

LOS DISOLVENTES ORGÁNICOS TÓXICOS EN HIGIENE INDUSTRIAL

Es bien conocido que el uso de disolventes orgánicos en múltiples aplicaciones industriales y algunas domésticas representa un importante riesgo para la salud de trabajadores y trabajadoras, para la salud pública y para el medio ambiente.



En esta serie de artículos se describirán los principales grupos de disolventes orgánicos, sus efectos negativos sobre la salud, así como las buenas prácticas y diversas medidas de prevención a adoptar en higiene industrial con respecto a estas sustancias.

1 ¿QUÉ SON LOS DISOLVENTES ORGÁNICOS?



Los disolventes orgánicos son compuestos orgánicos volátiles que se utilizan solos o en combinación con otros agentes para disolver materias primas, productos o materiales residuales, utilizándose para la limpieza, para modificar la viscosidad, como agente tensoactivo, como plastificante, como conservante o como portador de otras sustancias que, una vez depositadas, quedan fijadas evaporándose el disolvente. En general, los disolventes orgánicos son de uso corriente en las industrias para pegar, desengrasar, limpiar, plastificar y flexibilizar, pintar y lubricar.

Entre la gran variedad de estas sustancias que se emplean en ámbitos industriales y domésticos, existe una amplia relación de disolventes orgánicos considerados tóxicos y muy tóxicos (ver Cuadro 2).



Foto: J. Pascual

Teniendo en cuenta la mencionada toxicidad de muchos de estos compuestos (Cuadro 1) y datos como que se estima que en torno a 10 millones de trabajadores estadounidenses y entre 1-2 millones de trabajadores alemanes están expuestos a disolventes, la prevención de riesgos laborales en este ámbito debe avanzar rápidamente. Hay que considerar por otro lado que las vías de entrada son múltiples, pudiendo penetrar en el cuerpo por la inhalación de sus vapores, a través de la piel o por la boca (por contaminación de los alimentos, manos, cigarrillos etc.) además de por ingestión directa en accidentes.

Cuadro 1: Efectos generales de los Disolventes Orgánicos sobre la salud	
Efectos Agudos	Efectos a largo plazo
Irritación de la piel, ojos y vías respiratorias. Dolores de cabeza. Mareos y náuseas. Cansancio, apatía e inconsciencia.	Efectos cancerígenos: producen cánceres de diversa índole. Efectos sobre la reproducción: sobre los óvulos y espermatozoides. Efectos neurotóxicos: sobre el sistema nervioso. Efectos sistémicos: Afectan sobre todo al riñón e hígado.
Los efectos inmediatos suelen desaparecer al cesa el contacto con la sustancia, pero la exposición mantenida o elevada a disolventes tóxicos puede ocasionar efectos	

PRINCIPALES GRUPOS DE DISOLVENTES ORGÁNICOS Y SUS USOS

Los principales grupos generales de los denominados disolventes orgánicos industriales son:

- **Hidrocarburos Alifáticos:** Pueden ser saturados (Parafinas), usados por ejemplo como solventes del caucho natural, o no saturados (Olefinas y Alquinos), siendo estos últimos relativamente inertes para el organismo. Generalmente producen dermatitis y depresión del sistema nervioso central.
- **Hidrocarburos Aromáticos:** Que incluyen anillo de seis carbonos, con el Benceno como principal representante. Generalmente son irritantes, en concentraciones suficientes producen lesiones vasculares y pulmonares severas y son narcóticos potentes. Algunas de estas sustancias son leucemógenas y carcinogénicas.
- **Aldehídos:** Se caracterizan por sus propiedades

Cuadro 2: Principales Disolventes Orgánicos Tóxicos	
Acetona	Hexano
Anilina	Keroseno
Benceno	Metano
Butano	Percloroetileno
Cloroformo	Propano
Dicloroetano	Tetracloruro de carbono
Diclorometano	Tricloroetano
Etano	Tricloroetileno
Fluorocarbonos	Tolueno
Gasolinas	Xileno

sensibilizantes con frecuentes respuestas alérgicas. Son conocidos irritantes de la piel y mucosas y también actúan sobre el sistema nervioso central.

