

NTP 663: Propiedades fisicoquímicas relevantes en la prevención del riesgo químico



Propriétés physiques et chimiques relevantes dans la prévention du risque chimique.
Relevant physical and chemical properties in chemical risk.

Vigencia	Actualizada por NTP	Observaciones
Válida		En la legislación debe añadirse el Reglamento (CE) N°1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo (REACH) y las posteriores modificaciones.
ANÁLISIS		
Criterios legales		Criterios técnicos
Derogados:	Vigentes:	Desfasados: Operativos: SI

Redactoras:

Alicia Huici Montagud
Dra. en Ciencias Biológicas

Rosa M^a Alonso Espadalé
Lda. en Ciencias Biológicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

El objetivo de esta Nota Técnica de Prevención es proporcionar a los profesionales que están expuestos a productos químicos a consecuencia de su trabajo, una serie de criterios que les permitan interpretar de forma práctica los datos fisicoquímicos que figuran en las Fichas de Datos de Seguridad (FDS) suministradas con el producto. Algunos de ellos están ampliamente tratados en otras NTP mencionadas en los correspondientes apartados.

Introducción

La prevención del riesgo químico ocupacional incluye dos grandes áreas: la prevención de accidentes derivados de un uso inadecuado de los productos químicos presentes en un determinado lugar de trabajo (Seguridad química) y la prevención de efectos sobre la salud, normalmente a largo plazo, de los trabajadores expuestos a esos productos o a otros generados por ellos (Higiene Industrial). Para el tratamiento de ambas áreas es fundamental conocer las propiedades físicas y químicas del producto en cuestión que definen, en gran medida, los peligros de uno y otro tipo que aquél puede presentar, con el fin de diseñar las pautas de actuación que eviten que esos peligros, inherentes al producto, se materialicen en daños. Estas propiedades, y los consejos que de ellas se derivan, deben quedar fielmente reflejados en la FDS, de que debe disponer el usuario profesional. En este documento se revisan los principales parámetros y propiedades a considerar. Para algunos de ellos, los métodos correspondientes a su determinación cuantitativa están minuciosamente descritos en el Anexo V del Real Decreto 363/1995. En tal caso, se añade el párrafo asignado en el mismo (A1-A20).

Propiedades

Es importante la descripción completa del aspecto físico de un producto químico. Su estado físico ayuda a determinar cuál es su comportamiento en el medio y la vía de entrada más probable en el hombre y, consecuentemente, las medidas preventivas más adecuadas tanto colectivas como individuales. El color y el olor sirven para constatar que las condiciones del producto en un momento dado son las adecuadas, es decir que éste no se ha alterado por algún tipo de reacción, normalmente por oxidación.

Estado físico

Los productos químicos se clasifican en: gas, líquido o sólido en función de sus puntos de ebullición y fusión a presión atmosférica, según se define en la tabla 1.

TABLA 1
Estado físico de un producto químico, según sus puntos de ebullición y fusión

ESTADO FÍSICO	PUNTO DE EBULLICIÓN (°C)	PUNTO DE FUSIÓN (°C)
Gas	< 15	< 15
Gas o líquido	15-30	< 15

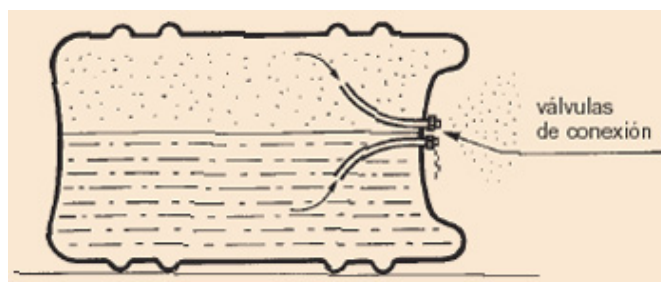
Líquido	> 30	< 15
Líquido o sólido	> 30	15-30
Sólido	> 30	> 30

Cada uno de estos estados engloba formas de presentación distintas. Los productos sólidos pueden encontrarse en forma de polvo, más o menos fino, granular, más o menos compacto, etc. El tamaño de partícula viene definido en la norma UNE-EN 481:1995. Los productos líquidos pueden presentar un aspecto más o menos viscoso.

