riesgos asociados a la exposición de los diisocinatos e isocianatos en el proceso de mezclado.

Poseen múltiples usos dentro del sector de la construcción, al tener un alto contenido en diisocianatos se requiere una formación específica para su correcta manipulación y aplicación. Es por ello como se indicará en el capítulo de normativa del presente TFM la formación obligatoria, donde se mencionará brevemente los requisitos para obtenerla. Dicha formación deberá impartirla un centro especializado y acreditado para impartir formación en Prevención de Riesgos Laborales.

2.2. Análisis preliminar

La exposición a los diisocianatos se produce en el momento de la preparación, aplicación y manipulación de los productos que contienen este tipo de componente químico. El tiempo de la exposición dependerá del tipo de producto y de su correspondiente tiempo de vida de la mezcla (denominado también como pot-life), es decir, el tiempo durante el cual la mezcla se conserva en un estado óptimo para su aplicación. No todo los productos necesariamente poseen un tiempo limitado de uso de la mezcla. La duración del compuesto irá en función de si dispone o no de un proceso de catálisis.

La catálisis es el proceso mediante el cual una reacción química incrementa su velocidad debido a la presencia de un catalizador. Por tanto, los productos químicos en el sector de la construcción constituidos por dos componentes (comúnmente conocidos en las fichas técnicas por bicomponentes, siendo uno el componente A y otro el componente B) uno de los dos resulta ser el catalizador. Al mezclar el componente A con el componente B (normalmente se designa el B como el catalizador, dependiendo del fabricante y/o distribuidor) se da inicio a la reacción química mediante el proceso de catálisis, transformando los reactivos iniciales A y B en el producto final denominado como C. El proceso de catálisis se resumiría en $A+B \rightarrow C$.

Los trabajadores con mayor riesgo de exposición son los que trabajan en las industrias relacionadas con el poliuretano y los plásticos en general. Además, dentro del sector de la construcción aquellos trabajadores que empleen diariamente espumas, barnices, selladores, y todo aquel producto susceptible de tener una concentración de diisocianatos perjudicial para la salud son los principales afectados.

2.2.1. Riesgos higiénicos

Los riesgos higiénicos son aquellos que implican un daño en la salud del trabajador ocasionado principalmente por la exposición ambiental. Los riesgos higiénicos pueden ser agentes físicos, químicos y biológicos. Los factores de duración e intensidad del contacto son parámetros primordiales que incluir en la Evaluación de Riesgos (EVR) de los centros de trabajo donde existan riesgos higiénicos (Baraza et al., 2014).

La exposición a diisocianatos representa un riesgo higiénico debido a su presencia en determinados ambientes de trabajo siendo clasificado como un agente químico. La manipulación de los diisocianatos sin utilizar medidas preventivas adecuadas puede originar efectos potencialmente dañinos para la salud de las personas expuestas a este tipo de sustancias con un contenido significativo en el ambiente.

Los contaminantes presentes en los lugares de trabajo y en los productos químicos utilizados que pueden afectar a la salud de los trabajadores pueden llegar a derivar en enfermedades profesionales. La exposición persistente a los diisocianatos implica el incremento de la probabilidad de contraer una enfermedad profesional cuyo grado de complicación dependerá de diversos factores. Los factores más relevantes por considerar en el desarrollo de las enfermedades profesionales son: los niveles de exposición, el tiempo de exposición, la periodicidad de la exposición, factores específicos relacionados con la salud y predisposición de cada trabajador.

2.2.2. Vías de entrada

Las principales vías de entrada son la vía inhalatoria y la dérmica. Sin embargo, siendo las principales no son las únicas ya que podría ser ingerido el producto existiendo así la vía oral. La vía oral es la menos probable en este tipo de exposiciones ya que las situaciones de ingesta suelen ser las menos habituales. En este último supuesto el riesgo es potencial para los niños y animales debido a la falta de consciencia y conocimientos acerca de los peligros que representa la ingesta de productos químicos. Por tanto, se tendrán en cuenta las dos principales vías que serían la inhalatoria y la dérmica para su evaluación con respecto a la exposición de los trabajadores y usuarios finales.

- **Vía inhalatoria:** resulta ser la vía la cual puede desencadenar a largo plazo una grave enfermedad profesional que sería el asma laboral, entre otras patologías. El impacto dependerá de múltiples factores como se ha reiterado. Los vapores orgánicos emanados cuando se abren los envases y la manipulación sin medidas preventivas adecuadas resultan ser el principal riesgo. Dichos vapores suelen ser identificables debido al olor característico de ciertos productos que contienen diisocianatos, como por ejemplo, las espumas de poliuretano. Cuando el olor no resulta perceptible el riesgo de la exposición aumenta, sobre todo si se complementa con una escasa o nula formación preventiva frente a riesgos químicos.

Sin embargo, la percepción del olor dependerá de cada persona, pudiendo interferir ciertas enfermedades y afecciones en la pérdida de olfato como son: la diabetes, el Alzheimer, sinusitis aguda, etc. (*Pérdida Del Olfato (Anosmia)*, 2019). Los trabajadores que

son fumadores habituales su capacidad de distinguir los olores se ve reducida debido a la continua exposición al humo, perdiendo la capacidad olfativa.

- **Vía dérmica:** el contacto directo de la piel con los diisocianatos puede ocasionar sensibilidad dérmica produciendo una serie de patologías a corto y largo plazo. Las reacciones que producen los compuestos que contienen diisocianatos en la salud mediante un contacto directo suelen ser la irritación, inflamación, dolor y enrojecimiento de la zona afectada. Cuando la exposición es prolongada puede desencadenarse la dermatitis alérgica por contacto.

2.3. Referencias sobre siniestralidad

Los efectos nocivos sobre la salud a causa de los diisocianatos están relacionados directamente al nivel de exposición, y principalmente, a la periodicidad. Los niveles de exposición durante periodos de tiempo prolongados añadiendo factores genéticos y los hábitos (como la alimentación, fumar habitualmente, consumo de bebidas alcohólicas, consumo de drogas, estilo de vida, etc.) son elementos determinantes para desembocar en un grave problema para la salud de los afectados. El efecto más perjudicial sobre la salud de la exposición a los diisocianatos del cual se tiene constancia es el desarrollo de asma ocupacional (CDC - Publicaciones De NIOSH - Prevención De Asma Y Muertes Por Exposición a Diisocianatos (96-111), n.d.)

Debido a la escasa documentación referente a la siniestralidad ocasionada por la exposición a los diisocianatos, actualmente en España no existe un estudio o informe específico. Sin embargo, en el informe sobre el *Asma Laboral* elaborado por el Grupo de Trabajo de Salud Laboral de la Comisión de Salud Pública del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud se hace mención a los isocianatos y diisocianatos.

El asma profesional representa una obstrucción bronquial reversible debido a la hiperactividad en los bronquios ocasionada por la exposición a los agentes capaces que desencadenan dicha reacción. El asma en España se sitúa entre el 5-14% de la población total, de los cuales entre un 2-15% corresponderían al asma profesional. El asma profesional y el desarrollo de un país se encuentran conectados debido al incremento en la industrialización, lo cual conlleva a un mayor riesgo de exposición a los agentes capaces de producir asma (COMISIÓN DE SALUD PÚBLICA CONSEJO INTERTERRITORIAL DEL SISTEMA NACIONAL DE SALUD, 2000).

Los trabajadores con mayor riesgo a la exposición de diisocianatos se encuentran en la industria química, principalmente en las fábricas de poliuretanos, esmaltes, espumas y pinturas. En el sector de la construcción también predomina la presencia de los diisocianatos, sobre todo en la

aplicación de los productos que contienen dicho componente. El asma profesional ocasionado por la exposición a isocianatos y diisocianatos es elevada a pesar de las medidas preventivas propuestas como son: utilizar compuestos menos volátiles, mejorar los sistemas de ventilación o emplear bloqueadores químicos. La incidencia se debe a que en muchos casos los valores límites establecidos son superados, mayoritariamente en las empresas que disponen de bajos recursos económicos para poder afrontar las medidas preventivas indicadas (COMISIÓN DE SALUD PÚBLICA CONSEJO INTERTERRITORIAL DEL SISTEMA NACIONAL DE SALUD, 2000).

De todos los diisocianatos que existen en el mercado el diisocianato de tolueno resulta ser el compuesto del cual se pueden encontrar mayor número de estudios, al ser uno de los compuestos principales en multitud de productos. Los efectos perjudiciales como se ha indicado son el asma profesional, la bronquitis crónicas y enfermedades cutáneas como se detallarán en el siguiente capítulo. En comparación con el diisocianato de tolueno el diisocianato de difenilmetano se considera el menos dañino para la salud debido a su baja volatilidad siendo considerado menos nocivo. La baja volatilidad del MDI dificulta su dispersión y, por tanto, su exposición por vía aérea (Santolaya Martínez, 1999). El desarrollo de asma profesional por exposición a diisocianatos tiene un carácter reversible hasta cierto punto, si no se evita el contacto la enfermedad profesional puede convertirse en crónica e irreversible, agravando sus efectos perjudiciales con cada contacto posterior.

Para reducir los niveles de exposición se indica que el Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria (VLA-ED) deberá limitarse a 0,005 ppm como máximo. Si el VLA-ED llegara a sobrepasar el valor indicado el riesgo de enfermedad pulmonar crónica se vería incrementado debido a la concentración. El cáncer de pulmón podría estar relacionado con la exposición a concentraciones altas de diisocianatos de manera continuada tras observarse en Estados Unidos la relación entre los trabajadores en fábricas de espumas de poliuretano y el aumento del cáncer de pulmón en dichos trabajadores. Los estudios todavía no son relevadores (COMISIÓN DE SALUD PÚBLICA CONSEJO INTERTERRITORIAL DEL SISTEMA NACIONAL DE SALUD, 2000).

Con respecto a las bajas médicas, en la página web del Ministerio de Trabajo y Economía Social se encuentran los Anuarios de Estadísticas. El informe del año 2023 todavía no se encuentra disponible para poder consultar los resultados, pero sí se encuentran publicados los del año 2022. En el informe disponible del año 2022 se encuentran entre las Enfermedades profesionales causadas por agentes químicos los isocianatos. Según los datos recogidos en la tabla durante el año 2022 se registraron un total de 18 reportes, siendo 8 con baja y 10 sin baja. Los 8 con baja médica 5 fueron varones y 3 mujeres, en el caso de los 10 sin baja los datos indican 9 casos fueron varones 1 mujer. Se debe recordar que durante el año 2022 debido a la pandemia numerosos trabajos fueron pospuestos, por tanto, los datos obtenidos durante dicho año no resultan relevadores pudiendo aumentar los casos de bajas médicas (Ministerio de Trabajo y Economía Social, n.d.).

3. RIESGOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

Los diisocianatos son compuestos sensibilizantes, es decir, que su contacto prologando por inhalación o por vía cutánea puede ocasionar hipersensibilidad. De manera gradual el daño a la salud se incrementa correlacionado con el nivel de exposición, produciendo una disminución de la tolerancia hacia el producto (Prevención, 2024).

3.1. Riesgos generales

Los riesgos generales a causa de la exposición a los diisocianatos se relacionan con los riesgos comunes en el uso de productos químicos. En las hojas de seguridad de los productos se debe indicar los riesgos en la *sección 2: Identificación del peligro* donde se añadirán los pictogramas de seguridad correspondientes y las *Frases de riesgo (R)* donde se detallan los riesgos a los que se expone el usuario al utilizar el producto.

Como riesgos generales se indican los ocasionados en caso de accidente, los cuales serían: riesgo de ingesta, riesgo de contacto con la piel, riesgo de contacto con los ojos y riesgo de contacto directo con heridas. Son riesgos generales ya que son compuestos químicos y su contacto representa un daño a la salud del trabajador, principalmente en los casos de accidente. Los vapores de isocianatos producen irritación en las vías respiratorias.

Las concentraciones elevadas producen sensación de opresión en el pecho, pueden provocar bronquitis y broncoespasmos. La exposición a concentraciones altas podría producir un edema pulmonar (Guasch Farrás & Luna Mendaza, 1985). Los edemas pulmonares representan la acumulación anormal de líquido en los pulmones. El líquido en el interior de los pulmones se acumula en las bolsas de aire dificultando así la respiración. Los tipos de edemas pulmonares que surgen de manera repentina son los agudos, los cuales están clasificados como una emergencia clínica. En función de la gravedad y si no se recibe atención médica adecuada un edema pulmonar puede ocasionar la muerte (*Edema Pulmonar - Síntomas Y Causas - Mayo Clinic, 2022*).

3.2. Riesgos específicos

Dentro de los riesgos específicos de los diisocianatos se debe destacar el asma profesional como uno de los más relevantes y perjudiciales para la salud. El Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacionales advierte del peligro que representan los diisocianatos para la salud de los trabajadores, pudiendo desencadenar en asma debido a la exposición ocupacional prolongada (*CDC - Publicaciones De NIOSH - Prevención De Asma Y Muertes Por Exposición a Diisocianatos (96-III)*, n.d.).

La irritación debido a los vapores de isocianatos y diisocianatos produce un efecto agudo en los ojos, nariz y garganta. Dicha irritación puede ocasionar un lagrimeo en los ojos, dificultad respiratoria y sensación de ardor en la tráquea (Preventiva, 2023). Los síntomas pueden ser confundidos con otro tipo de enfermedades respiratorias, los principales inconvenientes para reducir la exposición es la falta de información, de medios para identificar los niveles de exposición y de procedimientos de trabajo seguro para el manejo de productos químicos que contengan diisocianatos.

3.2.1. Sensibilización respiratoria

Los diisocianatos están reconocidos como sensibilizantes respiratorios. La exposición prolongada a los diisocianatos puede derivar en asma ocupacional en aquellas personas no sensibilizadas, pudiendo también incrementar los síntomas en las que previamente se encuentren ya sensibilizadas (Preventiva, 2023). El asma ocupacional es una de las enfermedades profesionales con mayor incidencia en los países desarrollados y en vías de desarrollo impulsado por el crecimiento económico, produciendo un incremento en diversos sectores como, por ejemplo, el industrial. El asma es una enfermedad la cual se caracteriza por el estrechamiento de las vías respiratorias dificultando así la entrada de oxígeno. Para los trabajadores con sensibilización tipo asmática no se ha determinado un nivel de concentración seguro, debido a las reacciones perjudiciales que ocasiona la mínima exposición a los diisocianatos.

Resulta ser una enfermedad difícil de controlar debido a la falta de procedimientos para medir la exposición, estudios sobre el asma profesional por diisocianatos y parámetros establecidos como los límite de exposición. A día de hoy no existe en los casos de personas ya sensibilizadas un nivel de concentración establecido como seguro. La desinformación acerca de los productos que producen asma conlleva una exposición prolongada debido a la confianza y falta de medidas preventivas para reducir el riesgo.

Como ya se ha mencionado el efecto más nocivo para la salud que puede ocasionar la exposición a los diisocinatos es el asma ocupacional. El asma ocupacional ha aumentado en los

últimos años en los países desarrollados y en vías de desarrollo principalmente debido al aumento de la industrialización, y por tanto, a la exposición de vapores y gases tóxicos que se originan en los procesos de transformación. Hay que diferenciar entre los casos donde ya el trabajador ha sido diagnosticado con asma y sus síntomas se agravan por causa de la exposición periódica (asma exacerbada por la exposición laboral), y aquellos casos donde la enfermedad se desarrolla en el trabajo debido a la exposición de los agentes químicos sensibilizantes.

La falta de medidas preventivas y equipos para un diagnóstico precoz eficaz aumentan los casos de asma ocupacional. La falta de formación específica sobre diisocianatos e isocianatos por el personal médico conlleva otro punto que no se suele considerar a la hora de realizar un diagnóstico más certero, ya que el asma profesional en los ambientes de trabajo como el sector de la construcción puede ser desencadenado por diversos agentes distintos a los diisocianatos como, por ejemplo, el polvo de serrín.

La principal manifestación del asma profesional suele ser por síntomas de rinoconjuntivitis la cual conlleva una inflamación de las mucosas nasales, picor en los ojos, lagrimeo y enrojecimiento de párpados entre otros. El asma produce un estrechamiento en las vías respiratorias limitando así el flujo del aire, con el consecuente riesgo de derivar en una posible asfixia, desencadenando así la hipoxia (falta parcial de oxígeno al cerebro) o una anoxia (falta total de oxígeno al cerebro) pudiendo llegar a producir la muerte en función de la duración de la falta de oxígeno al cerebro, o un daño permanente irreversible en el tejido cerebral (*Tratamiento Neurorrehabilitación De Anoxia Cerebral - Lescer, n.d.*).

La neumonitis química es otra patología que se puede desencadenar por la exposición a los diisocianatos. Se produce por la irritación de los pulmones a causa de sustancias irritantes o tóxicas, desarrollándose una inflamación de los pulmones haciéndolos más vulnerables a las posibles infecciones bacterianas. Sus principales síntomas son tos, sensación de ahogo, fiebre, molestias torácicas y dificultad respiratoria (Sethi, 2023). El pronóstico suele ser favorable cuando se evita y/o limita la exposición frente a la sustancia que causa la irritación.

Los diisocianatos pueden ocasionar edemas pulmonares en ciertos casos. Los edemas pulmonares son la afección causada por un exceso de líquido acumulado en las bolsas de aire en el interior de los pulmones. El líquido dificulta la respiración y por tanto puede ocasionar una emergencia médica ya que podría causar la muerte debido a la falta de oxígeno. Los principales síntomas incluyen dolor de cabeza, tos seca, dolor en el pecho, fiebre, dificultad respiratoria y taquicardia. Si el edema pulmonar es repentino se deberá acudir inmediatamente a urgencias ya que puede ocasionar la muerte debido a la falta de aire (*Edema Pulmonar - Síntomas Y Causas - Mayo Clinic, 2022*).

Los edemas pulmonares asociados a la exposición a diisocianatos poseen el inconveniente de manifestar los síntomas normalmente pasadas algunas horas, agravándose sus efectos con el esfuerzo físico. Por tanto, no existe una manera inmediata de percatarse de la exposición salvo por la percepción del olor característico de los productos que contienen diisocianatos como es el calor de los poliuretanos cuyo olor es fácilmente reconocible.

3.2.2. Sensibilización cutánea

La exposición por contacto directo a los diisocianatos también puede desencadenar una sensibilización cutánea derivando en dermatitis alérgica. Los estudios que se han llevado a cabo recientemente apuntan a la relación de diversas sintomatologías y la exposición a productos que contienen diisocianatos. Dicha sintomatología varía en función de la sensibilización de los productos utilizados y factores subjetivos de cada individuo. Las reacciones que se han registrado como las más frecuentes son: dermatitis alérgica, urticaria aguda, estomatitis y angioedemas (Di Prisco, 2017).

Hay que resaltar que desde hace años se conocen los efectos perjudiciales de los isocianatos y diisocianatos para la dermis. La frase *EUH-204 - Contiene isocianatos. Puede provocar una reacción alérgica*, nos indica del peligro advirtiendo a los usuarios. Las frases EUH son frases de riesgo utilizadas en el antiguo Reglamento Europeo de clasificación y etiquetado (BOE-A-1995-13535) (Santos et al., 2009).

La presencia de brotes de urticaria intermitentes pueden ser un síntoma de la sensibilización cutánea tras una exposición directa a productos que contengan diisocianatos, siendo un factor de alerta para tomar medidas preventivas y reducir el tiempo de posteriores exposiciones. A continuación, se detallan las enfermedades más frecuentes que pueden ser desarrolladas debido a la exposición prolongada a los diisocianatos.

El angioedema suele aparecer principalmente en la cara y los labios causando hinchazón en las zonas del tejido subcutáneo. Las causas de su aparición son diversas y entre ellas se encuentra la reacción a ciertas sustancias desencadenantes como son los diisocianatos. Siendo la cara y los labios las principales zonas afectas, también puede hincharse la garganta, el tubo digestivo y las vías respiratorias. Su sintomatología se presenta con urticaria, aunque al ser la hinchazón en las capas más profundas de la piel puede no desencadenar el prurito (la sensación de picazón la cual produce el deseo de rascarse la piel) (Fernández, 2023). En función de la gravedad se podrá notar a simple vista si el trabajador tiene angioedemas debido a la hinchazón de las zonas indicadas.

La dermatitis alérgica se manifiesta en forma de sarpullido el cual provoca picazón en la zona que ha estado en contacto directo con la sustancia sensibilizante. En ocasiones el sarpullido suele aparecer días posteriores a la exposición. Al no ser inmediata en algunos casos la manifestación

de la alergia puede no relacionarse con la exposición en el trabajo a los diisocianatos, siendo esta su causa principal (*Dermatitis De Contacto - Síntomas Y Causas - Mayo Clinic, 2023*). La duración del sarpullido puede variar en función del tipo de sustancia, exposición y del sistema inmunológico de cada trabajador.

Para poder identificar de manera adecuada la dermatitis alérgica por causa de la exposición a los diisocianatos se deberá conocer los efectos que produce. La dermatitis se detecta principalmente al aparecer un sarpullido con picazón, aunque también la hiperpigmentación puede ser otro efecto apareciendo manchas de color más oscuro. Se notará la piel seca, agrietada y escamosa. En ocasiones puede aparecer bultos y ampollas.

La sustancia sensibilizante a largo plazo daña la capa protectora externa de la piel induciendo a la dermatitis. Es por tanto, imprescindible utilizar los medios y las medidas preventivas adecuadas para reducir la exposición. A modo general los trabajadores expuestos continuamente a los diisocianatos pueden terminar desarrollando la sensibilidad cutánea incluso en pequeñas cantidades. A diferencia de la dermatitis la urticaria aguda, la dermatitis suele desaparecer en cuestión de días. Se manifiesta en forma de ronchas de color rojo.

Otra patología que puede desencadenar la exposición a los diisocianatos como se ha comentado es la estomatitis. La estomatitis puede aparecer como edemas y enrojecimientos en la mucosa bucal o como úlceras bucales. Las lesiones en la mucosa bucal conllevan a la dificultad en la alimentación debido a los dolores producidos durante la ingesta de alimentos. El origen de la estomatitis es diverso, no obstante, en el caso de los diisocianatos se trataría de una reacción alérgica (Hennessy, 2023).

En el caso de la exposición a los diisocianatos en el sector de la construcción la posibilidad de contacto directo de los productos mediante la ingesta es remota. No obstante, la exposición directa y continua de los vapores a las vías respiratorias superiores como es la cavidad bucal de los trabajadores podría inducir a este tipo de patologías.

Con relación a los diisocianatos y su posible carcinogenicidad el 2,4-diisocianato de tolueno (TDI) está determinado como posible sustancia cancerígena tras su ingesta en seres humanos según el Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos (DHHS). Por otro lado, el Programa Nacional de Toxicología de Estados Unidos ha incorporado en el listado al TDI como un cancerígeno potencial tras los resultados obtenidos. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (sus siglas en inglés son IARC), mediante estudios orales con animales se obtuvieron resultados donde mostraban la relación en el desarrollo del cáncer debido al TDI.

Los ensayos que se llevaron a cabo se realizaron con ratas y ratones a los cuales se les había administrado por alimentación oral forzada dosis elevadas de TDI. Se comprobó que efectivamente

desarrollaron el tumor benigno, no obstante, por inhalación no presentaron formaciones de tumores (*Efectos A la Salud Por Diisocianatos: Orientación Para el Personal Médico*, s. f.). Extrapolado a los seres humanos podría intuirse que el desarrollo de cáncer por exposición a elevadas concentraciones de 2,4-diisocianato de tolueno podría ser posible, no habría que descartar este riesgo en el uso de productos que contengan este tipo de diisocianato.

3.3. El caso de los alineadores transparentes Invisalign

En los últimos diez años los alineadores transparentes para corregir los defectos en la dentadura han sido la opción preferida de quienes no desean mostrar los conocidos aparatos metálicos para la alineación y corrección de los dientes. Una medida estética que ha ido ganando terreno frente a los aparatos metálicos tradicionales, los cuales eran fácilmente visibles.

Los alineadores transparentes Invisalign han sido la opción deseada por muchos pacientes. Los estudios a su favor promueven su uso debido a los beneficios que aporta, principalmente a nivel estético. No obstante, hay pocos estudios acerca de los efectos adversos asociados al uso de este tipo de alineadores, de los cuales se han reportado casos de sus efectos perjudiciales para la salud en ciertos pacientes. Debido al escaso número de estudios y ensayos que demuestren los efectos perjudiciales en el uso de los alineadores Invisalign, los datos y evidencias se han obtenido a partir de los reportes clínicos publicados tras el uso de Invisalign.

Se notificaron episodios al personal sanitario sobre los efectos adversos en pacientes que experimentaron los siguientes efectos: dificultad para respirar, dolor de garganta, inflamación de la garganta, inflamación de la lengua, urticaria, anafilaxis, labios hinchados, sensación de cierre de la garganta/vía aérea, dolor en el pecho, tos, náuseas, dificultad para tragar, boca seca, dolor de cabeza, hinchazón de los ojos, ampollas o llagas en los labios, fatiga, ardor en la lengua, ampollas o ulceraciones en la lengua e hinchazón de las encías. Los efectos fueron notificados en función de cada tipo de paciente y de su percepción (Formoso et al., 2017).

La relevancia sobre el caso de los alineadores transparentes Invisalign deriva en su composición. Dichos alineadores están compuestos por poliuretanos e isocianato. Un estudio relacionado con los alineadores Invisalign demostró que las células epiteliales orales expuestas al eluyente de los alineadores presentaban un aumento de muerte celular. No obstante, debido a las limitaciones y los resultados no se ha podido establecer la causa-efecto (Formoso et al., 2017).

El caso de los alineadores Invisalign representa uno de muchos de los efectos perjudiciales que ocasionan la exposición y el contacto prolongado a los isocianatos y diisocianatos. La falta de estudios, información y ensayos resulta ser un impedimento para el avance en la demostración de los efectos perjudiciales de los materiales y productos que contienen dichos compuestos químicos.

Los alineadores invisibles representan un ejemplo entre muchos otros sobre los efectos perjudiciales de los compuestos cuyo contenido en diisocianatos es considerable. La exposición prolongada causa este tipo de sensibilización ocasionando un daño en la salud el cual puede derivar en problemas más graves. En el sector de la construcción la similitud con el caso de los alineadores Invisalign es cercana aunque no extrapolable ya que los productos manipulados no se ingieren, por tanto, las vías de entrada y el tiempo de exposición son totalmente diferentes.

4. NORMATIVA

4.1. Normativa legal

4.1.1. Directiva 98/24/CE

La Directiva 98/24/CE del Consejo representa la norma europea relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. Dicha Directiva publicada en 1998 su principal objetivo es promover la seguridad en los lugares de trabajo para mejorar el nivel de protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos químicos. La seguridad, salud e higiene de los trabajadores se consideran los requisitos fundamentales por encima de las consideraciones puramente económica según se indica en la Directiva (DOUE-L-1998-80770).

El empresario debe evaluar cualquier riesgo a los que estén expuestos los trabajadores por la presencia de agentes químicos que pudieran ocasionar un daño a la salud, como dicta el artículo 4 de la Directiva 98/24/CE. También debe llevar a cabo evaluaciones y mediciones periódicas para conocer los avances en la tecnología referente a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores tal como indica el punto número 18 del artículo 118A en el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea (DOUE-L-1998-80770).

4.1.2. REACH

El Reglamento de la Unión Europea cuyo nombre es Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de las Sustancias y Preparados Químicos (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals* en inglés y sus correspondientes siglas REACH) o Reglamento (CE) n° 1907/2006 entró en vigor el 1 de junio de 2007, su principal objetivo se trata de mejorar la protección de la salud humana y el medioambiente frente a los riesgos producidos por los productos químicos. Otro de sus objetivos sería el de potenciar la competitividad en la Unión Europea de la industria química y su promoción (REGLAMENTO REACH, n.d.).

El REACH se puede aplicar a cualquier producto químico independientemente de su procedencia, por ejemplo, productos utilizados en procesos industriales, de limpieza, pinturas, muebles, dispositivos electrónicos, etc. Es de aplicación para cualquier sustancia química. El número de organizaciones a las que afecta el REACH en la Unión Europea involucra a una gran multitud (*REACH*, n.d.). En el etiquetado del producto se debe incluir la identificación de peligro con su correspondiente pictograma actualizado, consejos de prudencia de prevención, consejo de prudencia de respuesta y consejos de prudencia de eliminación para evitar efectos perjudiciales en el medioambiente (*Reglamento REACH CLP Para El Etiquetado De Sustancias Peligrosas*, n.d.).

4.1.3. Reglamento (UE) 2020/1149

El Reglamento (UE) 2020/1149 de la Comisión, 3 de agosto de 2020, incluye la modificación del REACH en lo referente a los diisocianatos en su Anexo XVII de la normativa inicial del Reglamento (CE) nº 1907/2006. La nueva restricción que entró en vigor el 23 de agosto de 2020 (veinte días posteriores a la publicación en el Diario Oficial de la Unión Europea) con respecto al uso de productos que contengan más de un 0,10% en peso de diisocianatos en su fabricación.

En la actual modificación el Reglamento (UE) 2020/1149 incluye el reconocimiento y la clasificación de los diisocianatos como sensibilizantes respiratorios y cutáneos, ambos clasificados como categoría 1 según indica el Reglamento (CE) nº 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas. En el texto normativo se expone la preocupación por el asma profesional en la Unión Europea debido a la exposición a los diisocianatos.

Otro punto relevante del Reglamento (UE) 2020/1149 es la formación obligatoria para el uso de productos que contengan más de un 0,10% en peso de diisocianatos. Según el nivel de exposición de la persona se dividirá en tres niveles formativos. El valor superior a 0,10% en peso ha sido seleccionado por el Comité de Evaluación de Riesgos (CER) de los datos dispuestos en el Reglamento (CE) nº 1272/2008 para la clasificación de los diisocianatos como sensibilizantes respiratorios de categoría 1. La formación comenzó a ser obligatoria a partir del 24 de agosto de 2023, cuya renovación deberá realizarse cada cinco años. El objetivo de la formación es restringir el uso de los diisocianatos para aplicaciones industriales y profesionales donde se cumplan unas medidas preventivas adecuadas, y a su vez se disponga de la formación adecuada para manipularlos de la manera más segura.

El Reglamento (UE) 2020/1149 en la primera página en el punto número 3 indica una sugerencia sobre el deber de divulgación por parte de la cadena de suministros y operadores que comercialicen sustancias que puedan tener más de un 0,10% en peso de diisocianatos al ser responsables de que el consumidor final del producto disponga de la formación indicada en el mismo reglamento. Por ello hace referencia a la necesidad de divulgar la formación e indicar en las etiquetas de los productos el requisito de tener la formación mínima obligatoria indicada en la normativa.

El requisito de la formación obligatoria la cual todo trabajador deberá disponer para manipular los diisocianatos ha sido señalada y respaldada por el CER. La formación tiene como objetivo el conocimiento de los peligros y riesgos en la manipulación de los diisocianatos, así como conocer los procedimientos de trabajo seguro para limitar la exposición, incluido el uso correcto de los Equipos de Protección Individual entre otros aspectos. La nueva restricción también afectaría al etiquetado de los productos químicos que contengan más de un 0,10% en peso de diisocianatos, lo cual deberá indicarse en su envase. Además, de añadir el requisito de la formación obligatoria para la manipulación de este tipo de productos en el etiquetado (Preventiva, 2023).

4.1.4. Real Decreto 374/2001

El Real Decreto 374/2001, trata sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. En dicho Real Decreto se mencionan los Límites de Exposición Profesional (conocido por sus siglas LEP) o también conocidos como los Valores Límite Ambientales. El Valor Límite Ambiental es aquel valor de referencia que indica la concentración máxima permisible de agentes químicos en la zona de respiración del trabajador. Los valores de Límite de Exposición Profesional de referencia para el control de los riesgos a agentes químicos son los publicados por el INSST (BOE-A-2001-8436).

La base de datos oficial de España para conocer los Límites de Exposición Profesional 2024 para los agentes químicos del INSST es <https://bdlep.insst.es/LEP/index.jsp?nav=LEP>. En dicha página se pueden encontrar los valores indicados por el INSST del Límite de Exposición Profesional para los diisocianatos e isocianatos. En los datos se tienen dos valores el VLA-ED y el VLA-EC, donde el VLA-ED es la concentración media diaria de exposición al agente químico para una jornada laboral de 8 horas diarias y VLA-EC es el Valor Límite Ambiental de corta duración de aproximadamente un periodo de 15 minutos salvo otras indicaciones (Santolaya Martínez, 1999). Se adjunta tabla obtenida de documento publicado por el INSST sobre los Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2024.

Tabla 2. Límites de Exposición Profesional 2024

Nº CE	Nº CAS	Agente químico	Valores Límite				Indicaciones de peligro (H)
			VLA-ED		VLA-EC		
			ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	
225-863-2	5124-30-1	Diisocianato de 4,4'-diciclohexilmetano	0,01	0,055	-	-	331-319-335-315-334-317
202-966-0	101-68-8	Diisocianato de 4,4'-difenilmetano (MDI)	0,01	0,052	-	-	351-332-373-319-335-315-334-317
212-485-8	822-06-0	Diisocianato de 1,6-hexametileno (HDI)	0,01	0,035	-	-	331-319-335-315-334-317
4098-71-9	-	Diisocianato de isoforona	-	-	-	-	-
221-641-4	3173-72-6	Diisocianato de 1,5-naftileno	0,01	0,043	-	-	330-319-335-315-317-334-412

209-544-5	584-84-9	Diisocianato de 2,4-tolueno (TDI)	0,01	0,036	0,02	0,14	351-330-319-335-315-334-317-412
202-039-0	91-08-7	Diisocianato de 2,6-tolueno	0,01	0,036	0,02	0,14	351-330-319-335-315-334-317-413

Nota 6. Tabla elaboración propia, datos del INSST (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST], 2024)

La Nota Técnica de Prevención que menciona los valores Límite de Exposición Profesional es la NTP 526 donde se encuentra una breve exposición con referencia a los valores límite referentes en la Unión Europea y en España. La Directiva 98/24/CE mencionada anteriormente define el Valor Límite de Exposición Profesional como “límite de la concentración media ponderada cronológicamente en el tiempo de un agente químico en el aire en la zona de respiración de un trabajador con relación a un período de referencia específico”.

Los valores de LEP indicados en la NTP 526 son indicativos, esto quiere decir que los miembros de la Unión Europea deben tenerlos en cuenta en sus respectivas legislaciones nacionales. En el cuadro 1 de la NTP donde aparece un listado de agentes con LEP se observa que no aparecen los isocianatos y diisocianatos, considerando su fecha de publicación en el año 1999 se requeriría de una actualización (Huici Montagud & Ferrer Panzano, 1999).

Los valores LEP son de referencia para evaluar y controlar los riesgos a los agentes químicos, principalmente por vía inhalatoria, en los respectivos puestos de trabajo. Sirven de ayuda para proteger al trabajador, pero en ningún caso constituyen una barrera definida de separación entre situaciones seguridad y peligrosas.

4.1.5. Real Decreto 363/1995

El Real Decreto 363/1995 (el cual deroga al Real Decreto 2216/1985) aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas. Nos indica que resulta esencial etiquetar correctamente los productos de manera identificativa. Como indica el Reglamento (UE) 2020/1149 de la Comisión las sustancias que contengan más de un 0,10% en peso de concentración en diisocianatos deberán indicarlo en su etiqueta. Además, también se deberá indicar la obligatoriedad de la formación en el uso de productos que contengan un 0,10% en peso de diisocianatos, con su respectivo pictograma de peligro (BOE-A-1995-13535).

4.2. Normativa técnica

La normativa técnica con respecto a los diisocianatos se encuentra en parte reflejada en las Notas Técnicas de Prevención (NTP) publicadas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en

el Trabajo. La iniciativa comenzó en 1982 cuyo objetivo ha sido servir de consulta y difundir las medidas preventivas. Las NTP sirven de modelo para las buenas prácticas, no son obligatorias (a no ser que esté indicado en la normativa). Por tanto, se recomienda su lectura para ampliar la información e implementar mejoras con respecto a la seguridad y la salud en el trabajo.

Actualmente el INSST cuenta con 1.190 Notas Técnicas de Prevención, de las cuales solamente son cuatro las referentes a los isocianatos. Con relación a los diisocianatos e isocianatos están publicadas las siguientes notas técnicas por orden cronológico de publicación: NTP 58: Toma de muestras de 2,4-toluendiisocianato (TDI) (año 1983), NTP 116: Toma de muestras de metilen-bis-4-fenil-isocianato (MDI) (año 1984), NTP 148: Riesgos higiénicos por isocianatos (año 1985) y NTP 535: Isocianatos: control ambiental de la exposición (año 1999) (*Notas Técnicas De Prevención - NTP - Portal INSST - INSST*, n.d.).

Con referencia a los isocianatos y diisocianatos las dos primeras NTP publicadas en el año 1983 y 1984 han sido la determinación de los métodos en la toma de muestras de los compuestos TDI y MDI respectivamente. Sin embargo, no indican los riesgos específicos de la exposición. Al ser un compuesto químico presente en múltiples productos (principalmente construcción) resulta escasa la información de la cual se dispone para poder implementar medidas preventivas adecuadas y eliminar y/o combatir el riesgo. Con la actualización de la normativa legal se debería también incorporar las NTP actualizadas para los diisocianatos e isocianatos.

4.2.1. Límites de Exposición Profesional

En el documento *Parte 3: "Higiene industrial"* del temario para el ingreso a la Escala de Titulados Superiores del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo se encuentran una serie de definiciones y referencias a normativas relevantes.

En el Real Decreto 374/2001, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, se definen una serie de parámetros cuya principal función es la valoración y evaluación de la exposición por inhalación a los agentes químicos perjudiciales para la salud midiendo su concentración en el aire (BOE-A-2001-8436). La medición de la concentración es un valor cuantitativo el cual se obtiene de la zona de respiración del trabajador durante un tiempo determinado (INSST, 2022).

Los Valores de Límite de Exposición Profesional según indica el Real Decreto 374/2001 serán utilizados los valores indicados en el documento "*Límites de Exposición Profesional para agentes químicos en España*" elaborado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Dichos valores son de aplicación exclusivamente para valorar la exposición de los trabajadores a los agentes químicos, sin ninguna otra aplicación particular (INSST, 2022).

Para el Valor Límite Ambiental se encuentran dos tipos el VLA-ED que sería el Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria. El valor que se obtiene sería la concentración máxima a la que un trabajador podría estar expuesto durante una jornada laboral diaria de 8 horas, 40 horas semanales durante toda la vida laboral sin sufrir daños en la salud. El segundo tipo sería el VLA-EC que representa el Valor Límite Ambiental-Exposición de Corta Duración, calculado para periodos de 15 minutos de exposición durante una jornada laboral. Hay ciertos compuestos que tienen un VLA-ED definido, pero no disponen de un VLA-EC (INSST, 2022).

El INSST recomienda la valoración y el control de los VLA-EC por encima de los VLA-ED debido a las fluctuaciones durante la jornada laboral, resulta más fiable y certero el valor de una exposición corta (INSST, 2022).

La toma de muestras y análisis de las mismas debe implicar un estimación válida y representativa de los valores reales. El artículo 3.5 del Real Decreto 374/2001 describe el contenido del proceso para la medición de las concentraciones ambientales, los puntos de dicho proceso son: estrategia de muestreo (evaluando los costes), toma de muestras, análisis químico de las muestras, tratamiento de datos y comparación, conclusiones sobre el riesgo (BOE-A-2001-8436). Referente a la toma de muestras se encuentra también la norma UNE-EN 689 “*Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional*” no es obligatoria, pero resulta ser una guía de apoyo para la mejorar la toma de muestras (INSST, 2022).

4.2.2. NTP 58 – Toma de muestras de 2,4-toluendiisocianato (TDI)

La primera Nota Técnica de Prevención publicada por el INSST en 1983 referente a los diisocianatos es la número 58. En dicha NTP se describe el método para la toma de muestra y conservación de las mismas del compuesto 2,4-toluendiisocianato (conocido por sus siglas como TDI). Dicho método tiene sus inconvenientes y limitaciones, además de tener en cuenta los medios de los cuales se disponía en la fecha de la publicación. La inexactitud es uno de los cuales se refleja en la NTP y su almacenamiento para evitar pérdidas de las muestras (Guasch Farrás & Luna Mendaza, 1983). Los métodos de análisis en los laboratorios han evolucionado gracias a los avances en la tecnología, investigaciones y metodologías de trabajo, pudiendo mejorar la exactitud, rapidez y facilidad en los métodos analíticos.

4.2.3. NTP 116 – Toma de muestras de metilen-bis-4-fenil-isocianato (MDI)

Al igual que la NTP 58 la 116 publicada en 1984 expone el método para la toma de muestras, transporte y conservación en este caso del compuesto metilen-bis-4-fenil-isocianato (MDI). Para

ambos compuestos resulta necesario el uso del espectrofotómetro UV-Visible o un colorímetro a 555nm. El método está limitado para determinar concentraciones de hasta 0,02 mg MDI/m³. De manera similar a la NTP 58 se encuentran limitaciones e inconvenientes que reducen la exactitud en la determinación de la concentración del compuesto MDI (Freixa Blanxart, 1984).

4.2.4. NTP 148 – Riesgos higiénicos por isocianatos

Ya en la Nota Técnica de Prevención número 148 publicada en 1985 se encuentran reflejados los riesgos higiénicos de los diisocianatos. El principal objetivo de la NTP 148 es informar acerca de los riesgos a los que se exponen los usuarios al utilizar productos que contengan isocianatos aromático en la industria.