- **Hidrocarburos Halogenados:** Son un grupo con gran actividad química. Sus efectos varían según el halógeno existente en el compuesto y su número, siendo más tóxicos los clorados que los fluorados. Entre sus efectos destacan la nefrotoxicidad, hepatotoxicidad, dermatitis y afectación del sistema nervioso central (producida por ejemplo por el tetracloruro de carbono y el tricloroetileno). Además algunas de estas sustancias son cancerígenas en humanos (Cloruro de Vinilo).
- **Esteres:** Bien conocidos por sus efectos irritantes sobre la piel y el tracto respiratorio, como el acetato de etilo.
- **Cetonas:** En general, producen una acción narcótica, siendo la enorme mayoría irritantes para las mucosas en altas concentraciones, como la metil etil cetona.
- **Alcoholes:** Esta es una de las clases más importantes de solventes industriales, y de entre ellos, pueden destacarse el metanol y el etanol.
- **Glicoles:** Son muy solubles y buenos disolventes, anticongelantes y difusores de calor. Presentan riesgo tóxico por inhalación cuando son calentados o pulverizados, pero la vía principal de intoxicación es la digestiva, con el riñón como principal órgano afectado. El más tóxico es el monometiléter del etilenglicol.

Tabla 1: Algunos Usos de Disolventes Orgánicos	
Pinturas, lacas y tintes	Tolueno, Xileno, Metiletilcetona
Adhesivos	Ciclohexanos, Cetonas
Anticongelantes	Etileno glicol
Desengrasado	Tricloroetileno, Percloroetileno
Limpieza en seco	Percloroetileno
Impresiones	Turpentina, White spirits, Xileno

Los usos más importantes de disolventes orgánicos incluyen:

- Usos en limpieza y desengrasado de piezas de maquinaria, metales, plásticos y textiles.
- Usos en limpieza en seco.
- Constituyentes de pinturas, barnices, ceras, abrillantadores de zapatos y suelos, tintas, adhesivos, combustibles para motores, anticongelantes, productos farmacéuticos y conservantes de tejidos.
- Usos en el proceso de fabricación de gomas artificiales, cueros, plásticos, textiles y explosivos.
- Parte de fórmulas terapéuticas, desinfectantes.
- Parte de pesticidas, plaguicidas y herbicidas.
- Usos en procesos de extracción de grasas, aceites y sustancias medicinales de semillas, frutos secos y huesos.
- Usos en diferentes reacciones químicas y procedimientos de laboratorio.



Foto: J. Pascual

A pesar de la enorme variedad de usos, los procesos de limpieza y desengrase de piezas y maquinaria siguen constituyendo una de las principales aplicaciones. Entre los disolventes orgánicos que tradicionalmente más se utilizan para estas actividades se encuentran:



- 1,1,1-tricloroetano
- queroseno
- diclorometano
- tetracloroetileno
- tricloroetileno
- tolueno
- xileno
- 2-propanol
- nafta
- n-hexano
- butiletilen glicol
- CFC 113
- white spirit (mezcla de hidrocarburos y parafinas)

Tabla 2: Usos de Algunos Disolventes Orgánicos Tóxicos

Benceno: Hidrocarburos Aromáticos	Fabricación de medicamentos, tintes, detergentes, plásticos y explosivos, Aplicaciones como disolventes, y en la síntesis de otros compuestos aromáticos	Parasiticida en las heridas (veterinaria) Disolvente de lacas, ceras y aceites. Antidetonante en Gasolinas
Tetracloruro de carbono (Tetraclorometano): Hidrocarburos halogenados	Uso muy restringido por su elevada toxicidad Disolvente en manufactura de plásticos Intermediario químico	Aplicación en pesticidas y herbicidas Industria de la pintura
Metanol :	Antiséptico Reactivo de síntesis química Disolvente muy extendido en ámbito industrial y doméstico	Componente principal del destilado en seco de la madera
Acetona y Metiletilcetona: Cetonas	Disolvente de grasas, resinas, barnices, aceites acetileno y derivados de la celulosa	
Etilenglicol: Glicoles	Anticongelante en circuitos de refrigeración de motores de combustión interna	Difusor de calor Disolvente de pinturas, plásticos y tintas Síntesis de plásticos y explosivos
Formol o Formaldehído: Aldehídos	Gran importancia comercial Manufactura de plásticos y pegamentos	Conservante de tejidos y muestras biológicas
Diétiléter o éter sulfúrico: Éteres	Disolvente de aceites, ceras perfumes alcaloides y nitrocelulosas.	Combustible Aplicaciones en análisis químico
Disulfuro de Carbono:	Muy utilizado en química industrial Solvente en el tratamiento de goma, pintura, lacas	Su principal uso como materia prima es en la síntesis de Fibra de Rayon

PRINCIPALES PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS DISOLVENTES ORGÁNICOS

Conocer las propiedades físicas de los diferentes disolventes orgánicos tiene enorme importancia para el diseño de procedimientos seguros para su uso y manejo. Esto se debe a que dichas propiedades físicas determinan el grado y manera en el que las sustancias estarán presentes en el aire del ambiente de trabajo, el riesgo de incendio y de explosión.