Los productos en estado gaseoso son aquellos que, en condiciones normales de presión (1 atmósfera) y temperatura (21 °C), tienen comportamiento como tales. Hay que tener en cuenta que, en condiciones de aumento de presión, los productos gaseosos son licuados, siempre que estemos por debajo de la presión crítica. Pej. el butano es un gas en condiciones normales. Para su almacenamiento, sin embargo, se mantiene a una presión que corresponde a su presión de vapor a 20 °C de 2 bares dkg/cm^2 a temperatura ambiente. Por tanto, los gases se comercializan en forma comprimida, licuados, refrigerados o disueltos, normalmente a presión superior a la atmosférica (véanse NTP 198: Gases comprimidos: identificación de botellas y NTP 430: Gases licuados: evaporación de fugas y derrames).

El estado gaseoso, por su mayor estado energético unido a su capacidad de difusión en el aire puede presentar comportamientos especialmente peligrosos, tanto si se trata de sustancias inflamables como tóxicas. No obstante, los sólidos pulverulentos tienen un notorio riesgo de inflamabilidad, si se trata de sustancias combustibles, que se incrementa cuanto menores sean el tamaño de la partícula y la humedad y mayor el contenido en volátiles. Los gases licuados tienen una especial peligrosidad, ya que al fugarse al medio ambiente multiplican el volumen de gas generado. Por ello, una medida preventiva esencial en el caso de una fuga, sería el procurar que ésta fuera en la fase de gas en vez de ser en la fase líquida. Imaginemos, por ejemplo, un depósito de cloro licuado; si el poro se produce en la fase líquida, sería suficiente el giro del recipiente que permitiría que aquél coincidiera con la fase gaseosa, minimizando la cantidad fugada, véase la figura 1).

Figura 1
Contenedor de 1000 kg. de gas de cloro licuado para consumo en fase líquido o gas



Estas características tienen un importante impacto en la toxicocinética del producto, es decir, en la forma (vía y tasa de entrada) en que éste ingresa en el organismo (véase NTP 108: Criterios toxicológicos generales para los contaminantes químicos), se incorpora al torrente circulatorio, es metabolizado, se une a los depósitos corporales y es excretado, y, por tanto, en la forma de impedir que se produzcan efectos tóxicos durante un posible contacto con el mismo.

Del mismo modo, el estado físico y su presentación son claves en la evolución de la reactividad del mismo con el aire, la humedad, el agua y cualquier soporte físico o sustancia química con la que pueda interactuar. (Véase NTP 479: Prevención del riesgo en el laboratorio químico: reactividad de los productos químicos (II)).

En este sentido, el conocimiento de estas propiedades permite establecer medidas preventivas higiénicas y de seguridad adecuadas. Por ejemplo, recomendar una ventilación general en el caso de un determinado líquido muy viscoso (y poco tóxico por inhalación) y evitar esa medida en el caso de un polvo (especialmente, si el tamaño de partícula es pequeño y la toxicidad elevada).

Color y olor

El color original del producto en la forma de presentación en cuestión, indica su posible estado de conservación, así como la potencial formación de subproductos de mayor riesgo que el producto original. El calcio, por ejemplo, es un metal cristalino blanco argénteo que vira a azul grisáceo en contacto con el aire húmedo; el cloruro de etileno es un líquido viscoso, de olor característico, vira a oscuro por exposición al aire, a la humedad y a la luz. Por otra parte, si el olor es perceptible, su breve descripción puede contribuir a la identificación del compuesto. Sin embargo, hay que tener en cuenta que un olor característico nunca debe ser utilizado como señal de alarma ante la presencia de un agente químico, puesto que la variabilidad individual del umbral olfativo es muy grande y las propiedades odoríferas de los productos químicos también. Por ejemplo, el valor de umbral olfativo expresado en ppm para algunas sustancias puede variar desde 0,0081, en el caso del ácido sulfhídrico, hasta 100.000, en el caso del monóxido de carbono. En el caso del primero, además hay que tener en cuenta que altas concentraciones pueden llegar a bloquear la sensibilidad olfativa, generando toxicidad aguda, sirviendo el mecanismo de defensa frente (véase NTP 320: Umbrales olfativos y seguridad de sustancias peligrosas).

Parámetros

Acidez (pH)

El pH es un valor numérico que representa la acidez o alcalinidad de una solución acuosa. Se define como el logaritmo del valor

recíproco de la concentración de ion hidrógeno en una solución.