En la NTP 148 se indican los riesgos de la exposición a los diisocianatos por primera vez en una NTP. Los vapores que contienen isocianatos y diisocianatos producen irritación en las vías respiratorias, son sensibilizantes respiratorios y dérmicos. Incluye también los valores establecidos por la American Conference of Governmental Industrial (conocido por sus siglas como ACGIH) donde indica para el TDI y el MDI. Para el TDI el TLV-TWA (el TLV-TWA es el valor promedio por el cual no se tienen efectos perjudiciales para la salud teniendo un contacto durante 8 horas diarias y 40 horas semanales) es de 0,04 mg/m³, mientras que para el MDI es de 0,2 mg/m³ (Guasch Farrás & Luna Mendaza, 1985).

Con respecto a las medidas preventivas se indica el control de la exposición para minimizar la presencia de los vapores en el centro de trabajo. Se establece un orden de preferencia en la realización del control de la exposición de la siguiente manera:

1. Sustituir los productos manipulados en la medida de lo posible por otros con menor riesgo de exposición.
2. Reservar un espacio para realizar los procesos y operaciones que requieran productos que contengan diisocianatos.
3. Disponer de una ventilación exhaustiva del centro de trabajo. En caso de no existir una ventilación natural adecuada, se deberá optar por la extracción mecánica localizada en los focos de emisión de los vapores.
4. Utilizar los Equipos de Protección Individuales adecuados todo el personal próximo a las emisiones de los vapores que puedan verse afectados por los mismos.
5. Establecer un protocolo de buenas prácticas para los operarios y adoptarlos como un hábito de trabajo para reducir el riesgo (Guasch Farrás & Luna Mendaza, 1985).

En la NTP 148 con respecto al tercer punto que sería la ventilación muestra una figura la cual sería una mesa de trabajo con un sistema de extracción incorporado. Dicha mesa con sistema de

extracción de vapores ha sido ideada para pequeñas reparaciones y aplicación manual de adhesivos. El diseño del sistema de extracción mecánico irá en función de las necesidades, el tipo de trabajo y la dirección de los vapores.

4.2.5. NTP 535 – Isocianatos: control ambiental de la exposición

La nota 535 del INSST publicada en 1999 introduce los diisocianatos con mayor presencia en la industria, recordar que son el TDI, MDI y el HDI como se ha mencionado en el capítulo II del presente Trabajo de Fin de Máster. Posteriormente nos indican de manera breve en dos párrafos los efectos sobre la salud que ya se han mencionado en el capítulo III de manera más exhaustiva. Por último, se detallan los Límites de Exposición Profesional y los procedimientos recomendados para la identificación, cuantificación de dichos compuestos los cuales se detallarán a continuación.

Aunque ya se han nombrado anteriormente los Límites de Exposición Profesional en 2024, en la NTP 535 se encuentra reflejado los indicados en 1999. Si se comparan los valores de 1999 descritos en la NTP 535 con los obtenidos por el INSST en 2024 se puede apreciar lo siguiente:

- Para el TDI el VLA-ED en 1999 era de 0,005 ppm (0,036 mg/m³) y el VLA-EC es de 0,02 ppm (0,14 mg/m³). En 2024 el único valor que ha cambiado es el VLA-ED que es de 0,01 ppm (0,036 mg/m³).
- Para el MDI el VLA-ED en 1999 era de 0,005 ppm (0,052 mg/m³). En 2024 el único valor que ha cambiado es el VLA-ED que es de 0,01 ppm.
- Para el HDI el VLA-ED en 1999 era de 0,005 ppm (0,035 mg/m³). En 2024 el único valor que ha cambiado es el VLA-ED que es de 0,01 ppm.

Se puede comprobar que no han sufrido variaciones significativas en los Valores de Límite de Exposición Profesional en 25 años. Podría deberse a falta de estudios y métodos de análisis, escaso interés o simplemente puede ser un valor que ha permanecido estable desde 1999 al no haberse encontrado motivos para su variación (Santolaya Martínez, 1999).

El apartado dentro de la NTP 535 sobre el *control ambiental de la exposición* expone la complejidad de llevar un control ambiental adecuado debido a su diversidad físico-química. El riesgo higiénico principal proviene del grupo isocianato libre (NCO), es por tanto, necesario el control de todos los isocianatos y diisocianatos que pudieran estar presentes en el ambiente de trabajo. A lo largo de los años han ido evolucionando los procedimientos para lograr obtener una mayor fiabilidad y sensibilidad en la valoración de los isocianatos y diisocianatos. En función del tamaño de las partículas variará el método seleccionado para poder seleccionar los datos más exactos.

4.2.6. MTA/MA-034/A95

Los MTA son los Métodos de Toma de Muestras y Análisis (conocidos por sus siglas MTA) publicados por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. En dicha colección se encuentran clasificados en cinco apartados nombrados con las siguientes siglas: criterios y recomendaciones (CR), métodos ambientales (MA), métodos biológicos (MB), productos industriales (PI) y protocolos de validación (PV) (*Métodos De Toma De Muestras Y Análisis - MTA - Portal INSST - INSST*, n.d.). A modo general, se encuentra escasa información en los MTA con respecto a los diisocianatos e isocianatos, solo se encuentra el MTA/MA-034/A95.

Entre los métodos se encuentra el MTA/MA-034/A95 cuyo título es “*Determinación de isocianatos orgánicos (2,6 y 2,4-toluen-diisocianato, hexametilendiisocianato, 4,4'-difenilmetano-diisocianato) en aire - Método de derivación y doble detección ultravioleta y electroquímica / Cromatografía líquida de alta resolución*” representa un método ambiental de toma de muestra y análisis.

El método designado como MTA/MA-034/A95 está basado en el MDHS 25 de *Health and Safety Executive* (HSE) redactado según ISO 78/2. Con este método se logra determinar los isocianatos orgánicos en el aire, compuesto con una gran reactividad química. El método indica el procedimiento que se debe seguir para determinar los compuestos TDI, HDI, MDI en el centro de trabajo mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

El método MTA/MA-034/A95 está limitado para la determinación de las concentraciones ambientales en muestras de 30 litros de aire entre los siguientes intervalos: 0,0015 mg/m³ – 0,0090 mg/m³ para el 2,6-TDI, 2,4-TDI, HDI y entre 0,0015 mg/m³ – 0,0125 mg/m³ MDI (*Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo* [INSHT], s. f.).

La obtención de la muestra se realiza a través de un borboteador por el cual se hace pasar un volumen conocido de aire que contiene la disolución absorbente de 1 – (2-Metoxifenil) piperacina (MFP). Reaccionan el grupo amino (NH) del reactivo uniéndose al grupo isocianato (NCO) dando como producto el derivado ureico (CON₂H₄). Dicha disolución se concentra y analiza en cromatógrafo líquido de alta resolución. Según los resultados obtenidos de los detectores ultravioleta (UV) y electroquímico (EQ) del cromatógrafo se identificarán los derivados ureicos de los isocianatos. El documento del INSHT del método MTA/MA-034/A95 detalla de manera más exhaustiva el procedimiento identificando los reactivos, la toma de muestras, los equipos y materiales necesarios y los cálculos para obtener la concentración en ppm (*Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo* [INSHT], s. f.).

4.3. Fichas Internacionales de Seguridad Química (FISQ)

El Instituto de Seguridad y Salud en el Trabajo dispone de diversos recursos en materia de información en Prevención de Riesgos Laborales. Entre sus recursos y colecciones técnicas se encuentran las Fichas Internacionales de Seguridad Química (FISQ) en inglés serían las *Chemical Safety Cards* (ICSCs). Las FISQ son fichas de seguridad que indican información relevante acerca de la seguridad y salud de sustancias químicas. Dichas fichas de seguridad han sido contrastadas y verificadas por un grupo competente de trabajo a nivel internacional.

En la página web de INSST en su apartado de *Documentación y Colecciones Técnicas* se encuentran las FISQ. Si se busca en el navegador filtrando por la palabra diisocianatos se encuentran las fichas de seguridad química de los siguientes compuestos: diisocianato de tolueno (mezcla 80/20 de isómeros 2,4- y 2,6-), 2,4-diisocianato de tolueno, 2,6-diisocianato de tolueno, diisocianato de naftaleno, isocianato de bisfenilmetileno, diisocianato de hexametileno y diisocianato de isoforona (*Fichas Internacionales De Seguridad Química. FISQ - Portal INSST - INSST, n.d.*). A continuación, se exponen datos relevantes de las FISQ de los compuestos más comunes de los diisocianatos anteriormente mencionados.

4.3.1. FISQ Diisocianato de tolueno (TDI)

Incendio y explosión

La FSIQ indica en su primer apartado que es un compuesto combustible, en caso de incendio desprende gases tóxicos e irritantes, con riesgo de incendio y explosión cuando se calienta. Como medida preventiva se deberán evitar las llamas y no poner en contacto con agua. Para la extinción del fuego se indica utilizar extintores de polvo y dióxido de carbono.

Primeros auxilios

- **Inhalación:** se produce una irritabilidad en la garganta, tos, dolor de cabeza, posibles náuseas y vómitos, y opresión en el pecho. Como medida de primeros auxilios se indica tomar aire limpio, reposar, posición semiincorporado y proporcionar asistencia médica inmediata.
- **Contacto con la piel:** se produce un enrojecimiento, dolor en la zona y posibles ampollas. Como medida preventiva se recomienda el uso de guantes de protección y ropa de trabajo adecuada. En el caso de contacto directo con la piel como medida de primeros auxilios se debe quitar la ropa contaminada, aclarar y lavar la piel con agua y jabón, y proporcionar asistencia médica.
- **Contacto con los ojos:** se produce un enrojecimiento y dolor, si por instinto se frota de manera brusca el ojo puede provocar úlceras. Como medida de primeros auxilios se indica

enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si fuera posible). Proporcionar asistencia médica inmediata.

- **Ingestión:** produce irritabilidad, dolor de garganta y abdominal, náuseas y vómitos. Como medida de primeros auxilios se debe enjuagar la boca y proporcionar asistencia médica inmediata.

Clasificación y etiquetado

El diisocianato de tolueno en su clasificación conforme a los criterios del Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (sus siglas en inglés son GHS) de la ONU nos indica según sus pictogramas de peligro que es: mortal si se inhala, provoca irritación ocular grave, susceptible de provocar cáncer, nocivo para los organismos acuáticos con efectos duraderos, puede provocar reacción cutánea alérgica, alergia, asma o dificultades respiratorias si se inhala, y puede irritar las vías respiratorias. Está clasificado con clase de peligro ONU: 6.1. y grupo de embalaje/envase ONU: II.

Figura 5. Pictogramas peligro diisocianato de tolueno



Nota 7. Imagen obtenida de (ICSC 1783 - DIISOCIANATO DE TOLUENO (Mezcla 80/20 De Isómeros 2,4- Y 2,6-), n.d.)

El pictograma de la izquierda indicado en la anterior Figura 3 denominado como *toxicidad aguda* indica que puede ser mortal y/o tóxico en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación. El pictograma de la derecha indica *peligro grave para la salud* el cual advierte de que la sustancia puede ser mortal en caso de ingestión, perjudicial para los órganos, fertilidad o para el feto, y también advierte de que puede provocar cáncer, defectos genéticos, alergia y asma (Lufilsur, 2022).

Exposición y efectos sobre la salud

La exposición es grave por todas las vías de entrada. Los efectos de la inhalación de concentraciones altas resultan perjudiciales para la salud, pudiendo causar neumonitis química y edema pulmonar. A una temperatura ambiente de 20°C los riesgos aumentan en la inhalación de los vapores nocivos ya que pueden alcanzar rápidamente concentraciones altas en el aire.

Otras indicaciones

El diisocianato de tolueno se descompone lentamente en agua o disoluciones ácidas formando disulfuro de carbono y aminas. Resulta nocivo para los organismos acuáticos. Las personas que hayan mostrado síntomas de asma debido a la exposición del TDI se recomienda no volver a

entrar en contacto con la sustancia. En la FISQ se advierte que la alerta por el olor cuando se ha superado el límite de exposición es insuficiente, por ello se requieren de métodos de medición en los ambientes de trabajo para poder detectar la sustancia de manera efectiva y con mayor rapidez para reducir el tiempo de exposición (*ICSC 1783 - DIISOCIANATO DE TOLUENO (Mezcla 80/20 De Isómeros 2,4- Y 2,6-)*, n.d.).

4.3.2. FISQ Diisocianato de difenilmetano (MDI)

Incendio y explosión

La FISQ del MDI nos indica que al igual que el TDI es un compuesto combustible, en caso de incendio desprende gases tóxicos e irritantes. Como medida preventiva se deberán evitar las llamas. Para la extinción del fuego se indica utilizar extintores de polvo y dióxido de carbono.

Primeros auxilios

- **Inhalación:** produce dolor de cabeza, náuseas y dolor de garganta. Como medida preventiva se indica utilizar extracción localizada o protección respiratoria. Como medida de primeros auxilios se indica tomar aire limpio, reposar, respiración artificial en caso necesario y proporcionar asistencia médica inmediata.
- **Contacto con la piel:** se produce un enrojecimiento. Como medida preventiva se recomienda el uso de guantes de protección y ropa de trabajo adecuada. En el caso de contacto directo con la piel como medida de primeros auxilios se debe quitar la ropa contaminada, aclarar y lavar la piel con agua y jabón, y proporcionar asistencia médica.
- **Contacto con los ojos:** se produce dolor, si por instinto se frota de manera brusca el ojo puede provocar úlceras. Como medida preventiva se recomienda el uso de gafas de protección o pantalla facial completa. Como medida de primeros auxilios se indica enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si fuera posible) y proporcionar asistencia médica inmediata.
- **Ingestión:** como medida preventiva no se deberá comer, beber o fumar durante el trabajo. Como medida de primeros auxilios se indica enjuagar la boca, no provocar el vómito y proporcionar asistencia médica.

Exposición y efectos sobre la salud

La vía de exposición es por inhalación. Los efectos de una exposición corta son el lagrimeo ya que produce irritación en los ojos, la piel y el tracto respiratorio. A diferencia del TDI, el MDI el riesgo por inhalación a una temperatura ambiente de 20°C es despreciable. No obstante, en caso de dispersión puede alcanzar rápidamente concentraciones nocivas en el aire. Al igual que el TDI puede ocasionar sensibilización en la piel, la inhalación prolongada del MDI también puede desencadenar

asma. Las personas sensibilizadas por el MDI debido a su inhalación les pueden afectar la exposición a otros isocianatos (*ICSC 0298 - ISOCIANATO DE BISFENILMETILENO*, n.d.).

4.3.3. FISQ Diisocianato de hexametileno (HDI)

Incendio y explosión

La FSIQ del compuesto HDI indica que es combustible en condiciones específicas a diferencia del TDI y el MDI. En caso de incendio desprende gases tóxicos e irritantes. Como medida preventiva se deberán evitar las llamas. Para la extinción del fuego se indica utilizar extintores de polvo y dióxido de carbono.

Primeros auxilios

- **Inhalación:** produce sensación de quemazón, tos, dolor de garganta y dificultad respiratoria. Como medida preventiva al igual que el MDI se recomienda usar extracción localizada o protección respiratoria. Como medida de primeros auxilios se indica tomar aire limpio, reposar, respiración artificial si fuera necesario y proporcionar asistencia médica inmediata.
- **Contacto con la piel:** puede absorberse, produce enrojecimiento. Como medida preventiva se recomienda el uso de guantes de protección. Como medida de primeros auxilios se debe quitar la ropa contaminada, aclarar y lavar la piel con agua y jabón, y proporcionar asistencia médica.
- **Contacto con los ojos:** produce enrojecimiento, dolor e inflamación de los párpados, si por instinto se frota de manera brusca el ojo puede provocar úlceras. Como medida preventiva se debe utilizar pantalla facial o protección ocular en combinación con protección respiratoria. Como medida de primeros auxilios se indica enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si fuera posible). Proporcionar asistencia médica inmediata.
- **Ingestión:** Como medida de primeros auxilios se debe enjuagar la boca y proporcionar asistencia médica inmediata.

Clasificación y etiquetado

Los pictogramas y la clasificación del HDI es exactamente igual al compuesto TDI, dispone de los mismos pictogramas de peligro.

Exposición y efectos sobre la salud

Con referencia a las vías de exposición el HDI puede ser absorbido por inhalación y a través de la piel. Sus efectos durante una corta exposición producen irritación grave en los ojos, irritación en la piel y el tracto respiratorio. A una temperatura ambiente de 20°C el HDI producirá de manera lenta una concentración nociva en el aire cuando es por evaporación. Al igual que el TDI y el MDI el contacto prolongado puede producir sensibilización en la piel, la inhalación prolongada puede inducir al asma (*ICSC 0278 - DIISOCIANATO DE HEXAMETILENO*, n.d.).

4.3.4. FISQ Diisocianato de naftaleno (NDI)

Incendio y explosión

El compuesto NDI es combustible al igual que el TDI y el MDI. En caso de incendio desprende gases tóxicos e irritantes. Como medida preventiva se deberán evitar las llamas. Para la extinción del fuego se indica utilizar extintores de polvo y dióxido de carbono, no utilizar agua.

Primeros auxilios

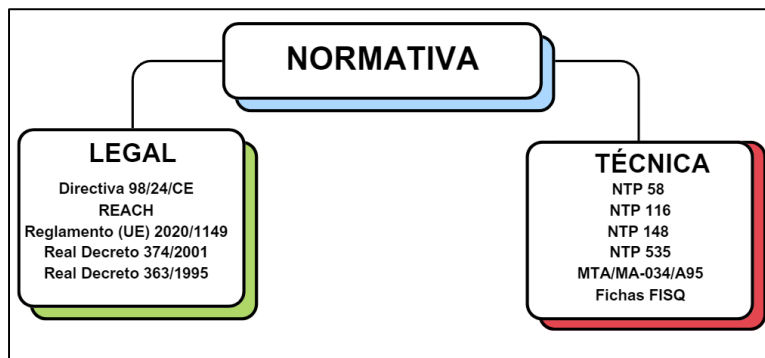
- **Inhalación:** produce tos, dificultad respiratoria y dolor de garganta. Como medida preventiva se recomienda usar extracción localizada o protección respiratoria. Como medida de primeros auxilios se indica tomar aire limpio, reposar y proporcionar asistencia médica inmediata.
- **Contacto con la piel:** produce enrojecimiento y dolor en la zona afectada. Como medida preventiva se recomienda el uso de guantes de protección. Como medida de primeros auxilios se debe quitar la ropa contaminada, aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
- **Contacto con los ojos:** produce enrojecimiento y dolor, si por instinto se frota de manera brusca el ojo puede provocar úlceras. Como medida preventiva se debe utilizar pantalla facial o protección ocular en combinación con protección respiratoria. Como medida de primeros auxilios se indica enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si fuera posible). Proporcionar asistencia médica inmediata.
- **Ingestión:** la ingesta produce dolor abdominal y dolor de garganta. No se debe comer, beber o fumar durante el trabajo como medida preventiva. Como medida de primeros auxilios se debe enjuagar la boca y proporcionar asistencia médica inmediata.

Exposición y efectos sobre la salud

El compuesto NDI puede absorberse por inhalación del aerosol y también por la ingesta. Produce irritación de los ojos, piel y tracto respiratorio. A una temperatura de 20°C la evaporación es despreciable al igual que el compuesto MDI. No obstante, cuando se dispersa (especialmente si está en forma de polvo) puede alcanzar de manera rápida concentraciones nocivas en el aire. De manera similar a los anteriores diisocianatos la inhalación prolongada puede originar asma (*ICSC 0653 - 1,5-DIISOCIANATO DE NAFTALENO*, n.d.).

En el siguiente cuadro se resume el contenido de la normativa dividido en los dos bloques indicados anteriormente, la normativa legal de obligado cumplimiento y la normativa técnica la cual en su mayoría son Notas Técnicas de Prevención de uso recomendado.

Figura 6. Resumen normativa diisocianatos



Nota 8. Elaborado por la autora del presente Trabajo Fin de Máster

4.4. El caso del incendio de Valencia 2024

El 22 de febrero de 2024 acontecía el trágico suceso en el barrio de Campanar en la ciudad de Valencia, donde se originaba un incendio de gran magnitud afectando a un complejo residencial de 14 plantas con un total de 180 viviendas. Diez personas perdieron la vida en el interior del edificio declarado zona catastrófica por el Gobierno (Lourenço & Martínez, 2024).

Entre las distintas hipótesis planteadas sobre el origen y la rapidez con la cual se había propagado el fuego ocasionando que ardiera casi completamente el edificio en cuestión de minutos, se encuentra el uso de poliuretano en la cubierta. El poliuretano formaba parte como componente del aislamiento térmico y acústico del edificio. Como ya se ha indicado los poliuretanos están constituidos por diisocianatos, y éstos pueden ser inflamables (De La Torre et al., 2024).

El material colocado en la fachada del edificio que se considera uno de los principales factores para la propagación tan rápida del fuego es el denominado Alucobond. El Alucobond es el nombre genérico por el que es conocido el panel compuesto por aluminio y plástico. La composición de este tipo de paneles es tipo sándwich donde se encuentran dos paneles de aluminio y en medio la capa central de plástico u otros materiales inorgánicos. En la capa central los materiales plásticos pueden estar compuestos de espuma de poliuretano y polietileno, además de adhesivos compuestos por resina entre la capa central de plástico y las capas de aluminio.

La combinación del uso de un material altamente inflamable como como es el poliuretano sin tratamiento ignífugo, las rachas de viento y la disposición de los paneles en la fachada, ha favorecido la rapidez de la propagación del fuego según indica la hipótesis planteada. Con una chispa

se puede desencadenar un incendio de gran magnitud debido a la rapidez con la que pueden arder ciertos materiales.

Actualmente gracias al avance en la tecnología, innovación y normativa muchos paneles poseen tratamientos ignífugos que forman parte de la protección pasiva de los edificios. La implementación de sistemas más seguros es un objetivo que se debe plantear en la fase de proyecto y diseño. Se debe diseñar desde todos los ángulos y puntos de vistas, y eso incluye la prevención y la seguridad. No obstante, gran parte de los edificios antiguos que no han sido confeccionados ni rehabilitados con materiales destinados a mejorar la protección y la seguridad siguen representando un potencial peligro para sus inquilinos y los inmuebles colindantes (Wang, n.d.).

España y el resto de los países se encuentran ante el reto de mejorar las infraestructuras para hacerlas más seguras. La prevención comienza en la fase de diseño, debe ser considerada e implementada escogiendo la mejor opción para la construcción de las nuevas edificaciones y la rehabilitación de aquellas que lo requieran. La inversión en materiales que permitan evitar o reducir los riesgos como, por ejemplo, aquellos materiales que son ignífugos permitiendo limitar la propagación del fuego, es un coste necesario para evitar tragedias como la acontecida en el barrio de Campanar en febrero del 2024.

En muchos casos los desafortunados incidentes y accidentes son los principales promotores de las reformas normativas cuyo objetivo es evitar que se vuelvan a repetir los mismos. Se investigan las causas y se determinan las medidas preventivas para eliminar y/o reducir los riesgos en casos similares. En España tras el accidente del Madrid Arena el día 1 de noviembre de 2012 en la celebración de la fiesta de Halloween se desencadenó una reforma normativa de la Ley de Espectáculos Públicos y Actividades Recreativas (LEPAR). El trágico accidente terminó con la vida de cinco jóvenes tras una avalancha mortal en un recinto cuyo aforo máximo había sido superado (Echagüe, 2022).

Otra de las reformas normativas más relevantes y que implican a gran parte de la población en España es la normativa referente a los accidentes de tráfico. A medida que las estadísticas y la evaluación de los datos van determinando los factores principales que desencadenan los accidentes en las carreteras, las penas y las medidas se van modificando. Uno de los factores principales de los accidentes en la actualidad es el uso del móvil al volante, de ahí que esté terminantemente prohibido y su uso esté penalizado con pérdida de puntos del carnet de conducir y sanción económica (López Graña, 2023).

5. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

5.1. Análisis en España

El sector de la construcción en España según el informe de Euroconstruct presentado por el Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITeC) apunta a un crecimiento desacelerado en 2024 y 2025 en comparación con 2023 el cual fue del 2,8% (Caloryfrio, 2024). El principal problema en España actualmente en el sector de la construcción es encontrar mano de obra, sobre todo cualificada y formada. El sector de la construcción europeo se encuentra con las mismas dificultades que frenan su crecimiento, debilitando la economía. Debido al crecimiento en el sector de la construcción y a la escasa mano de obra con formación, principalmente en materia preventiva, se está produciendo un aumento en la contratación de personal no cualificado. Este hecho puede desencadenar accidentes debido a la falta de experiencia y de formación adecuada de los trabajadores.

Se debe incluir brevemente la exposición a los isocianatos y diisocianatos en los talleres de reparación de vehículos. Aunque no pertenezca al sector de la construcción el componente de las pinturas utilizadas en los talleres de pintura de vehículos es el mismo o similar al de las pinturas utilizadas en el sector de la construcción, entre sus componentes se encuentran los diisocianatos e isocianatos. Por tanto, el rango de usuarios afectados por estos compuestos se amplía de manera preocupante, sobre todo en PYMES con presupuestos ajustados para la prevención de riesgos laborales (033. *Tareas De Pintura En Talleres De Reparación De Vehículos: Exposición a Isocianatos Y Otros Compuestos Orgánicos - Portal INSST - INSST*, n.d.).

5.2. Análisis en otros países

5.2.1. Análisis general

La creciente industrialización genera un aumento en la exposición a los agentes causantes de producir sensibilización inhalatoria y dérmica como es el caso de los diisocianatos. En la mayoría de los casos el asma desarrollado en adultos ocasionado por la exposición en los lugares de trabajo representa un 10–15% siendo la enfermedad respiratoria más frecuente en los países industrializados (*El Asma En El Trabajo - El Asma En El Trabajo | Libro De Las Enfermedades Alérgicas De La Fundación BBVA*, n.d.). En cuanto a mortalidad, según la Organización Panamericana de la Salud (OPS) relaciona el asma laboral entre un 5–10 % de los casos de mortalidad por causas respiratorias (Paola, 2012).

En el Reglamento (UE) 2020/1149 de la Comisión, 3 de agosto de 2020, en la primera página en el apartado 2 se encuentra la estimación de 5.000 casos anuales de enfermedades profesionales causadas por los diisocinatos. Una cifra que en función del desarrollo podría ir en aumento.

La situación en Reino Unido también es preocupante donde se calcula que 1 de cada 5 trabajadores ha desarrollado asma debido a la exposición de agentes químicos presentes en sus lugares de trabajo (Paola, 2012).

5.2.2. Restricciones legales europeas

Como se ha nombrado anteriormente a nivel europeo está el Reglamento (UE) 2020/1149 donde se hace referencia a las restricciones en el uso de diisocianatos. Lo más relevante del contenido de dicho reglamento es el apartado de etiquetado y la formación obligatoria para el uso profesional de productos que contengan más de un 0,10% en peso de contenido en diisocianatos a partir del 24 de agosto de 2023. La formación es obligatoria independientemente si la persona que lo manipula trabaja por cuenta propia o ajena. La formación no será exigible en los casos donde el producto contenga un porcentaje inferior al 0,10% en peso o la manipulación de envases cerrados (Preventiva, 2023).

Los diisocianatos están clasificados como sensibilizantes respiratorios y cutáneos según la clasificación indicada en el Reglamento (CE) nº1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo. Concretamente están incluidos dentro de la categoría 1. El Comité de Evaluación del Riesgo (sus siglas en inglés RAC provienen de *Risk Assessment Committee*) ha concluido en una adecuada formación para el correcto manejo de las sustancias que contengan diisocianatos podría conllevar una concienciación para utilizar medidas preventivas adecuadas. La medida fue apoyada por el Comité de Análisis Socioeconómico de la Agencia (sus siglas en inglés SEAC provienen de *Socio-Economic Analysis Committee*) la formación favorecería las buenas prácticas laborales y la gestión del riesgo motivado por la concienciación de las consecuencias de la exposición (Avatep-Serpross, 2023).

La principal preocupación por el uso sin medidas preventivas de materiales con un contenido en diisocianatos dañino para la salud radica en el desarrollo de enfermedades profesionales, entre las más perjudiciales se encuentra el asma profesional. Según datos recopilados se encuentra entre el 9% - 15% de los casos desarrollados de asma en adultos debido a la exposición a diisocianatos. La incidencia anual es de 5.000 casos por año en la Unión Europea (Preventiva, 2023).

La presencia en multitud de industrias y en una gran variedad de usos conlleva un riesgo para un gran porcentaje de la población. Principalmente se emplean materiales con un porcentaje significativo en diisocianatos en las industrias de los adhesivos, pinturas, barnices, elastómeros,

automovilística, etc. Por tanto, es responsabilidad del proveedor y el fabricante indicar mediante el correcto etiquetado y la información adecuada los riesgos que conlleva el uso de diisocianatos, y el requisito de realizar la formación obligatoria para su empleo (Preventiva, 2023).

6. PROPUESTAS DE MEJORAS Y MÉTODOS

Al ser un riesgo higiénico lo principal sería eliminar o reducir la exposición a los diisocianatos en la medida de lo posible. El contacto directo e indirecto con este tipo de productos, principalmente en el sector de la construcción, es inevitable en ocasiones por su presencia en una amplia gama de productos. No obstante, se proponen una serie de medidas que pretenden limitar la exposición de los trabajadores a los diisocianatos, se recogen a modo de consideraciones globales para reducir los riesgos.

6.1. Zonas habilitadas con extracción forzada

El Real Decreto 486/1997 hace referencia a las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, en sus respectivos anexos se hace mención a la ventilación. En los centros de trabajo donde existe un riesgo químico y/o biológico el cual se encuentra suspendido en el aire, será necesario tomar las medidas preventivas más adecuadas para reducir o eliminar los agentes perjudiciales para la salud de los trabajadores (BOE-A-1997-8669). Además, se debe garantizar la renovación del aire evitando la concentración de gases tóxicos y favoreciendo el aporte de oxígeno. La ventilación es considerada como una protección colectiva de los trabajadores (Hernández Calleja, 2007).

La NTP 742 “Ventilación general de edificios” hace referencia a una de las condiciones ambientales más relevantes que es la ventilación interior en edificios no residenciales, basada en la UNE-EN 13779 “Ventilación en edificios no residenciales”. La ventilación se trata de la extracción y/o suministro del aire en una determinada área pudiendo ser natural o forzada. La finalidad es conseguir un nivel de oxígeno adecuado y la renovación del aire el cual debe ser percibido como fresco y limpio (Hernández Calleja, 2007).

Se definen dos tipos de ventilación en función de la necesidad, la ventilación localizada y la ventilación general. En el caso de los diisocianatos se utilizaría la ventilación localizada ya que resulta ser más efectiva para lograr eliminar y/o reducir la exposición por vía inhalatoria al agente contaminante. La ventilación localizada se enfoca en captar las emisiones de gases y vapores en el foco de emisión donde se encuentra el producto emisor de la sustancia nociva (Hernández Calleja, 2007). Además de la extracción del aire susceptible de contener el agente contaminante, se deberá garantizar la reposición de aire fresco y limpio considerando la ventilación general para ello.

Las consideraciones y medidas preventivas incorporadas en la fase de diseño y elaboración del proyecto de las instalaciones donde se llevará a cabo la actividad laboral resulta ser el método más adecuado para reducir y/o eliminar los riesgos de manera efectiva, esto es debido a que la protección de la seguridad y salud de los trabajadores ha sido considerada con previsión a los trabajos que se ejecutarán (Hernández Calleja, 2007).

La ubicación de los productos que contengan diisocianatos debe ser escogida de manera correcta, ya que se requiere un área ventilada, seca, cubierta para proteger los envases de las inclemencias climatológicas. También se debe tener en cuenta se deberán evitar las áreas donde los envases estén cerca del ambientes húmedos o próximos a las corrientes de aire marinas. En muchos casos los poliuretano se comercializan en envases metálicos, éstos pueden sufrir la oxidación debido a la acción del ambiente salino.

Por otro lado, en los lugares de trabajo fijos donde se disponga de suficiente espacio y lo permita la disposición del resto de equipos y maquinarias, se podría limitar una zona para la manipulación de los productos que contengan diisocianatos. Un ejemplo sería cuando se requieren utilizar adhesivos para unir piezas, si dichos adhesivos se comprueban en su etiquetado que contienen diisocianatos se deberán manipular en la zona habilitada.

La zona destinada para el uso de diisocianatos deberá estar señalizada, limitada mediante barreras física a poder ser y con un equipo de extracción forzada para eliminar los vapores y gases tóxicos de una manera eficaz, rápida y segura.

El sistema de extracción forzada resulta ser bastante eficaz a la hora de reducir la exposición a la inhalación de los vapores y gases tóxicos. Permite la extracción reduciendo el tiempo de exposición, y por tanto, la severidad del daño en la salud del trabajador. Para ello se deberá designar una zona limitada y alejada si fuera posible del resto de los trabajadores en el lugar de trabajo.

6.2. Designación trabajadores

La medida preventiva que se expone sería designar a un trabajador o varios que dispongan de la formación obligatoria en diisocianatos según el Reglamento (UE) 2020/1149. En función del nivel de manipulación requerirán de un nivel más específico, y por tanto, se designará a los trabajadores en función de dicha formación. Esto quiere decir que ningún otro trabajador dentro de la empresa deberá manipular los productos que contengan los diisocianatos.

La designación de ciertos trabajos a personas concentras podría asegurar una correcta manipulación ya que dichos trabajadores poseen los conocimientos para poder manipular los productos reduciendo los riesgos. Al igual que ocurren con la maquinaria (por ejemplo grúa de torre) donde se exige un nivel formativo para su uso con los diisocianatos sería similar la restricción.

Se podría expedir un carnet identificativo para cada empleado donde se indique que el trabajador ha pasado la formación reglamentaria y, a su vez, aparezca la fecha de la próxima renovación de dicha forma se comprueba que sigue estando vigente.

También podría añadirse un código QR que permita acceder al certificado donde aparezca los datos del trabajos, de esta manera se comprueba que realmente ha pasado la formación obligatoria para el uso y manipulación de los diisocianatos. De esta manera cualquier técnico en prevención, coordinador de seguridad y salud u otro personal autorizado podría comprobar en los centros de trabajo si el trabajador que está manipulando el producto posee la formación requerida.

6.3. Control periódico Equipos de Protección Individual (EPI)

El Real Decreto 773/1997 trata sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al uso de los Equipos de Protección Individual (comúnmente conocido por sus siglas EPI) por parte de los trabajadores. En su artículo 3 indica la responsabilidad legal del empresario con respecto a la obligación de elegir, proporcionar gratuitamente y velar por el uso de los EPI apropiados para cada uno de sus trabajadores en función del centro de trabajo, tipo de actividad a ejecutar y características del trabajador (BOE-A-1997-12735).

Lo descrito en el párrafo anterior quiere decir que antes de iniciar los trabajos los trabajadores deberán de disponer de los EPI necesarios. Asimismo, dichos Equipos de Protección Individual deberán ser sustituidos en caso de sufrir deterioro anticipado y/o de cumplir con el vencimiento establecido por el fabricante. En ciertas empresas se establece un periodo de un año de validez para la sustitución y/o reposición de los EPI para cada empleado. En algunos casos resulta un procedimiento tedioso y con escaso control, propiciando así un mal uso de los EPI cuando han perdido la capacidad para proteger a causa de su deterioro.

Como se ha indicado la renovación controlada de los Equipos de Protección Individual es un requisito indispensable a la hora de mejorar la seguridad, especialmente frente a riesgo higiénico como es el caso de la exposición a los diisocianatos. Se debe renovar los EPI cada vez que se observe algún defecto, en el plazo recomendado por el fabricante y/o una vez al año. Según el tipo de EPI se deberá realizar una de las medidas anteriormente descritas, principalmente la referente a los desperfectos que pudiera tener y a lo indicado por el fabricante.

Se debe registrar mediante un documento la entrega de los EPI a cada trabajador, indicando sus datos, fecha de entrega y la firma del trabajador. Dicha documentación se debe guardar de manera que quede un registro de la entrega de todos los Equipos de Protección Individual a cada trabajador. Los datos deberán registrarse mediante un sistema informático o un calendario personalizado de manera que favorezca el control de la entrega de EPI ya que según la incorporación de cada trabajador

a la empresa dicha fecha variará, utilizando un sistema de avisos para la renovación. Esta medida conlleva un desembolso económico anual, se podría valorar la implementación en las áreas donde el Equipo de Protección Individual se utiliza asiduamente.

Se ha comentado la importancia disponer de un sistema de avisos para optimizar la gestión y el control de los Equipos de Protección Individual, de igual manera resultaría ser una mejora bastante positiva la de disponer de estocaje de aquellos EPI que resultar ser los más utilizados por los trabajadores. En aquellas empresas que puedan permitirse de disponer de una zona habilitada para almacenar una cantidad prevista de EPI que puedan mantenerse en perfecto estado de conservación sería una ventaja para la empresa. Esto permite agilizar los cambios de aquellos equipos que han sido dañados, su vida útil según fabricante ha llegado a su fin o debido al uso se han deteriorado y los trabajadores deben de continuar con su trabajo de manera inmediata tras la adquisición del nuevo EPI.

Desechar la idea de mantener un Equipo de Protección Individual que se encuentre en mal estado, roto o que ya no cumpla para función para la cual ha sido diseñado por motivos económicos. El empresario, la directiva, los responsables y todo aquel encargado debe velar por la seguridad y la salud de los trabajadores, de igual manera el ofrecer y mejorar la calidad de los EPI. La implicación de los trabajadores con respecto a sus EPI y su interés por disponer de los mismos en buen estado no deberá ser nunca motivo de descontento ni de recriminación. Se debe recordar a su vez la obligación de los trabajadores con respecto a los EPI la cual es “utilizar y cuidar correctamente los equipos de protección individual” como se indica en el artículo 10 del Real Decreto 773/1997 (BOE-A-1997-12735).

6.4. Equipos y máquinas autónomas

El Real Decreto 1215/1997 indica las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los equipos de trabajo por parte de los trabajadores. Se entiende por equipo de trabajo cualquier máquina, aparato, instrumento e incluso instalación que se utiliza para el desarrollo de la actividad laboral (BOE-A-1997-17824).

Según indica el artículo 3 del R.D. 1215/1997 en el apartado 1 indica la obligación del empresario de adoptar las medidas necesarias para que los equipos de trabajo garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar los mismo. Por tanto, el empresario deberá proveer a cada trabajador de los equipos de trabajos más adecuados para la actividad laboral que se encuentren desarrollando. (BOE-A-1997-17824).

En el caso del manejo de sustancias que contengan diisocianatos se deberán tomar las medidas más adecuadas, incluyendo la elección de aquellos equipos de trabajo que eliminen y/o

reduzcan el riesgo a la exposición. El avance en las nuevas tecnologías ha permitido reducir las situaciones de riesgo, como por ejemplo, el uso de drones para las inspecciones visuales en cubiertas o zonas con difícil acceso.

Con el avance de la tecnología y la robótica se encuentran unas herramientas de trabajo que pueden beneficiar en lugar de apreciarse como una amenaza para mejorar las condiciones en los lugares de trabajo. Disponer de un robot que haga el trabajo de la manipulación del producto que contienen diisocianatos elimina el riesgo a la exposición por parte del trabajador. Podría ser una máquina totalmente autónoma o en su lugar un equipo que permita la aplicación en la distancia de los productos para evitar exponerse al área de dispersión de los vapores y gases perjudiciales para la salud.

6.5. Rediseño de los envases

La normativa referente a los riesgos relacionados con los agentes químicos se encuentra el Real Decreto 374/2001, donde se desarrolla la protección de la salud y la seguridad frente a este tipo de riesgos en los lugares de trabajo. El R.D. 374/2001 define el agente químico como elemento o compuesto químico en estado natural o producido, utilizado o vertido, presente en una actividad laboral donde se haya elaborado o no de modo intencional (BOE-A-2001-8436).

Por tanto, la presencia de diisocianatos en el centro de trabajo se trataría de un agente químico perjudicial para la salud, el cual se encuentra presente ya que forma parte de cierta gama de productos utilizados en diversos sectores por trabajadores en su día a día. En el artículo 3 del R.D. 374/2001 indica la obligación de realizar la evaluación de riesgos laborales por parte del empresario para determinar si en el lugar de trabajo existen agentes químicos peligrosos. A su vez, el artículo 4 expone la obligación de tomar medidas para eliminar o reducir al mínimo la exposición a los agentes químicos dañinos para la salud de los trabajadores, utilizando las medidas preventivas más adecuadas según las características del centro de trabajo, del producto, de la actividad laboral, etc. (BOE-A-2001-8436).

En muchos casos la mejor medida preventiva para reducir los riesgos y evitar accidentes ha sido rediseñar un producto y/o su envase. A lo largo de los años múltiples productos han ido evolucionando en función de las necesidades, y también de la seguridad de los usuarios como, por ejemplo, los coches con la diversidad de sistemas de seguridad, la incorporación de fusibles térmico en diversos aparatos eléctricos, los interruptores de parada de emergencia, etc. Por tanto, en el uso de productos químicos podría rediseñarse los envases para que fueran más seguros para los usuarios.

Son varias las propuestas en el rediseño de los envases de los productos químicos que contengan diisocianatos. La primera propuesta se trataría de añadir a los envases un compartimento

para incorporar dos Equipos de Protección Individual fundamentales. La segunda sería disponer de un filtro para la emisión de vapores en la tapa.

Otra forma de evitar la inhalación en el diseño del envase sería disponer del producto por la parte inferior, es decir, obtener el producto por debajo del envase y no por arriba como se suele hacer tradicionalmente. Con una especie de grifo podría proveerse en la parte inferior de manera que los vapores queden en el interior del recipiente, evitando así la difusión al exterior.

6.6. Reconocimiento médico anual específico

Según indica el artículo 22 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, el empresario deberá garantizar a los trabajadores el servicio de vigilancia periódica de su estado de salud en función del puesto de trabajo y sus respectivos riesgos (BOE-A-1995-24292). Normalmente se llevará a cabo una vez al año y para cada nueva incorporación a la plantilla de trabajo.