Tabla 3: Variabilidad de propiedades físicas en los Alcoholes				
Nomenclatura IUPAC	Nombre Común	p.f. (°C)*	p.eb. (°C)*	Solubilidad en agua
Metanol	Alcohol metílico	-97.8	65.0	Infinita
Etanol	Alcohol etílico	-114.7	78.5	Infinita
1-Propanol	Alcohol propílico	-126.5	97.4	Infinita
2-Propanol	Isopropanol	-89.5	82.4	Infinita
2-Cloro-propano	Cloruro de isopropilo	-117.2	35.7	3.1 g/L
Propano		-187.7	-42.1	0.038 g/L
1-Butanol	Alcohol butílico	-89.5	117.3	80 g/L
2-Metil-2-propanol	Alcohol <i>terc</i> -butílico	25.5	82.2	Infinita
1-Pentanol	Alcohol pentílico	-79	138	22 g/L
2,2-Dimetil-1-propanol	Alcohol neopentílico	53	114	Infinita
* p.f.: Punto de fusión		p.eb. Punto de ebullición		

Comenzando por **el punto de ebullición**, indica la facilidad de los compuestos para pasar a vapor desde el estado líquido, evaporándose más fácilmente las sustancias con menores puntos de ebullición. Por ejemplo, dentro de los alcoholes existe una importante variabilidad en el punto de ebullición, como se muestra en la tabla 3, siendo el propano el más voluble. Hay que tener en cuenta que el punto de ebullición de mezclas de hidrocarburos no tiene porqué coincidir con el de sus componentes.

Otras propiedades físicas interesantes en prevención de riesgos laborales, son el **punto de ignición** y la **inflamabilidad** de los disolventes orgánicos, ya que existen muchos que fácilmente cogerán llama, siendo una importante fuente de riesgo a vigilar también en este sentido y no sólo toxicológicamente. A menor punto de ignición más fácilmente prenderá una sustancia. Así podemos clasificar las sustancias según su punto de ignición en:

- Altamente inflamables: en 23°C y menos.
- Inflamables: entre 23 y 61°C
- De baja inflamabilidad: en más de 61°C

Tabla 4: Algunos disolventes orgánicos altamente inflamables (punto ignición 23°C o menor)		
Acetaldehído	Dietil eter	Eter de Petróleo
Acetona	Etanol	Propanol
Nitriloacetato	Etil acetato	Pyridina
Benceno	N-hexano	Tetrahidrofurano
Disulfito de Carbono	Metanol	Tolueno
Ciclohexano	Metil etil cetona	Acetato de vinilo
Ciclohexeno	Pentano	

En conexión con lo anterior, las **propiedades explosivas** deberán ser también muy observadas puesto que varios de los disolventes orgánicos las presentan en alto grado. Las propiedades explosivas suelen expresarse mediante la LEL¹ y la UEL².

¹ LEL (Lower Explosive Limit): Concentración mínima en el aire a la cual un gas o vapor se inflama con una fuente de inflamación.

² UEL (Upper Explosive Limit): Concentración por arriba de la cual la concentración de un gas o vapor es demasiado intensa y no hay suficiente oxígeno en el aire para que pueda inflamarse. Este tipo de atmósferas son muy peligrosas, ya que cambios en las circunstancias como una simple apertura de una puerta, pueden disminuir la concentración del gas hasta convertirlo nuevamente en inflamable.

Aunque hay que tener en cuenta el punto de inflamabilidad, la presión de vapor y otras propiedades, cuanto mayor sea la diferencia entre LEL y UEL, mayor será el riesgo de explosión o inflamabilidad, puesto que existirá un mayor rango de concentraciones a la cual el gas es peligroso. Así, únicamente según los datos expuestos en la Tabla 5, el Eter presenta mayor riesgo de fuego que el Tricloroetano.



Tabla 5: Ejemplos de LEL y UEL de disolventes orgánicos		
	LEL	UEL
<i>Eter</i>	1.9%	36.0%
<i>1,1,1-tricloroetano</i>	8.0%	10.5%
<i>Metano</i>	5.0%	
<i>Etano</i>	3.0%	
<i>Hexano</i>	1.2%	
<i>Benceno</i>	1.3%	
<i>Acetona</i>	2.6%	
<i>Gasolina</i>	1.2%	

En cuanto a la **densidad de vapor**, los gases más pesados que el aire (densidad de vapor > 1) tenderán a permanecer en bolsas de aire, a extenderse cerca del nivel del suelo y a quedarse en espacios confinados. Por otro lado, los vapores más ligeros que el aire (densidad de vapor < 1) tenderán a elevarse.

De cualquier modo, las turbulencias y los movimientos del aire incrementarán la dispersión del gas en cualquiera de los casos, disminuyendo el riesgo.