Los productos ácidos tienen un pH inferior a 7, los alcalinos tienen un pH superior a 7 y los neutros igual a 7. Los productos, o su disolución en agua, cuyo pH sea extremo (< 3 o > 10) están asociados a efectos irritativos sobre tejidos humanos, básicamente piel y mucosas (inflamación cutánea importante) o corrosivos (destrucción de los tejidos en todo el espesor de la piel) y soportes materiales.

El intervalo de pH 4 a 9 se considera, en general, exento de este tipo de peligro. En la tabla 2 se relaciona el nivel de acidez - basicidad con efectos corrosivos - irritantes. El pH de un producto condiciona, por otra parte, su absorción en distintos tejidos. En la tabla 3 se exponen los distintos pH existentes a lo largo de la vía digestiva, lo que condicionará el daño local y la posibilidad de absorción de un tóxico ingerido por esta vía.

TABLA 2
Propiedades de corrosión /irritación dependiendo del pH (a falta de información específica sobre el compuesto)

PROPIEDADES QUÍMICAS	Irritante para	Corrosivo para	Muy Corrosivo para
Ácido / Base débil 2.0 < pH < 6.0 / 11.5 > pH ≥ 8	Ojos		
Moderadamente Ácido / Básico 0.2 < pH < 2.0 / 11.5 ≤ pH < 13	Piel, vías respiratorias	Ojos	
Ácido / Base fuerte pH < 0.2 / pH ≥ 13.0		Piel	Ojos, piel y vías respiratorias

TABLA 3
pH a lo largo del tubo digestivo

TEJIDO DIGESTIVO	MARGEN DE pH
Mucosa oral	6,2-7
Estómago	1,0-3,0
Duodeno	4,8-8,2
Ileon	7,5-8,0
Colon	7,0-7,5

Desde el punto de vista de la seguridad, es sabida la importancia de las reacciones de neutralización ante derrames de sustancias de valores extremos del pH. No obstante, ello tiene que realizarse con sustancias de carácter débil, ya que, de lo contrario, la reactividad asociada a un factor de exotermia constituiría un nuevo factor de riesgo.

Punto/intervalo de fusión - congelación (A1)

La temperatura de fusión o congelación de una sustancia pura es la temperatura a la que sus cristales están en equilibrio con la fase líquida a presión atmosférica. Cuando la temperatura de equilibrio se consigue por calentamiento del sólido, se hace referencia al punto de fusión; mientras que si la temperatura de equilibrio se consigue por enfriamiento del líquido, se hace referencia al punto de congelación. Al igual que el punto de ebullición, el punto de fusión - congelación puede variar significativamente de una sustancia a otra, pudiéndose dar también un intervalo en el caso de mezclas o valores distintos para el caso de sustancias puras o de grado técnico. Son ejemplos de esta variabilidad: p-diclorobenceno (53 °C); etilendiamina (11 °C); hidracina (1,5 °C); aguarrás (-50 a -60 °C); cloruro de hidrógeno (-114 °C), mezcla de isómeros del trimetilbenceno (-25 a 45 °C), endosulfán grado técnico (70-100 °C), endosulfán puro (106 °C).

Para las sustancias que contienen agua de cristalización se suele dar el "punto de fusión aparente". La precisión en los puntos de fusión muy inferiores a 0°C suele ser baja, pero su interés, desde el punto de vista de la seguridad química, es mínimo, por lo que estos valores a menudo se omiten.

Algunas sustancias se descomponen al alcanzar el punto de fusión o antes de alcanzarlo; en este último caso, es importante conocer cuál es esa temperatura y, en ambos, cuáles son los productos resultantes de la descomposición.

Punto / intervalo de ebullición (A2)

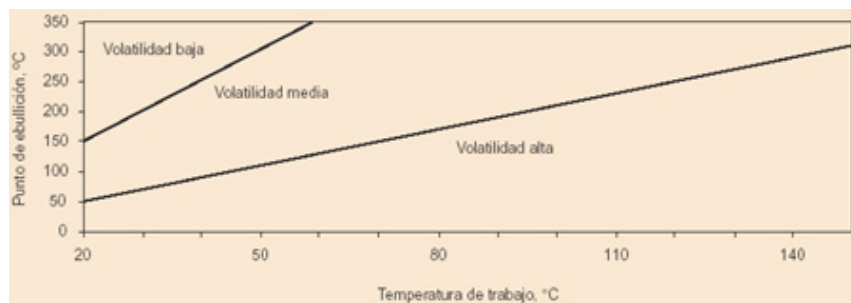
La temperatura de ebullición de un líquido se define como la temperatura a la cual la presión de vapor del líquido iguala a la presión atmosférica. Para el agua a nivel del mar es 100°C. Este parámetro contribuye, junto con la temperatura de inflamación y el poder calorífico, al riesgo de inflamabilidad.