Por tanto, como se debe realizar un seguimiento anual a la salud de los trabajadores, la idea que se plantea sería realizar un filtro para aquellas empresas que manejen diisocianatos (constructoras, aplicadores, obra civil, talleres, etc.) y realizar un seguimiento específico en relación a la sensibilización cutánea y respiratoria. Se evaluará mediante un check-list si el paciente ha experimentado la sensibilización cutánea en su jornada laboral. Debe contener la frecuencia de los brotes de urticaria, las zonas afectadas, el momento en el cual se genera el malestar y si continua o desaparece la sensación de irritación tras reducir la exposición.

La incorporación de evaluar específicamente la sensibilización respiratoria y cutánea puede ayudar a tomar medidas preventivas adecuadas para eliminar o reducir el riesgo de potenciar los problemas en la salud de los trabajadores. Resulta primordial una renovación en la formación de la plantilla destinada a la vigilancia de la salud de los trabajadores (mutuas, centros sanitarios, personal propio de la empresa, etc.).

Esta medida preventiva que se ha propuesto tiene una finalidad más de control y evaluación a largo plazo. El objetivo que pretende alcanzar es una evaluación y control en la salud de los trabajadores, aquellos que han sido designados para trabajar con diisocianatos concretamente, y averiguar si existen variaciones en su salud relacionadas con los efectos nocivos que pueden producir los diisocianatos.

El avance en los sistemas informáticos ha conseguido mejorar la gestión de la información y los datos. Mediante un programa informático diseñado para controlar la salud de los trabajadores, se podría incorporar un apartado sobre diisocianatos e ir registrando a las personas que lo suelen manipular, resultados de pruebas específicas para prevenir o detectar el inicio de enfermedades profesionales como, por ejemplo, el asma o la dermatitis alérgica.

6.7. Protocolo específico de actuación

El Ministerio de Sanidad de España ofrece en su página web de manera divulgativa una serie de documentos acerca de diferentes protocolos de vigilancia sanitaria específica en el ámbito laboral. Entre ellos cabe destacar el documento “Protocolización de la vigilancia sanitaria específica de las personas con riesgo de exposición laboral a productos químicos” cuyo contenido es de gran relevancia con el presente TFM (Esteban Buedo et al., 2023).

El uso de productos químicos en diversos sectores y áreas conlleva una serie de riesgos intrínsecos a los componentes que contienen, por ello los protocolos específicos de actuación resultan de gran utilidad. Debido a la gran variedad de compuestos perjudiciales para la salud de los trabajadores y el medioambiente se debe de determinar un protocolo en función de las sustancias que constituyen el producto (Esteban Buedo et al., 2023).

En el caso de los diisocianatos se ha determinado que las principales vías de entrada al organismo son la respiratoria y la dérmica, aunque no se debe descartar la vía parental y la digestiva siendo las menos frecuentes debido al uso de los productos en la construcción que contienen diisocianatos (Esteban Buedo et al., 2023).

Con base al documento anteriormente referenciado se va a exponer el protocolo de actuación elaborado a partir del mismo, de manera que resulte útil, práctico y fácil de implementar en cualquier centro de trabajo. Por orden se indican los puntos que se deberán tener en cuenta los puntos que componen el protocolo que son los siguientes:

1º Paso: Fuentes de exposición

Resulta clave determinar la fuente de exposición en los centros de trabajo primordialmente para los agentes químicos cuya presencia en el ámbito laboral ha aumentado debido a las facilidades y a los avances. En el caso del sector de la construcción el uso de productos químicos, incluidos los que contienen diisocianatos, permite mejorar los resultados, facilitar el trabajo y alargar la vida útil de los elementos constructivos entre otros (Esteban Buedo et al., 2023).

Legalmente existe la obligación por parte del empresario de realizar una evaluación de riesgos de los puestos de trabajo según dictamina la Ley 31/1995 en su artículo 16 (BOE-A-1995-24292). Por ello se requiere un conocimiento de las fuentes de exposición de posibles agentes perjudiciales para el organismo.

2º Paso: Recopilación de información

Una vez se conocen los agentes a los cuales los trabajadores en un determinado puesto y/o centro de trabajo se encuentran expuestos, lo segundo será recopilar la información necesaria y de fuentes fiables como: fichas técnicas, fichas de seguridad, artículos, normativas, organismos

oficiales, etc. La documentación recopilada se deberá de incluir en un documento destinado a ser consultado por cualquier trabajador, deberá ser a su vez explicado a las nuevas incorporación en la empresa (Esteban Buedo et al., 2023).

3º Paso: Efectos sobre la salud y vías de entrada

Cuando se ha recopilado la información necesaria se deberá evaluar de manera independiente sus efectos sobre la salud y las vías de entrada de los agentes químicos. En el caso de los diisocianatos como se ha indicado anteriormente las vías son la dérmica y la respiratoria principalmente. Mediante esta información se podrá elaborar un cartel u otro documento donde se expongan las vías de entrada y los Equipos de Protección Colectiva y/o Individuales a utilizar (Esteban Buedo et al., 2023). Las imágenes visuales facilitan la retención en la memoria, aún más si logran crear un impacto o generan una asociación sólida.

4º Paso: Vigilancia individual de la salud

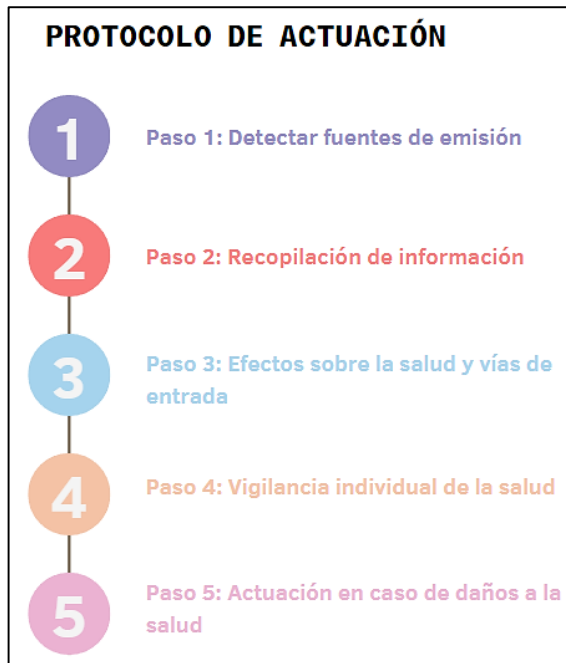
Una vez se han llevado a cabo los anteriores pasos en el cuarto se fundamenta en un registro y control de la salud individual de cada individuo. Este punto no quiere determinar un sistema discriminatorio ni un filtro para los trabajadores, se fundamenta en un control de los sistemas de protección empleados y de las medidas preventivas implantadas. Su principal objetivo es evaluar los sistemas de protección para ir mejorándolos y adaptándolos (Esteban Buedo et al., 2023). La vigilancia de la salud de cada trabajador deberá ser anónima, es decir, los datos del trabajador no deberán ser manipulados. Este paso se podría externalizar con un servicio de prevención ajeno o mediante un sistema codificado para mantener el anonimato.

5º Paso: Actuación en caso de daños a la salud

La actuación en caso de daños en la salud deseable sería la interrupción de la exposición inmediata. Evaluar el nivel de exposición, duración y daño a la salud en el trabajador afectado. Realizar los análisis y las evaluaciones médicas pertinentes para determinar si el trabajador podrá reincorporarse a su puesto de trabajo o en caso contrario, consultar con el mismo la posibilidad de reubicarlo en otro puesto/centro de trabajo o actividad con un menor nivel de exposición (Esteban Buedo et al., 2023). En caso de ser reversible el daño podría desempeñar nuevamente su actividad, conllevando una revisión de las medidas preventivas y los equipos de protección utilizados.

En la siguiente imagen elaborada por la autora del presente TFM se expone de manera gráfica los pasos que se han indicado como medida propuesta para la gestión del riesgo a la exposición de diisocianatos.

Figura 7. PROTOCOLO DE ACTUACIÓN



Nota 9. Elaborado por la autora del presente Trabajo Fin de Máster

7. ANÁLISIS DAFO DE LAS PROPUESTAS

El análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades) se trata de una herramienta que permite evaluar las propuestas indicadas en el anterior capítulo de manera más detallada, valorando los pros y los contras desde un punto de vista externo (Amenazas y Oportunidades) y desde un punto de vista interno (Debilidades y Fortalezas). Bajo un punto de vista externo, o también llamado análisis externo, representan aquellos factores de los cuales no se tiene un control directo, es decir, no pueden ser modificados. En cambio el análisis interno los puntos a valorar son aquellos que sí pueden modificarse (Urrutia, 2023).

Para la elaboración de los siguientes DAFO se ha llevado a cabo la evaluación basada en los conocimientos adquiridos en el Máster Universitario de Prevención de Riesgos Laborales, fundamentalmente desde el punto de vista de la seguridad, la ergonomía, el análisis económico y factores sociales. También parte de la búsqueda de ejemplos de otros análisis similares ha aportado ideas para la confección de los siguientes análisis DAFO de cada una de las propuestas aportadas, pretendiendo exponer el contenido considerado de mayor interés y trascendencia.

7.1. Zonas habilitadas con extracción forzada

- **Debilidades:** la principal debilidad sería no darle el uso al cual ha sido destinado, principalmente cuando ha requerido de un desembolso económico y una modificación de las ubicaciones en el centro de trabajo. Limitar una zona de trabajo para dicho fin. Rediseñar las instalaciones y realizar las reformas pertinentes.
- **Amenazas:** esta propuesta no es válida para cualquier trabajo ya que los trabajadores que se deban desplazar a otras instalaciones y centros de trabajo no dispondrán de este sistema de extracción forzada para reducir la exposición.
- **Fortalezas:** podría evitar y/o limitar la exposición a los vapores y gases tóxicos en la manipulación de los productos químicos que contengan diisocianatos. Reducción de la exposición y, por tanto, la mejora de las condiciones en la seguridad y la salud de los empleados
- **Oportunidades:** posibilidad de obtener certificación como es la ISO 45001 sobre Gestión de la Salud y la Seguridad entre otras. Mejora del ambiente laboral. Reducir las bajas médicas y el absentismo laboral.

7.2. Designación trabajadores

- **Debilidades:** falta de compromiso por parte de los trabajadores designados.
- **Amenazas:** no encontrar personal adecuado para realizar las tareas, o que se rijan por las instrucciones de buenas prácticas.
- **Fortalezas:** control de la exposición al limitarse en personal cualificado para dicha tarea.
- **Oportunidades:** reducir el riesgo de exposición en aquellos trabajadores que no dispongan de la formación y la experiencia en el uso y manipulación de productos que contengan diisocianatos.

7.3. Control periódico Equipos de Protección Individual (EPI)

- **Debilidades:** el coste anual para las empresas que poseen una plantilla elevada de trabajadores.
- **Amenazas:** falta de seguimiento, control y gestión en el control periódico por parte de los encargados.
- **Fortalezas:** mejor nivel de protección de la salud y la seguridad de los trabajadores.
- **Oportunidades:** reducir y/o evitar enfermedades profesionales y accidentes.

7.4. Equipos y máquinas autónomas

- **Debilidades:** normalmente requiere de una inversión elevada, y su posterior mantenimiento.
- **Amenazas:** encontrar personal especializado en el manejo de este tipo de equipos y tecnología avanzada, conocimientos en informática y automatismos entre otros.
- **Fortalezas:** podría evitar y/o limitar la exposición a los vapores y gases tóxicos en la manipulación de los productos químicos que contengan diisocianatos. Mejora de las condiciones de seguridad y salud.
- **Oportunidades:** posibilidad de obtener certificación como es la ISO 45001 sobre Gestión de la Salud y la Seguridad entre otras. Mejora del ambiente laboral. Reducir las bajas médicas y el absentismo laboral. Mejora la imagen percibida por los clientes y organismos al ser innovador.

7.5. Rediseño de los envases

- **Debilidades:** inversión económica y gestión del estocaje que pudiera existir con el antiguo envase.

- **Amenazas:** rechazo del nuevo diseño por parte de las empresas, trabajadores y profesionales que prefieran los diseños ya establecidos.
- **Fortalezas:** podría evitar y/o limitar la exposición a los vapores y gases tóxicos en la manipulación de los productos químicos que contengan diisocianatos. Mejora de las condiciones de seguridad y salud.
- **Oportunidades:** Mejora la imagen corporativa percibida por los clientes y organismos al ser innovador.

7.6. Reconocimiento médico anual específico

- **Debilidades:** requiere de un sistema informático y su modificación para poder añadir el apartado de los diisocianatos.
- **Amenazas:** la principal amenaza sería la falta del uso y el seguimiento del procedimiento para registrar los datos obtenidos.
- **Fortalezas:** mejoraría las condiciones de seguridad y salud al tomar medidas preventivas alineadas con los informes de salud según las indicaciones dadas por el personal médico.
- **Oportunidades:** mejora de los controles médicos y los datos sobre los diisocianatos referentes a los efectos nocivos.

7.7. Protocolo específico de actuación

- **Debilidades:** Necesidad de renovarlo y adaptarlo según el contenido redactado en el mismo, del autor y de la época.
- **Amenazas:** Inversión de tiempo y posiblemente económica. Rechazo/no consentimiento por parte de los trabajadores del seguimiento sobre el estado de su salud.
- **Fortalezas:** Mejora continua de los medios de protección y las medidas preventivas. Sistema sólido que favorece la rapidez en la actuación y evita la improvisación.
- **Oportunidades:** Agilizar los medios de detección de sustancias químicas nocivas. Mejorar el control en el seguimiento del estado de salud de los trabajadores en general.

En la gran mayoría de las medidas preventivas que se han propuesto se encuentra el impedimento económico como son las primeras inversiones de capital para la implementación. Para pequeñas y medianas empresas el desembolso de tales cantidades no resulta ser factible, en tales casos lo principal para realizar un control y una mejora en la seguridad y la salud sería la implementación de las medidas organizativas.

8. CULTURA PREVENTIVA Y FORMACIÓN

La cultura en las empresas queda definida en la introducción del documento “NTP 745: Nueva cultura de empresa y condiciones de trabajo” definiéndola como “conjunto de valores, tradiciones, hábitos, normas y actitudes interiorizadas, que dan identidad y destino a una organización para el logro de sus fines económicos y sociales”. Por tanto, la cultura se encuentra interiorizada de manera que se crea un hábito (Arenas Sainz & Bestratén Belloví, 2006).

Como multitud de sistemas en los cuales las partes esenciales se encuentran interrelacionadas, la empresa actúa de la misma manera. En el caso de la cultura se crean pautas de conducta que son establecidas mediante hábitos adquiridos, fundamentalmente esos hábitos fijados han sido influenciados por el entorno sociocultural al cual se pertenece. Al fin y al cabo los seres humanos son animales sociales influenciados por el entorno que les rodea, la imitación es una estrategia de supervivencia (Arenas Sainz & Bestratén Belloví, 2006).

Una de las principales dificultades a las que se enfrentan las empresas es en la incorporación de nuevos trabajadores. Esto se debe en gran medida al nivel de adaptación de los nuevos miembros a los métodos y procedimientos de trabajo, filosofía y la propia cultura de la organización. Cada persona es diferente entre sí en función de sus vivencias, educación, carácter, etc. Esto influye en la adaptación en el puesto de trabajo pudiendo ser más rápida, más lenta o nula. La empresa es la responsable de encaminar a los nuevos trabajadores hacia la propia cultura preventiva, de manera que vayan adquiriendo hábitos innatos en ejercer buenas prácticas en sus actividades laborales. Para ello es muy importante el segundo punto del presente apartado, la formación permanente y actualizada (Arenas Sainz & Bestratén Belloví, 2006).

El objeto del apartado 8 del presente TFM trata de proponer un cambio generalizado a nivel interno, enfocado en crear una cultura preventiva en las organizaciones. Uno de los puntos fundamentales en la Prevención de Riesgos Laborales es el factor humano. La importancia no solo recae en disponer de las medidas preventivas, los equipos de protección colectivos e individuales, procedimientos, etc. La importancia es crear una cultura sólida que establezca como prioridad la seguridad y salud de los trabajadores, creando ambientes de trabajo seguros mediante un cambio interno a nivel social. Un propósito que no resultará fácil, pero una vez conseguido se podrían conseguir excelentes resultados en materia de prevención en las empresas.

No existe una cultura preventiva universal para aplicar a todas las empresas, ya que cada una de ellas es única y diferente. Por tanto, el objetivo se basa en crear una concienciación general y ver la necesidad de crear, invertir e implementar una cultura propia para cada organización. En la creación de este modelo deberán participar todas las partes vitales que constituyen la empresa,

resultaría ineficaz si se tuviera en consideración solamente las ideas de los mandos directivos sin consultar a expertos en seguridad y salud (Arenas Sainz & Bestratén Belloví, 2006).

La cultura preventiva resultaría ser clave en el desarrollo y el cumplimiento de las medidas preventivas y las propuestas anteriormente indicadas. Dicho conjunto de actitudes y valores que conforma la cultura preventiva genera que todos los miembros de una organización comportan un compromiso de velar por la seguridad y la protección de la salud de todos los componentes de la organización. Es por tanto, necesaria la implicación de cada trabajador donde se alineen el “yo sé”, “yo puedo” y “yo quiero” que resulta ser más efectivo frente al “yo debo” impuesto por una motivación externa (Arenas Sainz & Bestratén Belloví, 2006).

En la Nota Técnica de Prevención 745 se detallan una serie de principios esenciales para la nueva cultura en las empresas. A continuación se indican los diez principios indicados por la NTP 745:

1. Dirección y liderazgo basado en valores.
2. Las personas el principal valor de una empresa.
3. Ética empresarial y transparencia.
4. Atención a las condiciones de trabajo.
5. Innovación y mejora continua.
6. Participación y trabajo en equipo.
7. Formación continua.
8. Calidad integral de productos, servicios y procesos.
9. Respeto al medio ambiente.
10. Compromiso con la sociedad.

Cada uno de los principios anteriores forman parte del sistema de la nueva cultura en las empresas, todos se encuentran interrelacionados entre sí aportándose valor (Arenas Sainz & Bestratén Belloví, 2006). Además de los diez principios expuestos, se indican una serie de recomendaciones para facilitar el cambio cultura de las empresas que son las siguientes:

- Crear espacios de participación y creatividad.
- Movimiento en todos los sentidos de la estructura empresarial.
- Compromiso verdadero por parte de los niveles de mando.
- Educación integral que sustente valores éticos individuales y colectivos.
- Cuidar los procesos humanos, favorecer la superación.
- Asesoramiento externo por parte de expertos.

Los puntos anteriores favorecen los cambios en las organizaciones promoviendo un enfoque positivo. En cuestión de prevención los anteriores puntos son pilares fundamentales para dar sentido

a las acciones de mejora y a la solidez de la cultura preventiva (Arenas Sainz & Bestratén Belloví, 2006).

En los últimos años ha existido una rivalidad entre las empresas y su máxima prioridad ha sido el beneficio económico por encima incluso del bien social, medioambiental y geopolítico. Por norma general el que obtiene un beneficio siempre quiere más, existe una inconformidad generalizada y promovida por los medios informativos. Esto conlleva una falta de interés por otros aspectos importantes como son la seguridad y salud de los empleados. Los presupuestos destinados a la prevención han ido evolucionando con el paso de los años, a medida que las leyes han ido exigiendo medidas para proteger a los trabajadores (Bestratén Belloví & Real Arias, 2009).

Para poder lograr un cambio eficaz se debe guiar el comportamiento de las personas hacia un enfoque donde predomine la seguridad en el trabajo. El liderazgo participativo y la involucración de todas las partes vitales que componen la empresa favorecen la integración de la prevención. (Bestratén Belloví & Real Arias, 2009).

La formación en Prevención de Riesgos Laborales también deberá impartirse en los mandos directivos, encargados y dirección facultativa. Es primordial que quienes puedan exigir el cumplimiento de la normativa conozcan que deben reclamar en los centros de trabajo para la salud y seguridad de los trabajadores. Se requiere de un modelo formativo donde se incite a un cambio en la actitud de trabajo, una visión diferente de los trabajadores y también de los empresarios.

En cuanto a las medidas siempre se debe priorizar la implantación de medidas preventivas en función de una exhaustiva evaluación de riesgos, y no medidas correctivas. En algunos casos las medidas correctivas suelen indicarse tras un incidente y/o accidente, es por tanto, que se deben evitar mediante las medidas preventivas adecuadas.

La participación por todos los miembros de la organización resulta ser un punto clave, ya que disponen de diferentes puntos de vista y en muchos casos son conocedores de los riesgos a los cuales se enfrentan en el día a día. La mejora continua es otro punto muy importante que las empresas con cultura preventiva deben valorar siempre, ya que permite mejorar los aspectos en seguridad y salud mediante el avance en los estudios, procedimientos y tecnología en materia de Prevención de Riesgos Laborales.

Con respecto a la formación en relación a los diisocianatos, se debe mencionar nuevamente El Reglamento (UE) 2020/1149 donde indica el requisito de la formación obligatoria para el uso de aquellos productos donde el contenido en diisocianatos sea mayor al 0,10% en peso, siendo responsabilidad del distribuidor el notificar en el envase del producto que contiene un contenido mayor al 0,10% en peso de diisocianatos. La formación según especifica el reglamento consta de 3

niveles, el primer nivel correspondería al más básico y el tercer nivel constaría de una formación más especializada (Preventiva, 2023).

La vigencia de la formación recibida se ha establecido en cinco años, posteriormente deberá renovarse para disponer de una formación lo más actualizada y adecuada. Los fabricantes y/o distribuidores deberán indicar en la etiqueta como se ha indicado anteriormente la obligación de realizar la formación para la manipulación de los productos. De dicha manera cualquier usuario quedará informado de la obligación de realizarla para el producto que desee adquirir (*Formación En El Uso Seguro De Diisocianatos - Quirónprevención*, n.d.)

La obligación en la formación básica para cualquier tipo de usuario acerca del uso de productos que contengan diisocianatos en las proporciones ya indicadas podría mejorar significativamente los riesgos a los que son expuestos los trabajadores. Se podría actuar con mayor seguridad, adoptando las medidas preventivas más adecuadas acorde a los riesgos específicos en función del tipo de producto, cantidad, aplicación, tipo de envase, etc.

9. CONCLUSIONES

Los riesgos higiénicos tienen la particularidad de no ser percibidos como un riesgo potencial para la salud al no tener un efecto inmediato en muchos casos. Los efectos sobre la salud de los trabajadores se comienzan a detectar en un plazo medio y largo dependiendo de diversos factores como son el nivel de exposición, el agente contaminante, el estado de salud de la persona afectada, etc. Al no existir una relación causa-efecto similar a la de un accidente laboral no se suelen tomar las medidas adecuadas, ya que se menosprecia la severidad del daño.

En multitud de centros de trabajos ya sea en la construcción, fábricas, talleres o almacenes entre otros, se podrá notar la escasez de Equipos de Protección Colectivos e Individuales frente a los riesgos higiénicos, en particular en este caso frente a riesgos químicos. Normalmente los EPI que suelen utilizar suelen ser específicos para riesgos físicos, ignorando los riesgos higiénicos y en peor situación encuentran los riesgos ergonómicos, éstos últimos pasan en la mayoría de los casos inadvertidos.

El avance en los derechos, el estado de bienestar y el endurecimiento de la normativa referente a la protección de la salud y seguridad de los trabajadores van consiguiendo ciertas mejoras en las empresas. Sin embargo, muchas de las mejoras son simplemente implementadas para pasar el visto bueno por los servicios de prevención. Los profesionales en seguridad se encuentran ante un camino escabroso el cual se debe ir mejorando y construyendo día a día con organización, persistencia y decisión. En cuestión de seguridad y salud no se aprueba la improvisación ni las temeridades, toda acción ha de ser previamente fundamentada, verificada y aprobada.

Con relación al sector de la construcción todavía queda mucho recorrido, necesidad de concienciación y mejoras preventivas, principalmente en riesgos higiénicos y ergonómicos. Los empresarios y trabajadores con formación en Prevención de Riesgos Laborales conocen la importancia del disponer de una ropa adecuada, de utilizar un calzado adecuado, de las líneas de vida, los sistemas anticaídas, etc. No obstante, con referencia a los riesgos higiénicos se debe potenciar más su difusión y las mejoras en los centros de trabajo para reducir los riesgos.

Por último, se debe enfatizar en la necesidad de una formación adecuada y una cultura preventiva sólida no solo en los puestos donde existe un mayor riesgo para la salud y la seguridad debido a sus funciones, la cultura preventiva también deberá calar en la dirección facultativa y en los mandos directivos de las empresas, quienes deberán exigir la implicación y el seguimiento en las medidas preventivas características de cada centro y tipo de trabajo particular.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Chemical Society. (n.d.). American Chemical Society. Recuperado 05 de mayo de 2024, de <https://www.acs.org/>

Arenas Sainz, B., & Bestratén Belloví, M. (2006). NTP 745: Nueva cultura de empresa y condiciones de trabajo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSST). Recuperado 11 de abril de 2024, de https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_745.pdf/b0114648-5c97-4e08-919e-12be6a1d8bc3?version=1.0&t=1617977671405

Avatep-Serpross (2023, 28 marzo). *Restricciones para el uso de diisocianatos*. Avatep Asociación Vasca Prevención De Riesgos Laborales. Recuperado 11 de marzo de 2024, de <https://www.avatep.org/restricciones-para-el-uso-de-diisocianatos/>

Baraza, X., Castejón, E., & Guardino, X. (2014). *HIGIENE INDUSTRIAL* (1.ª ed.) [Digital]. Editorial UOC.

Bestratén Belloví, M. & Real Arias, P. (2009). NTP 829: Nueva cultura de empresa y condiciones de trabajo (II): factores de éxito del cambio. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSST). Recuperado 11 de abril de 2024, de <https://www.insst.es/documents/94886/328096/829+web.pdf/5ca3f4ce-b76b-4539-aa0f-3c8055734c1f>

Caloryfrio, I. A. (2024, 3 enero). *El sector de la construcción en España crecerá moderadamente hasta 2025 > Informe Euroconstruct cierre 2023*. Recuperado 26 de diciembre de 2023, de <https://www.caloryfrio.com/noticias/informacion-mercado/sector-construccion-espana-crecera-moderadamente-hasta-2025-informe-euroconstruct-2023.html>

CDC - Publicaciones de NIOSH - Prevención de asma y muertes por exposición a diisocianatos (96-111). (s. f.). Recuperado 09 de diciembre de 2023, de https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/96-111_sp/default.html

Colaboradores de Wikipedia. (2022, 23 diciembre). *Diisocianato de difenilmetano*. Wikipedia, La Enciclopedia Libre. Recuperado 26 de febrero de 2024, de https://es.wikipedia.org/wiki/Diisocianato_de_difenilmetano

Colaboradores de Wikipedia. (2023, 28 mayo). *Diisocianato de tolueno*. Wikipedia, La Enciclopedia Libre. Recuperado 10 de diciembre de 2023, de https://es.wikipedia.org/wiki/Diisocianato_de_tolueno

Colaboradores de Wikipedia. (2023, 30 septiembre). *Diisocianato de hexametileno*. Wikipedia, La Enciclopedia Libre. Recuperado 26 de febrero de 2023, de https://es.wikipedia.org/wiki/Diisocianato_de_hexametileno

COMISIÓN DE SALUD PÚBLICA CONSEJO INTERTERRITORIAL DEL SISTEMA NACIONAL DE SALUD. (2000). Asma Laboral. *PROTOCOLOS DE VIGILANCIA SANITARIA ESPECÍFICA*, MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO. Recuperado 08 de diciembre de 2023, de https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/asma_laboral.pdf

De La Torre, N., Alemany, L., De La Torre, N., & Alemany, L. (2024, 24 febrero). Dos hipótesis para el incendio de Valencia: el poliuretano lanzallamas o el polietileno que gotea fuego. *ELMUNDO*. Recuperado 06 de marzo de 2024, de <https://www.elmundo.es/comunidad-valenciana/2024/02/22/65d7ab3221efa00e108b4572.html>

Dermatitis de contacto - Síntomas y causas - Mayo Clinic. (2023, 25 abril). Recuperado 09 de febrero de 2024, de <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/contact-dermatitis/symptoms-causes/syc-20352742>

Directiva 98/24/CE del Consejo, de 7 de abril de 1998, relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo (decimocuarta Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE). Boletín Oficial del Estado, Madrid, 5 de mayo de 1998, núm. 131, pp. 11 - 23. Referencia: DOUE-L-1998-80770.

Di Prisco, M. C. (2017, 19 noviembre). *Dermatitis alérgica de contacto a isocianatos*. PIEL-L Latinoamericana. Recuperado 11 de febrero de 2024, de <https://piel-l.org/blog/45812>

Echagüe, J. V. (2022, 1 noviembre). Diez años del Madrid Arena: la reforma legal que ha salvado vidas. *La Razón*. Recuperado 06 de mayo de 2024, de <https://www.larazon.es/madrid/20221101/lbfo75zvingrvmh26dmbuibp3u.html>

Edema pulmonar - Síntomas y causas - Mayo Clinic. (2022, 19 julio). Mayo Clinic. Recuperado 17 de diciembre de 2023, de <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/pulmonary-edema/symptoms-causes/syc-20377009>

Efectos a la Salud por Diisocianatos: Orientación para el Personal Médico. (s. f.). Recuperado 05 de enero de 2024, de <https://www.americanchemistry.com/>

El asma en el trabajo - El asma en el trabajo | Libro de las enfermedades alérgicas de la Fundación BBVA. (n.d.). Recuperado 20 de noviembre de 2023, de <https://www.fbbva.es/alergia/alergia-respiratoria/el-asma-en-el-trabajo/>

Elena Herrero. (2023, 8 octubre). *¿Qué es un isómero? Tipos de isómeros.* El Club De Los Aminoácidos. Recuperado 19 de mayo de 2024, de <https://elclubdelosaminoacidos.com/que-es-un-isomero/>

Esteban Buedo, V., Gisasola Yeregui, A., García Gómez, M., Fernández Sánchez, R., Cabrerizo Benito, J. I., Lijó Bilbao, A., Ferrer Bosch, L., Torrell Martínez, J., & Boleas Ramón, S. (2023, junio). *Protocolización de la vigilancia sanitaria específica de las personas con riesgo de exposición laboral a productos químicos.* Ministerio de Sanidad. Recuperado 06 de mayo de 2024, de <https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/guiaQUIMICOS.pdf>

Fernández, J. (2023, 4 noviembre). *Angioedema.* Manual MSD Versión Para Público General. Recuperado 08 de febrero de 2024, de <https://www.msmanuals.com/es-es/hogar/trastornos-inmunol%C3%B3gicos/reacciones-al%C3%A9rgicas-y-otros-trastornos-de-hipersensibilidad/angioedema>

Fichas Internacionales de Seguridad Química. FISQ - Portal INSST - INSST. (n.d.). Portal INSST. Recuperado 09 de febrero de 2024, de <https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/fisq>

Formación en el uso seguro de diisocianatos - Quirónprevención. (n.d.). Quirónprevención. Recuperado 11 de marzo de 2024, de <https://www.quironprevencion.com/blogs/es/prevenidos/formacion-uso-seguro-diisocianatos>

- Formoso, A., Quevedo, O., & Rossell Capell, J. (2017). Los efectos adversos de los alineadores Invisalign. *Revista de Ortodoncia*, 47. Recuperado 09 de febrero de 2024, de <https://docplayer.es/81147365-Revista-de-revistas-los-efectos-adversos-de-los-alineadores-invisalign-angel-formoso.html>
- Freixa Blanxart, A. (1984). *NTP 116: Toma de muestras de metilen-bis-4-fenil-isocianato (MDI)*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSST). Recuperado 17 de diciembre de 2023, de https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_116.pdf/ea69af2b-213b-40f2-a395-e2b313544ac8?version=1.1&t=1684239596912
- Guasch Farrás, J., & Luna Mendaza, P. (1983). *NTP 58: Toma de muestras de 2,4-toluendiisocianato (TDI)*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSST). Recuperado 17 de diciembre de 2023, de https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_148.pdf/b94ce5d7-8a33-418a-8ee8-ba86a1777124?version=1.0&t=1617977208416
- Guasch Farrás, J., & Luna Mendaza, P. (1985). *NTP 148: Riesgos higiénicos por isocianatos*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSST). Recuperado 17 de diciembre de 2023, de https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_148.pdf/b94ce5d7-8a33-418a-8ee8-ba86a1777124?version=1.0&t=1617977208416
- GUÍA DIDÁCTICA: CURSO ONLINE DE FORMACIÓN EN EL USO SEGURO DE DIISOCIANATOS*. (s. f.). Campus IDUE. Recuperado 05 de mayo de 2024, de <https://www.campus.idue.es/pluginfile.php/613038/course/summary/guia-didactica-curso-diisocianatos-6h-avanzado.pdf>
- Hennessy, B. J. (2023, 15 noviembre). *Estomatitis*. Manual MSD Versión Para Profesionales. Recuperado 11 de febrero de 2024, de <https://www.msmanuals.com/es-es/professional/trastornos-odontol%C3%B3gicos/s%C3%ADntomas-de-los-trastornos-bucales-y-dentales/estomatitis>
- Hernández Calleja, A. (2007). *NTP 742: Ventilación general de edificios*. Instituto Nacional de Seguridad y Salud En el Trabajo (INSST). Recuperado 31 de marzo de 2024, de https://www.insst.es/documents/94886/327446/ntp_742.pdf/08383321-e605-4355-b830-c783a7d50b9c

Huici Montagud, A., & Ferrer Panzano, R. (1999). *NTP 526: Valores límite de exposición profesional en la Unión Europea y en España*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSST). Recuperado 23 de diciembre de 2023, de https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_526.pdf/6106bde0-c213-48a6-9b22-6fb9f9a1d37d?version=1.1&t=1680091478757

ICSC 0278 - DIISOCIANATO DE HEXAMETILENO. (n.d.). Recuperado 09 de febrero de 2024, de https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=278&p_edit=&p_version=2&p_lang=es

ICSC 0298 - ISOCIANATO DE BISFENILMETILENO. (n.d.). Recuperado 09 de febrero de 2024, de https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=298&p_edit=&p_version=2&p_lang=es

ICSC 0499 - DIISOCIANATO DE ISOFORONA. (n.d.). Recuperado 09 de febrero de 2024, de https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=es&p_card_id=0499&p_version=2

ICSC 0653 - 1,5-DIISOCIANATO DE NAFTALENO. (n.d.). Recuperado 09 de febrero de 2024, de https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=653&p_edit=&p_version=2&p_lang=es

ICSC 1783 - DIISOCIANATO DE TOLUENO (mezcla 80/20 de isómeros 2,4- y 2,6-). (n.d.). Recuperado 09 de febrero de 2024, de https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=1783&p_edit=&p_version=2&p_lang=es

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST]. 033. *Tareas de pintura en talleres de reparación de vehículos: exposición a isocianatos y otros compuestos orgánicos* - Portal INSST - INSST. (n.d.). Portal INSST. Recuperado 04 de febrero de 2024, de <https://www.insst.es/stp/basequim/033-tareas-pintura-talleres-reparacion-de-vehiculos-exposicion-isocianatos-y-otros-compuestos-organicos>

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT]. (s. f.). *Determinación de isocianatos orgánicos (2,6 y 2,4-toluen-diisocianato, hexametilendiisocianato, 4,4'-difenilmetano-diisocianato) en aire - Método de derivación y doble detección ultravioleta y electroquímica / Cromatografía líquida de alta resolución*. Instituto Nacional de Seguridad

E Higiene En el Trabajo. Recuperado 04 de febrero de 2024, de [https://www.carm.es/web/download?ARCHIVO=FTM-A-2.pdf&ALIAS=ARCH&IDCONTENIDO=33793&RASTRO=c721\\$m9693,9694](https://www.carm.es/web/download?ARCHIVO=FTM-A-2.pdf&ALIAS=ARCH&IDCONTENIDO=33793&RASTRO=c721$m9693,9694)

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST]. (2024). *Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2024* (Madrid, enero 2024). Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P. Recuperado 04 de febrero de 2024, de <https://www.insst.es/documents/94886/6896817/LEP+2024.pdf/2da36018-5d52-12e7-3b6a-d99544aa5a07?t=1708070663412>

Isocianato. (s. f.). Recuperado 10 de diciembre de 2023, de <https://www.quimica.es/enciclopedia/Isocianato.html>

LEP 2024. (n.d.). Recuperado 02 de febrero de 2024, de <https://bdlep.insst.es/LEP/index.jsp?nav=LEP>

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Boletín Oficial del Estado. Madrid, 10 de noviembre de 1995, núm. 269, pp. 32590 - 32611. ELI: <https://www.boe.es/eli/es/l/1995/11/08/31/con>

Lits, B. (n.d.). *Posters*. Recuperado 05 de mayo de 2024, de <https://www.safeusediisocyanates.eu/posters>

López Graña, B. (2023, 27 noviembre). *Reformas Clave en el Código Penal: Accidentes de Tráfico y Responsabilidad Penal*. López Graña Abogados. Recuperado 06 de mayo de 2024, de <https://lopezgrana.es/reformas-codigo-penal-traffic/>

Lourenço, C., & Martínez, E. (2024, 27 febrero). *Termina la identificación de las 10 víctimas mortales del incendio de Valencia*. Antena 3 Noticias. Recuperado 6 de marzo de 2024, de https://www.antena3.com/noticias/sociedad/incendio-valencia-ultima-hora-directo-generalitat-lanzado-paquete-ayudas-afectados-incendio_2024022765dda6704129260001dbc5a8.html

Lufilsur. (2022, 21 abril). *'Pictogramas de peligro' en el etiquetado de productos industriales*. LUFILSUR. Recuperado 09 de febrero de 2024, de <https://www.lufilsur.es/pictogramas-de-peligro-en-el-etiquetado-de-productos-industriales/>

Matias. (n.d.). *Diisocianato de Tolueno (TDI)*. Textos Científicos. Recuperado 14 de enero de 2024, de <https://www.textoscientificos.com/quimica/tdi>

Métodos de Toma de Muestras y Análisis - MTA - Portal INSST - INSST. (n.d.). Portal INSST. Recuperado 07 de diciembre de 2023, de <https://www.insst.es/metodos-de-toma-de-muestras-y-analisis>

Ministerio de Trabajo y Economía Social, M. (n.d.). *Anuarios. Ministerio de Trabajo y Economía Social*. Ministerio De Trabajo Y Economía Social. 2020. Recuperado 08 de diciembre de 2023, de <https://www.mites.gob.es/es/estadisticas/anuarios/index.htm>

Notas Técnicas de Prevención - NTP - Portal INSST - INSST. (n.d.). Portal INSST. Recuperado 07 de diciembre de 2023, de <https://www.insst.es/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion>

Patricia, F. L., Carolina, J. V. L., Eva, M. C. M., Patricia, F. L., Carolina, J. V. L., & Eva, M. C. M. (n.d.). *Óxido Nítrico como biomarcador en asma ocupacional inducida por isocianatos en talleres de pintura automotriz*. Recuperado 05 de mayo de 2024, de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2018000100089

Paola, C. G. (2012). *Asma ocupacional y su relación con los isocianatos*. *repository.urosario.edu.co*. Recuperado 14 de diciembre de 2023, de https://doi.org/10.48713/10336_2844

Pérdida del olfato (anosmia). (2019, 5 diciembre). Mayo Clinic. Recuperado 07 de febrero de 2024, de <https://www.mayoclinic.org/es/symptoms/loss-of-smell/basics/causes/sym-20050804>

Polyurethane - American Chemistry Council. (n.d.). American Chemistry Council. Recuperado 04 de enero de 2024, de <https://www.americanchemistry.com/chemistry-in-america/chemistries/polyurethane>

Prevención, E. (2024, 1 febrero). *LOS DIISOCIANATOS SON SENSIBILIZANTES RESPIRATORIOS y CUTÁNEOS* -. Emesa Prevención. Recuperado 27 de febrero de 2024, de <https://emesaprevencion.com/los-diisocianatos-son-sensibilizantes-respiratorios-y-cutaneos/>

Preventiva, P. (2023, 7 mayo). *Restricciones para el uso de diisocianatos. Práctica Preventiva FREMAP*. Recuperado 09 de febrero de 2024, de <https://practicapreventiva.fremap.es/2023/03/16/restricciones-para-el-uso-de-diisocianatos/>

Productos químicos. (2023, 8 marzo). Comunidad De Madrid. Recuperado 25 de febrero de 2024, de <https://www.comunidad.madrid/servicios/salud/productos-quimicos>

Qué es el poliuretano (s. f.). Tecnopól. Recuperado 04 de febrero de 2024, de <https://tecnopol.es/actualidad/que-es-el-poliuretano>

REGLAMENTO REACH. (n.d.). Ministerio Para La Transición Ecológica Y El Reto Demográfico. Recuperado 03 de enero de 2024, de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/productos-quimicos/reglamento-reach.html>

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Boletín Oficial del Estado. Madrid, 7 de agosto de 1997, núm. 188, pp. 24063 – 24070. Permalink ELI: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1997/07/18/1215/con>

Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas. Boletín Oficial del Estado. Madrid, 5 de junio de 1995, núm. 133, pp. 16544 – 16547. Permalink ELI: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1995/03/10/363/con>

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. Boletín Oficial del Estado. Madrid, 01 de mayo de 2001, núm. 104, pp. 15893 – 15899. Permalink ELI: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2001/04/06/374/con>

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Boletín Oficial del Estado. Madrid, 23 de abril de 1997, núm. 97, pp. 12918 – 12926. Permalink ELI: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1997/04/14/486>

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. Boletín Oficial del Estado. Madrid, 12 de junio de 1997, núm. 140, pp. 18000 – 18017. Permalink ELI: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1997/05/30/773/con>

Reglamento (CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican

y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006. Diario Oficial de la Unión Europea. L 353/1, 31 de diciembre de 2008. Permalink ELI: <http://data.europa.eu/eli/reg/2008/1272/oj>

Reglamento (UE) 2020/1149 de la Comisión de 3 de agosto de 2020 que modifica, por lo que respecta a los diisocianatos, el anexo XVII del Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH). Diario Oficial de la Unión Europea. L 252/24, 3 de agosto de 2020. Permalink ELI: <http://data.europa.eu/eli/reg/2020/1149/oj>

REGLAMENTO CLP. (n.d.). Ministerio Para La Transición Ecológica Y El Reto Demográfico. Recuperado 25 de febrero de 2024, de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/productos-quimicos/reglamento-clp.html>

Reglamento REACH CLP para el etiquetado de sustancias peligrosas. (n.d.). Recuperado 01 de abril de 2024, de <https://www.ubscod.com/es-es/news/43/reach-regulation>

Request for assistance in preventing asthma and death from diisocyanate exposure. (1996). Recuperado 05 de mayo de 2024, de <https://doi.org/10.26616/nioshpub96111>

Santolaya Martínez, C. (1999). *NTP 535: Isocianatos: control ambiental de la exposición*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSST). Recuperado 30 de diciembre de 2023, de https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_535.pdf

Santos, T., Romano, D., & Gadea, R. (2009). *Nuevo Reglamento sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas: Guía para delegadas y delegados de prevención* (1.a ed.) [Digital]. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS). Recuperado 11 de febrero de 2024, de <https://istas.net/descargas/GuiaDeldelegado.pdf>

Sethi, S. (2023, 4 noviembre). *Neumonía por aspiración y Neumonitis química*. Manual MSD Versión Para Público General. Recuperado 01 de febrero de 2024, de <https://www.msmanuals.com/es-es/hogar/trastornos-del-pulm%C3%B3n-y-las-v%C3%ADas-respiratorias/neumon%C3%ADa/neumon%C3%ADa-por-aspiraci%C3%B3n-y-neumonitis-qu%C3%ADmica>

Sika España (2023, 24 enero). Que es REACH. *REACH Y LA FORMACIÓN SOBRE SEGURIDAD EN EL USO DE DIISOCIANATOS*. Recuperado 04 de diciembre de 2023, de <https://esp.sika.com/es/noticias/que-es-reach.html>

Temas específicos del Proceso Selectivo para ingreso en la Escala de Titulados Superiores del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, O.A., M.P. (INSST). Parte 3: “Higiene industrial”. V. noviembre 2022. Recuperado 27 de febrero de 2024, de <https://www.insst.es/documents/94886/4155697/Tema%203.%20Criterios%20de%20valoraci%C3%B3n%20de%20agentes%20qu%C3%ADmicos.pdf>

Tratamiento Neurorrehabilitación de anoxia cerebral - Lescer. (n.d.). Centro Lescer. Recuperado 30 de noviembre de 2023, de <https://www.lescer.es/tratamientos-dano-cerebral-adquirido/rehabilitacion-anoxia/>

Urrutia, D. (2023, 17 octubre). *Qué es DAFO - Definición, significado y ejemplos*. Arimetrics. Recuperado 28 de febrero de 2024, de <https://www.arimetrics.com/glosario-digital/dafo>

Wang, D. (n.d.). *El incendio de Valencia: otro ejemplo del peligro de los materiales inflamables en la construcción*. The Conversation. Recuperado 06 de marzo de 2024, de <https://theconversation.com/el-incendio-de-valencia-otro-ejemplo-del-peligro-de-los-materiales-inflamables-en-la-construccion-224300>

11. ANEXOS

A continuación, se adjunta una serie de documentos como complemento al presente Trabajo de Fin de Máster para facilitar la comprensión del mismo y aportar información complementaria de interés. Se incluye normativa, hojas de seguridad, programas formativos, etc.

REGLAMENTO (UE) 2020/1149 DE LA COMISIÓN**de 3 de agosto de 2020****que modifica, por lo que respecta a los diisocianatos, el anexo XVII del Reglamento (CE) n.º 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH)****(Texto pertinente a efectos del EEE)**

LA COMISIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea,

Visto el Reglamento (CE) n.º 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH), por el que se crea la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas, se modifica la Directiva 1999/45/CE y se derogan el Reglamento (CEE) n.º 793/93 del Consejo y el Reglamento (CE) n.º 1488/94 de la Comisión así como la Directiva 76/769/CEE del Consejo y las Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE y 2000/21/CE de la Comisión ⁽¹⁾, y en particular su artículo 68, apartado 1,

Considerando lo siguiente:

- (1) Los diisocianatos tienen una clasificación armonizada como sensibilizantes respiratorios de categoría 1 y como sensibilizantes cutáneos de categoría 1 con arreglo al Reglamento (CE) n.º 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo ⁽²⁾. Los diisocianatos se usan en toda la Unión como componentes químicos básicos en una amplia gama de sectores y aplicaciones, especialmente en espumas, sellantes y revestimientos, entre otros.
- (2) El 6 de octubre de 2016, Alemania presentó a la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (en lo sucesivo, «la Agencia») un expediente ⁽³⁾ conforme al artículo 69, apartado 4, del Reglamento (CE) n.º 1907/2006 (en lo sucesivo, «el expediente del anexo XV»), con el fin de iniciar el procedimiento de restricción establecido en los artículos 69 a 73 de dicho Reglamento. En el expediente del anexo XV se indicaba que la sensibilización respiratoria, debida a la exposición tanto cutánea como por inhalación a los diisocianatos, causa en los trabajadores asma profesional, lo que se considera un serio problema de salud laboral en la Unión. Se considera que el elevado número anual de nuevos casos de enfermedades profesionales causadas por los diisocianatos (esta cifra se estima en más de 5 000 casos) es inaceptable. En el expediente del anexo XV se demostró que es necesario actuar a escala de la Unión y se propuso restringir el uso industrial y profesional de los diisocianatos, así como su comercialización, como tales y como componentes de otras sustancias y en mezclas.
- (3) El objetivo de la restricción propuesta en el expediente del anexo XV es limitar el uso de los diisocianatos en aplicaciones industriales y profesionales a aquellos casos en que se haya adoptado una combinación de medidas técnicas y organizativas y se haya seguido un curso normalizado de formación mínima. La información sobre cómo acceder al curso debería divulgarse a lo largo de toda la cadena de suministro y los operadores que comercializan estas sustancias y mezclas deberían ser responsables de hacer que los destinatarios de las mismas dispongan de dichos cursos de formación.
- (4) El 5 de diciembre de 2017, el Comité de evaluación del riesgo (CER) de la Agencia adoptó un dictamen ⁽⁴⁾ en el que concluía que la restricción propuesta, en la versión modificada por el CER, es la medida más adecuada a escala de la Unión para abordar los riesgos detectados que se derivan de la exposición a estas sustancias, en términos de eficacia para reducir dichos riesgos. Además, consideró que la aplicación de la restricción propuesta reduciría también el número de casos de dermatitis relacionados con los diisocianatos.
- (5) El CER llegó a la conclusión de que una formación adecuada es una necesidad básica y de que todo trabajador que manipule diisocianatos debería tener un conocimiento suficiente de los peligros de estas sustancias, ser consciente de los riesgos asociados a sus usos y tener un conocimiento suficiente de las buenas prácticas laborales y de las medidas de gestión de riesgos (MGR) adecuadas, incluido el uso correcto de equipos adecuados de protección individual. El CER señaló que se necesitan medidas de formación concretas para aumentar la concienciación de lo importante que es proteger la salud mediante MGR adecuadas y prácticas de manipulación seguras.

⁽¹⁾ DO L 396 de 30.12.2006, p. 1.

⁽²⁾ Reglamento (CE) n.º 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) n.º 1907/2006 (DO L 353 de 31.12.2008, p. 1).

⁽³⁾ <https://echa.europa.eu/documents/10162/63c411e5-cf0f-dc5e-ff83-1e8de7e4e282>

⁽⁴⁾ <https://echa.europa.eu/documents/10162/737bceac-35c3-77fb-ba7a-0e417a81aa4a>

- (6) El CER consideró que el valor de corte del 0,1 % en peso, fijado para los diisocianatos en una sustancia o en una mezcla, corresponde al actual límite de concentración más bajo en el caso de diisocianatos concretos clasificados como sensibilizantes respiratorios de categoría 1. El CER también estuvo de acuerdo con el remitente del expediente en que la aplicación de un límite de exposición profesional indicativo o vinculante no sería suficiente para reducir el número de casos de asma profesional a un nivel lo más bajo posible, ya que en la actualidad no se conoce ningún umbral para el efecto sensibilizante de los diisocianatos.
- (7) El 15 de marzo de 2018, el Comité de análisis socioeconómico (CASE) de la Agencia adoptó un dictamen ⁽⁵⁾ en el que confirmó la conclusión del CER de que, teniendo en cuenta sus costes y beneficios socioeconómicos, la restricción propuesta es la medida más adecuada a escala de la Unión para abordar los riesgos identificados. Además, el CASE llegó a la conclusión de que la restricción propuesta es asequible para las cadenas de suministro afectadas.
- (8) El CASE recomendó que la aplicación de la restricción se aplazase cuarenta y ocho meses con el fin de que todos los agentes implicados dispusiesen de suficiente tiempo para aplicar plenamente los requisitos de la restricción.
- (9) Se consultó al Foro de intercambio de información relativa al cumplimiento de la normativa de la Agencia, al que se hace referencia en el artículo 76, apartado 1, letra f), del Reglamento (CE) n.º 1907/2006, acerca de los dictámenes del CER y el CASE sobre la restricción propuesta, y se han tenido en cuenta sus recomendaciones.
- (10) El 9 de mayo de 2018, la Agencia presentó los dictámenes del CER y el CASE a la Comisión. Sobre la base de dichos dictámenes, la Comisión llegó a la conclusión de que el uso o la comercialización de diisocianatos, como tales o como componentes de otras sustancias y en mezclas, representan un riesgo inaceptable para la salud humana. La Comisión considera que estos riesgos deben abordarse a escala de la Unión.
- (11) Teniendo en cuenta tanto el expediente del anexo XV como los dictámenes del CER y el CASE, la Comisión considera que debe establecerse un requisito mínimo de formación para los usuarios industriales y profesionales, sin perjuicio de obligaciones más estrictas en los Estados miembros. La Comisión también considera que la información relativa a dicho requisito debe figurar en el envase.
- (12) A efectos de posibles revisiones futuras de la actual restricción y con arreglo a lo dispuesto en el artículo 117, apartado 1, del Reglamento (CE) n.º 1907/2006, los Estados miembros deben informar a la Comisión de todo requisito de formación que establezcan, del número de casos notificados de asma profesional y enfermedades respiratorias y cutáneas profesionales, de todos los niveles nacionales de exposición profesional y de las actividades que emprendan para hacer cumplir la normativa.
- (13) Se pretende que esta restricción mejore la capacidad de los empleadores para alcanzar un nivel más elevado de control de riesgos, sin perjuicio de la legislación de la Unión en materia de salud y seguridad en el trabajo y, concretamente, de la Directiva 98/24/CE del Consejo sobre los agentes químicos ⁽⁶⁾. Las pequeñas y medianas empresas resultarán beneficiadas por el presente acto, ya que, al facilitar programas de formación específicos para los diisocianatos a lo largo de toda la cadena de suministro, mejorará el cumplimiento de los actuales requisitos de salud y seguridad en el trabajo.
- (14) Se debe conceder a los operadores económicos un período de tiempo suficiente para adaptarse a los nuevos requisitos. Un período transitorio de tres años es adecuado para permitir que los trabajadores afectados reciban la necesaria formación.
- (15) Procede, por tanto, modificar el Reglamento (CE) n.º 1907/2006 en consecuencia.
- (16) Las medidas previstas en el presente Reglamento se ajustan al dictamen del Comité creado en virtud del artículo 133 del Reglamento (CE) n.º 1907/2006.

HA ADOPTADO EL PRESENTE REGLAMENTO:

Artículo 1

El anexo XVII del Reglamento (CE) n.º 1907/2006 se modifica de conformidad con el anexo del presente Reglamento.

⁽⁵⁾ <https://echa.europa.eu/documents/10162/d6794aa4-8e3a-6780-d079-77237244f5f9>

⁽⁶⁾ Directiva 98/24/CE del Consejo, de 7 de abril de 1998, relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo (DO L 131 de 5.5.1998, p. 11).

Artículo 2

El presente Reglamento entrará en vigor a los veinte días de su publicación en el *Diario Oficial de la Unión Europea*.

El presente Reglamento será obligatorio en todos sus elementos y directamente aplicable en cada Estado miembro.

Hecho en Bruselas, el 3 de agosto de 2020.

Por la Comisión
La Presidenta
Ursula VON DER LEYEN

ANEXO

En el anexo XVII del Reglamento (CE) n.º 1907/2006, se añade la entrada siguiente:

<p>«74. Diisocianatos, $O = C=N-R-N = C=O$, donde R es una estructura de hidrocarburos alifática o aromática de longitud no especificada</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. No deberán usarse como sustancias como tales o como componentes de otras sustancias o en mezclas para usos industriales y profesionales después del 24 de agosto de 2023, excepto si: <ol style="list-style-type: none"> a) la concentración de diisocianatos individualmente y en conjunto es inferior al 0,1 % en peso, o b) el empleador o el trabajador por cuenta propia garantizan que el usuario o usuarios industriales o profesionales han completado con éxito la formación sobre el uso seguro de los diisocianatos antes de utilizar la(s) sustancia(s) o la(s) mezcla(s). 2. No deberán comercializarse como sustancias como tales o como componentes de otras sustancias o en mezclas para usos industriales y profesionales después del 24 de febrero de 2022, excepto si: <ol style="list-style-type: none"> a) la concentración de diisocianatos individualmente y en conjunto es inferior al 0,1 % en peso, o b) el proveedor garantiza que el destinatario de la(s) sustancia(s) o la(s) mezcla(s) ha recibido información sobre los requisitos a que se hace referencia en el punto 1, letra b), y que en el envase figura, de forma claramente separada del resto de la información de la etiqueta, la declaración siguiente: «A partir del 24 de agosto de 2023 es obligatorio tener la formación adecuada para proceder a un uso industrial o profesional». 3. A efectos de la presente entrada, son «usuarios industriales y profesionales» todos los trabajadores por cuenta propia y por cuenta ajena que manipulen diisocianatos como tales o como componentes de otras sustancias o en mezclas para usos industriales o profesionales o que supervisen dichas tareas. 4. La formación a que se hace referencia en el punto 1, letra b), incluirá las instrucciones de control de la exposición cutánea y por inhalación a los diisocianatos en el lugar de trabajo, sin perjuicio de cualquier otro valor límite nacional para la exposición profesional o de otras medidas de gestión de riesgos adecuadas a nivel nacional. Esta formación será llevada a cabo por un experto en salud y seguridad en el trabajo que haya adquirido la correspondiente competencia mediante la formación profesional pertinente. La formación cubrirá como mínimo los siguientes puntos: <ol style="list-style-type: none"> a) los elementos de formación contemplados en el punto 5, letra a), para todos los usos industriales y profesionales; b) los elementos de formación contemplados en el punto 5, letras a) y b), para los siguientes usos: <ul style="list-style-type: none"> — manipulación de mezclas abiertas a temperatura ambiente (incluidos los túneles de espuma); — pulverización en una cabina ventilada; — aplicación mediante rodillo; — aplicación mediante brocha; — aplicación por inmersión y vertido; — tratamiento posterior mecánico (por ejemplo, corte) de artículos que no estén completamente curados y que ya no estén calientes; — limpieza y residuos; — cualesquiera otros usos con exposición similar por vía cutánea y/o por inhalación; c) los elementos de formación contemplados en el punto 5, letras a), b) y c), para los siguientes usos: <ul style="list-style-type: none"> — manipular artículos no completamente curados (por ejemplo, de curado reciente, todavía calientes); — aplicaciones de fundición; — labores de mantenimiento y reparación que requieran acceder al equipo; — manipulación abierta de formulaciones calientes o muy calientes (> 45 °C); — pulverización al aire libre, con ventilación limitada o con ventilación exclusivamente natural (incluidas las grandes naves de trabajo industriales), y pulverización de alta energía (por ejemplo, espumas y elastómeros); — cualesquiera otros usos con exposición similar por vía cutánea y/o por inhalación.
---	---

-
5. Elementos de la formación:
 - a) formación general, incluida la formación en línea, sobre:
 - aspectos químicos de los diisocianatos;
 - peligros de toxicidad (incluida la toxicidad aguda);
 - exposición a los diisocianatos;
 - valores límite de exposición profesional;
 - cómo se desarrolla la sensibilización;
 - el olor como indicador de peligro;
 - importancia de la volatilidad para el riesgo;
 - viscosidad, temperatura y peso molecular de los diisocianatos;
 - higiene personal;
 - equipos de protección individual necesarios, incluidas instrucciones prácticas para su correcto uso y sus limitaciones;
 - riesgos de la exposición por contacto cutáneo e inhalación;
 - riesgos relacionados con los procesos de aplicación utilizados;
 - plan de protección cutánea y contra la inhalación;
 - ventilación;
 - limpieza, fugas, mantenimiento;
 - eliminación de envases vacíos;
 - protección de circunstancias;
 - detección de las etapas críticas de manipulación;
 - sistemas específicos de la normativa nacional (si procede);
 - seguridad basada en el comportamiento;
 - certificado o prueba documental de que se ha completado con éxito la formación;
 - b) formación de nivel intermedio, incluida la formación en línea, sobre:
 - otros aspectos basados en el comportamiento;
 - mantenimiento;
 - gestión del cambio;
 - evaluación de las instrucciones de seguridad existentes;
 - riesgos relacionados con los procesos de aplicación utilizados;
 - certificado o prueba documental de que se ha completado con éxito la formación;
 - c) formación avanzada, incluida la formación en línea, sobre:
 - toda certificación adicional necesaria para los usos específicos cubiertos;
 - pulverización fuera de la correspondiente cabina;
 - manipulación abierta de formulaciones calientes o muy calientes (> 45 °C);
 - certificado o prueba documental de que se ha completado con éxito la formación.
 6. La formación deberá ajustarse a las disposiciones del Estado miembro en que operen el usuario o usuarios industriales o profesionales. Los Estados miembros podrán establecer o seguir aplicando sus propios requisitos nacionales para el uso de las sustancias o mezclas siempre que se cumplan los requisitos mínimos establecidos en los puntos 4 y 5.
 7. El proveedor al que se hace referencia en el punto 2, letra b), garantizará que se proporcione al destinatario material pedagógico y cursos de formación con arreglo a los puntos 4 y 5 en la lengua o lenguas oficiales del Estado o Estados miembros en que se suministren las sustancias o mezclas. En la formación se tendrán en cuenta las características específicas de los productos suministrados, incluidos su composición, envase y diseño.
 8. El empleador o el trabajador por cuenta propia deberán documentar que se ha finalizado con éxito la formación a que se hace referencia en los puntos 4 y 5. La formación se revisará como mínimo cada cinco años.
 9. Los Estados miembros incluirán en los informes que elaboren con arreglo al artículo 117, apartado 1, la siguiente información:
 - a) todo requisito de formación y otras medidas de gestión de riesgos establecidos en relación con los usos industriales y profesionales de los diisocianatos en el ordenamiento jurídico nacional;
-

	<p>b) número de casos de asma profesional y enfermedades respiratorias y cutáneas profesionales notificados y reconocidos relacionados con los diisocianatos;</p> <p>c) límites nacionales de exposición a los diisocianatos, si los hubiera;</p> <p>d) información sobre las actividades dirigidas a hacer cumplir esta restricción.</p> <p>10. La presente restricción se aplicará sin perjuicio de cualquier otra normativa de la Unión sobre protección de la salud y la seguridad de los trabajadores en el trabajo.»</p>
--	--

GUÍA DIDÁCTICA

CURSO ONLINE DE
FORMACIÓN EN EL USO
SEGURO DE
DIISOCIANATOS



INTRODUCCIÓN

Bienvenido/a al curso online de Formación en el uso seguro de Diisocianatos.

Valoramos y reconocemos el esfuerzo que suponen los estudios a distancia, por lo que tratamos de hacer la experiencia on-line lo más intuitiva y sencilla posible.

La presente guía está diseñada para **acompañarte y orientarte sobre los contenidos** e instrucciones que deberás desarrollar durante el curso virtual.

Lee atentamente las **pautas y orientaciones** de la Guía y, para cualquier inquietud y/o orientación sobre el desarrollo del curso, **comúnicate con el tutor o tutora** del campus, a través del sistema de mensajería interna.

CONTENIDOS DEL CURSO

En el presente curso se pretenden cubrir las **necesidades** formativas específicas para el **uso y manejo de Diisocianatos**, según lo establecido en la Ley de prevención de riesgos laborales: como formación específica del puesto de trabajo, regulada por el **Artículo 19 de la Ley 31/1995** y por el **Artículo 9 del R.D. 374/2001** sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

Asimismo, los contenidos de este curso también se adaptan a lo dispuesto en el Reglamento (UE) **2020/1149** de la Comisión, respecto a los **Diisocianatos**, tal y como establece el **REACH**. La realización de este curso de formación habilita a usuarios industriales y profesionales **para el uso de Diisocianatos con una concentración superior al 0,1% en peso**.



OBJETIVOS

En el presente curso se pretenden **cubrir las necesidades formativas de los usuarios industriales y profesionales**, según establece el **Reglamento (UE) 2020/1149 de la Comisión**.

El curso incluye el nivel formativo general sobre aspectos químicos y toxicidad de los diisocianatos así como el nivel intermedio y avanzado teniendo en cuenta los siguientes usos:

Actividades que incluyen el **nivel formativo intermedio**:

- manipulación de mezclas abiertas a temperatura ambiente (incluidos los túneles de espuma);
- pulverización en una cabina ventilada;
- aplicación mediante rodillo;
- aplicación mediante brocha;
- aplicación por inmersión y vertido;
- tratamiento posterior mecánico (por ejemplo, corte) de artículos que no estén completamente curados y que ya no estén calientes;
- limpieza y residuos;
- cualesquiera otros usos con exposición similar por vía cutánea y/o por inhalación;



OBJETIVOS

Actividades que incluyen el **nivel formativo avanzado**:

- manipular artículos no completamente curados (por ejemplo, de curado reciente, todavía calientes);
- aplicaciones de fundición;
- labores de mantenimiento y reparación que requieran acceder al equipo;
- manipulación abierta de formulaciones calientes o muy calientes ($> 45\text{ °C}$);
- pulverización al aire libre, con ventilación limitada o con ventilación exclusivamente natural (incluidas las grandes naves de trabajo industriales), y pulverización de alta energía (por ejemplo, espumas y elastómeros);
- cualesquiera otros usos con exposición similar por vía cutánea y/o por inhalación.



CONTENIDOS DEL CURSO

MÓDULO 1. Formación general

Productos químicos: Conceptos, clasificación y manipulación

- Vías de entrada
- Clasificación de sustancias químicas peligrosas
- Clasificación de contaminantes químicos por sus efectos en el organismo
- Etiquetaje
- Fichas de datos de seguridad
- Manipulación de productos químicos
- Almacenamiento

Riesgo específico por exposición a diisocianatos

- Introducción y Normativa
- Aspectos químicos
 - Viscosidad, temperatura y peso molecular de los diisocianatos
 - Importancia de la volatilidad para el riesgo
- Exposición a los diisocianatos
 - Valores límite de exposición profesional
 - El olor como indicador de peligro
- Peligros de toxicidad
 - Riesgos de exposición por contacto cutáneo e inhalación
 - Cómo se desarrolla la sensibilización
 - Riesgos relacionados con los procesos de aplicación
 - Detección de las etapas críticas de manipulación
- Plan de protección cutánea y contra la inhalación
 - Seguridad basada en el comportamiento
 - Ventilación: Sistemas de extracción/Captación localizada
 - Protección de personal circundante
 - Higiene personal
 - Equipos de protección individual necesarios, incluidas instrucciones prácticas para su correcto uso y sus limitaciones.
- Almacenamiento, Fugas, accidentes y Primeros Auxilios
 - Limpieza, mantenimiento y fugas
 - Eliminación de envases vacíos



CONTENIDOS DEL CURSO

MÓDULO 2. Nivel intermedio

- Otros aspectos basados en el comportamiento
- Mantenimiento
- Gestión del cambio
- Evaluación de las instrucciones de seguridad existentes
- Riesgos relacionados con los distintos procesos de aplicación:
 - Manipulación de mezclas abiertas a temperatura ambiente
 - Pulverización en una cabina ventilada
 - Aplicación mediante rodillo y brocha
 - Aplicación por inmersión y vertido
 - Tratamiento posterior mecánico (por ejemplo, corte) de artículos que no estén completamente curados y que ya no estén calientes
 - Limpieza y residuos
 - Otros: Aplicación industrial de adhesivos de poliuretano a temperatura ambiente

MÓDULO 3. Nivel avanzado

- Autorizaciones de trabajo
- Riesgos relacionados con los procesos de aplicación utilizados:
- Manipulación de artículos no curados completamente
 - Aplicaciones de fundición
 - Labores de mantenimiento y reparación que requieran acceder al equipo
 - Manipulación abierta de formulaciones calientes o muy calientes ($> 45^{\circ}\text{C}$)
 - Pulverización al aire libre, con ventilación limitada o con ventilación exclusivamente natural (incluidas las grandes naves de trabajo industriales), y pulverización de alta energía (por ejemplo, espumas y elastómeros);
- Aplicaciones industriales de adhesivos de poliuretano a temperatura ambiente, velocidades de laminación 100m/min
- Descarga de Diisocianatos



LAS ACTIVIDADES

El curso es **totalmente virtual**. Todas las actividades se pueden desarrollar en cualquier horario, desde cualquier ordenador con acceso a Internet, desde cualquier lugar.

TIEMPO ASIGNADO

Las actividades y contenidos están diseñadas para que se desarrollen en aproximadamente **6 horas**, por lo que sugerimos hacer una planificación personal para cumplir con los objetivos del curso.

MATERIALES DIDÁCTICOS

El desarrollo del temario se realizará mediante **vídeo-clases** de los/as profesores/as y presentaciones. Adicionalmente, el alumnado tendrá a su disposición **material complementario** y bibliografía por si quiere ampliar sus conocimientos.

LOS MEDIOS

El curso se desarrollará utilizando los módulos de la plataforma moodle, permitiéndole una comunicación virtual permanente a través de:

- **Foro General del Aula**, que permite el intercambio asincrónico del grupo sobre un tema compartido.
- **Novedades del Docente**, para las comunicaciones realizadas por el profesorado.

EVALUACIÓN DEL CURSO

Al final de cada uno de los módulos se realizarán **cuestionarios de autoevaluación** que serán de obligado cumplimiento para poder pasar al siguiente módulo.

El alumnado dispondrá de **intentos ilimitados para resolver cada cuestionario**, con tiempo **ilimitado**. Se escogerá el intento con mayor puntuación.

Al final del curso se realizará un **examen final**, de obligado cumplimiento, con los contenidos de todos los módulos.

Se requerirá de una **puntuación mínima** de al menos un 3.5 **en los cuestionarios** para poder hacer media. Se considerará **superado** el curso cuando se obtenga una nota global **media igual o superior a 5**.

La superación del curso supondrá la obtención de un **certificado acreditativo** de superación y aprovechamiento del curso.



NTP 148: Riesgos higiénicos por isocianatos

Isocyanates: Health hazards

Isocyanates: Risques higiéniques

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactores:

Juan Guasch Farrás
Ldo. en Ciencias Químicas

Pablo Luna Mendaza
Ldo. en Ciencias Químicas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA - BARCELONA

Objetivo

Se pretende dar una idea general sobre el uso de isocianatos aromáticos en la industria, con especial énfasis en los procesos de poliadición para la formación de espumas de poliuretano, así como exponer las propiedades físicas, químicas y toxicológicas de los isocianatos más utilizados, y citar algunas recomendaciones encaminadas a la prevención frente a los riesgos que conllevan estos compuestos

Conceptos básicos

Los isocianatos son compuestos cuya fórmula general es $R-N=C=O$ en la que R es un radical orgánico; la característica común de los isocianatos es su elevada reactividad química frente a compuestos que disponen de hidrógenos activos. En este caso se encuentran, entre otros, los siguientes grupos:

- hidroxilo -OH
- sulfhidrilo -SH
- amino -NH₂
- imino =NH
- carboxilo -CO₂H
- carbonamida -CONH₂
- etc.

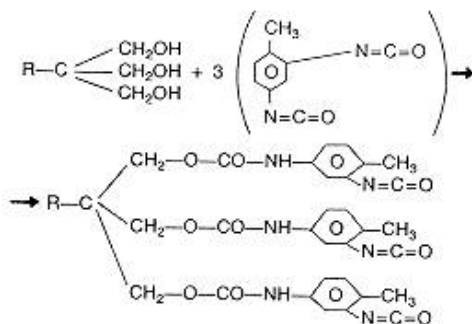
La reacción química entre los grupos hidroxilo de los polialcoholes y los isocianatos da lugar a los poliuretanos, fundamento de una gran parte de las aplicaciones industriales de los isocianatos entre las que pueden citarse:

- Industria del mueble (espumas, acabados superficiales).
- Industria del automóvil (espumas, adhesivos).
- Industria electrodomésticos (aislantes).
- Recubrimientos superficiales.
- Adhesivos.
- Construcción (aislamientos, decoración).
- Industria metalúrgica (moldes de fundición).
- Industria farmacéutica y química.
- Industria del calzado.

En la obtención industrial de poliuretanos suelen formularse tres componentes:

- A. Isocianatos.
- B. Polioli y catalizadores de la reacción.
- C. Polioli y Freón - II como vehículo de expansión.

Si se emplean compuestos con más de un grupo isocianato por molécula, el primer paso de la reacción es la formación de prepolímeros, que poseen grupos isocianatos libres para continuar la reacción hasta la polimerización final:



La presencia en el ambiente de trabajo de monómeros y prepolímeros que no han reaccionado durante el proceso de polimerización, da lugar a una serie de riesgos higiénicos que comentaremos más adelante.

Los isocianatos más utilizados en la industria son los diisocianatos (2 grupos isocianatos por molécula). En la tabla 1 figuran los diisocianatos más comunes con algunas de sus propiedades físico-químicas.

Tabla 1: Diisocianatos más comunes

PROPIEDADES	TDI	MDI	HDI	NDI	IPDI
Fórmula	C ₉ H ₆ N ₂ O ₂	C ₁₅ H ₁₀ N ₂ O ₂	C ₈ H ₁₂ N ₂ O ₂	C ₁₂ H ₆ N ₂ O ₂	C ₁₂ H ₁₈ N ₂ O ₂
CAS:	584-84-9	101-68-8	822-06-0	3173-72-6	4098-71-9
Peso molecular	174,16	250,3	168,0	210	222,29
Punto ebullición	251°C	314°C	212,8°C	263°C	158°C
Densidad	1,22	1,23	1,04	-	1,062
Presión Vapor (mm Hg)	0,05 (25°C)	0,00014 (25°C)	0,05 (24°C)	0,003 (24°C)	0,0003 (20°C)
Flash-point	135°C	196°C	140°C	155°C	155°C
Solubilidad	Hidrocarburos aromáticos, nitrobenzeno, acetona, éter, ésteres	Hidrocarburos, nitrobenzeno, acetona, éter, ésteres	Solventes orgánicos		Miscible con ésteres, cetonas, éteres e hidrocarburos alifáticos y aromáticos.
Nomenclatura química	Tolueno diisocianato	4,4 Difenilmetano diisocianato	Hexametileno diisocianato	1,5 naftaleno diisocianato	Isoforona diisocianato

Toxicología

Los vapores de isocianatos producen irritación de ojos, nariz y garganta. A concentraciones altas se produce sensación de opresión en el pecho y puede darse bronquitis y fuerte broncoespasmo. Pueden llegar a producir edema pulmonar. En determinados individuos se han dado sensibilizaciones de tipo asmático no existiendo para ellos un nivel de concentración seguro.

En la piel producen inflamaciones y pueden dar lugar a sensibilización cutánea y dermatitis.

La ACGIH establece los siguientes valores como niveles de concentración admisibles.

$$\begin{aligned} \text{TDI} & \left\{ \begin{array}{l} \text{TLV-TWA } 0,005 \text{ ppm} = 0,04 \text{ mg/m}^3 \\ \text{TLV-STEL } 0,02 \text{ ppm} = 0,15 \text{ mg/m}^3 \end{array} \right. \\ \text{MDI} & \rightarrow \text{TLV-TWA. C-} 0,02 \text{ ppm} = \text{C-} 0,2 \text{ mg/m}^3 \end{aligned}$$

En Gran Bretaña el Health and Safety Executive aconseja seguir una nueva línea para el establecimiento de límites de control ambiental de isocianatos. Se basa en situar como TWA para 8 horas la concentración de 0,020 mg/m³ de grupos NCO y un TWA para 10 minutos de 0,070 mg/m³ de grupos NCO independientemente del compuesto que los contenga.

Esto permite valorar cualquier exposición a grupos isocianato tanto si proviene de monómeros como de prepolímeros, siempre que se disponga del método analítico adecuado.

Ver notas técnicas:

- NTP 19 - Instrucciones generales para la toma, conservación y envío de muestras
- NTP 22 - Toma de muestras de contaminantes con soluciones absorbentes. Norma general
- NTP 58 - Toma de muestras de 2,4-toluendiisocianato (TDI)
- NTP 105 - Sistemas aplicables para la toma de muestras de contaminantes químicos
- NTP 116 - Toma de muestras de metilen-bis-4-fenil-isocianato (MDI)

Control de las exposiciones

La manipulación de compuestos que contengan grupos isocianato exige la adopción de una serie de medidas tendentes a minimizar la presencia de sus vapores en el ambiente laboral y/o prevenir la acción tóxica de éstos. Desde un punto de vista preventivo el orden de preferencia en la realización de esas medidas es la siguiente:

- Sustitución si es técnicamente posible de los productos manipulados, por otros cuya presión de vapor sea menor.
- Confinamiento físico de los procesos u operaciones cuando sea posible.
- Ventilación exhaustiva de los locales de trabajo optando siempre por la extracción localizada en los focos de emisión de contaminantes frente a la ventilación general de las naves.
- Utilización de protecciones adecuadas.
- Adopción de hábitos de trabajo por parte de los operarios que reduzcan el riesgo.

Ventilación

En la figura 1 se muestra el esquema de una mesa de trabajo con extracción incorporada, que puede resultar apta para la realización de operaciones como:

- Pequeñas reparaciones de material acabado defectuoso.
- Aplicación manual de adhesivos.

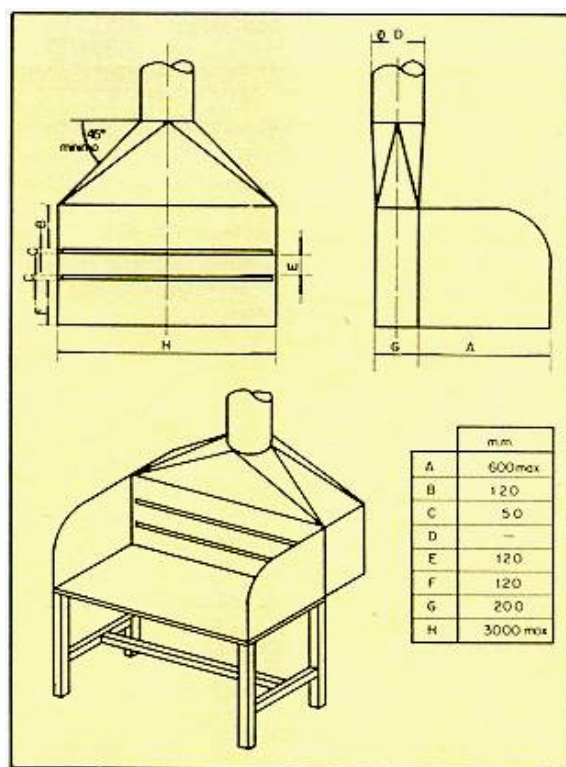


Figura 1.- El caudal de aire a extraer es función de la longitud de la mesa y se calcula con la fórmula: $Q = 2000 \times H$

donde: $Q =$ caudal, m^3/h .

$H =$ longitud de la mesa, m.

La longitud máxima que permite una distribución uniforme del flujo de aire en las rendijas es de 3 m.; para valores superiores deben yuxtaponerse módulos de longitud inferior a 3 m.

Fig. 1: Esquema de mesa de trabajo con extracción incorporada

En la figura 2 se muestra el esquema de un sistema de extracción localizada aplicable durante las operaciones de dosificación de resinas en moldes, y desmoldeo, situando la campana tras los moldes.

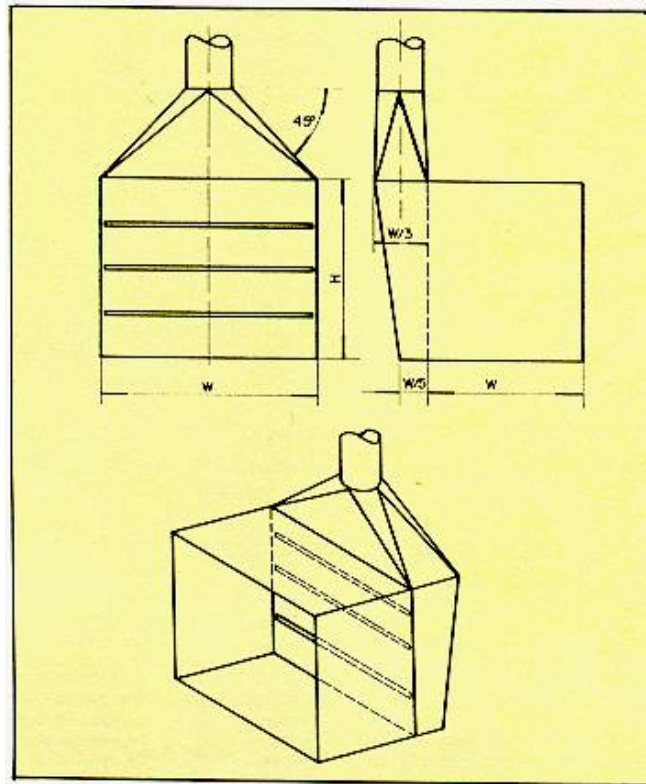


Figura 2.- El caudal de aire de extracción se calcula con la fórmula: $Q = 3600 \times H \times W$
 Poniendo W y H en metros el caudal Q viene dado en m^3/h .
 Las rendijas se dimensionarán de forma tal que la velocidad del aire a través de ellas será de 5 m/s., y el diámetro del conducto se calculará para obtener una velocidad superior a los 17 m/s.

Fig. 2: Esquema de sistema de extracción localizada

En la figura 3 se muestra el esquema de una extracción localizada adaptable a recipientes cilíndricos durante su manipulación.

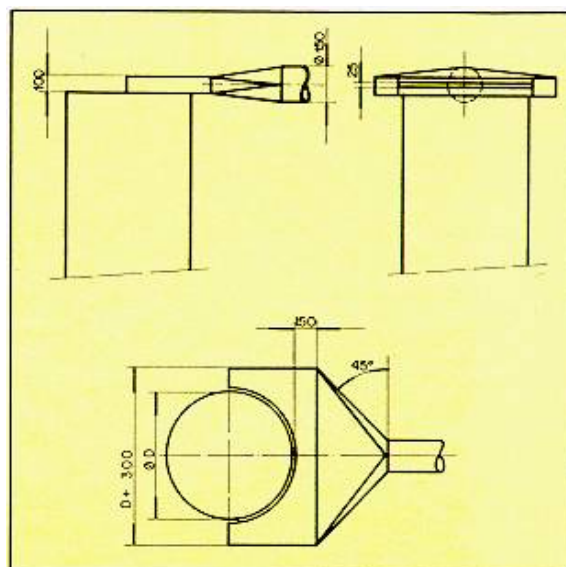


Figura 3.- El caudal de aspiración mínimo a emplear será el que se deduzca de la expresión: $Q = 1400 D^2$
 donde: Q = caudal, m^3/h .
 D = diámetro del depósito, m .

Fig. 3: Esquema de extracción localizada adaptable

Los almacenes deberán estar dotados de ventilación general adecuada.

Protecciones personales

En todas aquellas operaciones en las que se manipulen isocianatos deberán utilizarse las siguientes prendas de protección personal:

- Ropa de trabajo cerrada, preferiblemente de algodón grueso.
- Guantes de goma butílica o PVC.
- Gafas de protección frente a salpicaduras químicas (PVC).

En caso de emergencias por derrames, escapes, etc. se utilizará equipo de protección con los siguientes elementos:

- Traje impermeable.
- Botas, guantes y delantal de goma butílica o PVC.
- Equipo de protección respiratoria con máscara y aporte de aire fresco.

Cuando debe recurrirse a la protección respiratoria durante la realización del trabajo, se optará por usar equipo de protección respiratorio con máscara y aporte de aire fresco, teniendo bien en cuenta que si se utilizase para este fin la línea de aire comprimido, se dotará a la misma de válvulas antirretorno para evitar que reviertan sobre el operario vapores de isocianato proveniente de los tanques, que son presurizados con dicha línea.

Asimismo, se deberá filtrar y humidificar el aire comprimido que se haya de respirar.

Neutralizado de derrames

En caso de derrame se rociará sobre el producto derramado el siguiente preparado:

90% agua

8% amoníaco concentrado

2% detergente líquido

Esta disolución deberá estar disponible en cualquier momento, en lugares de fácil acceso.

Eliminación de residuos

Haciendo reaccionar los diisocianatos con poliol se produce una espuma que puede eliminarse en crematorios adecuados.

Haciéndolos reaccionar con el preparado del párrafo 7 durante 48 horas se forman compuestos inertes. Pueden también quemarse, pero sólo en crematorios industriales adecuados.