Igual que ocurre con el punto de fusión, algunas sustancias se descomponen al alcanzar el punto de ebullición o antes de alcanzarlo; en este último caso, es importante conocer cuál es esa temperatura y, en ambos, cuáles son los productos resultantes de la descomposición.

El punto de ebullición (PE.) puede variar significativamente de una sustancia a otra. Son ejemplos de esta variabilidad: 3,4-dicloroanilina (272 °C), dibromuro de etileno (132 °C); ciclohexano (81 °C); n-pentano (36 °C), butadieno (-4 °C); cloruro de hidrógeno (-85 °C). Cuando se trata de productos químicos de composición variable, este parámetro se suele expresar mediante un intervalo; por ejemplo, aguarrás (150-180 °C).

En el caso de los líquidos, el punto de ebullición determina, junto con las condiciones de trabajo, la tendencia de pasar al ambiente, que puede ser clasificada en baja, media o alta, según la figura 2.

Figura 2
Criterios para la clasificación de volatilidad de líquidos, según COSHH Essentials, HSE, 2003



<http://www.coshh-essentials.org.uk>

Punto de sublimación

Es la temperatura a la cual la sustancia pasa directamente de la fase sólida a la fase gaseosa al calentarse suavemente a presión atmosférica.

Punto de inflamación o de destello (flash point) (A9) Es la temperatura mínima, a presión de una atmósfera (101,3 kPa; ver la definición más adelante), a la que una sustancia combustible, en contacto con el aire, desprende la cantidad suficiente de vapor para que se produzca la inflamación de la mezcla vapor - aire mediante el aporte a la misma de una energía de activación externa, ya sea de origen térmico (llama), mecánico (fricción), eléctrico (chispa) o químico (reacción exotérmica). Al valor se suele añadir "v.a", vaso abierto o "v.c", vaso cerrado, para indicar el método de determinación del parámetro ("o.c", open cup, y "c.c", closed cup, en la nomenclatura inglesa). En bastantes documentos este parámetro aparece como "punto de ignición", como ocurre en la Norma UNE-EN 1127-1:1998.

La temperatura o punto de inflamación es un parámetro definido que tiene especial interés para líquidos inflamables. Para sólidos se puede determinar su temperatura de inflamación en estado pulverulento, mientras que en gases inflamables tal parámetro tiene un mínimo interés, ya que se trata de temperaturas por debajo de 0 °C.

El punto de inflamación indica si un producto arde con facilidad o no a temperatura ambiente, al entrar en contacto con una fuente o foco de ignición. Cuanto menor sea este valor para un líquido, mayor es el peligro de incendio. Son ejemplos de puntos de inflamación (P1) para algunas sustancias: Éter etílico(-45 °C); acrilonitrilo (-5 °C); tolueno (4 °C); estireno (31 °C); antraceno, (121 °C). Atendiendo exclusivamente al valor de este parámetro, las sustancias y preparados líquidos se clasifican como se indica en la tabla 4:

Tabla 4
Clasificación de inflamabilidad (P. I.: punto inflamación; P. E.: punto de ebullición)

CLASIFICACIÓN	MARGEN
Extremadamente inflamable	P.I. < 0 °C y PE ≤ 35 °C
Fácilmente inflamable	0 °C ≤ P.I. < 21 °C
Inflamable	21 °C ≤ P.I. ≤ 55 °C
Combustible	P.I. > 55 °C

Las sustancias y preparados gaseosos que sean inflamables en contacto con el aire a temperatura y presión normales reciben también la indicación de peligro "extremadamente inflamable" (R12) y de "fácilmente inflamables"(R11), las sustancias y preparados sólidos susceptibles de inflamarse fácilmente después de un breve contacto con una fuente de ignición y que continúan ardiendo o consumiéndose después de la eliminación de dicha fuente. Son ejemplos de sustancias que corresponden a cada uno de estos grupos: R11 (metacrilato de metilo, fósforo rojo, magnesio en polvo); R12 (etano, hidrógeno, óxido de etileno). Este parámetro debe ser tenido en cuenta para un correcto almacenamiento de sustancias (véase RD 379/2001; sus instrucciones técnicas complementarias y la NTP 337: Control de fugas en almacenamientos de gases licuados tóxicos (I).