Primeros auxilios

- En caso de salpicadura en los ojos, se lavarán éstos con agua abundante.
- Si se impregna la piel, se lavará la zona afectada con agua y jabón.
- Si se produce la ingestión de estos productos y el individuo está consciente, se le administrarán grandes cantidades de agua. A continuación se provocará el vómito introduciendo su dedo hasta el fondo de la garganta. No debe provocarse el vómito en las víctimas inconscientes.
- Si una persona respira grandes cantidades de este tipo de compuestos, se le trasladará al aire libre. Si la respiración se detiene, practicar la respiración artificial. Se mantendrá a la persona afectada, en reposo y en lugar cálido.
- En todos los casos se procurará asistencia médica inmediata.

Otras recomendaciones

- Los objetos que entren en contacto con isocianatos se limpiarán inmediatamente después de su uso.
- Si se impregna la ropa de trabajo, se sustituirá rápidamente.
- Los depósitos que contengan isocianatos deberán estar cerrados herméticamente; la presencia de humedad en ellos puede provocar la generación de dióxido de carbono, con riesgo de explosión al aumentar la presión en su interior.
- Los bidones vacíos pueden contener restos de isocianatos por lo que no se reutilizarán; antes de almacenarlos se neutralizará el contenido.

Bibliografía

(1) A.C.G.I.H.

Documentación of the TLV's

(4ª ed.) Cincinnati, Am. Conf. Gov. Ind. Hyg. 1980

(2) N.I.O.S.H./O.S.H.A.

Pocket guide to chemical hazards

Washington, U.S. Dep. Health Educ. Welf. 1978

(3) S.J. SILK, H.L. HARDY

Control limits for isocyanates

NTP 116: Toma de muestras de metilen-bis-4-fenil-isocianato (MDI)



Standard sampling method for methylene bisphenyl isocyanate (MDI)
Norme d'échantillonnage du méthylène bis (4-phényl isocyanate)

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactor:

Asunción Freixa Blanxart
Lda. en Ciencias Químicas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA - BARCELONA.

Esta norma para la captación del metilen-bis-4-fenilisocianato (MDI) -en la que se utiliza como soporte de captación una solución absorbente- se completa con la norma general para la toma de muestras de contaminantes con impingers (NTP nº 22.82).

Objetivo

Determinar el método para la toma, transporte y conservación de muestras de MDI.

Así como el fundamento del método analítico, su margen de aplicación y sus limitaciones.

Fundamento método analítico

Un volumen de aire conocido se borbotea a través de una solución absorbente de (Ac. Clorhídrico y Ac. Acético).

El MDI es hidrolizado por la solución absorbente, formándose el correspondiente derivado de metilendianilina (p,p'-diaminodifenilmetano).

La metilendianilina se diazoa mediante una solución de nitrito sódico y bromuro sódico.

El compuesto diazoado se copula con N-1 naftilendiamina, formándose un complejo coloreado.

La absorbencia del compuesto coloreado se lee en un espectrofotómetro UV-Visible o colorímetro a 555 nm.

Campo de aplicación

Abarca el área de la higiene industrial en lo que respecta a la captación y posterior determinación de MDI.

Permite determinar concentraciones de MDI entre 0,05 y 0,5 mg/m³ para una muestra de 30 litros de aire.

El límite de detección puede estimarse en 0,02 mg MDI/m³ para dicho volumen de muestreo.

Inconvenientes y limitaciones

El método no es específico para MDI, ya que otros isocianatos, tales como TDI dan la misma reacción, sin embargo el color se desarrolla más lentamente.

La presencia de cualquier amina orgánica libre produce resultados por exceso.

La utilización de solución absorbente fuertemente ácida produce corrosiones importantes en las bombas de muestreo, lo que obliga a

intercalar trampas adicionales entre el tren de impingers y la bomba.

Equipo y material de muestreo

Bomba de aspiración

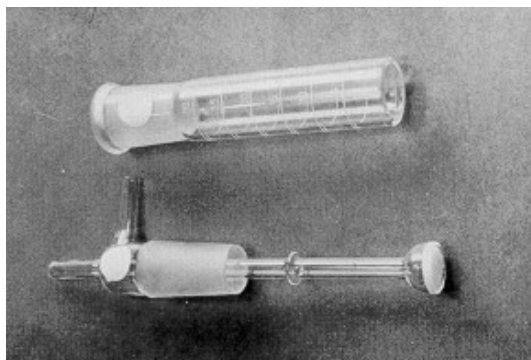
Bomba para muestreo personal y ambiental, cuyo caudal se mantenga dentro del valor determinado, con una exactitud de $\pm 5\%$.

La calibración de la bomba debe realizarse con el mismo tipo de soporte o unidad de captación, con el fin de que la pérdida de carga sea similar a la que se tendrá en el muestreo.

Unidad de captación

Impinger

Se conectan dos impingers en serie, el primero de los cuales provisto de borboteador fritado. Cada uno de ellos conteniendo 15 ml de solución absorbente.



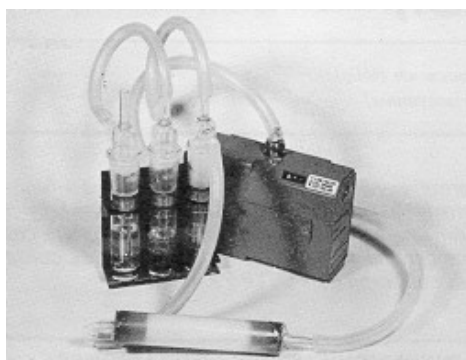
Trampa

Se utiliza un impinger vacío, colocado en serie con los dos impingers de captación e intercalado entre estos y la bomba para protección de esta.

Como protección adicional se recomienda intercalar entre el tren de impingers y la bomba, un cartucho conteniendo alguna sustancia que neutralice los vapores ácidos (ej. cristales de bicarbonato sódico o carbonato sódico).

Solución absorbente

Mezclar 4 ml de ácido clorhídrico conc. (32% d = 1, 16) y 22 ml de ácido acético glacial (100% d= 1,06), diluir a 100 ml con agua desionizada.



Tubo flexible

Cronómetro

Termómetro y manómetro

Condiciones de muestreo

La muestra de aire se toma a un caudal de 1 lpm.

El volumen de muestreo recomendado es de 30 litros.

Procedimiento de muestreo

Colocar 15 ml de solución absorbente (ác. Clorhídrico, ác. Acético) en cada uno de los 2 impingers destinados al muestreo.

Extremar las precauciones, para evitar contaminaciones ambientales o fortuitas.

Situar los impingers y la trampa en soportes adecuados, y conectar sus salidas y entradas entre sí, mediante tubo flexible de silicona.

Colocar el tren de captación en la parte anterior de la cintura del operario a muestrear; fijándolo a un cinturón mediante un sistema de sujeción adecuado (pinza, funda o soporte, etc).

La colocación idónea del tren de captación es a la altura del hombro del operario; sin embargo ello tan solo es factible en operaciones que entrañen suaves o ligeros movimientos.

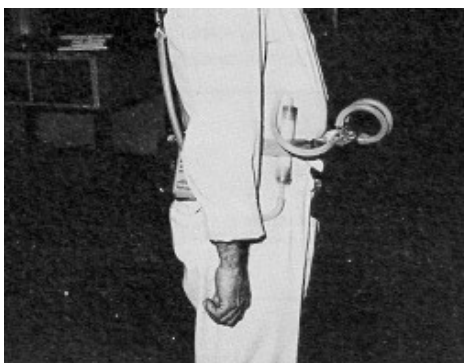
Colocar la bomba de aspiración convenientemente calibrada, en la parte posterior de la cintura del operario a muestrear, fijándola al cinturón.

Conectar la bomba con la salida del tren de impingers mediante un tubo de plástico de longitud adecuada.

Poner la bomba en funcionamiento e iniciar la captación de la muestra. El aire a muestrear no debe pasar por ningún tubo antes de su entrada al impinger.

Vigilar, periódicamente durante la captación, que la bomba funcione correctamente. En el caso de que se aprecien anomalías o variaciones sobre el caudal inicial volver a recalibrar la bomba o proceder a anular la muestra.

Transcurrido el tiempo de muestreo predeterminado, parar el funcionamiento de la bomba y anotar los datos siguientes: tiempo de muestreo, caudal, temperatura ambiente y presión (si no se puede averiguar la presión se estimará la altitud de la zona).



Transporte y conservación

Los impingers conteniendo las muestras, así como el correspondiente blanco, se trasladan en posición vertical con sus aberturas de entrada y salida perfectamente tapadas, para evitar pérdidas, por evaporación o derrame y contaminaciones.

Utilizar tapones de teflón o equivalentes, pero no de caucho.

Siempre que se opte por transferir la solución muestra a frascos de vidrio, con tapón roscado, se lavará cada impinger dos veces con 1 ó 2 ml de solución absorbente, agrupándose los lavados en sus frascos respectivos. Con el impinger Blanco se operará, de idéntica forma.

Identificar cada muestra de forma clara, especificando si se trata del 1^{er} o 2^o impinger, siempre que la captación haya sido en serie.

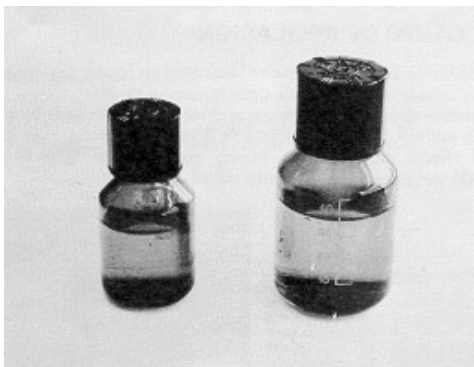
Las muestras, contenidas bien en frascos o impingers, deben enviarse o transportarse en recipientes adecuados para prevenir la rotura de sus envases, así como la acción directa de la luz solar.

Las materias primas, cuyo análisis pueda requerirse, deben enviarse siempre separadas de las muestras ambientales, en recipientes aparte.

Las muestras deben remitirse al laboratorio, para su análisis, con la máxima rapidez posible.

El tiempo de almacenamiento de muestras ambientales de MDI es más crítico que en otros casos debido a la influencia que pueden tener otras sustancias presentes en el ambiente de trabajo o retenidas en la captación, que interfieren en la reacción analítica posterior.

Como precaución general las muestras, en cuanto no se analicen, se guardarán en nevera y al abrigo de la luz.



Bibliografía

(1) INSHT

Norma HA-2217. Determinación de Metilen-bis-4-fenilisocianato (MDI) en aire.

(2) NIOSH

Manual of Analytical Methods. Method. P&CAM 142. p-p-Diphenyl methane disocyanate (MDI) in air.

NTP 535: Isocianatos: control ambiental de la exposición

Contrôle ambientale des expositions à isocyanates
Environmental monitoring of isocyanates exposure

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactora:

Concepción Santolaya Martínez
Licenciada en Ciencias Biológicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

En la presente NTP se resumen y comentan algunos de los métodos existentes para la identificación y cuantificación de vapores y aerosoles, de los monómeros y prepolímeros, de los isocianatos más frecuentes en el ámbito industrial. El control de la exposición laboral a isocianatos es una actividad fundamental en higiene industrial, tanto por su extensa presencia como por sus importantes efectos adversos sobre la salud. Ver la NTP 148.85.

Introducción

Los isocianatos son compuestos altamente reactivos y de uso frecuente en el ámbito industrial. Principalmente se usan en industrias de pinturas y recubrimientos, fabricación de poliuretanos y como adhesivos. Los poliuretanos se forman como resultado de una reacción química entre el grupo isocianato (CNO) y el grupo hidroxilo (OH) de los poliésteres y poliéteres.

Los isocianatos más utilizados en la industria son los diisocianatos, principalmente el Toluen diisocianato (TDI), el 4,4'-Difenilmetano diisocianato (MDI) y el Hexametilen diisocianato (HDI).

El TDI es un líquido incoloro o amarillento pálido que responde a la fórmula química $\text{CH}_3 \text{C}_6 \text{H}_3 (\text{NCO})_2$, con un peso molecular de 174,17. Del TDI se conocen dos isómeros, uno en posición 2,4 y otro en posición 2,6. Su densidad es de 1,22 y el punto de fusión es ligeramente diferente para los isómeros: 2°C para el 2,4 y de 4-6°C para el 2,6.

El MDI es un líquido viscoso, de color marrón oscuro o negruzco, de fórmula química $\text{CH}_2 (\text{C}_6 \text{H}_4 \text{NCO})_2$ y peso molecular 250,25. Su densidad es 1,19 y en estado puro es un sólido de punto de fusión 38°C.

El HDI es un líquido incoloro de fórmula química $(\text{CH}_2)_6 (\text{NCO})_2$, peso molecular 168,20 y densidad 1,05.

De los tres diisocianatos, el MDI se considera no volátil, mientras que el TDI y el HDI son algo volátiles, el HDI más que el TDI. La presencia en el ambiente de trabajo de monómeros y prepolímeros que no han reaccionado durante el proceso de polimerización, da lugar a una serie de riesgos higiénicos (ver también la NTP-148.85) en base a los efectos sobre la salud que se comentan a continuación.

Efectos sobre la salud

Los isocianatos son sensibilizantes respiratorios reconocidos, capaces de inducir asma ocupacional en personas no sensibilizadas previamente e incrementar violentamente los síntomas de asma en las ya sensibilizadas, no existiendo en estos casos un nivel de concentración seguro.

Como efecto agudo, los vapores y aerosoles de isocianatos producen irritación de ojos, nariz y garganta. A concentraciones altas se produce sensación de opresión en el pecho y puede aparecer bronquitis y fuerte broncoespasmo, pudiendo llegar a producir edema pulmonar. En la piel producen irritación y pueden dar lugar también a sensibilización cutánea con la correspondiente dermatitis.

Valores límite

Los límites de exposición profesional españoles recogidos en el documento editado por el INSHT (1999) establecen valores para el TDI, el MDI y el HDI.

El TDI tiene fijado un valor límite ambiental exposición diaria (VLA-ED), definido como "la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real o referida a una jornada estándar de 8 horas diarias", de 0,005 ppm (0,036 mg/m³) y un valor límite ambiental exposición de corta duración (VLA-EC), definido como "la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para cualquier periodo de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un periodo de referencia inferior, en la lista de Valores Límite", de 0,02 ppm (0,14 mg/m³). Como zona respiratoria del trabajador se entiende, la zona que comprende un hemisferio de 300 mm de radio que se extiende por delante de su cara y cuyo centro está en el punto medio de la línea bisecante a sus orejas. Por su lado, el MDI tiene fijado VLA-ED de 0,005 ppm (0,052 mg/m³) y el HDI de 0,005 ppm (0,035 mg/m³).

La American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, USA, 1999) tiene fijado para el TDI un valor promedio máximo permisible en aire para 8 h/ día y 40 h/semana (TLV-TWA) de 0,005 ppm y un valor para exposiciones de corta duración (TLV-STEL) de 0,02 ppm. Asimismo, lo clasifica como A4 (No clasificable como un carcinógeno humano: Agentes que podrían ser carcinógenos para el hombre pero no se pueden establecer debido a la falta de información. Estudios con animales o in vitro no suministran suficientes indicaciones de carcinogenicidad como para clasificarlo dentro de las otras categorías). El MDI tiene un valor TLV-TWA de 0,005 ppm y el HDI de 0,005 ppm.

Control ambiental de la exposición

El control ambiental de la exposición a isocianatos es complejo y controvertido. Por un lado, estos compuestos se presentan en el medio ambiente laboral en diversidad de formas y características fisicoquímicas. Por otro lado, al plantear su evaluación basándose en los criterios de valoración disponibles, la expresión de los valores límite en ppm lleva a la conclusión de que se refieren exclusivamente a la cantidad de isocianato presente en aire en fase vapor, cuando cada vez está más extendida la utilización de dímeros y prepolímeros, teniendo lugar la exposición por inhalación de aerosoles. Asimismo, la toxicología asocia los efectos adversos sobre la salud principalmente al grupo isocianato libre (NCO) contenido en todas las especies, por lo que interesa, desde el punto de vista preventivo, el control de la exposición a todos los grupos isocianato, tanto si proviene de monómeros como de prepolímeros.

Los procedimientos para la valoración de isocianatos en aire han ido evolucionando mucho a lo largo del tiempo basándose en las investigaciones realizadas de cara a obtener la mayor sensibilidad y fiabilidad posible. Varios métodos para la determinación de isocianatos en aire, que incluyen la toma de muestras y análisis de monómeros, oligómeros y prepolímeros, han sido descritos y son utilizados en higiene industrial.

Para la elección de un procedimiento de muestreo deben tenerse en cuenta las características fisicoquímicas del isocianato presente en el aire.

- Si el isocianato está presente sólo en forma de vapor, son adecuados tanto la captación con impinger como con filtro impregnado con una solución absorbente.
- Si el isocianato está presente como partícula, con diámetro inferior a 2 mm (por ejemplo, un aerosol de combustión o condensación) se recomiendan los filtros impregnados.
- Si el isocianato está presente como partícula, con diámetro superior a 2 mm (por ejemplo, pintado aerográfico) se recomienda el filtro o el impinger en función de la relación entre el tiempo de muestreo y la vida media del isocianato en la partícula según el criterio siguiente: si la vida media del isocianato es igual o superior a 3 veces el tiempo de muestreo requerido, se pueden utilizar filtros o impingers; si, por el contrario, la vida media del isocianato es inferior a 3 veces el tiempo de muestreo requerido, se recomienda el impinger para mejorar la eficacia de la derivatización.
- Si hay partículas inferiores y superiores a 2 mm, pero de vida media inferior a 3 veces el tiempo de muestreo requerido, se recomienda el impinger seguido de un filtro impregnado con una solución absorbente.

Se define la vida media como el tiempo que tarda la concentración del monómero del isocianato en reducirse a la mitad.

Procedimientos recomendados

Método 1. NIOSH n° 2563

Es aplicable a vapores de 2,4-TDI; 2,6-TDI y HDI, pero **no a aerosoles** debido a la ineficacia de la captación y a la reacción incompleta de los aerosoles de isocianatos con el reactivo.

Captación de la muestra

Toma de muestra: tubo de lana de vidrio impregnado con N((4nitrofenil)metil)propilamina).

Caudal: de 0,2 a 1 L/min. Volumen de muestreo: 2 L(mín.) y 170 L (máx.).

Estabilidad de la muestra: a 25°C hasta 14 días después de la captación Intervalo estudiado: 0,039 mg/m³ hasta 0,53 mg/m³.

Análisis de la muestra

Técnica: Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC).

Columna: Hypersil ODS 5 µm, 25 cm x 4,6 mm.

Detector ultravioleta visible: longitud de onda 254 nm.

Límite de detección: 0,1mg de 2,4-TDI por muestra.

Método 2. NIOSH nº 5521

Este método determina la concentración de diisocianatos específicos en aire. El método ha sido aplicado a muestras de las industrias del pintado y espumación.

Captación de la muestra

Toma de muestra: impinger con una solución absorbente de 1-(2-metoxifenil)-piperazina en tolueno

Caudal: 1 L/min. Volumen de muestreo: 5 L (mín.) y 500 L (máx.).

Estabilidad de la muestra: la muestra se ha de tratar lo antes posible debido a que puede ser inestable.

Análisis de la muestra

Técnica: Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC).

Columna: Supelcosil, LC-8-DB, 3 µm 7,5 cm x 4,6 mm; precolumna 2 cm, 10 mm.

Detector electroquímico y ultravioleta-visible: potencial a + 0,8 eV y longitud de onda 242 nm.

Límite de detección: 0,1 µg de diisocianato por muestra.

Método 3. NIOSH nº 5522

Este método determina la concentración en aire de monómeros y estima la concentración de oligómeros de diisocianatos específicos. **Aplicable a vapores y aerosoles** tales como los producidos en operaciones de pintura aerográfica. **No es aplicable para mezclas de diferentes isocianatos** ni para los aerosoles de condensación debido a la ineficacia de su captación con impinger. Este método no puede ser utilizado para la toma de muestras personales debido al posible peligro de la exposición a las soluciones de DMSO (Dimetil sulfóxido).

Captación de la muestra

Toma de muestra: impinger con solución absorbente de triptamina y DMSO.

Caudal: de 1 a 2 L/min. Volumen de muestreo: 15 L (mín.) y 360 L (máx)

Estabilidad de la muestra: hasta 28 días a 25°C y oscuridad.

Análisis de la muestra

Técnica: Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC).

Columna: µ-Bondapak C₁₈ 15 cm x 3,9 mm.

Detector de fluorescencia y electroquímico: longitud de onda de excitación 275 nm; de emisión 320 nm; potencial + 0,8 eV.

Límite de detección: 2,4-TDI, 0,1 µg/muestra; 2,6-TDI, 0,2 µg/muestra; MDI, 0,3 µg/muestra; HDI, 0,2 µg/muestra. Se recomienda el uso del detector electroquímico para la confirmación de los picos de isocianatos.

Método 4. MDHS 25/2

Este método **puede ser utilizado** para medir las concentraciones de los isocianatos orgánicos en aire, **monómeros y prepolímeros**. Aplicable para vapores y aerosoles. Para mejorar la eficiencia de la captación de los aerosoles se utilizan un impinger y un filtro en serie debido a que se ha encontrado que ninguno de los dos sistemas es efectivo por sí solo. Es adecuado para periodos de muestreo entre 10 minutos y 8 horas.

Captación de la muestra

Toma de muestra: impinger y filtro impregnado con solución absorbente de 1-(2-metoxifenil)piperazina).

Caudal: de 0,2 a 2,0 L/min. Volumen de muestreo: 20 L (mín.) y 900 L (máx). Para la captación de aerosoles el caudal recomendado es de 2 L/min.

Estabilidad de la muestra: la muestra se ha de tratar lo antes posible debido a que puede ser inestable.

Análisis de la muestra

Técnica: Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC).

Columna: Hypersil ODS 5 µm 10 cm x 4,6 mm.

Detector ultravioleta visible y electroquímico en serie: longitud de onda 242 nm; potencial + 0,6 eV.

La relación de respuesta entre los dos detectores se emplea para la identificación de los grupos NCO libres en la muestra. Sin embargo para el análisis rutinario de los monómeros sólo es necesario el detector electroquímico.

Método 5. ISO

Este método es **adecuado para monómeros y prepolímeros de fenilisocianato (PI), TDI, HDI, MDI**, aunque puede ser aplicado para otros isocianatos orgánicos.

Captación de la muestra Toma de muestra: se puede realizar con impinger, conteniendo una solución absorbente de 1-(9-antracencil metil)piperazina (MAP), con filtros impregnados con MAP, o con un tren de muestreo consistente en un impinger seguido de un filtro. La elección del tipo de muestreador depende de las características fisicoquímicas del isocianato en el aire.

Caudal: de 1 a 2 L/min. Volumen de muestreo: 1 L (mín.) y 960 L (máx.)

Análisis de la muestra

Técnica: Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC).

Columna: PEEK Inertsil C₈ 5 µm, 15 cm x 4,6 mm.

Detector ultravioleta visible y de fluorescencia en serie: Longitud de onda de absorbancia 253 nm; longitud de onda de excitación 250 nm, longitud de onda de emisión 409 nm.

La relación de respuesta entre los dos detectores se emplea para la identificación de los grupos NCO libres en la muestra. Para la cuantificación de los monómeros se recomienda el detector de fluorescencia.

Comentario final

Existen diferentes procedimientos para la determinación ambiental de isocianatos a bajas concentraciones. El empleo de un método analítico u otro está relacionado con los tipos de isocianatos que han de ser cuantificados así como con el proceso en el cual son utilizados.

Es necesario destacar que la eficacia de la captación de los isocianatos depende de la eficacia de dos procesos diferentes. La eficacia de la aspiración, definida como la eficacia con la que los isocianatos entran en el muestreador; y la eficacia de la derivatización, es el rendimiento de la reacción de los isocianatos con el agente derivatizante.

De manera general, se puede afirmar que el desarrollo de un muestreador eficaz para la captación de todos los aerosoles de isocianatos es muy difícil debido a que son muy reactivos y por lo tanto inestables. Se requeriría un muestreador que proporcione un ambiente en el cual los aerosoles de isocianatos puedan mezclarse y reaccionar con el agente derivatizante.

Los impinger, borboteadores y filtros conteniendo soluciones del agente derivatizante vienen siendo usados para captar isocianatos, pero ninguno de estos muestreadores es aceptable para todo tipo de ambientes. Los impingers y borboteadores no captan eficientemente las partículas pequeñas, pero sí las partículas grandes que, por otro lado, son las que mayores problemas de derivatización tienen en los filtros. Las partículas pequeñas que pasan a través del impinger pueden ser recogidas más eficientemente en el filtro; esto justifica los métodos que proponen la colocación en serie de un impinger y, a continuación un filtro, cuando la práctica habitual en la captación de aerosoles por retención y/o absorción es al revés.

Bibliografía

(1) A.C.G.I.H.

Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1999

A.C.G.I.H., Cincinnati, Oh, U.S.A.(1999).

(2) INSHT

Límites de exposición profesional para agentes químicos
INSHT, Madrid, 1999.

(3) GUASCH J. LUNA P.

Riesgos higiénicos por isocianatos NTP-148 1985
Notas Técnicas de Prevención INSHT, 1985

(4) S.P. LEVINE, et.al.

Critical review of methods of sampling, analysis, and monitoring for TDI and MDI
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. (1995) **56**, 581-589

(5) R.P. STREICHER et.al.

Strategies for the simultaneous collection of vapours and aerosols with emphasis on isocyanate sampling.
Analyst (1994) **119**, 89-97.

(6) R.P. STREICHER et.al.

Investigation of the ability of MDHS method 25 to determine urethanebound isocyanate groups
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. (1995) **56**, 437-442.

Métodos analíticos

(7) H.S.E.

Organic isocyanates in air MDHS 25/2.
Health and Safety Executive. Occupational Medicine and Hygiene Laboratory.(1994).

(8) N.I.O.S.H.

Toluene-2,4-diisocyanate nº 2535
N.I.O.S.H. Manual of Analytical Methods. 4th Edition.

(9) N.I.O.S.H.

Isocyanates, monomeric nº 5521.
N.I.O.S.H. Manual of Analytical Methods. 4th Edition.

(10) N.I.O.S.H.

Isocyanates, nº 5522.
N.I.O.S.H. Manual of Analytical Methods. 4th Edition.

(11) ISO/TC146/S

Workplace Air Quality Determination of total isocyanate groups in air using the 2-(1-metoxyphehyl piperazine) reagent and liquid chromatography. (Pendiente de publicación).

DIISOCIANATO DE TOLUENO (mezcla 80/20 de isómeros 2,4- y 2,6-)**ICSC: 1783 (Noviembre 2019)**

TDI 80/20

CAS: 26471-62-5




Nº ONU: 2078

CE: 247-722-4

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes. Riesgo de incendio y explosión como resultado de la descomposición cuando se calienta.	Evitar las llamas. NO poner en contacto con agua.	Usar polvo, dióxido de carbono, agua en grandes cantidades. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua. NO poner en contacto directo con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

¡EVITAR TODO CONTACTO! ¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!

	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Irritabilidad. Dolor de garganta. Tos. Dolor de cabeza. Náuseas. Vómitos. Sibilancia. Opresión en el pecho.	Usar controles apropiados en el proceso.	Aire limpio, reposo. Posición de semiincorporado. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Piel	Enrojecimiento. Dolor. Ampollas.	Guantes de protección. Traje de protección.	Ver Notas. Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Utilizar en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Irritabilidad. Dolor de garganta. Dolor abdominal. Náuseas. Vómitos.		Enjuagar la boca. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
¡Evacuar la zona de peligro! ¡Consultar a un experto! Se requiere una respuesta de emergencia especial.	<p>Conforme a los criterios del GHS de la ONU</p>  <p>PELIGRO</p> <p>Mortal si se inhala Provoca irritación ocular grave Susceptible de provocar cáncer Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos Puede provocar una reacción cutánea alérgica Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias si se inhala Puede irritar las vías respiratorias</p> <p>Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 6.1; Grupo de Embalaje/Envase ONU: II</p>
ALMACENAMIENTO	
Separado de alimentos y piensos. Separado de: ver Peligros Químicos. Almacenar solamente en el recipiente original. Fresco. Mantener en lugar bien ventilado. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas. Consultar en las instrucciones del fabricante las condiciones adecuadas de almacenamiento.	
ENVASADO	
No transportar con alimentos y piensos.	
<p> La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea. © OIT y OMS 2018 </p>	

DIISOCIANATO DE TOLUENO (mezcla 80/20 de isómeros 2,4- y 2,6-)**ICSC: 1783****INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA****Estado físico; aspecto**

DISOLUCIÓN CLARA LIGERAMENTE AMARILLA DE OLOR CARACTERÍSTICO.

Peligros físicos**Peligros químicos**

La sustancia polimeriza con agua y muchas sustancias de manera peligrosa. Esto genera peligro de incendio o explosión. Por combustión, formación de gases tóxicos.

Fórmula: C₉H₆N₂O₂

Masa molecular: 174,16

Punto de ebullición a 101.3 kPa: 252-255°C

Punto de fusión: 4 - 10°C

Densidad relativa (agua = 1): 1.22 (20°C)

Presión de vapor, Pa a 20°C: 1.4 - 1.5

Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 3.43 (producto técnico)

Solubilidad en agua, mg/l a 25°C: 124

Punto de inflamación: ver Notas

Temperatura de autoignición: 595-598°C (producto técnico)

Viscosidad: 2.221 mm²/s a 20°C**EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD****Vías de exposición**

Grave por todas las vías de exposición.

Efectos de exposición de corta duración

La inhalación de concentraciones altas puede causar neumonitis química y edema pulmonar.

Riesgo de inhalación

Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.

Efectos de exposición prolongada o repetida

El contacto prolongado o repetido puede producir sensibilización de la piel. El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. La inhalación prolongada o repetida puede originar asma. Esta sustancia es posiblemente carcinógena para los seres humanos.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

TLV: (fracción inhalable y vapor): 0.001 ppm como TWA; 0.005 ppm como STEL; (piel); (DSEN); (RSEN); A3 (cancerígeno animal); BEI establecido.

MAK: (vapor y aerosol): 0.007 mg/m³, 0.001 ppm; categoría de limitación de pico: I(1); (valor momentáneo que no debería superarse): 0.035 mg/m³, 0.005 ppm; riesgo para el embarazo: grupo C; sensibilización respiratoria y cutánea (SAH)**MEDIO AMBIENTE**

La sustancia es nociva para los organismos acuáticos. La sustancia puede causar efectos prolongados en el medio acuático.

NOTAS

Se descompone lentamente en agua o disoluciones ácidas formando disulfuro de carbono y aminas.

Los síntomas de asma no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico.

Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles.

Ninguna persona que haya mostrado síntomas de asma causados por esta sustancia debería volver a entrar en contacto con ella.

La alerta por el olor cuando se supera el límite de exposición es insuficiente.

Ver FISQ 0339.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSST 2022):

VLA-ED: 0,005 ppm; 0,036 mg/m³VLA-EC: 0,02 ppm; 0,14 mg/m³

Notas: sensibilizante.

- N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 615-006-00-4

- **Clasificación UE**

La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea.


© Versión en español, INSST, 2018

DIISOCIANATO DE HEXAMETILENO HMDI 1,6-Diisocianato de hexametileno 1,6-Diisocianatohexano	ICSC: 0278 (Abril 2017)
CAS: 822-06-0 Nº ONU: 2281 CE: 212-485-8	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Combustible en condiciones específicas. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	Evitar las llamas.	Usar polvo, dióxido de carbono.

¡EVITAR LA FORMACIÓN DE NIEBLAS DEL PRODUCTO! ¡EVITAR TODO CONTACTO! ¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS! USAR PROTECCIÓN PERSONAL PARA PRESTAR PRIMEROS AUXILIOS.

	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Sensación de quemazón. Tos. Dolor de garganta. Dificultad respiratoria. Jadeo.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Puede ser necesaria respiración artificial. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Piel	¡PUEDE ABSORBERSE! Enrojecimiento.	Guantes de protección.	Utilizar guantes de protección cuando se presten primeros auxilios. Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Inflamación de los párpados.	Utilizar pantalla facial o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
<p>¡Evacuar la zona de peligro! ¡Consultar a un experto! Protección personal: traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración. Ventilar. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes precintables. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local.</p>	<p>Conforme a los criterios del GHS de la ONU</p> <div style="text-align: center;">  <p>PELIGRO</p> </div> <p>Mortal si se inhala Tóxico en contacto con la piel Provoca irritación ocular grave Provoca irritación cutánea Puede irritar las vías respiratorias Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias si se inhala Puede provocar una reacción cutánea alérgica</p> <p>Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 6.1; Grupo de Embalaje/Envase ONU: II</p>
ALMACENAMIENTO	
<p>Separado de materiales incompatibles y alimentos y piensos. Ver Peligros Químicos. Fresco. Seco. Mantener en la oscuridad. Ventilación a ras del suelo.</p>	
ENVASADO	
<p>Envase irrompible. Colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos.</p>	



La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.
 © OIT y OMS 2018



DIISOCIANATO DE HEXAMETILENO**ICSC: 0278****INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA****Estado físico; aspecto**

LÍQUIDO CLARO INCOLORO DE OLOR ACRE.

Peligros físicos**Peligros químicos**

La sustancia polimeriza bajo la influencia de temperaturas por encima de 93°C. Por combustión, formación de humos tóxicos y corrosivos incluyendo óxidos de nitrógeno y cianuro de hidrógeno (ver FISQ 0492). Se descompone en contacto con agua. Esto produce amina y poliureas. Reacciona violentamente con ácidos, alcoholes, aminas, bases y oxidantes. Esto genera peligro de incendio y explosión. Ataca el cobre.

Fórmula: $C_8H_{12}N_2O_2$ / $OCN-(CH_2)_6-NCO$

Masa molecular: 168.2

Punto de ebullición: 255°C

Punto de fusión: -67°C

Densidad relativa (agua = 1): 1.05

Solubilidad en agua: reacciona

Presión de vapor, Pa a 25°C: 7

Densidad relativa de vapor (aire = 1): 5.8

Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.00

Punto de inflamación: 140°C c.a.

Temperatura de autoignición: 454°C

Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 0.9-9.5

Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 1.08

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD**Vías de exposición**

La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol o vapor y a través de la piel.

Efectos de exposición de corta duración

La sustancia irrita gravemente los ojos. La sustancia irrita la piel y el tracto respiratorio. La inhalación puede originar reacciones asmáticas.

Riesgo de inhalación

La evaporación de esta sustancia a 20°C producirá bastante lentamente una concentración nociva de la misma en aire; sin embargo, más rápidamente por pulverización o cuando se dispersa.

Efectos de exposición prolongada o repetida

El contacto prolongado o repetido puede producir sensibilización de la piel. La inhalación prolongada o repetida puede originar asma. Ver Notas.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

TLV: 0.005 ppm como TWA.

MAK: 0.035 mg/m³, 0.005 ppm; categoría de limitación de pico: I(1); sensibilización respiratoria y cutánea (SAH); riesgo para el embarazo: grupo D**MEDIO AMBIENTE****NOTAS**

Los síntomas de asma no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles.

Ninguna persona que haya mostrado síntomas de asma causados por esta sustancia debería volver a entrar en contacto con ella. Ninguna persona que haya mostrado sensibilización de la piel causada por esta sustancia debería volver a entrar en contacto con ella.

Los trabajadores expuestos a este compuesto también pueden sensibilizarse a otros isocianatos.

La alerta por el olor cuando se supera el límite de exposición es insuficiente.

NO llevar a casa la ropa de trabajo.

INFORMACIÓN ADICIONAL

- Límites de exposición profesional (INSHT 2017):

VLA-ED: 0,005 ppm; 0,035 mg/m³

Notas: sensibilizante.

- Nº de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 615-011-00-1

- **Clasificación UE**

Pictograma: T; R: 23-36/37/38-42/43; S: (1/2)-26-28-38-45



La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea.
© Versión en español, INSST, 2018

ISOCIANATO DE BISFENILMETILENO

MDI
 4,4'-Diisocianato de difenilmetano
 Bis(1,4-isocianatofenil)metano
 4,4'-Metilendifenildiisocianato

CAS: 101-68-8

CE: 202-966-0

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	Evitar las llamas.	Usar polvo, dióxido de carbono.

¡EVITAR TODO CONTACTO! ¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!

	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Dolor de cabeza. Náuseas. Jadeo. Dolor de garganta.	Usar extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Puede ser necesaria respiración artificial. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Enrojecimiento.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Dolor.	Utilizar gafas de protección de montura integral o pantalla facial.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
<p>¡Evacuar la zona de peligro! ¡Consultar a un experto! Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente precintable tapado. Recoger cuidadosamente el residuo. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local.</p>	<p>Conforme a los criterios del GHS de la ONU</p> <p>Transporte Clasificación ONU</p>
<p>ALMACENAMIENTO</p> <p>Separado de alimentos y piensos y materiales incompatibles. Ver Peligros Químicos. Fresco. Seco. Mantener en la oscuridad.</p>	
<p>ENVASADO</p> <p>Envase irrompible. Colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos.</p>	



La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.
 © OIT y OMS 2018



INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

Estado físico; aspecto

ESCAMAS O CRISTALES DE BLANCOS A AMARILLO PÁLIDO.

Peligros físicos

Peligros químicos

La sustancia puede polimerizar bajo la influencia de temperaturas por encima de 204°C. Por combustión, formación de humos tóxicos y corrosivos incluyendo óxidos de nitrógeno y cianuro de hidrógeno (ver FISQ 0492). Reacciona fácilmente con agua. Esto produce poliureas insolubles. Reacciona violentamente con ácidos, alcoholes, aminas, bases y oxidantes. Esto genera peligro de incendio y explosión.

Fórmula: C₁₅H₁₀N₂O₂ / OCNC₆H₄CH₂C₆H₄NCO

Masa molecular: 250.3

Punto de ebullición a 100 kPa: 314°C

Punto de fusión: 37°C

Densidad relativa (agua = 1): 1.2

Solubilidad en agua: reacciona

Presión de vapor a 20°C: despreciable

Densidad relativa de vapor (aire = 1): 8.6

Punto de inflamación: 196°C c.c.

Temperatura de autoignición: 240°C

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD

Vías de exposición

La sustancia se puede absorber por inhalación.

Efectos de exposición de corta duración

Lagrimo. La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La sustancia puede afectar a los pulmones. Esto puede dar lugar a alteraciones funcionales.

Riesgo de inhalación

La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire cuando se dispersa.

Efectos de exposición prolongada o repetida

El contacto prolongado o repetido puede producir sensibilización de la piel. La inhalación prolongada o repetida puede originar asma. Ver Notas.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

TLV: 0.005 ppm como TWA.

MAK: (fracción inhalable): 0.05 mg/m³; categoría de limitación de pico: I(1); absorción dérmica (H); sensibilización respiratoria y cutánea (SAH); cancerígeno: categoría 4; riesgo para el embarazo: grupo C

MEDIO AMBIENTE

NOTAS

Los síntomas de asma no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles.

Ninguna persona que haya mostrado síntomas de asma causados por esta sustancia debería volver a entrar en contacto con ella.

Los trabajadores sensibilizados por el MDI pueden reaccionar con otros isocianatos (asma).

NO llevar a casa la ropa de trabajo.

INFORMACIÓN ADICIONAL

- Límites de exposición profesional (INSST 2019):

VLA-ED: 0,005 ppm; 0,052 mg/m³

Notas: sensibilizante. Esta sustancia tiene establecidas restricciones a la fabricación, la comercialización o el uso especificadas en el Reglamento REACH.

- N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 615-005-00-9

- **Clasificación UE**

Pictograma: Xn; R: 20-36/37/38-42/43; S: (1/2)-23-36/37-45; Nota: C



La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea.

© Versión en español, INSST, 2018

1,5-DIISOCIANATO DE NAFTALENO

ICSC: 0653 (Noviembre 1998)

NDI
1,5-Diisocianatonaftaleno
Diisocianato de 1,5-naftileno

CAS: 3173-72-6

CE: 221-641-4

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	Evitar las llamas.	Usar espuma, polvo, dióxido de carbono. NO usar agua.

¡EVITAR LA DISPERSIÓN DEL POLVO! ¡HIGIENE ESTRICTA!			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Tos. Dificultad respiratoria. Dolor de garganta.	Usar extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Enrojecimiento. Dolor.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Utilizar gafas de protección o protección ocular en combinación con protección respiratoria si se trata de polvo.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Dolor abdominal. Dolor de garganta.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Dar a beber uno o dos vasos de agua. Reposo. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente precintable tapado. Recoger cuidadosamente el residuo. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Protección personal: respirador con filtro para partículas adaptado a la concentración de la sustancia en aire.	<p>Conforme a los criterios del GHS de la ONU</p> <p>Transporte Clasificación ONU</p>
ALMACENAMIENTO	
Ver Peligros Químicos. Bien cerrado.	
ENVASADO	
No transportar con alimentos y piensos.	



La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.
© OIT y OMS 2018



1,5-DIISOCIANATO DE NAFTALENO**ICSC: 0653****INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA****Estado físico; aspecto**

CRISTALES DE BLANCOS A AMARILLO CLARO.

Peligros físicos**Peligros químicos**

Se descompone por calentamiento. Esto produce humos tóxicos de óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, isocianatos y cianuro de hidrógeno. Reacciona con ácidos, alcoholes, aminas, bases, oxidantes fuertes, reductores fuertes y agua.

Fórmula: $C_{12}H_6O_2N_2$ / $C_{10}H_6(NCO)_2$

Masa molecular: 210.19

Punto de ebullición a 0.7 kPa: 167°C

Punto de fusión: 130°C

Densidad relativa (agua = 1): 1.42

Presión de vapor, Pa a 20°C: <0.001

Punto de inflamación: 192°C c.c.

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD**Vías de exposición**

La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.

Efectos de exposición de corta duración

La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio.

Riesgo de inhalación

La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire cuando se dispersa, especialmente si está en forma de polvo.

Efectos de exposición prolongada o repetida

La inhalación prolongada o repetida puede originar asma.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

MAK: cancerígeno: categoría 3B; sensibilización de las vías respiratorias (SA)

MEDIO AMBIENTE

La sustancia es nociva para los organismos acuáticos.

NOTAS

Reacciona violentamente con agentes extintores de incendio tales como agua (por encima de 50°C).

Los síntomas de asma no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico.

Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles.

Ninguna persona que haya mostrado síntomas de asma causados por esta sustancia debería volver a entrar en contacto con ella.

NO llevar a casa la ropa de trabajo.

INFORMACIÓN ADICIONAL

- Límites de exposición profesional (INSST 2022):

VLA-ED: 0,005 ppm; 0,043 mg/m³

Notas: sensibilizante.

- N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 615-007-00-X

- **Clasificación UE**

Pictograma: Xn; R: 20-36/37/38-42-52/53; S: (2)-26-28-38-45-61



La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea.

© Versión en español, INSST, 2018

DIISOCIANATO DE ISOFORONA

IPDI

Isocianato de 3-isocianatometil-3,5,5-trimetilciclohexilo

Éster (3,5,5-trimetil-3,1-ciclohexileno)metilénico del ácido isocianico

CAS: 4098-71-9


Nº ONU: 2290

CE: 223-861-6

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.	Evitar las llamas.	Usar agua pulverizada, espuma, polvo, dióxido de carbono.

¡EVITAR TODO CONTACTO!

	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Tos. Dolor de garganta. Sensación de quemazón.	Usar sistema cerrado.	Aire limpio, reposo. Posición de semiincorporado. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Piel	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras cutáneas graves.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Utilizar pantalla facial o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ingestión	Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Dolor abdominal.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Dar a beber uno o dos vasos de agua. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes tapados. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local. Tratar el líquido residual con una mezcla de amoníaco (4-8%), detergente (2%) y agua. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente.	<p>Conforme a los criterios del GHS de la ONU</p>  <p>PELIGRO</p> <p>Mortal si se inhala Nocivo en contacto con la piel Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias si se inhala Puede provocar una reacción cutánea alérgica</p>
ALMACENAMIENTO	Transporte
Separado de bases, ácidos, alcoholes, aminas, amidas, fenoles, mercaptanos y alimentos y piensos. Mantener en lugar bien ventilado. Bien cerrado. Fresco. Seco. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.	Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 6.1; Grupo de Embalaje/Envase ONU: III
ENVASADO	
Hermético. No transportar con alimentos y piensos.	
<p>La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea. © OIT y OMS 2018</p>	

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA**Estado físico; aspecto**

LÍQUIDO DE INCOLORO A AMARILLO DE OLOR ACRE.

Peligros físicos**Peligros químicos**

La sustancia puede polimerizar. Se descompone al arder. Esto produce humos tóxicos y corrosivos incluyendo cianuro de hidrógeno y óxidos de nitrógeno. Reacciona con ácidos, alcohol, aminas, bases, amidas, fenoles y mercaptanos. Esto genera peligro tóxico, de incendio y explosión. Ataca los plásticos y el caucho.

Fórmula: $C_{12}H_{18}N_2O_2 / (CH_3)_2C_6H_7(CH_3)(N=C=O)CH_2N=C=O$

Masa molecular: 222.3

Punto de ebullición a 1.33 kPa: 158°C

Se descompone a 310°C

Punto de fusión: -60°C

Densidad relativa (agua = 1): 1.06

Solubilidad en agua, g/100ml: 15 (reacciona)

Presión de vapor, Pa a 20°C: 0.04

Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.0

Punto de inflamación: 155°C c.c.

Temperatura de autoignición: 430°C

Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 0.7-4.5

Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 4.75 (calculado)

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD**Vías de exposición**

La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y a través de la piel.

Efectos de exposición de corta duración

La sustancia es corrosiva para la piel. La sustancia irrita gravemente los ojos. El aerosol irrita el tracto respiratorio.

Riesgo de inhalación

Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire por pulverización.

Efectos de exposición prolongada o repetida

El contacto prolongado o repetido puede producir sensibilización de la piel. La inhalación prolongada o repetida puede originar asma. Ver Notas.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

TLV: 0.005 ppm como TWA.

MAK: 0.046 mg/m³, 0.005 ppm; categoría de limitación de pico: I(1); sensibilización respiratoria y cutánea (SAH); riesgo para el embarazo: grupo D

MEDIO AMBIENTE

Esta sustancia puede ser peligrosa para el medio ambiente; debería prestarse atención especial a los organismos acuáticos.

NOTAS

Ninguna persona que haya mostrado síntomas de asma causados por esta sustancia debería volver a entrar en contacto con ella. La alerta por el olor cuando se supera el límite de exposición es insuficiente.
NO llevar a casa la ropa de trabajo.

INFORMACIÓN ADICIONAL

- Límites de exposición profesional (INSST 2021):

VLA-ED: 0,005 ppm; 0,046 mg/m³

Notas: sensibilizante.

- Nº de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 615-008-00-5

- **Clasificación UE**

Pictograma: T, N; R: 23-36/37/38-42/43-51/53; S: (1/2)-26-28-38-45-61; Nota: 2



La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea.
© Versión en español, INSST, 2018

NIOSH ALERT

Preventing Asthma and Death from Diisocyanate Exposure

WARNING!

Workers exposed to diisocyanates may develop serious or fatal respiratory disease.

Employers should take the following steps to protect workers from diisocyanate exposure:

- Make workers aware of the serious health effects that may result from diisocyanate exposures.
- Make workers aware of any materials that may contain or be contaminated with diisocyanates.
- When feasible, substitute a less hazardous material for diisocyanates.
- If substitution is not possible, use engineering controls such as closed systems and ventilation to minimize exposures.
- Provide appropriate respiratory protection to workers exposed to diisocyanates.

Workers should take the following steps to protect themselves from diisocyanate exposure:

- Be aware that the highest diisocyanate concentrations may occur inside containment structures.

- Use appropriate respiratory protection when working with diisocyanates.
- Wash hands and face before eating, drinking, or smoking outside the work area.
- Shower and change into clean clothes before leaving the worksite.
- Participate in medical monitoring and examination programs, air monitoring programs, or training programs offered by your employer.

For additional information, see **NIOSH ALERT: Request for Assistance in Preventing Asthma and Death from Diisocyanate Exposure** [DHHS (NIOSH) Publication No. 96-111]. Single copies of the Alert are available free from the following:

Publications Dissemination, EID
National Institute for Occupational Safety and Health
4676 Columbia Parkway
Cincinnati, OH 45226

Fax number: (513) 533-8573
Phone number: 1-800-35-NIOSH (1-800-356-4674)
E-mail: pubstaft@niosdt1.em.cdc.gov



U.S. Department of Health and Human Services
Public Health Service
Centers for Disease Control and Prevention
National Institute for Occupational Safety and Health

Please tear out and post. Distribute copies to workers.

MEDICINA y SEGURIDAD *del trabajo*

Revisión

Óxido Nítrico como biomarcador en asma ocupacional inducida por isocianatos en talleres de pintura automotriz

Nitric-Oxide as Biomarker in Isocyanate-Induced Occupational Asthma at the Vehicle Paint and Body Repair Industry

Patricia Fumero Lessmann¹, Lúcia Carolina Jiménez Vólquez¹, María Eva Meza Caballero²

1. Unidad Docente de Medicina del Trabajo de Asturias. España

2. Unidad Docente de Medicina del Trabajo de la Comunidad de Madrid. España

Recibido: 5-03-2018

Aceptado: 12-03-2018

Correspondencia:

Correo electrónico: maria.evamz@gmail.com

Este trabajo se ha desarrollado dentro del Programa Científico de la Escuela Nacional de Medicina del Trabajo del Instituto de Salud Carlos III en convenio con la Unidad Docente de Medicina del Trabajo de Asturias y la Unidad Docente de Medicina del Trabajo de la Comunidad de Madrid. Madrid. España.

Resumen

Introducción: El asma ocupacional (AO) es la enfermedad respiratoria de origen laboral más prevalente en los países desarrollados. Ocurre principalmente por exposición inhalatoria a agentes como el isocianato, contenido en las pinturas utilizadas en el sector automotriz. Su diagnóstico depende de varios factores y está en estudio la utilidad de la fracción espirada de óxido nítrico (FeNO) como marcador de inflamación respiratoria, siendo un método sencillo, rápido y no invasivo. Este trabajo resume la evidencia científica sobre la utilidad de FeNO en la evaluación del asma inducida por isocianato.

Material y Métodos: Se realizó una revisión sistemática de la literatura científica publicada en 6 bases de datos, utilizando ecuaciones de búsqueda en términos MeSH. Se procedió a un cribado de las referencias y se seleccionaron los artículos basándose en los objetivos del estudio y en los de mayor evidencia científica según SIGN.

Resultados: Se recuperaron 45 referencias y se incluyeron 8 en la revisión; 7 de ellos fueron de diseño transversal. Hubo asociación estadísticamente significativa entre hiperreactividad bronquial (HRB) y FeNO en trabajadores expuestos a isocianato en todos los artículos, con excepción de uno.

Conclusiones: a pesar de las limitaciones en los estudios revisados en cuanto al tipo de diseño, tamaño de la muestra y objetivos, se demuestra que existe evidencia científica que apoya la utilidad del FeNO en la evaluación del asma ocupacional por isocianatos.

Med Segur Trab (Internet). 2018;64(250):89-103

Palabras clave: Asma ocupacional, isocianato, óxido nítrico, pintura, automóviles.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Abstract

Introduction: Occupational asthma (AO) is the most predominant work-related respiratory illness in developing countries. It shows up mainly due to the inhalation of agents like isocyanate, a compound used during automobile painting application and widely used in the vehicle body repair industry. Its diagnosis is multifactorial. The nitric oxide fraction concentration in exhaled breath (FeNO) as a marker of respiratory inflammation is a simple, fast and non-invasive method. This paper summarizes the scientific evidence on the usefulness of FeNO in the assessment of isocyanate induced asthma.

Material and Methods: A systematic review of the published scientific literature was carried out in 6 databases, using search equations in terms of MeSH. The references were filtered and the articles were selected based on the objectives of the study and on the highest scientific evidence according to SIGN.

Results: 45 references were retrieved and 8 were included in the review; 7 of them were of transversal design. With the exception of one of them, there was a statistically significant association between bronchial hyperresponsiveness (BHP) and FeNO in isocyanate exposed workers in all articles.

Conclusions: Despite the limitations of the reviewed studies regarding design type, sample size and objectives, it is showed that there is scientific evidence supporting the validity of FeNO in the assessment of occupational asthma by isocyanates.

Med Segur Trab (Internet). 2018;64(250):89-103

Keywords: Occupational asthma, isocyanate, nitric oxide, paint, automobiles.

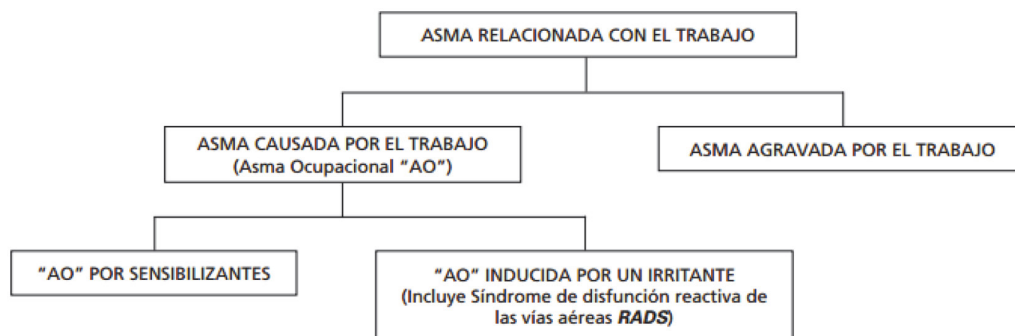
INTRODUCCIÓN

El asma ocupacional (AO) se considera la enfermedad respiratoria de origen laboral más prevalente en los países desarrollados¹. En España se estima que comprende entre el 10 y 25% de los casos de asma en el adulto² y está declarada como enfermedad profesional por el Real Decreto 1299/2006 con los códigos 4I0301 a 4I0333³.

Se clasifica en tres formas de presentación: una Inmunológica mediada por IgE, otra de patogenia desconocida y la generada por irritantes, entre ellos el síndrome de disfunción reactiva de la vía aérea (RADS). Para reconocerse la enfermedad como de origen profesional se requiere demostrar la existencia de asma bronquial relacionada con el medio laboral². Se excluye como enfermedad profesional la existencia de asma previa agravada por el trabajo⁴. (Figura 1)

El AO es producida principalmente a través de la vía aérea por la exposición a polvo, vapores, gases o humos presentes en el lugar de trabajo⁵, agentes contenidos en distintas sustancias de origen orgánico o inorgánicos capaces de generar una respuesta inflamatoria con la clínica característica. Dentro de estos agentes se encuentran los isocianatos reconocidos como agentes causales de la enfermedad.

Figura 1. Tomado de DDC-RES-08 Enfermedades profesionales de la vía aérea⁶.



Los isocianatos corresponden a un grupo de compuestos químicos sintéticos alifáticos (cadena abierta) y aromáticos (olor intenso de los hidrocarburos) ampliamente utilizados en la industria, sobretodo en el sector automotriz y reparación de carrocerías de vehículos⁷.

Son sustancias de bajo peso molecular derivadas del benceno cuyas formas más comunes son **el diisocianato de tolueno (TDI)** (componente clave en muchas pinturas y revestimientos en aerosol), **el metileno difenil diisocianato (MDI)** (útil en la fabricación de espumas rígidas, producción de adhesivos, parachoques de vehículos, suelas de zapatos, tejidos recubiertos, fibras de spandex y pinturas) y **el hexametileno diisocianato (HDI)** usado para hacer espumas de poliuretano, como recubrimiento o como endurecedor en pinturas de automóviles y aviones⁸. Otras formas menos comunes de isocianatos incluyen: diisocianato de naftaleno (NDI) y polimetileno bisfenol isocianato (PAPI)⁹.

Los isocianatos están relacionados tanto con la exacerbación del asma, como con la producción de la misma en trabajadores en contacto con estas sustancias, siendo de especial relevancia los expuestos a pinturas. Las partículas altamente reactivas, al contener grupo NCO y poseer las mezclas comerciales un 80% el isómero 2,4 de TDI, una de las dos presentaciones de este producto volátil².

Dada la capacidad de daño de estas sustancias existe un valor límite ambiental permisible de exposición aguda (VLA-ED). En el caso del isocianato de fenilo (MDI) (0,01 ppm), para el 3-Isocianometil-3,5,5- trimetilciclohexilisocianato (TDI) el valor es (0,005 ppm) y el isocianato de metilo (HDI) es un valor límite ambiental permisible de exposición crónica VLA-EC (0,02), al no tener establecido VLA-ED.

No solo la vía respiratoria resulta afectada por la sobreexposición al producto o contacto accidental, también los ojos y la piel. Para la prevención se identifican tres líneas

de defensa que buscan reducir o eliminar los posibles peligros tales como la sustitución de diferentes químicos o crear sistemas cerrados y ventilación para eliminar o minimizar la exposición, la implementación de controles y procedimientos en el manejo de los productos y el uso de equipo de protección personal (PPE)¹⁰.

El cuadro clínico del AO, al igual que el asma común, está dado por obstrucción bronquial que limita el flujo aéreo de manera reversible acompañado de hiperreactividad e inflamación cuyos síntomas característicos son la tos, la disnea y la sibilancia. Al margen de que la mejor medida para evitar la enfermedad es eliminar la exposición, difícil de cumplir en esta generación industrializada, se avanza sobre pruebas que permitan detectar la sensibilización, el riesgo de producirse o la enfermedad misma.

Las pruebas más útiles para el estudio de asma ocupacional son en su mayoría de función pulmonar como la monitorización del flujo espirado máximo (FEM) durante períodos de trabajo y de descanso laboral, el VEF con la espirometría, test de histamina y metacolina, la fracción de óxido nítrico espirado (FeNO), análisis de las células en el esputo y la prueba de provocación bronquial específica (PBE)¹¹ También se dispone de pruebas cutáneas de alergia y las serológicas denominadas CAP o RAST (Determinación de IgE total y específica).

La prueba de esputo y el FeNO representan una ayuda para el diagnóstico de AO como marcadores no invasivos de inflamación bronquial, enfermedades como la bronquitis eosinofílica ocupacional solo pueden detectarse a través de esta técnica y sirven de pruebas complementarias a otros test.

El asma al ser una enfermedad inflamatoria produce un aumento de óxido nítrico en el aire espirado¹², siendo útil como biomarcador para reflejar y medir la alteración de las vías aéreas. El óxido nítrico o monóxido de nitrógeno es un gas producido por las células epiteliales que recubren el interior de la nariz, los senos paranasales y los bronquios¹³ que puede ser medido en el aire en una fracción exhalada y ha permitido demostrar en varios estudios su relación con la patogenia del asma y su utilidad como marcador diagnóstico o pronóstico¹⁴.

La fracción exhalada de óxido nítrico (FeNO) es una prueba no invasiva que se realiza sentado, soplando y un analizador cuantifica en pocos segundos la concentración de este gas¹⁵. Las personas sin asma tienen niveles de óxido nítrico entre 10 y 20 ppm (partículas por millón) y las afectadas oscilan entre 25-80 ppm¹⁶.

Permite de manera sencilla y rutinaria en cada consulta ajustar el tratamiento con inhaladores, establecer la adherencia a la medicación y predecir exacerbaciones del asma. Comparando la técnica de FeNO con la metacolina o la prueba de provocación específica representa menor tiempo y riesgo para el paciente. Así mismo tiene ventaja confrontada con la prueba de esputo que requiere una buena muestra, que no siempre se consigue, para cuantificar los eosinófilos.

Para esta revisión hemos escogido especialmente a los colectivos de los talleres de pintura automotriz al percibir en ellos una mayor falta de protección y una alta tendencia a laborar en sitios menos acondicionados para las tareas. También nos atrae que este grupo formado por pequeñas y medianas empresas y aparente mayor exposición al químico puedan facilitar la obtención de resultados con el objetivo de nuestra revisión.

Siendo el AO una patología que representa un 25% del diagnóstico de la enfermedad de asma en el adulto, al margen de las repercusiones en la salud pública que para la Organización Mundial de la Salud (OMS) el número de años de vida ajustados en función de la discapacidad (AVAD) es similar al de la diabetes, la cirrosis hepática y la esquizofrenia en todo el mundo, pretendemos con la presente revisión determinar si FeNo puede ser una prueba útil en el diagnóstico precoz del AO.

En España, según los registros encontrados, el asma ocupacional es una patología que afecta el 5-14% de la población general¹⁷. Según registros del Ministerio de Empleo y Seguridad Social de este país en 2015 se reportaron 24 casos de enfermedad respiratoria ocasionada por exposición a isocianatos en el ítem de enfermedades profesionales causadas por agentes químicos.

La mayoría de estudios y referencias a FeNO utilizan esta técnica como prueba complementaria pese a su destacada asociación con la inflamación del árbol bronquial. Es posible que esta revisión nos demuestre que podemos estar a un soplo de 10 segundos del diagnóstico temprano del Asma Ocupacional.

OBJETIVOS

El objetivo principal en este estudio consiste en revisar según la literatura existente la utilidad de la determinación de óxido nítrico exhalado en la evaluación del asma inducida por isocianatos en trabajadores de talleres de pintura de automóviles.

Específicos

- Determinar si FeNO puede ser utilizado como un biomarcador en la detección precoz del riesgo de padecer asma inducida por isocianatos en base a las publicaciones revisadas.
- Caracterizar si existe o no relación entre los diferentes biomarcadores y otras pruebas diagnósticas en la detección, control y seguimiento del asma inducida por isocianatos según la literatura revisada.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realiza una revisión sistemática basada en conocer las investigaciones existentes que analizan la utilidad de la determinación de óxido nítrico exhalado en la evaluación del asma inducida por isocianatos en trabajadores de talleres de pintura de automóviles.

Para esta Revisión Sistemática se realizó la búsqueda en bases de datos bibliográficas científicas: MedLine (a través de PubMed), SCOPUS, LILACS, IBECs, SciELO y Biblioteca Cochrane. Para establecer la estrategia de búsqueda se utilizaron términos libres y descriptores DeCS y MeSH con los cuales se realizaron combinaciones booleanas obteniéndose varias ecuaciones de búsqueda adaptadas para las diferentes bases de datos.

Empleamos, además, buscadores como Google y páginas web institucionales (OIT, INSH). Las bibliografías de los artículos encontrados también fueron utilizadas como referencias. (Tabla 1)

Tabla 1. Ecuación de Búsqueda.

Base de Datos	Términos de Búsqueda	Estrategia de Búsqueda
Medline/Pubmed	Oxido Nítrico, Isocianatos, asma ocupacional, pintura, vehículo de motor	(((((("nitric oxide"[MeSH Terms]) AND Isocyanates[MeSH Terms]) AND ((("asthma"[MeSH Terms]) OR "asthma, occupational"[MeSH Terms]))) OR (((("paint"[MeSH Terms]) AND ((("asthma"[MeSH Terms]) OR "asthma, occupational"[MeSH Terms])) AND Isocyanates[MeSH Terms])) OR (((("Motor Vehicles"[Mesh]) AND ((("asthma"[MeSH Terms]) OR "asthma, occupational"[MeSH Terms])) AND Isocyanates[MeSH Terms]))) OR "nitric oxide" AND isocyanates asthma
Cochrane Library	Asma ocupacional, isocianatos, óxido nítrico	"occupational asthma" and "isocyanates" and "nitric oxide"
Google Scholar	Asma ocupacional, isocianatos, óxido nítrico	Occupational asthma and isocyanates and nitric oxide
Virtual Health Library (LILACS),	Asma ocupacional, oxido nítrico, isocianatos	(tw:(occupational asthma)) AND (tw:(nitric oxide))and isocyanates
Scopus	Asma ocupacional, isocianatos, oxido nítrico.	("occupational" asthma AND "isocyanates" AND "nitric oxide")
Web of Science (WOS)	Asma ocupacional, oxido nítrico, isocianatos.	("occupational asthma" AND "nitric oxide") AND "isocyanates"

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

1. Artículos, Revisiones bibliográficas basadas en estudios de cohortes, casos y controles, estudios observacionales, transversales y meta-análisis que tratan sobre el asma ocupacional por exposición a Isocianatos (TDI, MDI y HDI) contenidos en pinturas utilizadas en talleres de reparación de vehículos.
2. Artículos, Revisiones bibliográficas que evalúan el asma ocupacional a través de la medición del óxido nítrico exhalado como marcador biológico, otros biomarcadores y pruebas diagnósticas.
3. Idiomas: español, inglés, francés.
4. Sin exclusión temporal.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

1. Publicaciones referentes al asma no ocupacional.
2. Enfermedades respiratorias inducidas por isocianatos distintas al asma.
3. Estudio de comunicación de un caso.
4. Artículos que no estuvieran a texto completo.
5. Artículos duplicados.
6. Estudios en animales.

El proceso de selección de los artículos incluyó una primera etapa en la que se seleccionaron los estudios de diferentes bases de datos y un listado bibliográfico, se realizó una primera lectura a nivel de los resúmenes. En una segunda etapa, una vez seleccionados los artículos, se les aplicó los criterios de inclusión y se descartaron los duplicados, para realizar una segunda lectura a texto completo. Finalmente en una tercera etapa se aplicaron los criterios de exclusión y los artículos resultantes se utilizaron para la revisión.

La información recopilada en cada artículo fue estudiada de forma sistemática en una tabla de síntesis de la evidencia, donde se estudiaron diferentes variables que permitieron obtener la información necesaria y sintetizada que respondiera a los objetivos del estudio. (Figura 2)

Figura 2. Variables de información documental y científica recogidas en la tabla de síntesis de la evidencia.

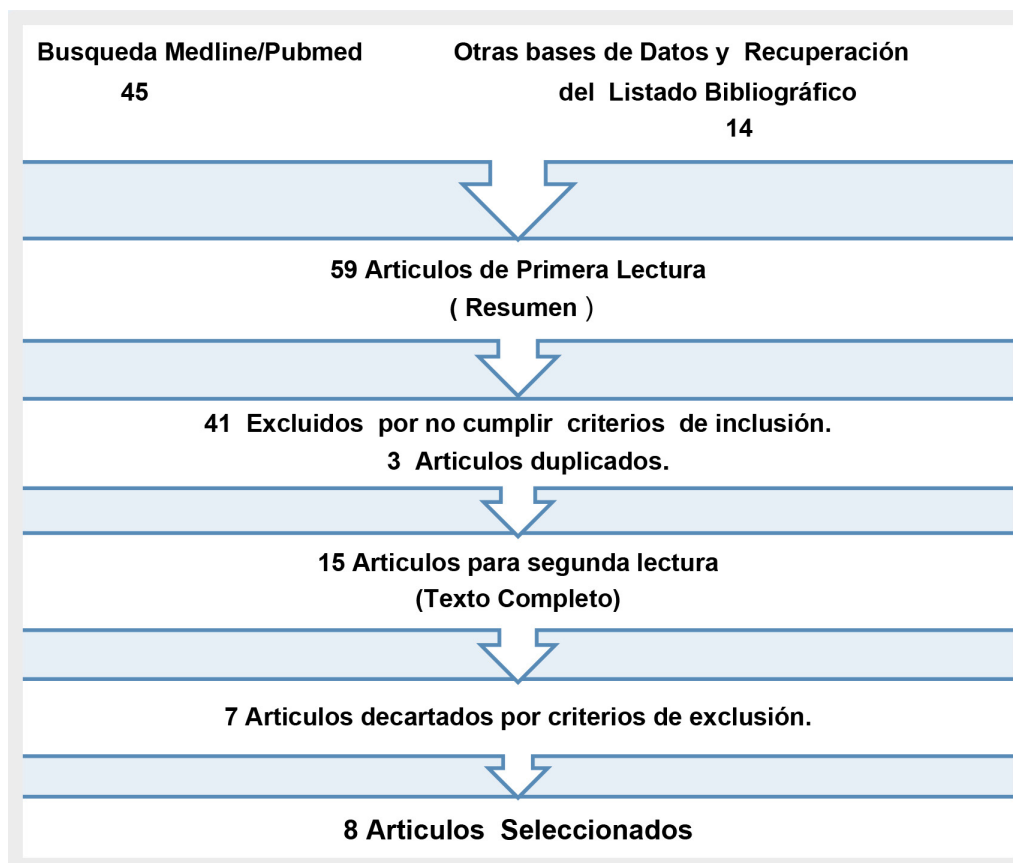
1- Autor
2- Tipo de estudio.
3- Población y Muestra.
4- Historia de asma previa
5- Tiempo de exposición al isocianato
6- Clínica respiratoria/sistémica
7- Marcadores
8- Resultados/Medidas de Asociación
9- Control de sesgo
10- Nivel de evidencia científica/ GR según guías SIGN*

* SIGN: Scottish Intercollegiate Guideline Network

RESULTADOS

De acuerdo con nuestra estrategia de búsqueda, en las bases de datos indicadas, obtuvimos 59 artículos. 45 artículos fueron seleccionados en Medline/Pubmed, 14 se recuperaron de otras bases de datos y del listado bibliográfico. Una vez sometidos a los criterios de inclusión y exclusión y descartados los artículos duplicados en diferentes bases de datos nos quedamos con 8 estudios para nuestra revisión. (Figura 3)

Figura 3. Estrategia de selección de los artículos.



El diseño epidemiológico utilizado en 7 de ellos corresponde a estudios transversales, solo 1 artículo es de tipo casos y controles. Le aplicamos el nivel de evidencia según la Scottish Intercollegiate Guideline Network (SIGN)¹⁸. (Tabla 2)

Badri Sadat Jonaid y Cols 2014, realizaron una investigación basada en la medición del óxido nítrico exhalado en una muestra N: 201 trabajadores, extraídos de una población de 229 pintores de vehículos de varias empresas del sector automotriz en los Países Bajos. Se dividieron en 80 casos (aquellos dedicados a la pintura con pistolas) y 121 controles (dedicados a otras actividades). Tuvieron en cuenta para la clasificación la presencia de IgE e IgG específica para HDI, principal componente del isocianato en las pinturas.

Los atópicos y fumadores se analizaron aparte, teniendo en cuenta que estas particularidades favorecen los factores de confusión. Otras comparaciones realizadas incluyeron la presencia de rinitis, hiperreactividad bronquial y síntomas de asma entre expuestos y el grupo control.

Su objetivo principal fue Investigar la asociación entre exposición a isocianato y los niveles de FeNO en trabajadores expuestos a la sustancia y dilucidar si el FeNO actúa como marcador de la inflamación de las vías respiratorias.

Tabla 2. Síntesis de los resultados y nivel de evidencia de los artículos.

No	Autor/Año/Artículo	Tipo de Estudio	Población/Muestra	Tiempo de Exposición al Isocianato	Historia de Asma Previa	Clínica respiratoria/neumológica/sistémica	Marcadores Estudiados	Resultados/ Medidas de asociación	Control de Sesgo	Nivel de Evidencia Científica
1	Badri Sadat, Jonaid y Cols. 2014 Países Bajos Exhaled nitric oxide in spray painters exposed to isocyanates: effect modification by atopy and smoking	Casos y Controles	229 trabajadores de pinturas de aerosol de varias empresas de los Países Bajos. N: 201 Casos: 80 pintores de pistola 121 controles	Tiempo de trabajo (años) Casos: 9.6 Controles: 11 Pintar con pistola (años) Casos: 9.7 Control: 8.8	% Casos: 36.3 Controles: 27.3	% HRB* Casos: 21.3 Controles: 12.4 % Rinitis Casos: 18.2 Controles: 24.2	FeNO* Espirometría Prueba de Metacolina IgE e IgG a HDI* específicas	FeNO: Isocianatos: p spline <0,0001) a mayor exposición IgG-HDI* p=0,02 A. Estratificado IgG HDI : NA- NF* p=0,05 Exp. isocianatos p= 0,06	SI	2+
2	Catherine Lemiere y Cols. 2014 Canada Occupational asthma phenotypes identified by increased fractional exhaled nitric oxide after exposure to causal agents	Transversal	N: 178 sujetos estudiados por asma Ocupacional durante los años 2006 a 2012. 98 + para rueba específica 61 para AHPM, 4 para isocianatos	No lo especifican	N: 35	SI	FeNO* Espueto Broncoprovocación con histamina Espirometría	FeNO (PEP+) p=0,001 Espueto (eosinófilos) p=0,001 FeNo ABMP p>0.05	No	3
3	J. Sastre y Cols. 2013 España Changes in Exhaled Nitric Oxide After Inhalation Challenge With Occupational Agents	Transversal	Trabajadores con sospecha de asma ocupacional N : 68 (N: 16 por isocianatos. N: 52 otros agentes)	No lo especifican	No	Síntomas de Asma	FeNo Espirometría Prueba de Metacolina Prueba de provocación con Isocianatos.	Aumento significativo de FeNO tras HRB inducida por isocianatos. IC 95% (1.05-1.48) p=0.01 Por cada unidad de incremento en FeNO basal, el riesgo de tener un HRB se incremento un 4%. Odds ratio (OR) 1,04 CI 95% (1,01 - 1,09) p = 0.01	SI	3
4	Vicky C. Moore y cols. 2010 Reino Unido Two Variants of occupational asthma separable by exhaled breath nitric oxide level	Transversal	Trabajadores diagnosticados de asma ocupacional N: 60 (N: 9 para isocianato N: 51 otros agentes)	No lo especifican	Asma Ocupacional	Síntomas de Asma	FeNo PEEF Espirometría Prueba de Metacolina	Prueba con metacolina: FeNo mayor en respondedores (p 0.006). Hiperrespuesta mayor en FeNo previas elevadas (p 0.011).	SI	3

Tabla 2. Síntesis de los resultados y nivel de evidencia de los artículos. (Continuación.)

No	Autor/Año/Artículo	Tipo de Estudio	Población/Muestra	Tiempo de Exposición al Isocianato	Historia de Asma Previa	Clínica respiratoria/neumológica/sistémica	Marcadores Estudiados	Resultados/ Medidas de asociación	Control de Sesgo	Nivel de Evidencia Científica
5	A. Pronk y Cols. 2009 Países Bajos Different respiratory phenotypes are associated with isocyanate exposure in spray painters	Transversal	Trabajadores de varias empresas con pintura de aerosol en Holanda. N: 229 (N: 91 pintores y N: 138 oficinistas y otros)	No lo especifican	No	Síntomas similares a EPOC 26% Síntomas similares a asma 35% Rinitis 15% Conjuntivitis 13%	FeNo IgG-IgE específicas Espirometría Prueba de Metacolina	Exposición a isocianatos /HPB/ FeNO: (IC del 95%): 1,7 (1,1 - 2,5), p < 0,05	Si	3
6	L. Barbinova 2006 Alemania Increase in exhaled nitric oxide (FeNO) after work-related isocyanate exposure	Transversal	Trabajadores con síntomas respiratorios relacionados con isocianato N: 55 (29 HRB + 25 HRB-)	No lo especifican	No	Síntomas respiratorios inespecíficos	FeNO Prueba de metacolina Prueba de provocación con MDI, HDI, TDI y NDI	El 22% HR+ : mayor aumento de FeNO . FeNO > 50% y respuesta asmática comparada con no-respondedores. OR: 6,1 IC(1,4-26,3) p= 0,02	Si	3
7	Xaver Baur y Cols 2005 Alemania Increase of exhaled Nitric Oxide (FeNO) after methylene Diphenil Diisocyanate (MDI) exposure in isocyanate workers with bronchial hyperresponsiveness	Transversal	Trabajadores con sospecha de Asma por Isocianatos. N: 22 14 HRB 5 de los 14 respuesta asmática	Tiempo de trabajo > 1 año	22,7%	Tos, sibilancias y/o presión torácica	FeNO Espirometría Prueba de Metacolina IgE específica a MDI	Aumento de FeNO y resistencia de la vía aérea en trabajadores con isocianato e HRB p=0,04	Si	3
8	Henning Allmers y Cols 2000 Alemania Challenge from methacholine, natural rubber latex, or 4,4-diphenylmethane oxide in workers with suspected sensitization affects exhaled nitric oxide	Transversal	18 trabajadores N=9 con AO por Isocianatos	No lo especifican	Asma Ocupacional	Síntomas de rinitis y/o asma	FeNO Skin-prick test IgE Espirometría Prueba de Metacolina	Gran aumento de FeNO post-exposición Ac + para Isocianatos Disminución de FeNO post-Metacolina + Salbutamol p < 0,01	Si	3

HRB: Hiperreactividad Bronquial. FeNO: Fracción Espirada Óxido Nítrico. PEP: Prueba Específica de Provocación. IgE y IgG HDI: Inmunoglobulina E y G diisocianato. ABMP: Agente de Bajo Peso Molecular. Ac: Anticuerpo.

Hallaron que los niveles de FeNO fueron significativamente más altos al aumentar la exposición al isocianato (p spline $<0,0001$) y la relación exposición-respuesta fue marginalmente significativa en pacientes atópicos-no fumadores ($p = 0,05$). También encontraron relación entre FeNO y los anticuerpos IgG específicos positivos al HDI en pacientes No atópicos-No fumadores ($p = 0,03$)¹⁹.

Catherine Lemiere y colaboradores 2014 centraron su análisis en los niveles de óxido nítrico y conteo de eosinófilos en esputo en trabajadores que estuvieron bajo valoración por sospecha de AO durante seis años (2006 a 2010) en un centro terciario especializado (CHU Mont-Godinne) luego de exponerlos al agente específico de cada puesto de trabajo.

La muestra estuvo representada N: 178 trabajadores a quienes les hicieron mediciones antes y 24 horas después de estar expuestos al alérgeno. Para el análisis de los resultados destacaron tres grupos (cluster) con las siguientes características: Los grupos 1 y 2 presentaban síntomas de asma más leves y estuvieron expuestos a agentes de alto peso molecular (AAPM). El grupo 3 se caracterizaba por contener sujetos atópicos, expuestos a agentes de bajo peso molecular (ABPM) que además presentaban mayor número de reacciones tardías, pertenecían a este grupo tres de los cuatro trabajadores expuestos a isocianato que tenía la muestra.

El objetivo del estudio fue evaluar si el aumento de los niveles de FeNO se restringió a los fenotipos de los sujetos que compartían clínica mediante el uso de un análisis estadístico agrupado, luego de ser sometidos a la exposición específica por inhalación.

Los resultados obtenidos fueron el aumento significativo del FeNO en sujetos con asma ocupacional expuestos a agentes de alto peso molecular frente a los de bajo peso molecular ($p=0,001$).

Encontraron una correlación entre exposición al agente específico y valores de FeNO $p=0,001$ con una especificidad del 90% y una sensibilidad de 45,3% y menor valor predictivo positivo que el test de esputo.

J. Sastre y colaboradores, 2013 investigaron la utilidad de la prueba de FeNO para la vigilancia de la respuesta de las vías respiratorias después de desafíos con agentes ocupacionales (entre ellos isocianato). Utilizaron como población trabajadores con sospecha de asma ocupacional referidos a la Unidad de Salud Ocupacional de la Fundación Jiménez Díaz en Madrid, España entre 2005 y 2011 N: 68 trabajadores sometidos a pruebas de provocación bronquial específica (SIC) (incluían isocianatos 16 y otros agentes) y la medición de óxido nítrico exhalado (FeNO).

Midieron variables como el sexo, edad, presencia de atopia y/o tabaquismo, exposición a agentes de alto y bajo peso molecular y el tipo de reacción asmática post-prueba de provocación: inmediata o tardía. Otras variables medidas fueron el (FEV1) post reacción a metacolina y los valores de FeNo basal y post SIC. Previo al estudio retiraron el consumo de corticoides en aquellos que lo consumían como control de sesgo. Como resultados obtuvieron 45 SIC positivos (HRB+) de ellos N: 13 expuestos al isocianato y 23 SIC negativos (HRB-) de los cuales N: 3 expuestos a isocianatos.

Al analizar diferentes variables (atopia, tabaquismo y tipo de agente), observaron que sólo agentes de bajo peso molecular (como el isocianato) inducían un aumento significativo en FeNO ($P = 0,01$) después de SIC positivas. En los pacientes que desarrollaron HRB tras la provocación, el FeNO aumentó de forma significativa 24 horas después, con un incremento en el cociente de 1.25 (IC 1.05-1.48, $p=0.01$), pero no en el grupo SIC-negativo ($p=0.08$).

Además observaron que el riesgo de desarrollar una HRB se incrementó un 4% por cada unidad de aumento del FeNO basal. Altos Valores basales de FeNO (25 ppb) predicen una HRB con una sensibilidad del 60% y una especificidad del 80%. No obstante, el punto de corte que mostró la máxima sensibilidad y especificidad del incremento del FeNO para predecir una HRB fue del 41 (sensibilidad 50%, especificidad 95%)²⁰.

Vicky C. Moore y colaboradores 2010 trataron de demostrar que existen dos variantes de FeNO basal: normal y elevada, en trabajadores diagnosticados de asma ocupacional y que se obtienen diferentes respuestas al ser sometidos a prueba de metacolina.

La muestra N: 60 pacientes diagnosticados de asma ocupacional. 9 expuestos al isocianato, 51 para otros agentes, entre noviembre de 2001 y diciembre de 2004. Durante el estudio todos los trabajadores fueron sometidos a mediciones de FeNO basal, espirometría, prueba de metacolina, y FeNO post-desafío con metacolina. Se retiraron los corticosteroides previo al estudio y se analizaron de forma separada los fumadores y atópicos. Los trabajadores se dividieron en dos grupos según los niveles de óxido nítrico previo a la prueba de provocación con metacolina, óxido nítrico normal y elevado, con un corte de 14,7 ppb para los fumadores y 22,1 ppb para los no fumadores.

En los resultados se mostró que los trabajadores que presentaron HRB después de la prueba de metacolina tuvieron un FeNO estadísticamente mayor en comparación con los no respondedores (p 0,006) y que la respuesta fue mayor en aquellos que tuvieron FeNO elevadas antes del estudio (p 0,011).

Los niveles medios de FeNO fueron similares entre los sujetos atópicos y no atópicos y los fumadores tenían significativamente menos niveles de óxido nítrico (p 0,013) que los no fumadores. Se encontró una correlación significativa entre FeNO y eosinófilos en prueba de esputo y una mayor probabilidad de HRB en FeNO basales elevadas²¹.

A. Pronk y colaboradores 2009 su objetivo era evaluar las asociaciones entre la exposición a isocianato (HDI) y su efecto a nivel respiratorio tales como la HRB y las modificaciones sobre la espirometría basal; y FeNO en un subconjunto de pintores de pulverización.

La población estuvo constituida por trabajadores de 38 empresas de pintura de aerosol con al menos 1 trabajador sensibilizado para isocianato (IgG e IgE específicas elevadas). N: 229 (N: 91 trabajadores directos con pintura en aerosol, 20 trabajadores de oficina, expuestos) y otros N: 118 expuestos pero en otras áreas. Todos sin historia de asma previa y con síntomas respiratorios post-exposición similares a EPOC 26%, asma: 35%, Rinitis 15% y Conjuntivitis: 13%.

Se caracterizó la muestra según sexo, edad, fumadores y presencia de atopia y se retiró la medicación con corticosteroides previo al estudio. En un primer paso se identificaron los trabajadores sensibilizados por el isocianato evaluando la IgE e IgG específicas a HDI, y posteriormente se realizaron pruebas espirométricas, metacolina, y FeNO. La exposición consistió principalmente en oligómeros de HDI inhalados.

Se obtuvo que los trabajadores con mayor exposición a isocianato presentaron HRB 20% (SIC +), mayor alteración espirométrica de tipo obstructiva y aumento de FeNO. A pesar de que FeNO no se asoció directamente con la exposición, sí presentó una asociación fuerte y significativa con los síntomas asmáticos de HRB (SIC +) IC del 95%: 1,7 (1,1 - 2,5). La HRB y FeNO fueron mayores en trabajadores sensibilizados, mayormente para IgG (P 0,02). Los trabajadores menos expuestos (oficina y otros) no presentaron HRB ni elevación en FeNO, no obstante si tuvieron alteraciones espirométricas obstructiva y mayor atopia ($p=0,05$). La edad, el tabaquismo ni la atopia se asociaron a HRB²².