Una cantidad de oxígeno en aire superior a la normal o el efecto catalítico de metales u otros contaminantes puede provocar un descenso en el punto de inflamación. Ello debe ser tenido en cuenta, especialmente al seleccionar equipo eléctrico para áreas en las que se pueden generar mezclas de aire/vapor explosivas.

Temperatura de autoignición (AI 5 y AI 6)

Es la temperatura mínima, a presión de una atmósfera (101,3 kPa), a la que una sustancia, en contacto con el aire (en realidad con el

oxígeno), arde espontáneamente sin necesidad de ningún aporte energético adicional a la mezcla. Se diferencia de la temperatura de inflamación en que no necesita foco de ignición para generarse la

combustión. Son ejemplos de temperaturas de autoignición: ácido cítrico (1000 °C); antraceno, (540 °C); acrilonitrilo (480 °C); éter etílico (160 °C); disulfuro de carbono (100 °C). También en este caso una cantidad de oxígeno en aire superior a la normal o el efecto catalítico de metales u otros contaminantes puede provocar un descenso de la temperatura de autoignición.

La mayoría de líquidos combustibles tienen temperaturas de autoinflamación entre 450-600 °C. Por ello, la exposición de tales sustancias a un incendio, que genera temperaturas de llama en torno a los 1000 °C, puede ser determinante, ya que si toda la masa de la sustancia expuesta al fuego es calentada por encima de la temperatura de autoignición, se producirá la autocombustión inminente, generando explosión del recipiente contenedor.

Límites de inflamabilidad - explosividad (A10, 11, 12 y 14)

Delimitan los porcentajes de concentración mínimos (límite inferior) y máximos (límite superior) en aire de un gas o vapor inflamable (% de volumen) entre los que la sustancia puede arder o explotar en contacto con un punto de ignición. Por debajo o por encima de estos límites no tiene lugar la ignición de la mezcla vapor - aire (oxígeno). En caso de no conocer uno de los límites de inflamabilidad, se suele indicar con un interrogante.

En todas aquellas operaciones en las que se liberen vapores inflamables de un producto deben tenerse en cuenta cuál es su límite inferior de inflamabilidad, adecuando la ventilación o la utilización de atmósferas inertes por debajo de este límite. Cuando ello no es posible, se debe recurrir a la utilización de instalaciones antideflagrantes.

Son ejemplos de límites de inflamabilidad - explosividad (Límite inferior - Límite superior) para algunas sustancias: acrilonitrilo (2,8 % - 28 %); éter etílico (1,7 % - 48 %); tolueno (1,2 % - 7 %); estireno (1,1 % - 8 %). Las sustancias más peligrosas son aquellas cuyo límite inferior de inflamabilidad es < 5%. Así, por ejemplo, el amoníaco con un límite de inflamabilidad del 15 %, aunque es considerado en teoría inflamable, es inusual que genere incendios. Por otro lado, el gas hidrógeno, con un límite < 1%, no es, paradójicamente, de las sustancias que genera incendios, pues al tener una densidad relativa menor a la del aire, sus fugas se alejan de los potenciales focos de ignición en las instalaciones.

Presión de vapor (A4)

La presión de vapor es la presión característica a una temperatura dada de un vapor en equilibrio con sus formas líquida o sólida y aporta información sobre la facilidad que tienen las sustancias para pasar al estado de vapor a una temperatura determinada. A mayor presión de vapor, mayor evaporación y, por consiguiente mayor riesgo de inhalación. Su relación con el riesgo de incendio y explosión ha quedado patente en los apartados anteriores.

La unidad del Sistema Internacional (SI) es el Pascal (Pa) o su múltiplo el kiloPascal (kPa), aunque frecuentemente se utilizan unidades tradicionales, cuyas equivalencias son:

1 Torr = 1 mm de Hg = 1,333 x10² Pa

1 atmósfera = 1,01325 x 10⁵ Pa

1 bar = 10⁵ Pa

La presión de vapor de una sustancia (p) depende de la temperatura (T), según la ecuación de Clausius-Clapeyron:

$$\log p = [(\delta H_v)/RT] + \text{constante}$$

donde

p se expresa en Pascales y T en K

δH_v = calor de vaporización en J mol⁻¹

R = constante universal molar de los gases = 8,314J mol⁻¹ K⁻¹

Son ejemplos de presiones de vapor, expresadas en kPa a 20 °C, para algunas sustancias: estireno (0,7), tolueno (2,9), acrilonitrilo, (12,4), éter etílico (58,6).