L. Barbinova y colaboradores en 2006 plantearon evaluar el rol de los cambios de FeNO post exposición inducida a isocianato inhalado para predecir respuestas clínicas y subclínicas en trabajadores expuestos. 55 trabajadores con síntomas respiratorios relacionados a isocianatos (N:29 con HRB y N:25 sin HRB) fueron sometidos a pruebas de provocación de tipo ocupacional.

Se determinó el FeNO antes, durante y hasta 22 horas después de la exposición con isocianatos. Encontraron 12 asmáticos respondedores en la prueba de provocación de isocianatos mostrando el mayor cambio en FeNO, así como una asociación significativa

entre estos cambios y la HRB. Hay una asociación positiva entre el aumento del FeNO > 50% y respuesta asmática cuando se compara con no-respondedores OR 6.1; 95% IC 1.4-26.3; ($p=0,02$). Más de la mitad de los empleados con HRB (52%) pero solo el 20% de los que no tienen HRB presentaron aumento > 50% del FeNO.

Se encontró una asociación positiva entre la combinación de HRB y aumento de FeNO > 50% después de 22 horas a la exposición a isocianatos, esta combinación también se asocia con síntomas clínicos durante las pruebas de provocación específicas²³.

Xaver Baur y colaboradores en 2005 diseñaron un estudio cuyo objetivo era investigar la influencia del isocianato en los niveles de FeNO y saber si éste está asociado con sensibilización específica y/o HRB inespecífica. Adicionalmente querían comparar los cambios del FeNO en fumadores y no-fumadores.

Se determinó el FeNO durante pruebas diagnósticas con isocianato en trabajadores con sospecha de asma por isocianatos, encontrando que 14 de N:22 trabajadores sintomáticos mostraron HRB y 5 de éstos 14 desarrollaron respuesta asmática durante exposición con MDI. En comparación con el grupo sin HRB, los sujetos con HRB tenían un FeNO basal más alto y un aumento significativo del FeNO 22 hrs post reto con MDI. También hubo una asociación positiva entre el cambio del FeNO y el incremento en la resistencia de la vía aérea en trabajadores de isocianato con HRB.

El mayor cambio de FeNO fue encontrado en sujetos con IgE que media sensibilización a MDI²¹.

Henning Allmers y colaboradores en el 2000 quisieron determinar si una prueba de provocación usando alérgenos como latex o MDI podía mostrar aumento en FeNO en pacientes sensibilizados. Escogieron N:18 participantes con historia de respuesta alérgica inmediata al latex de los cuales 9 también tenían historia de asma ocupacional al estar expuestos a isocianato.

Realizaron mediciones de óxido nítrico (ON) antes y después de provocación con metacolina; así como después de broncodilatación con salbutamol. Para la prueba de exposición a Isocianatos se midió FeNO antes de comenzar, inmediatamente después de reacción bronquial o después del final de la prueba. Determinaron IgE específica para isocianatos. Espirometría fue realizada en los mismos intervalos que las mediciones de ON; siendo considerada obstrucción bronquial disminución de al menos 20% del FEV1. Fue realizada prueba cutánea con 21 alérgenos y con isocianatos.

Realizaron 19 pruebas de metacolina (14 de alergia al látex y 5 al isocianato); 18 pruebas de provocación al latex y 9 de isocianato. No hubo relación entre obstrucción bronquial post-metacolina y respuesta bronquial después de un alérgeno específico. Independiente a la reacción bronquial, en 16 de 19 sujetos post provocación con metacolina, con inicial aumento de FeNO, hubo una disminución significativa de este biomarcador posterior a broncodilatación con salbutamol. ($p < 001$).

Tres de los 9 participantes en la prueba con isocianatos tuvieron disminución significativa de FEV1 después de la exposición. 2 tuvieron pruebas cutáneas y anticuerpos específicos a isocianatos; y hubo un gran aumento en FeNO 20 hrs después de la exposición. No se pudo determinar relación entre el uso de medicamentos, hábito tabáquico o historia de atopia y/o asma y la respuesta de FeNO después de provocación con metacolina, látex o isocianatos²².

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Nuestro objetivo principal fue revisar si, según la literatura, existe una prueba alternativa que sea útil en la evaluación (de ser posible de forma anticipada) de los daños ocasionados en el aparato respiratorio por la exposición a isocianatos y tomamos la fracción espirada de óxido nítrico (FeNO) como ese biomarcador.

Tal como se viene afirmando en múltiples estudios, la exposición a isocianatos es capaz de inducir HRB y esto se correlaciona con elevación de los niveles de FeNO; en todos nuestros artículos se corroboran estos hallazgos, con excepción de uno en el cual no pudieron establecer una relación estadísticamente significativa, probablemente debido al pequeño tamaño de la muestra¹⁷.

En la mayoría de los artículos se demostró una relación entre HRB y FeNO. En uno de los estudios encontraron que al revertir la HRB con salbutamol FeNO disminuyó de forma significativa²².

Uno de los intereses de medir FeNO en expuestos al isocianato es conocer su capacidad de predecir una hiperreactividad bronquial (HRB) ya sea antes de la ocurrencia de un primer evento en trabajadores expuestos, o como predictor de una exacerbación en los ya diagnosticados de asma ocupacional y como prueba de control durante el manejo terapéutico.

Es conocido que el Óxido Nítrico aumenta en el aire espirado durante las exacerbaciones de HRB pero no existen muchos trabajos publicados que avalen el valor del FeNO como predictor. En nuestra revisión varios artículos concluyeron que a pesar de que FeNO puede ser utilizado para predecir e interpretar las reacciones asmáticas post-exposición a isocianato su capacidad predictiva es baja por lo que aun no se puede generalizar su uso como marcador indirecto para predecir una HRB^{17,19,20}.

En otro estudio se concluyó que el grupo con niveles basales elevados de FeNO tiene mayor reactividad a metacolina y por lo tanto mayor probabilidad de desarrollar HRB en comparación con aquellos con FeNO normal, lo que representa un dato de gran valor para el seguimiento, control de las exacerbaciones y el pronóstico de la enfermedad²¹.

No obstante las similitudes encontradas en las conclusiones de estos estudios, vemos que la evidencia científica es poca y se necesita seguir profundizando en la utilidad del FeNO como predictor, teniendo en cuenta las propiedades que debe reunir como es su sensibilidad al cambio en las condiciones clínicas y su comparación con los demás marcadores.

En la actualidad se utilizan varios marcadores y pruebas para el diagnóstico, control y seguimiento del asma profesional pero ninguno de estos es capaz por si solo de confirmar o excluir el asma con suficiente sensibilidad o especificidad. Las principales pruebas se basan en parámetros de espirometría y en los biomarcadores, siendo los más útiles el test de eosinófilos en esputo y FeNO. Ambos biomarcadores miden distintos niveles del proceso fisiopatológico, haciendo que su utilidad sea considerada como complementaria.

Según un artículo FeNO puede utilizarse sin necesidad de medir los eosinófilos en esputo, siendo este más fácil, rápido y rentable, pese a manejar alta sensibilidad y baja especificidad¹⁹. La prueba de esputo es considerablemente más difícil de practicar para obtener una buena muestra¹⁷.

La mayoría de los estudios revisados^{16,18,20,21,25} evidencian que los valores de FeNO se correlacionan significativamente con la hiperrespuesta bronquial a la metacolina, síntomas clínicos y concentraciones séricas de IgE e IgG específicas a isocianatos y eosinófilos en el esputo.

En otros 2 estudios concluyeron que FeNO fue mayor en trabajadores sensibilizados para IgG HDI (hexametil diisocianato). Aquellos más expuestos al isocianato presentaron mayor respuesta a metacolina y alteración espirométrica de tipo obstructiva, con significancia estadística comparados con trabajadores IgE HDI positiva^{16,20}.

A pesar de las diferencias en el diseño de los estudios revisados, la mayoría consideró la atopia, el tabaco y el uso previo de corticoides como factores de confusión que pueden modificar los niveles de FeNO, sin embargo los resultados obtenidos no fueron concluyentes.

La mayoría de nuestros estudios confirman que hay una relación estadísticamente significativa entre exposición a Isocianatos, HRB y FeNO; a pesar de que la calidad de los diseños metodológicos no es alta.

Con los resultados analizados de estos ocho artículos podemos concluir que en efecto:

1. La evidencia demuestra que la relación entre la exposición a isocianatos, hiperreactividad bronquial y aumento de FeNO es estadísticamente significativa, por lo que FeNO resulta de gran utilidad para la evaluación del asma ocupacional por isocianatos.
2. Además pudimos observar que la existencia de niveles basales elevados de FeNO en trabajadores expuestos y la alta sensibilidad de la prueba podría ser el eslabón adecuado para valorar su capacidad como predictor, pero es necesario que se realicen más estudios enfocados en este aspecto.
3. Los niveles de óxido nítrico espirado mantienen una relación estrecha con la inflamación del sistema respiratorio, prueba de metacolina, espirometría, y eosinófilos en esputo, principalmente en personas IgG positiva a isocianatos.

Los estudios realizados hasta el momento no bastan para ubicar FeNO como marcador de primera línea en el diagnóstico del asma ocupacional por isocianatos, pero es altamente útil ya que se puede realizar de manera fácil, rápida y económica. Es en este punto de la rentabilidad donde podemos diferenciarlo positivamente de otros biomarcadores y pruebas diagnósticas.

Consideramos que deben realizarse nuevos estudios con mejor diseño e inclusión de seguimiento para poder establecer el papel definitivo del FeNO en el asma ocupacional por exposición a isocianatos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Muñoz X, Anguren I, Cruz MJ. Asma ocupacional y asma exacerbada por el trabajo: un reto diagnóstico. *Rev. Med. Res.* 2014; 7 (2): 9-19.
2. Ordogui E, Orta M, Lázcoz JL. Asma laboral.pdf. msssi,ciudadanos.es [sede web]. Madrid © 2000-2017; [consultado 24 de enero de 2017]. Disponible en: https://www.msssi.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/asma_laboral.pdf
3. BOE.es. Documento BOE-A-2006-22169 [Internet]. [consultado 24 de enero de 2017]. Disponible en: http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2006-22169
4. Reactive Airways Dysfunction Syndrome RADS. Agius.com [sede web]. Edinburgh ©2000. Jan from 2017. [cited 2017 Jan 24]. Available from: <http://www.agius.com/hew/resource/rads.htm>
5. Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo. g AQ.pdf. Instituto Nacional de Higiene y el Trabajo [sede Web] Madrid. [consultado 24 de enero de 2017]. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/g_AQ.pdf
6. Directrices para la decisión clínica en enfermedades profesionales (en catálogo) Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) [Internet]. Madrid. [consultado 2 de febrero de 2017]. Disponible en <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnextoid=591ef15ef8de5310VgnVCM1000008130110aRCRD&vgnextchannel=1d19bf04b6a03110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>
7. Disposición 10877 del BOE núm. 149 de 2011 - TMVL0609.pdf [Internet]. [consultado 2 de febrero de 2017]. Disponible en: https://www.sepe.es/contenidos/personas/formacion/certificados_de_profesionalidad/pdf/especialidades/TMVL0609.pdf
8. Giudice C, Pereyra A, Tecnología de pinturas y recubrimiento. [Internet]. Buenos Aires. Universidad Tecnológica Nacional. 2009. 242p. [consultado 25 de enero de 2017]. Disponible en: http://www.edutecne.utn.edu.ar/tecn_pinturas/A-TecPin_I_a_V.pdf
9. CDC - Publicaciones de NIOSH - Prevención de asma y muertes por exposición a diisocianatos (96-111) [Internet]. [consultado 25 de enero de 2017]. Disponible en: https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/96-111_sp/

10. Equipo de protección personal (spanish) [material audiovisual] Boydton. OSHA. [Internet]. [consultado 25 de enero de 2017]. Disponible en: [https://www.rit.edu/~w-outrea/OSHA/documents/SH_Food/Spanish/RIT%20PPE\(spanish\)%20OSHA%20Reviewed.pps](https://www.rit.edu/~w-outrea/OSHA/documents/SH_Food/Spanish/RIT%20PPE(spanish)%20OSHA%20Reviewed.pps)
11. Perpino M, García F, Álvarez F, Cisneros C, Compte L, Entrenas L, et al. Normativa sobre el estudio de la hiperrespuesta bronquial inespecífica en el asma. *Rev. Archbroncomol.* [Revista en Internet]. 2013; octubre. [consultado 24 de junio de 2017]. 49 (10); 413-456. Disponible en: <http://www.archbroncomol.org/es/normativa-sobre-el-estudio-hiperrespuesta/articulo/S030028961300149X/>
12. Diego Damiá, A. de. Óxido nítrico en el asma ¿para qué sirve? *Arch. Bronconeumol.* 2010 Apr 1; 46 (4): 157-9.
13. Manual Neumol 1-196 - fichero110 1.pdf. Ins.es.[sede web]. Madrid. [consultado 25 de enero de 2017]. Disponible en: http://www.ins.es/documents/10307/10505/fichero110_1.pdf
14. Sánchez-Cuéllar S, Bermúdez JA. El uso de los biomarcadores de inflamación en la vía aérea en el manejo del asma. *Rev Patol Respir.* 2012;15(4):129-135
15. Medición del oxido nitrico exhalado (Feno). Comunidad de Madrid. Madrid.org. [sede web] Satellite. [consultado 25 de enero de 2017]. Disponible en: <http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-disposition&blobheadername2=cadena&blobheadervalue1=filename%3DFENO.pdf&blobheadervalue2=language%3Des%26site%3DHospitalGregorioMaranon&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1352898006578&ssbinary=true>
16. Nivel de evidencia que tiene la determinación de la FeNo para control del asma en pacientes en tratamiento con corticoides. murciasalud, bibliotecavirtual. [Internet]. Murcia: murciasalud.es Disponible en: http://www.murciasalud.es/preevit.php?op=mostrar_pregunta&id=20205
17. Quirce S. Diseño de estudios epidemiológicos en poblaciones expuestas a alérgenos inhalados en el medio laboral. En: Reuniones Anuales, Ponencias de la edición de 1998, Primera ponencia [Internet]. [Consultado 2 de febrero de 2017]. Disponible en: <http://www.alergoaragon.org/1998/primera1.html>
18. A guideline developer-s handbook, sign50. [Internet]. 2011. Edinburgh: sing.ac.uk. 2011 [cited 2017 Feb 2]. Available from: http://www.sign.ac.uk/assets/sign50_2011.pdf
19. Bradi-Sadat J, et al. Exhaled nitric oxide in spray painters exposed to isocyanates: effect modification by atopy and smoking. *Pubmed [database Internet]*. Bethesda: national library of medicine; 2014 [cited 2017 Feb 1] Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>
20. Sastre J, Castro C, del García M, Aguado E, Mahillo I, Fernandez-Nieto M. Changes in exhaled nitric oxide after inhalation challenge with occupational agents. *Pubmed [database Internet]*. Bethesda: national library of medicine; 2013 [cited 2017 Feb 1]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>
21. Moore V, Annes W, Jaakkola M, Burge C, Robertson A, Sherwood P. Two variants of occupational asthma separable by exhaled breath nitric oxide level. *Respiratory Medicine [Internet]*. 2010 February [cited 2017 Jan 28]. 104: 873-879. Available from: [http://www.resmedjournal.com/article/S0954-6111\(10\)00014-4/pdf](http://www.resmedjournal.com/article/S0954-6111(10)00014-4/pdf)
22. Pronk A, Preller L, Doekers G, Wouters I, Rooijacjers J, Lammers J-M, et al. Different respiratory phenotypes are associated with isocyanate exposure in spray painters *European Respiratory Journal [Internet]*. 2009. [cited 2017 Feb 1]. 33: 494-501. Available from: <http://erj.ersjournals.com/content/33/3/494.long>
23. Barbinova L, Baur X. Increase in exhaled nitric oxide (eNO) after work-related isocyanate exposure. *Int Arch Occup Environ Health.* 2006 May 1; 79(5):387.
24. Baur X, Barbinova L. Increase of Exhaled Nitric Oxide (eNO) after Methylene Diphenyl Diisocyanate (MDI) Exposure in Isocyanate Workers with Bronchial Hyperresponsiveness. *Allergol Int.* 2005 January; 54(1):151-8.
25. Allmers H, Chen Z, Barbinova L, Marczyński B, Kirschmann V, Baur X. Challenge from methacholine, natural rubber latex, or 4,4-diphenylmethane diisocyanate in workers with suspected sensitization affects exhaled nitric oxide [change in exhaled NO levels after allergen challenges]. *Int Arch Occup Environ Health.* 2000 Apr;73(3):181-6

Efectos a la Salud por Diisocianatos: Orientación para el Personal Médico

TABLA DE CONTENIDO

Prólogo.....	1
Riesgos Potenciales a la Salud.....	2
Efectos Respiratorios.....	2
Inhalación de Vapores y Aerosol.....	2
MDI.....	2
TDI.....	2
Diisocianatos Calentados o Rociados.....	2
Umbral de Olor.....	2
Irritación respiratoria.....	3
Sensibilización Respiratoria.....	3
Diagnóstico.....	3
Alveolitis o Neumonitis por Hipersensibilidad.....	4
Efectos en la Piel.....	4
Irritación Dérmica.....	4
Dermatitis Alérgica por Contacto.....	4
Carcinogenicidad.....	4
Maneras de Abordar los Efectos	
Potenciales a la Salud.....	6
Directrices de exposición.....	6
Prácticas de Higiene Industrial para Minimizar la	
Exposición.....	7
Vigilancia Médica.....	7
Gestión Médica.....	8
Primeros Auxilios Después de una Exposición.....	8
Nota para Orientación de Personal Médico.....	8
Referencias e Información Adicional.....	11

PRÓLOGO

Este documento de orientación está diseñado específicamente para personal médico con el fin de proporcionar información vigente acerca de los efectos potenciales a la salud por exposición a diisocianatos⁽¹⁾, y para proporcionar información para ayudar con el diagnóstico y la gestión médicos. La discusión se enfoca en dos productos basados en diisocianato ampliamente usados: diisocianato de difenilmetano (MDI) y diisocianato de tolueno (TDI) ^{(2) (3) (4)}.

Aunque esta orientación refleja el conocimiento científico y experiencia vigentes de los investigadores médicos, higienistas industriales, fabricantes, y otros expertos con conocimientos, no tiene por intención ser una discusión exhaustiva o detallada de todos los aspectos del tema, sino más bien ofrecer una visión general. El personal médico y otros profesionales de la salud pueden mantenerse informados sobre desarrollos recientes en este campo consultando la literatura científica actual, así como la literatura de seguridad de producto de los fabricantes y proveedores [p.ej., [Hojas de Datos de Seguridad de Materiales (HDS(M))].

(1) Los diisocianatos son compuestos orgánicos conteniendo dos grupos Isocianato (-NCO). Se utilizan principalmente en la manufactura de sistemas de poliuretano para hacer espumas, elastómeros, recubrimientos, adhesivos y otros productos poliméricos.

(2) El TDI es fabricado predominantemente como una mezcla con relación 80:20, de los isómeros 2,4-TDI y 2,6-TDI (CAS# 26471-625).

(3) MDI es la abreviatura común para el diisocianato de difenilmetano monomérico, (CAS# 101-68-8). Las formas "poliméricas" del MDI, que típicamente consisten de 30-70 por ciento de diisocianato de difenilmetano no monomérico, y el balance de fracciones de peso molecular más alto (CAS# 9016-87-9), en ocasiones pueden ser genéricamente llamadas MDI.

(4) Para más información acerca del manejo de TDI y MDI, consulte los siguientes boletines publicados por el Center for the Polyurethanes Industry del American Chemistry Council: *Orientación para Trabajar con MDI y MDI Polimérico - Lo Que Usted debe Saber (AX-215)* y *Orientación para Trabajar con TDI: Lo Que Usted debe Saber (AX-202)*, disponibles en www.polyurethane.org.

RIESGOS POTENCIALES A LA SALUD

EFECTOS RESPIRATORIOS

El efecto predominante a la salud del MDI y del TDI es sobre las vías respiratorias. Se ha mostrado que ambos químicos son tóxicos en el portal de entrada.

INHALACIÓN DE VAPORES Y AEROSOL

MDI:

A temperatura ambiente, el MDI tiene una presión de vapor relativamente baja en comparación a otros químicos orgánicos. La presión de vapor del MDI en gran medida explica las concentraciones aerotransportadas muy bajas a no detectables encontradas durante la mayoría de las aplicaciones. Los estudios muestran que las concentraciones aerotransportadas de MDI solo están asociadas a procesos o aplicaciones que involucran calentamiento [muy arriba de los 100° F (37.7° C)] y/o rociado [aerosolización].

TDI:

La presión de vapor del TDI es más elevada que la del MDI, y a temperatura ambiente típica (es decir, 70° F-21° C) la concentración de vapor en el aire puede exceder el Límite de Exposición Permisible (PEL por sus siglas en inglés) de 20 ppb de la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional de los Estados Unidos (OSHA por sus siglas en inglés). Por lo tanto, se toman medidas de protección, incluyendo el uso de controles de ingeniería (p.ej., ventilación por extracción local), equipo de protección personal apropiado (p.ej., protección respiratoria) u otras prácticas en el lugar de trabajo (p.ej., manipulación y almacenamiento apropiados), etc., siempre que existe una exposición potencial a concentraciones aerotransportadas de TDI (desconocidas).

Diisocianatos Calentados o Rociados:

La exposición a diisocianatos calentados puede ser extremadamente peligrosa, no sólo porque se generan presiones de vapor altas, sino también porque la condensación puede resultar en partículas suspendidas en el aire que pueden lesionar los ojos, piel y vías respiratorias. De manera similar, las nieblas del rociado pueden imponer un peligro significativo a la salud.

Umbral de Olor:

Los valores umbrales de olor reportados para químicos a menudo son expresados en rangos amplios debido a que las pruebas de umbral de “olor” históricamente han carecido de un enfoque consistente.

Las razones para la variación en los umbrales de olor reportados incluyen la pureza química, el modo de presentación del agente de desafío a la persona, la influencia de factores ajenos a como se introduce el olor, y el tipo de observador utilizado (es decir, edad, género, raza).

A continuación se resumen dos estudios sobre el umbral de olor para el MDI y el TDI, respectivamente:

- MDI: No se ha reportado un umbral de olor confiable para el MDI. Sin embargo, el valor reportado de 0.4 ppm (400 ppb) sugiere que si se detecta el MDI a través del olfato, es probable que haya ocurrido una sobre-exposición [Woolrich, 1982].
- TDI: En un estudio [Henschler et al., 1962], el 90% del panel de voluntarios logró reconocer el olor a TDI a 0.05 ppm (50 ppb) TDI. Por lo tanto, si el TDI es detectado por el olfato, es muy probable que haya ocurrido una sobre-exposición.

IRRITACIÓN RESPIRATORIA

La reactividad de los diisocianatos con las vías respiratorias puede causar irritación e inflamación a concentraciones elevadas. Las sustancias causan una disminución en la frecuencia respiratoria en ratones y ratas. La RD₅₀ (50% reducción en frecuencia de respiración) para el MDI es 32 mg/m³ en ratones [Weyel and Schaffer, 1985], y la RD₅₀ para el TDI es 1.4 mg/m³ (0.2ppm) en ratones [Sangha and Alarie, 1979].

SENSIBILIZACIÓN RESPIRATORIA

La sensibilización respiratoria resulta en una hiperreactividad de las vías respiratorias después de la inhalación de un alérgeno. La sensibilización incluye dos fases: la primera fase es la inducción de memoria inmunológica especializada en un individuo cuando esta se halla expuesta a un alérgeno. La segunda fase es la activación, es decir, la producción de una respuesta alérgica por medio de células o anticuerpos a raíz de la exposición de una persona sensibilizada a un alérgeno. Existen diversas sustancias en el lugar de trabajo, incluyendo diisocianatos, que pueden causar sensibilización respiratoria. Uno de los resultados de la sensibilización respiratoria puede ser el asma ocupacional.

El asma ocupacional relacionado con MDI y TDI puede ocurrir por sobre-exposición en el lugar de trabajo. Se ha mostrado que los diisocianatos causan reactividad bronquial en el tracto respiratorio, manifestándose como sibilancias, respiración difícil (sensación de falta de aire), y opresión en el pecho en personas previamente sensibilizadas. Estos síntomas pueden ocurrir de manera inmediata, o 6 a 8 horas después de la exposición. Se han reportado reacciones duales involucrando reacciones tanto inmediatas como demoradas. Estudios de seguimiento han demostrado que si se diagnostica el asma relacionado a diisocianatos de manera temprana, y la persona afectada evita cualquier exposición futura, la recuperación puede ser completa [Tarlo, 1997; Pisati, 2007]. Sin embargo, si continúa la exposición a diisocianatos podría desarrollarse un asma crónico, con función pulmonar reducida. El resultado puede ser una disfunción pulmonar crónica de severidad variada. Por lo tanto, los estudios muestran que el monitoreo médico con un retiro temprano de exposiciones repetidas pueden ayudar a la recuperación del asma relacionado a diisocianatos. Han ocurrido muertes en personas previamente sensibilizadas expuestas a diisocianatos [Carino, 1997; Fabbri, 1988, NIOSH, 1996].

DIAGNÓSTICO

Es importante diagnosticar correctamente el asma ocupacional atribuido a diisocianatos. La base para un diagnóstico de "asma inducido por diisocianato" incluye confirmar el diagnóstico de asma y entonces establecer que la reacción ocurre en relación a la exposición a diisocianatos, y no a otros irritantes en el lugar de trabajo.

Un primer paso hacia un diagnóstico es levantar un cuidadoso historial con relación a lo siguiente:

- 1) historial consistente con asma;
- 2) alivio de los síntomas durante los fines de semana o vacaciones, y recurrencia al regresar al trabajo;
- y
- 3) tendencia de los síntomas a empeorar al final del día de trabajo.

Pueden usarse pruebas específicas de provocación por inhalación con diisocianatos, pero usualmente no están fácilmente disponibles. Este tipo de ensayos de provocación bronquial usa equipo complicado y técnicos experimentados. La confirmación de una constricción de los bronquios demostrando una disminución de la función pulmonar asociada a exposiciones en el lugar de trabajo usualmente es suficiente para confirmar o contradecir el presunto diagnóstico. Los ensayos inmunológicos, incluyendo ensayos IgE e IgG específicos a diisocianatos en el suero de la sangre, no han sido estandarizados y validados, y como consecuencia no han mostrado una especificidad y sensibilidad adecuadas para el diagnóstico [Budnik, 2012].

ALVEOLITIS O NEUMONITIS POR HIPERSENSIBILIDAD

Ocasionalmente, de la exposición a diisocianato puede resultar una alveolitis o una neumonitis por hipersensibilidad. En contraste al asma bronquial, se ha reportado la alveolitis en reportes de casos aislados cuando ha ocurrido una sobre-exposición severa. Los síntomas pueden aparecer 6 a 8 horas después de la exposición, y pueden incluir malestar, dolor en las articulaciones, fiebre, tos, y respiración difícil (sensación de falta de aire). Los rayos-X pueden mostrar “sombras” en los pulmones.

La condición usualmente cede con el retiro de la exposición.

El diagnóstico de la condición requiere de los siguientes criterios: clínicos (síndrome similar a la gripe) con fiebre y falta del aire, radiográficos (infiltrados en los pulmones), fisiológicos (patrón restrictivo en la función pulmonar), e inmunológicos (presencia de anticuerpos IgG específicos) [Baur, 1995]. Otros investigadores no han encontrado en todos los casos los anticuerpos IgG y han concluido que el síndrome clínico en la presencia de concentraciones no irritantes de diisocianatos como un indicador de sensibilidad de la enfermedad [Vandenplas, 1993]. Las señales y síntomas usualmente desaparecen en unos cuantos días después del retiro de la exposición. Sin embargo, si continúa la exposición, pueden desarrollarse fibrosis pulmonar crónica, intercambio de gases disfuncional, respiración difícil, y reducción en la condición física.

EFFECTOS SOBRE LA PIEL

IRRITACIÓN DÉRMICA

El contacto repetido con diisocianatos líquidos puede decolorar la piel o causar señales de irritación tales como enrojecimientos, irritación, inflamación, y/o formación de ampollas. Si los diisocianatos entran accidentalmente en contacto con la piel, lave inmediatamente con jabón y agua. El material curado es difícil de remover; sin embargo, la experiencia práctica ha demostrado que algunas de las mejores maneras para removerlo es con aceite de maíz, jalea de petróleo, o limpiadores industriales para la piel (p.ej, D-TAM™ Safe Solvent: Colorimetric Laboratories, Inc.).

DERMATITIS ALÉRGICA POR CONTACTO

La exposición dérmica a diisocianatos también puede resultar en dermatitis alérgica por contacto (ACD, por sus siglas en inglés). La ACD es un caso raro con MDI y TDI. La ACD es un proceso en dos pasos: la primera fase es la inducción de una memoria inmunológica especializada en una persona cuando ésta se halla expuesta a un alérgeno: La segunda fase es la activación, es decir, la producción de una respuesta alérgica por medio de células o anticuerpos a raíz de la exposición de una persona sensibilizada a un alérgeno. Personas previamente sensibilizadas pueden experimentar una reacción alérgica de la piel con síntomas de enrojecimiento, comezón, inflamación, y sarpullido al contacto dérmico.

La evidencia en estudios con animales sugiere que la exposición dérmica repetida puede también desempeñar un papel en el desarrollo de sensibilización respiratoria. Tanto el TDI como el MDI han inducido respuestas de hipersensibilidad respiratoria cuando han sido aplicados a, o inyectados en la piel de animales, y seguida por una exposición por inhalación. Basado en estos hallazgos, se recomienda fuertemente evitar el contacto de la piel con diisocianatos.

CARCINOGENICIDAD

Para el propósito de comunicación de riesgo bajo el Estándar 29 CFR, Parte 1910.1200, de la OSHA, el TDI es listado como un cancerígeno potencial por el Programa Nacional de Toxicología (NTP, por sus siglas en inglés), y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés). Ambas agencias basaron su evaluación del TDI como un cancerígeno potencial principalmente en un estudio oral en el cual se reportó que dosis elevadas causaron cáncer en animales. Se ha encontrado que este estudio, en el cual se

administraron dosis elevadas de TDI en aceite de maíz a ratas y ratones por alimentación oral forzada, contenía deficiencias que resultaron en la formación de toluen diamina (TDA), un conocido cancerígeno animal. El TDI no causó cáncer ni resultó en la formación de niveles detectables de TDA libre cuando los animales de laboratorio fueron expuestos por inhalación, por mucho la ruta de exposición más probable [Loser, 1983].

Se realizó un estudio para determinar la toxicidad crónica y el potencial cancerígeno del MDI. Ratas macho y hembras fueron expuestas 6 horas/día, 5 días/semana, por 2 años a una atmósfera de aerosoles de MDI polimérico a concentraciones de 0.2 mg/m³, 1.0 mg/m³, o 6.0 mg/m³ [Reuzel et al., 1994]. Se observó una incidencia baja de tumores pulmonares benignos primarios en células tipo II sólo a las concentraciones más elevadas. En un segundo estudio [Hoymann et al., 1995], ratas hembra fueron expuestas 17 horas/día, 5 días/semana, por 2 años a una atmósfera de aerosoles respirables de MDI monomérico a concentraciones de 0.23 mg/m³, 0.70 mg/m³, o 2.03 mg/m³. Se observó un tumor benigno en una sola rata a 2.03 mg/m³.

Diversos estudios *in vitro* usaron solventes que causan una rápida hidrólisis del TDI a su diamina, un mutágeno conocido, y los resultados han sido desechados [Herbold et al., 1998; Seel et al., 1999]. Una evaluación de peso de evidencia de ensayos *in vitro* indica que el TDI no tiene actividad mutagénica. Se han realizado numerosos estudios de mutagenicidad *in vitro* con MDI que no muestran un potencial mutagénico, excepto bajo condiciones usando solventes que causan una rápida hidrólisis del MDI a su diamina, un conocido mutágeno [Herbold et al., 1998; Seel et al., 1999]. Esto puede explicar los hallazgos de mutagenicidad. La mayoría de los estudios usando un solvente diferente no han resultado en mutagenicidad.

Los resultados de estos estudios sugieren que la incidencia y aparición demorada de tumores pulmonares es consistente con un modo de acción no genotóxico, ya que no se detectan los aductos MDI-DNA en órganos con tumores, o a dosis asociadas con proliferación de células. Ya que sólo se observaron tumores pulmonares a una concentración de órdenes de magnitud más altas que las establecidas en las directrices de exposición ocupacional, es improbable que el MDI presente un riesgo significativo de cáncer para los trabajadores.

Varios estudios epidemiológicos fueron incapaces de mostrar una relación significativa entre el empleo en la manufactura de poliuretano y muertes por cáncer:

- Estudio de cohorte de 40 años de manufactura de espuma de poliuretano con TDI en Inglaterra y el País de Gales [Sorahan and Pope, 1993; Sorahan and Nichols, 2002]
- Estudio de cohorte de 37 años de manufactura de espuma de poliuretano con TDI en los EUA [Schnorr et al., 1996]
- Estudio de cohorte de 29 años de manufactura de espuma de poliuretano de TDI y MDI en Suecia [Hagmar et al., 1993a; Hagmar et al., 1993b]
- Estudio de cohorte de 40 años de TDI y MDI. Seguimiento a los estudios de Hagmar et. al en Suecia [Mikoczy et al., 2004]

MANERAS DE ABORDAR LOS EFECTOS POTENCIALES A LA SALUD

DIRECTRICES DE EXPOSICIÓN

La irritación y la sensibilización son los principales riesgos asociados con exposiciones dérmicas y por inhalación a diisocianatos. Varias agencias reguladoras han establecido límites de exposición con respecto a las concentraciones aerotransportadas permisibles de diisocianatos en el ambiente de trabajo. Sin embargo, es importante recordar que mientras estos valores representan el pensamiento más actualizado de los toxicólogos e higienistas industriales, no ofrecen una garantía de seguridad absoluta. Por lo tanto, el personal que trabaja con diisocianatos (incluyendo tanto TDI como MDI) necesita conocer y comprender los peligros asociados a su uso, y cumplir con aquellos procedimientos diseñados para minimizar los peligros involucrados. Ya que las directrices de exposición son revisadas de manera periódica por profesionales de salud ocupacional, y son cambiadas cuando así lo dicta nueva información, los usuarios de diisocianatos necesitan mantenerse informados sobre las directrices y reglamentos más actualizados.

Para minimizar el riesgo de irritación y/o sensibilización, la OSHA ha fijado un Límite de Exposición Permissible (PEL, por sus siglas en inglés) para MDI y TDI como un Límite Tope, que no debe ser excedido en momento alguno durante el día de trabajo. El Límite Tope es equivalente a la Concentración Máxima Permissible (MAC, por sus siglas en inglés) comúnmente usada en ciertos países europeos. En los Estados Unidos, la ley requiere el cumplimiento con los límites de exposición de la OSHA. Adicionalmente a los límites de exposición establecidos por OSHA, La Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH, por sus siglas en inglés), una organización que establece estándares voluntarios, adoptó un Valor Umbral Límite (TLV, por sus siglas en inglés) tanto para el MDI como el TDI como un promedio ponderado en un tiempo de 8 horas (TWA, por sus siglas en inglés). El TWA es una concentración suspendida en el aire para un día de trabajo normal de 8 horas, y una semana de trabajo de 40 horas; y representa las condiciones bajo las cuales casi todos los trabajadores pueden estar expuestos sin efectos adversos a la salud. La ACGIH también adoptó un Límite de Exposición de Corto Plazo de 15 minutos (STEL, por sus siglas en inglés) para el TDI. El STEL se define como una exposición TWA de 15 minutos, que igual que el Límite Tope, no debe ser excedida en momento alguno durante el día de trabajo, aun si el TWA para 8 horas está dentro del TLV. Aspectos a considerar respecto al STEL incluyen: (1) las exposiciones en el STEL no deben repetirse más de cuatro veces por día, y (2) deben pasar mínimo 60 minutos entre exposiciones sucesivas en el STEL (Vea la Tabla 1).

Tabla 1-Límites de Exposición a 2,4-/2,6-Tolueno Diisocianato y 4,4' Metilendifenil Diisocianato

	OSHA PEL- C	ACGIH TLV- TWA	ACGIH TLV- STEL
MDI	0.02 ppm [0.214 mg/m ³] como Límite Techo	0.005 ppm [0.051 mg/m ³] como TWA de 8 horas	-----
TDI	0.02 ppm [0.14 mg/m ³] como Límite Techo	0.05 ppm [0.36 mg/m ³] como TWA de 8 horas	0.02 ppm [0.14 mg/m ³] como TWA de 15 minutos

Algunos artículos en la literatura publicada anteriormente sugieren que aproximadamente un 5% de las personas expuestas a diisocianatos desarrollan asma relacionada con diisocianato [Ott et al., 2003; Adams, 1975]. Ott et al. [2003] manifiesta que a partir de mediados de los 70s, donde se han mantenido concentraciones de TDI de 8 horas abajo de los 5 ppb como TWA, la incidencia anual de asma ocupacional ha sido muy baja, menos de 1%. Los pocos casos de sensibilización ocurrieron cuando las exposiciones a corto plazo superaron las 20 ppb [Ott et al., 2000; Weill et al., 1981]. Adicionalmente, en una revisión de los datos críticos para el Límite de Exposición Ocupacional (OEL, por sus siglas en inglés) del TDI, se declaró

Efectos a la Salud por Diisocianatos: Orientación para el Personal Médico

que "si las concentraciones de exposición a TDI se mantienen debajo de las 10 a 20 ppb, generalmente no se observan casos nuevos de asma por TDI" [AGS, 2006].

Por el contrario, picos de concentraciones aerotransportadas muy por encima de las 20 ppb, y/o contaminación dérmica fuerte parecen desempeñar un papel especial en el proceso de sensibilización. Por lo tanto, el controlar las exposiciones sólo a través del TWA de 8 puede no prevenir exposiciones capaces de producir sensibilización. Adicionalmente a controlar las exposiciones abajo de las directrices del TWA de 8 horas [5 ppb], controle las exposiciones abajo del Límite Tope de la OSHA [20 ppb]. Finalmente, también existe evidencia de estudios con animales sugiriendo que la exposición dérmica repetida puede desempeñar un papel en el desarrollo de sensibilización respiratoria. La provocación de una respuesta respiratoria se manifiesta con exposición subsecuente vía inhalación. Una vez que una persona está sensibilizada a diisocianatos, se ha mostrado que la exposición por inhalación a concentraciones de desafío tan bajas como las de 1 ppb precipita una respuesta asmática [Lemiere et al., 2002].

PRÁCTICAS DE HIGIENE INDUSTRIAL PARA MINIMIZAR LA EXPOSICIÓN

Evitar la exposición a diisocianatos a través de prácticas sólidas de higiene industrial es la medida principal para la prevención de problemas a la salud relacionados con diisocianatos. Los buenos controles de ingeniería, el apego a las prácticas de higiene industrial, y la capacitación de los empleados para seguir los procedimientos de manipulación recomendados por el fabricante para minimizar la exposición a diisocianatos son esenciales para la prevención primaria. Informe a todas las personas que trabajan con estos materiales sobre los peligros potenciales a la salud y seguridad planteados por diisocianatos, y los procedimientos diseñados para minimizar estos peligros. Capacite adecuadamente a todo el personal, y equípelos para responder apropiadamente en una emergencia, para limpiar derrames y fugas en forma segura, y para protegerse a sí mismos del contacto directo con líquido de diisocianato, o de la exposición a niveles excesivos de vapores y aerosoles de diisocianatos. La experiencia general con diisocianatos ha demostrado que las personas saludables no se verán afectadas por concentraciones de vapores de diisocianato que no exceden 0.02 ppm [Henschler et al., 1962]. Así, se monitorean cuidadosamente las concentraciones de vapores suspendidas en el aire, y se incluyen procedimientos y equipo para muestreo y técnicas analíticas apropiadas [5]. El personal también debe ser capacitado adecuadamente en la administración de primeros auxilios. Y finalmente, el personal debe leer y entender las Hojas de Datos de Seguridad (de Materiales) (HDS), Fichas de Datos Técnicos (FDT), y documentos similares vigentes antes de trabajar con diisocianatos.

[5] Los TWAs de 8 horas pueden ocultar "picos de exposición" excesivos, que potencialmente pueden inducir sensibilización cuando estos picos exceden las 0.02 ppm. Por ello, un número de agencias reguladoras han establecido Límites Tope o Concentraciones Máximas Permisibles (MAC), que no deben ser excedidas en momento alguno durante el día de trabajo.

VIGILANCIA MÉDICA

La detección temprana de efectos a la salud a través de la vigilancia médica es considerada como prevención secundaria, pero muy importante ya que el retiro de la exposición conlleva el mejor diagnóstico para el asma relacionado a los diisocianatos. La vigilancia médica consiste de exámenes de vigilancia médica previos a la colocación, y periódicos. El examen médico incluye un historial de la salud respiratoria, una evaluación clínica, y una prueba de función pulmonar de línea base. Contacte al fabricante para información adicional.

Se recomienda la evaluación médica individual cuidadosa por un médico con conocimientos sobre diisocianatos antes de la colocación, durante las evaluaciones periódicas, y para cualesquiera síntomas nuevos o de empeoramiento para trabajadores con un historial de asma pre-existente, que se define como una exacerbación del asma pre-existente por el trabajo; u otra enfermedad respiratoria que pudiera interferir con la manipulación segura de diisocianatos. La evaluación individual toma en cuenta el monitoreo de exposición en el lugar de trabajo, así como el diagnóstico médico pasado y actual del

Efectos a la Salud por Diisocianatos: Orientación para el Personal Médico

trabajador. No se ha demostrado que la atopía (diátesis alérgica) sea un factor de riesgo para el desarrollo de asma inducido por diisocianato [Redlich et al., 2002]. Sin embargo, estas personas pueden responder a niveles más bajos de una variedad de estímulos, dependiendo de la severidad de la hipersensibilidad bronquial [Bauret al., 1982; Baur, 1985; Behr et al., 1990].

De igual manera, no se ha demostrado que las personas con atopía o una tendencia alérgica heredada (incluyendo alergias de la piel, o de las vías respiratorias superiores, que se manifiestan como fiebre de heno, sinusitis, pruebas positivas de la piel a alérgenos comunes, etc.), o con un historial de asma infantil tengan un mayor riesgo para el desarrollo de un asma relacionada al diisocianato [Vandenplas et al., 1993]. Sin embargo, debido a la dificultad para hacer un diagnóstico temprano con una condición pre-existente similar, el médico podría recomendar el restringir a personas con hipersensibilidad bronquial no específica sintomática (es decir, opresión en el pecho, sibilancias, respiración difícil (sensación de falta de aire), o asma sintomático, de trabajar con diisocianatos. Las personas con síntomas sugiriendo cualquier tipo de hipersensibilidad bronquial deben consultar a un médico para un diagnóstico exacto y asesoramiento. Y finalmente, debe restringirse a personas con sensibilización bronquial específica a diisocianato de cualquier contacto con, o exposición a diisocianatos en el lugar de trabajo.

GESTIÓN MÉDICA

PRIMEROS AUXILIOS DESPUÉS DE UNA SOBREEXPOSICIÓN

Retire a las personas afectadas por una sobre-exposición a diisocianatos del origen de la exposición. Retire la ropa contaminada y colóquela en una bolsa de plástico para su descontaminación o destrucción posterior. Aplique inmediatamente primeros auxilios.

- Para respiración difícil: Obtenga atención médica inmediatamente, pero informe a la persona afectada y al personal médico que la aparición de los síntomas puede ocurrir varias horas después de la exposición.
- Contaminación de los Ojos: Enjuague los ojos usando una estación lava ojos, varias botellas de solución lava ojos estéril, o copiosas cantidades de agua de la llave. Retire los lentes de contacto si se pueden retirar fácilmente, y continúe la irrigación de los ojos por hasta 15 minutos. Obtenga atención médica.
- Contaminación de la Piel: Lave inmediatamente con agua y jabón. El material curado es difícil de retirar; sin embargo, la experiencia práctica ha demostrado que algunas de las mejores maneras para removerlo es con aceite de maíz, jalea de petróleo, o limpiadores de la piel industriales (p.ej., D-TAMTM Safe Solvent: Colorimetric Laboratories, Inc.).
- Ingestión: No induzca el vómito. Lave bien la boca con agua. Obtenga atención médica.

NOTA PARA ORIENTACIÓN DEL PERSONAL MÉDICO

Los diisocianatos son irritantes respiratorios y de la piel, y sensibilizadores potenciales. No existe un antídoto específico. El tratamiento debe ser esencialmente sintomático para irritación de la piel y las membranas mucosas, y/o espasmo bronquial. El MDI y el TDI tienen una toxicidad oral muy baja. Se requiere de seguimiento posterior al incidente. Para información más específica consulte la HDS(M) relevante.

REFERENCIAS E INFORMACIÓN ADICIONAL

Adams, W.G., 1975. Long-term effects on the health of men engaged in the manufacture of tolylene di-isocyanate.

Brit .J Ind Med, 32, 72-78.

AGS, 2006. Begründung zu 4-Methyl-m-phenylendiisocyanat in TRGS 900. Ausschuss für Gefahrstoffe, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin [BAuA], Dortmund, Germany.

<http://www.baua.de/nn_5846/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/pdf/900/900-4-methyl-m-phenylendiisocyanat.pdf > [Accessed August 2011].

Baur, X. 1995. Hypersensitivity Pneumonitis [Extrinsic Allergic Alveolitis] Induced by Isocyanates.

.J Allergy Clin Immuno!., 95, 1004-1010.

Baur, X., Albrecht, J., Huber, R.M., Kessel, R., König, G., Rommelt, H., Fruhman, G.

1982. Wirkung von Toluylene- Diisocyanat [$<0,02$ ppm] auf das unspezifisch hyperreagible Bronchialsystem. Proc. 22nd Annual Meeting of the German Society of Industrial Health, pp 597-600.

Baur, X. Isocyanate hypersensitivity. Ill Report 10349. Manchester, U.K.,

Internationallsocyanate Institute, Inc. September, 1985.

Behr, J., Baur, X., Rommelt, H., Fruhmann, G. 1990. Diagnose des irritativ-toxischen Isozyanat-

Asthas mittels Isozyanat-Expositionstest. *Pneumologie*, M, 229-231.

Budnik, L.T., Preisser, A.M., Permentier, H., Baur, X., 2012. Is Specific IgE antibody analysis feasible

for the diagnosis of methylenediphenyl diisocyanate-induced occupational asthma? *Int Arch Occup Environ Health*, [Epub ahead of print].

Carino, M., Aliani, M., Licitra, C., Sarno, N. & Ioli, F. 1997. Death due to asthma at workplace in a

diphenylmethane diisocyanate-sensitized subject. *Respiration*, 64, 111-113.

Center for the Polyurethanes Industry, 2012. Guidance for Working with MDI and Polymeric MDI: Things You Should Know [AX205].

Center for the Polyurethanes Industry, 2012. Guidance for Working with TDI: Things You Should Know [AX202].

Fabbri, L.M. et al. 1988. Fatal asthma in a subject sensitized to toluene diisocyanate. *Am Rev Respir Dis*, 137, 1494-1498. Gilbert International Limited, Bridgewater House, Whitworth Street, Manchester M1 6LT, UK; Odor Thresholds for MDI and TDI [M.A. Collins]; January 2001, GIL Report #2001/A.

Hagmar, L., Stroemberg, U., Welinder, H., & Mikoczy, Z. 1993b. Incidence of cancer and exposure to toluene diisocyanate and methylene diphenyldiisocyanate: a cohort based case-referent study in the polyurethane foam manufacturing industry. *Br. .J. Ind Med*. 50, 1003-7.

Hagmar, L., Welinder, H. and Mikoczy, Z. 1993a. Cancer incidence and mortality in the Swedish polyurethane foam manufacturing industry. *Brit..J. Indus. Med*, 50, 537-543.

Efectos a la Salud por Diisocianatos: Orientación para el Personal Médico

Henschler, D., Assman, W., Meyer, K.O. 1962. The toxicology of the toluene diisocyanates. *Arch Toxiko!*, 19,364-87. Herbold, B. et al. 1998. Studies on the effect of the solvents dimethylsulfoxide and ethyleneglycol dimethylether on the mutagenicity of four types of diisocyanates in the Salmonella/microsome test. *Mutation Research*, 412, 167-175.

Hoymann, H.G., Buschmann, J., and Heinrich, U. 1995. Untersuchungen zur chronischen Toxizität/Karzinogenität von 4,4'-Methylen-bis(phenylisocyanat) [MDI] Forschungsbericht 116 06 084, Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Aerosolforschung [Fh-ITA). Hannover, Germany.

Lemiere, C., Romeo, P., Chaboillez, S., Tremblay, C., and Malo, J-L. 2002. Airway inflammation and functional changes after exposure to different concentrations of isocyanates. *J Allergy Clin Immunol.*, 110, 641-646.

Loser, E. 1983. Long-term toxicity and carcinogenicity studies with 2, 4/2, 6-toluene-diisocyanate [80/20] in rats and mice. *Toxicolog Lett*, 15, 71-81.

Material Safety Data Sheets [MSDS] [OSHA Form 20 or equivalent). Technical Data Sheets [TDS). etc., for Diphenylmethane Diisocyanate [MDI]. Toluenediamine [TDA]. Toluene Diisocyanate [TOLL. etc. [Available from chemical suppliers.)

Mikoczy, Z., Welinder, H., Tinnerberg, H., and Hagmar, L. 2004. Cancer incidence and mortality of isocyanate exposed workers from the Swedish polyurethane foam industry: updated findings 1959-1998. *J. Occup. Environ. Med*, 61, 432-437.

National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH). 1996. Preventing asthma and death from diisocyanate exposure: NIOSH Alert. Publication No. 96-111.

Ott, M.G., Diller, W.F., and Jolly, A.T. 2003. Respiratory Effects of Toluene Diisocyanate in the Workplace: A Discussion of Exposure-Response Relationships. *Critical Reviews in Toxicology*, 33 [1]. 1 -59.

Ott, M.G., Klees, J.E., Poche, S.L. 2000. Respiratory health surveillance in a toluene di-isocyanate production unit, 1967-97- Clinical observations and lung function analyses. *Occup Environ Med*, 57,43-52.

Pisati, G., Baruffini, A., Bernabeo, F., Cerri, S., Mangili, A. 2007. Re-challenging subjects with occupational asthma due to toluene diisocyanate [TOLL. after long-term removal from exposure. *Int Arch Occup Environ Health*, 80, 298-305.

Redlich, C.A., Karol, M.H. 2002. Diisocyanate asthma: Clinical aspects and immunopathogenesis. *Int Immunopharmacol*, 2, 213-224.

Reuzel, P.G., Art, J.H, Lomax, L.G., Kuypers, M.H., Kuper, C.F., Gembardt, C., Feron, V.J., and Loser, E. 1994. Chronic inhalation toxicity and carcinogenicity study of respirable polymeric methylene diphenyldiisocyanate [polymeric MDI] aerosol in rats. *Fund Appl. Toxicol*, 22, 195-210.

Sangha, G.K. and Alarie, Y. 1979. Sensory irritation by toluene diisocyanate in single and repeated exposures. *Toxicol Appl Pharm*, 50, 533-547.

Efectos a la Salud por Diisocyanatos: Orientación para el Personal Médico

- Schnorr et al. 1996. Mortality of workers exposed to toluene diisocyanate in the polyurethane foam industry. *Dec. Environ. Med*, 53, 70-707.
- Seel, K. et al. 1999. Chemical behaviour of seven diisocyanates [toluenediisocyanates and diphenylmethane diisocyanates] under in vitro conditions in relationship to their results in the Salmonella/microsome test. *Mutation Research*, 438, 109-123.
- Sorahan, T. and L. Nichols. 2002. Mortality and cancer morbidity of production workers the UK flexible polyurethane foam industry: updated findings, 1958-98. *Dec. Environ. Med.*, 59, 751-758.
- Sorahan, T. and D. Pope. 1993. Mortality and cancer morbidity of production workers in the United Kingdom flexible polyurethane foam industry. *Brit..J. Indus. Med.*, 50, 528-536.
- Tarlo, S.M., Liss, G.M., Dias, C., and Banks, D.E., 1997. Assessment of the Relationship Between Isocyanate Exposure Levels and Occupational Asthma. *Am .J Ind Med.*, 32, 517-521.
- Vandenplas et al. 1993. Occupational asthma and extrinsic alveolitis due to isocyanates: current status and perspectives. *Brit...J. Indus. Med.*, 50, 213-228.
- Vandenplas, O., Levesque, J., Cartier, A., Grammer, L.C., and Malo, J.L. 1993. Hypersensitivity pneumonitis-like reaction among workers exposed to diphenylmethane diisocyanate [MDI]. *Am RevRespirDis.*, 174,338-46.
- Weill, H., Butcher, B. Dharmarajan, V., Glindmeyer, H., Jones, R., Carr, J. O'Neill, C., Salvaggio, J. 1981. Respiratory and immunologic evaluation of isocyanate exposure in a new manufacturing plant. U.S. Department of Health and Human Services, U.S. Government Printing Office, NIOSH Publication No. 81-125, Washington, D.C.
- Weyel, D.A. and Schaffer, R.B. 1985. Pulmonary and sensory irritation of diphenylmethane-4,4'- and dicyclohexyl 4,4'-diisocyanate. *Toxico!. App!. Pharm.*, 77, 427-433.
- Woolrich, P.F. 1982. Toxicology, industrial hygiene and medical control of TDI, MDI and PMPPi. *Amer Ind Hyg Assoc..!*, 43, 89-97.

NOTIFICACIÓN LEGAL

Este documento de orientación fue preparado por el Centro para la Industria de los Poliuretanos del American Chemistry Council. No tiene por intención servir como sustituto para una capacitación a fondo u otros requisitos, ni está diseñado o tiene por intención definir o crear derechos u obligaciones legales. No tiene por intención ser un manual de "cómo", ni ser una guía prescriptiva. Todas las personas involucradas en el diagnóstico y gestión médicos tienen una obligación independiente de verificar que sus acciones están en cumplimiento con las leyes y reglamentos del país, federales, estatales y locales, y deben consultar con asesoría legal referente a estos asuntos. La orientación es necesariamente general en su naturaleza y las empresas individuales pueden variar su forma de abordarla con respecto a prácticas particulares basadas en circunstancias específicas fácticas, la funcionalidad y efectividad de acciones particulares, y la factibilidad económica y tecnológica. Cualquier mención de productos específicos en este documento es sólo para propósitos ilustrativos y no tiene por intención ser una recomendación ni respaldo del ACC a dichos productos. Elementos en este documento pueden ser de marca registrada, que puede ser o no ser anotado en este documento. Ni el ACC, ni las empresas individuales miembros del Centro para la Industria de los Poliuretanos del ACC, ni cualquiera de sus respectivos directores, oficiales, empleados, subcontratistas, consultores, u otros asignados, ofrecen garantía o representación alguna, ya sea expresa o implícita, con respecto a la exactitud o lo complete de la información contenida en esta Guía, ni el ACC ni sus empresas miembro asumen cualquier obligación legal o responsabilidad alguna por cualquier uso o mal uso, o los resultados de dicho uso o mal uso, o cualquier información, procedimiento, conclusión, opinión, producto, o proceso publicado en estas Directrices.

NO SE OFRECEN GARANTÍAS; TODAS LAS GARANTÍAS IMPLÍCITAS DE COMERCIALIZACIÓN O IDONEIDAD PARA UN PROPÓSITO PARTICULAR ESTÁN EXPRESAMENTE EXCLUIDAS

Este trabajo es protegido por derechos de autor. A los usuarios se les otorga una licencia no exclusiva, libre de regalías, para reproducir y distribuir estas Directrices, sujeto a las siguientes limitaciones: (1) el trabajo debe reproducirse en su totalidad, sin alteraciones; y (2) no pueden venderse copias del trabajo.

Para más información sobre el material presentado en este documento de orientación por favor contacte a su proveedor
Copyright© Abril 2013, American Chemistry Council.

Guía para la Selección de Ropa de Protección para Usuarios de TDI

AX-179 • MARZO 2015

Tabla de Contenido

Propósito.....	1
Información de Salud y Seguridad.....	2
Protección de los Ojos y Protección Respiratoria.....	2
Seleccionando Ropa de Protección.....	3
Enfoque de Investigación.....	4
Discusión de Tablas.....	4
Información Adicional.....	7
Notificación Legal.....	7

Propósito

El propósito de este documento es el de proporcionar guías útiles para la selección del equipo de protección personal (EPP) apropiando para trabajar con Diisocianato de Tolueno (TDI)^[1], y analizar las características de desempeño de guantes, overoles, trajes contra salpicaduras, y otras vestimentas de protección comúnmente usadas cuando se trabaja con TDI. El TDI es un líquido incoloro a amarillo pálido a temperatura ambiente, con un olor fuerte, picante.



Center for the
Polyurethanes Industry

[1] Para detalles, vea el Documento de Orientación del CPI AX202, Trabajando con TDI: Qué Debes Saber, disponible en www.poyurethane.org.

Información de Seguridad y Salud

Durante la manipulación, procesamiento, y aplicación del TDI, el contacto con vapor, líquido o niebla puede causar efectos adversos a la salud en la piel, ojos, y sistema respiratorio. La inhalación de vapores o nieblas de TDI a concentraciones arriba del límite de exposición ocupacional (p.ej., ACGIH-TLV u OSHA-PEL, por sus siglas en inglés) puede irritar el sistema respiratorio (nariz, garganta, pulmones) causando escurrimiento en la nariz, garganta irritada, tos, molestias en el pecho, dificultad para respirar, o función pulmonar reducida. Personas con una condición pre-existente, hiper-reactividad bronquial no específica, pueden responder a concentraciones en el aire inferiores a las del valor umbral límite (TLV por sus siglas en inglés), o límite de exposición permisible (PEL por sus siglas en inglés), con síntomas similares; así como un ataque de asma, o síntomas similares al asma. Como resultado de sobre-exposiciones previas repetidas (arriba del TLV o PEL), o una sola dosis grande, ciertas personas pueden desarrollar una sensibilización a diisocianatos (asma o síntomas tipo asma), que pueden causarles una reacción a una exposición a diisocianatos posterior, aún a niveles muy por debajo del TLV o PEL.

El contacto directo de TDI con la piel puede causar irritación con síntomas de enrojecimiento, comezón, e inflamación. Personas previamente sensibilizadas pueden experimentar una reacción alérgica en la piel con síntomas de enrojecimiento, comezón, inflamación y sarpullido. El contacto prolongado puede causar enrojecimiento, inflamación, sarpullido, y en algunos casos, sensibilización de la piel. Pruebas en animales y otras investigaciones indican que el contacto de la piel con TDI puede jugar un papel en causar sensibilización a isocianatos y reacción respiratoria.

Los controles de ingeniería (p.ej., ventilación por extracción local), y las sólidas prácticas en el lugar de trabajo pueden ser la primera línea de defensa contra la exposición potencial a TDI, y OSHA ha establecido directrices para ayudar a las personas a evitar la sobre-exposición y efectos adversos a la salud¹. Es importante que los empleados usen el EPP recomendado para sus funciones de trabajo específicas para prevenir el contacto directo de la piel/ojos con TDI líquido, o la inhalación de vapores/niebla.

Protección de los Ojos y Protección Respiratoria

Además de los guantes y vestimenta discutidos más adelante en este boletín, las personas trabajando con productos de TDI necesitan considerar el uso de la protección apropiada de los ojos, la cara, y respiratoria.

Protección de los Ojos

En situaciones donde exista potencial de salpicaduras (p.ej., cuando se está manipulando directamente producto líquido), los trabajadores deberán usar goggles y, dependiendo de la magnitud del contacto potencial, una careta. Estas situaciones pueden incluir ruptura de líneas (desconexión de manguera de transferencia), transferencia de material usando una bomba para tambor, etc.

El TDI puede irritar los ojos y puede ser difícil de remover, por ello la prevención es muy importante.

Protección Respiratoria

A temperatura ambiente normal [es decir., 70° F, (21° C)], las concentraciones de TDI en el aire rápidamente pueden exceder el TLV o el PEL. Por lo tanto, use protección respiratoria en situaciones de trabajo con ventilación inadecuada. El tipo de protección respiratoria seleccionada debe cumplir

Guía para la Selección de Ropa de Protección para Usuarios de TDI

con los requisitos establecidos en el Estándar de Protección Respiratoria de la OSHA (29 CFR 1910.134). El uso de respiradores purificadores (cartucho) de aire (RPA) es aceptable en ciertas situaciones como parte de un programa de protección respiratoria completo². Puede usarse un cartucho para vapores orgánicos (OV por sus siglas en inglés) con el RPA donde se pueda documentar la concentración de TDI en el aire, si se ha verificado que la capacidad del adsorbente prevendrá la penetración, y no se exceda el factor de protección. La OSHA requiere que un plan de reemplazo de cartuchos sea parte del programa de protección respiratoria. Cuando sea probable que las concentraciones de TDI rebasen, o efectivamente rebasen la protección ofrecida por un respirador de cartucho (p.ej., situaciones de emergencia, o actividades identificadas con un potencial de exposición elevada), bajo el estándar OSHA se requiere un respirador con suministro de aire (RSA).

Seleccionando la Ropa de Protección

Comprenda y observe las prácticas para el manejo seguro de TDI y otros químicos que presentan peligros potenciales a la salud. Esto puede incluir el usar protección para los ojos, protección respiratoria, guantes, botas, y overoles o mandiles de laboratorio. Para personas que trabajan con TDI, la ropa de protección apropiada es esencial para la prevención de la exposición de la piel. Cuando seleccione la ropa de protección considere los siguientes factores:

- **Resistencia química del Guante o Vestimenta:** Para ser efectiva, la ropa de protección debe resistir la permeación por el químico o químicos que se están manipulando. A menudo se prefiere el uso de guantes y ropa desechable, porque puede ser difícil la descontaminación de artículos reutilizables.
- **Funciones Específicas de Trabajo:** La naturaleza del trabajo que se está desempeñando influirá de manera importante en la selección y características de la ropa de protección. Por ejemplo, el analizar muestras de espuma en un laboratorio puede requerir el uso de guantes para servicio ligero (< 10 mils de espesor) que son flexibles y mantienen la destreza manual; por el otro lado, un proyecto de mantenimiento, tal como la reparación de la línea de una bomba, puede requerir guantes más gruesos que son resistentes y durables.
- Cuando los requisitos de destreza manual de algunos trabajos requieren el uso de guantes delgados, ajustados que ofrecen tiempos de protección limitados, *cambie los guantes con suficiente frecuencia*.
- **Potencial de Exposición:** El grado de exposición para funciones de trabajo individuales dicta el grado de protección personal requerida, y la ropa apropiada para el trabajo. Por ejemplo, el trabajo realizado en el ambiente de un laboratorio donde el potencial para exposición a la piel y ojos es limitado, puede requerir guantes, protección para los ojos, y un mandil o bata para laboratorio. Por el otro lado, un proyecto que presente un mayor peligro de exposición aguda a la piel y ojos, tal como el cargar y descargar carros tanque, puede requerir de overoles con capucha, botas, y guantes más sustanciales para asegurar una protección adecuada.
- **Duración del Tiempo de Exposición:** El periodo de tiempo que una persona está trabajando con, o manipulando TDI influye en el tipo de ropa de protección seleccionada. Cuando se trabaja con TDI por periodos de tiempo extensos, es apropiada la ropa de protección que ofrece el máximo nivel de resistencia química.

² Para más detalles sobre el uso de respiradores purificadores de aire bajo el estándar de la OSHA, por favor consulte el Documento de Orientación AX 246, CPI Programa Modelo de Protección Respiratoria para el Cumplimiento con el Estándar de Protección Respiratoria de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional 29 CFR §1910.134, disponible en www.polyurethane.org.

Guía para la Selección de Ropa de Protección para Usuarios de TDI

Adicionalmente a estos factores, los hábitos de trabajo individuales, las prácticas de higiene industrial, y los procedimientos y controles pre-existentes en el lugar de trabajo influirán las decisiones hechas cuando se esté seleccionando la ropa de protección.

Enfoque de Investigación

El Instituto Internacional del Isocianato (III) patrocinó un estudio en el cual el Texas Research Institute evaluó materiales de más de 50 piezas de ropa de protección contra químicos - 35 guantes de 10 materiales diferentes, y 17 trajes de 14 materiales diferentes - para determinar el grado de resistencia a la permeación ofrecida por cada vestimenta.

La investigación del III midió el tiempo que tardó el TDI en penetrar el material de la ropa de protección bajo condiciones de contacto continuo y cubriendo completamente la superficie con TDI. Sin embargo, esta investigación no abordó el cómo los solventes afectan la protección del guante o la vestimenta para los usuarios de TDI.

Discusión de las Tablas

Las tablas están organizadas por tipo de guante o vestimenta y, dentro de cada categoría, están organizadas en orden descendente de acuerdo con el tiempo de protección indicado³. La investigación incluyó la marca registrada, el fabricante, el espesor, y la durabilidad de cada artículo.

³ Los tiempos de protección se refieren sólo al tiempo requerido por el TDI para penetrar la prenda, y no abordan la permeación por solventes o combinaciones de TDI con solvente.

Guía para la Selección de Ropa de Protección para Usuarios de TDI

Tabla 1 – Guantes de Protección para Diisocianato de Tolueno (TDI) por tipo (servicio ligero, medio, pesado); dentro del tipo por tiempo de protección

Tipo de Guante	Material	Fabricante	Marca Registrada	# Modelo	Espesor (mils)	Durabilidad*	Destreza	Tiempo de Protección al TDI (horas)
Servicio Pesado	Neopreno	Ansell Edmont	Neox	9-924	72.0	Alta	Baja	6.0
Servicio Pesado	Neopreno	Ansell Edmont	Scorpio	8-352	38.5	Media	Media	4.7
Servicio Pesado	PVC	Jomac	---	8122	57.0	Alta	Baja	1.5
Servicio Pesado	PVC	Best	Black Night	7712R	51.0	Alta	Baja	1.5
Servicio Pesado	PVC	Jomac	---	7112	39.0	Alta	Baja	1.3
Servicio Pesado	Nitrilo	Best	Ultraflex	21R	42.0	Alta	Media	0.75
Servicio medio	Butilo	North	---	B-161	7.5	Media	Media	>8.0
Servicio medio	PE/Eval Laminado	North	Silver Shield	(7094)	4.0	Baja	Alta	>8.0
Servicio medio	Nitrilo	Perfect Fit	Stansolve	AF-18	18.5	Media	Media	>8.0
Servicio medio	Butilo	North	---	B-131	11.5	Baja	Alta	>8.0
Servicio medio	PE/Eval Laminado	Safety 4 (Ansell Edmont)	4H	(87400)	2.0	Baja	Media	>8.0
Servicio medio	Nitrilo	Ansell Edmont	Solvex	37-155	12.5	Media	Media	>8.0
Servicio medio	Hule Natural	Ansell Edmont	Canners & Handlers	392	20.0	Media	Media	0.5
Servicio medio	Hule Natural	Marigold	---	326Y	18.0	Baja	Alta	0.33
Servicio medio	Hule Natural	Perfect Fit	---	L118	11.0			<0.25
Servicio ligero	Nitrilo	Best	N-Dex	7005	4.0	Baja	Alta	0.5
Servicio ligero	Hule natural	Best	Dermathin	1005	7.0	Baja	Alta	<0.25
Servicio ligero	PVC	Perfect Fit	Pylox	212 (V-10)	9.0	Baja	Alta	<0.25
Servicio ligero	Hule Natural	Johnson & Johnson	Microtouch	(1)	5.0	Baja	Alta	<0.25
Servicio ligero	Nitrilo	Best	N-Dex	9005	6.0	Baja	Alta	<0.25
Servicio ligero	Poliuretano	Ansell Edmont	Poly-D	35-112	1.5	Baja	Alta	<0.25

*Basado en evaluación subjetiva - información proporcionada sólo como guía

Guía para la Selección de Ropa de Protección para Usuarios de TDI

Tabla 2 – Ropa de Protección para el Cuerpo para Diisocianato de Tolueno (TDI) por tipo de vestimenta; dentro de su tipo, por tiempo de protección

Tipo de Ropa	Material	Fabricante	Marca Registrada	# Modelo	Espesor (mils)	Durabilidad*	Tiempo de Protección al TDI (horas)
Overol (Desechable)	Laminado	Kappler	Chemrel	---	9.0	Alta	>8.0
Overol (Desechable)	Laminado	Kappler	CPFII	---	15.0	Alta	>8.0
Overol (Desechable)	No tejido	DuPont	Tychem SL	---	7.0	Media	>8.0
Overol (Desechable)	Laminado	Kappler	Chemtuff	---	10.0	Alta	>8.0
Overol (Desechable)	Laminado	DuPont	Barricade	---	14.0	Alta	>8.0
Overol (Desechable)	No tejido	DuPont	Tychem QC	---	6.0	Baja	0.25
Overol (Desechable)	No tejido	Kimberly Clark	Hazard Guard I	---	20.0	Baja	<0.25
Overol (Desechable)	No tejido	Kimberly Clark	Hazard Guard li	---	13.0	Baja	<0.25
Overol (Desechable)	No tejido	Du Pont	Tyvek	---	5.0	Baja	<0.25
Traje contra salpicadura (nivel B)	Laminado	Kappler	Responder	---	14.0	Alta	>8.0
Traje contra salpicadura (nivel B)	Neopreno	Rainfair	Chem Tech II	1000-8552	7.0	Alta	1.33
Traje contra salpicadura (nivel B)	PVC	River City	Wizard	300J	11.0	Alta	<0.25
Traje contra salpicadura (nivel B)	Poliuretano	Rainfair	Medallion	1100-1937	8.0	Baja	<0.25
Traje contra salpicadura (nivel B)	PVC	Neese Rubber Co.	Universal	35	10.0	Alta	<0.25

*Basado en evaluación subjetiva - información proporcionada sólo como guía

Los tiempos de protección para TDI presentados en las tablas son los tiempos requeridos para que el TDI penetre el guante de protección química o el material de la vestimenta, y son los tiempos de uso máximos sugeridos. Cambie los guantes y las vestimentas con suficiente frecuencia para evitar exceder los tiempos de protección listados. Por ejemplo, si un trabajo requiere el uso de guantes delgados, flexibles, con un tiempo de protección de 30 minutos, entonces el usuario deberá cambiar los guantes antes de los 30 minutos después del contacto inicial con TDI.

Se espera que algunos solventes, como el cloruro de metileno, penetren rápidamente (<0.25 hora) las prendas de protección listadas en las tablas. Si los solventes penetran las prendas de protección, el TDI puede ser arrastrado a través del material junto con el solvente. Por lo tanto es importante evaluar no sólo el grado al cual las prendas de protección previenen la permeación del TDI, sino también el grado al cual previenen la permeación de los solventes usados.

Aunque se hicieron pruebas con un gran número de guantes y vestimenta de protección, este boletín técnico de III no tiene por intención ser una revisión amplia de cada pieza de ropa de protección actualmente disponible. Otros guantes y vestimentas no incluidas en este estudio podrían proporcionar protección equivalente.

Guía para la Selección de Ropa de Protección para Usuarios de TDI

Cuando estén trabajando con TDI, los usuarios pueden consultar a sus proveedores de ropa de protección y fabricantes de TDI para mantenerse informados sobre nuevos desarrollos de ropa de protección.

Información Adicional

Para información adicional sobre ropa de protección, manipulación segura, y disposición para TDI, consulte las siguientes fuentes:

Guidelines for the Selection of Chemical Protective Clothing (Directrices para la Selección de Ropa de Protección Química), American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 6500 Glenway Avenue, Building D-7, Cincinnati, Ohio 45211-4438.

Hojas de Datos Técnicos (HDT) y Hojas de Datos de Seguridad vigentes para diisocianato de tolueno (TDI) disponibles del proveedor.

Trabajando con TDI: Qué Debes Saber (AX202), Center for the Polyurethanes Industry.

Efectos a la Salud por Diisocianatos: Orientación para el Personal Médico (AX 150), Center for the Polyurethanes Industry.

Guidelines for the Responsible Disposal of Containers and Wastes from Polyurethane Raw Materials Processing (AX151) (Directrices para la Disposición Responsable de Contenedores y Residuos del Procesamiento de Materias Primas para Poliuretanos), Center for the Polyurethanes Industry.

Model Respiratory Protection Program for Compliance with the Occupational Safety and Health Administration Respiratory Protection Standard 29 CFR§ 1910.134 (Programa Modelo de Protección Respiratoria para el Cumplimiento con el Estándar de Protección Respiratoria de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional).

NOTIFICACIÓN LEGAL

Este documento de orientación fue preparado por el Centro para la Industria de los Poliuretanos del American Chemistry Council. Tiene por intención proporcionar información general sobre la selección de ropa de protección para usuarios de TDI. No tiene por intención servir como sustituto para una capacitación a fondo o ropa de protección específica, ni está diseñado o tiene por intención definir o crear derechos u obligaciones legales. No tiene por intención ser un manual de "cómo", ni ser una guía prescriptiva. Todas las personas involucradas en la manipulación y uso seguro de TDI tienen una obligación independiente de verificar que sus acciones están en cumplimiento con las leyes y reglamentos del país, federales, estatales y locales, y deben consultar con asesoría legal referente a estos asuntos. La orientación es necesariamente general en su naturaleza y las empresas individuales pueden variar su forma de abordarla con respecto a prácticas particulares basadas en circunstancias específicas fácticas, la funcionalidad y efectividad de acciones particulares, y la factibilidad económica y tecnológica. Ni el American Chemistry Council, ni las empresas individuales miembros del Centro para la Industria de los Poliuretanos del American Chemistry Council, ni cualquiera de sus respectivos directores, oficiales, empleados, subcontratistas, consultores, u otros asignados, ofrecen garantía o representación alguna, ya sea expresa o implícita, con respecto a la exactitud o lo completo de la información contenida en esta Guía, ni el American Chemistry Council ni sus empresas miembro asumen cualquier obligación legal o responsabilidad alguna por cualquier uso o mal uso, o los resultados de dicho uso o mal uso, o cualquier información, procedimiento, conclusión, opinión, producto, o proceso publicado en estas directrices.

NO SE OTORGAN GARANTÍAS; TODAS LAS GARANTÍAS IMPLÍCITAS DE COMERCIALIZACIÓN O IDONEIDAD PARA UN PROPÓSITO PARTICULAR ESTÁN EXPRESAMENTE EXCLUIDAS

Este trabajo es protegido por derechos de autor. A los usuarios se les otorga una licencia no exclusiva, libre de regalías, para reproducir y distribuir estas Directrices, sujeto a las siguientes limitaciones: (1) el trabajo debe reproducirse en su totalidad, sin alteraciones; y (2) no pueden venderse copias del trabajo.

Para más información sobre los productos y materiales descritos en este documento de orientación por favor contacte a su proveedor

Copyright© Marzo 2015, American Chemistry Council



Center for the
Polyurethanes Industry

700 2nd Street, NE
Washington, DC 20002
(202) 249-7000
www.americanchemistry.com

Equipo de protección individual



Usar siempre cuando haya riesgo de contacto de la piel y los ojos con los diisocianatos:

- Gafas de seguridad
- Guantes de neopreno o nitrilo resistentes a los diisocianatos
- Bata de laboratorio o traje de trabajo, pantalones largos,
- zapatos cerrados



Utilizar cuando la exposición es potencialmente alta:

- Traje de protección de manga larga resistente a los diisocianatos o trajes de cuerpo entero
- Botas de trabajo resistentes a los diisocianatos
- Protección de la cabeza, como un casco ajustado.
- Considerar también en la protección respiratoria



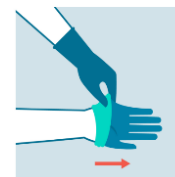
Utilice los guantes de forma segura:

- ¿Están sus guantes intactos?
- Utilice siempre la talla correcta
- Reemplace sus guantes inmediatamente si están contaminados.
- Quítese los guantes con cuidado para que su piel no se contamine.
- **No** utilizar guantes de látex
 - Son permeables a una serie de productos químicos
 - Existe el riesgo de desarrollar una alergia al látex

Quítese los guantes con seguridad:



Agarra el exterior del guante a la altura de la muñeca.



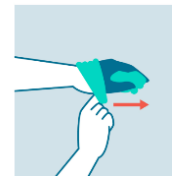
Gire el guante en dirección contraria al cuerpo, dándole la vuelta.



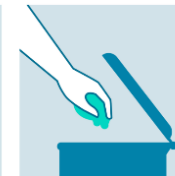
Sujeta el guante volteado con la otra mano.



Deslice su dedo bajo el eje del segundo guante.



Gire el guante en dirección contraria al cuerpo, dándole la vuelta. El primer guante permanece dentro del segundo guante.



Deseche los guantes de forma segura.



Lávate las manos.

Manipulación segura de los diisocianatos:



Preste siempre atención al trabajo con diisocianatos:



- Evitar la inhalación de vapores
- Evitar el contacto con la piel
- Evitar el contacto con los ojos



- No beber, comer o fumar en el lugar de trabajo
- Mantenga su lugar de trabajo limpio y ordenado
- Asegúrese de que el lugar de trabajo esté bien ventilado



- Llevar siempre el equipo de protección personal necesario y asegurarse de que está en buenas condiciones
- Entrenar las rutinas de emergencia aplicables

Llevar siempre puesto cuando se trabaje con diisocianatos:



Guantes de protección



En general y Zapatos de seguridad

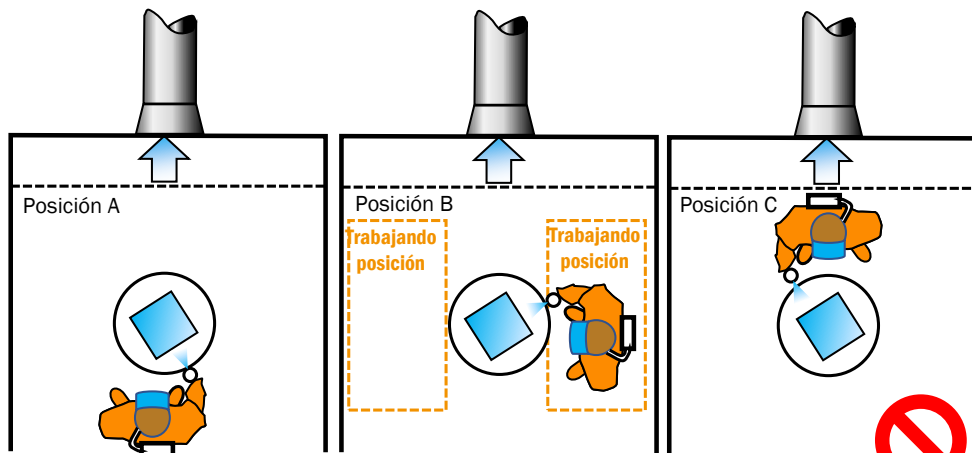


Protección de los ojos



En las emergencias: Monos de seguridad y protección respiratoria

Ventilación



No se recomienda

Puede formarse una nube contaminada delante del empleado

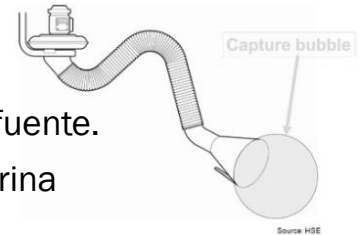
Recomendado

La nube contaminada se desliza hacia el empleado. ¿Proporcionar una plataforma giratoria?

Mala práctica



- Compruebe si el sistema de ventilación está conectado
- Coloque la vitrina de extracción lo más cerca posible de la fuente.
- Compruebe regularmente el sentido de circulación de la vitrina de gases



Inseguro



Asegure



Si trabaja con diisocyanatos, se recomienda realizar pruebas periódicas de la función pulmonar

Higiene en el lugar de trabajo



- Cambia tu Ropa de trabajo regularmente
- No reutilizar los productos contaminados
No reutilizar la ropa o los guantes contaminados
- Cámbiese de ropa después de trabajar con diisocianatos
- Observar siempre cuando se trabaje con diisocianatos:
 - Evitar la inhalación de vapores
 - Evitar el contacto con la piel
 - Evitar el contacto con los ojos



Lávese las manos al terminar el trabajo y antes de comer, beber o fumar:



- Utilice toallas desechables
- No utilice nunca disolventes para limpiar su piel
- Aplique una crema de manos para proteger su piel de la sequedad

Proteger la piel de la desecación:



- Aplicar una crema hidratante / humectante sin silicona antes y después del trabajo.
- Las cremas no sustituyen a los guantes de protección

Cómo hacer frente a una fuga de diisocianato



- Dar la alarma; identificar el riesgo y evacuar
- Llevar protección total de la piel (traje de protección contra salpicaduras, guantes, protección ocular, calzado de seguridad) y equipo respiratorio adecuado
- Contención de la fuga para evitar su expansión
- Evitar las fugas en el sistema de alcantarillado
- Cubrir con un agente de descontaminación sólido para evitar la salida de vapores de diisocianato.
- Dejar que el material reaccione durante al menos 30 minutos
- Introducir el material con una pala en los contenedores (con un máximo del 70% de llenado); no sellar los contenedores para evitar el aumento de presión (riesgo de formación de gas CO₂).
- Eliminación como residuo peligroso según la normativa regional
- Limpie a fondo la zona de la fuga con un líquido descontaminante.

Una fuga siempre debe ser reparada por personal capacitado.



Manipulación segura de los diisocianatos :



Comportamiento inseguro:



Comportamiento seguro:



Vaciar un barril con una bomba



Eliminación de una fuga



Utilizar la succión

Y llevar la ropa de protección necesaria en todo momento.

Lista de control de mantenimiento



- ❑ Una evaluación de riesgos debe identificar qué fallos/interrupciones pueden producirse.
- ❑ Debe estar claramente definido:
 - ❑ Cuándo detener la máquina/el proceso
 - ❑ Hasta qué punto el empleado que opera la planta/máquina puede llevar a cabo medidas correctivas
 - ❑ Cuándo hay que llamar al personal de mantenimiento (por ejemplo: ¿puede el empleado reiniciar la máquina o cambiar un filtro?).
 - ❑ El personal de mantenimiento debe estar especialmente cualificado y formado para hacer frente a situaciones imprevisibles y poco claras.
- ❑ Para todas las interrupciones previsibles, deben evaluarse y definirse los riesgos y las medidas de seguridad.
- ❑ Durante el turno de noche, puede ser necesario organizar un apoyo de guardia para el personal de mantenimiento.

Limpieza de barriles



1: Usar el equipo de protección personal necesario



2: Preparación de la solución de descontaminación

3: Comprobar mediante pesaje si el barril se ha vaciado completamente

4: Llenar el bidón con 5 litros de solución descontaminante



5: Rodar el barril

6: Abrir el cañón



7: Repita los pasos 5 y 6

8: Después de 2 horas, repita los pasos 5 y 6.
(esto se hace 3 veces en total)

9: Después del primer día, mezclar el sólido con el líquido en el barril

10: En los siguientes 2 días repita el paso 9

11: Decantar el líquido, separarlo del sólido



12: Dejar el barril bajo llave durante al menos una semana.

13: Etiquete el barril como "-Barril descontaminado".