Solubilidad en agua (A6)

Facultad o tendencia de una sustancia a mezclarse uniformemente con el agua. Generalmente, se expresa en g/100ml de agua a 20 °C. Cuando la solubilidad no se conoce con exactitud, puede indicarse con anotaciones como: ninguna, poca, moderada, buena, muy buena. Los datos usados habitualmente para establecer el nivel de solubilidad se dan en la Tabla 5, aunque debe tenerse en cuenta que la hidrosolubilidad puede variar por la presencia de impurezas.

La solubilidad en agua es determinante en la toxicidad de una sustancia, tanto por lo que afecta a la vía de entrada como a su distribución en el organismo. También es determinante en la ecotoxicidad por cuanto afecta a la gestión de derrames y residuos (véase

TABLA 5
Criterios de solubilidad

GRADO DE SOLUBILIDAD	INTERVALO (g/100 ml de agua a 20 °C)
Insoluble	< 0,1 g /100 ml
Poco soluble	0,1-1 g /100 ml
Moderadamente soluble	1-10 g /100 ml
Soluble	10-100 g /100 ml
Muy soluble	> 100 g /100 ml

Densidad relativa respecto al agua (A3)

Expresa el número de veces que un producto es más pesado que el agua. En realidad, este valor es equivalente a la densidad absoluta expresada en g/ml, ya que en estas unidades, la densidad del agua a 4 °C es 1.

Si se trata de sustancias no solubles en agua (no miscibles) indica si flotan o se hunden en ésta. Este parámetro es importante en la elección de estrategias para la extinción de incendios, ya que las sustancias que tienen un valor de densidad relativa inferior a la unidad, flotan en el agua, quedando expuestas al oxígeno del aire. En caso de incendio, el agua puede contribuir a su propagación como ocurre con muchos compuestos orgánicos volátiles. Si su densidad relativa es superior a la unidad, el agua puede ser un buen agente extintor (véase NTP 99: Métodos de extinción y agentes extintores).

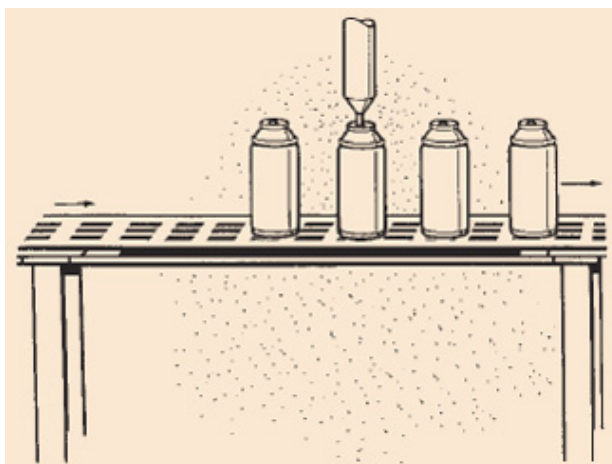
La densidad relativa $D(4)^{20}$, indica la densidad absoluta del producto problema (sólido o líquido) a temperatura ambiente (20°), respecto a la densidad absoluta del agua a 4 °C.

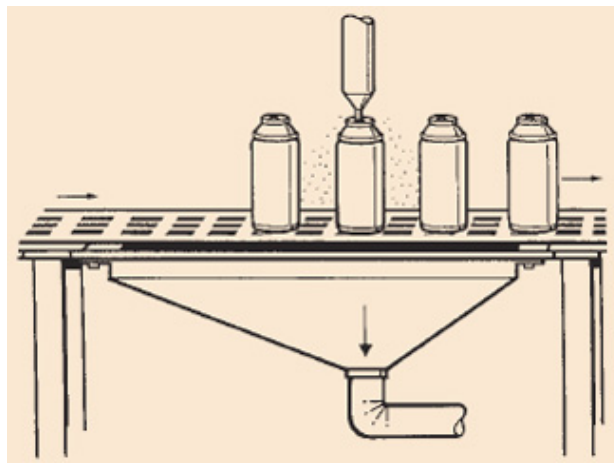
Son ejemplos de densidades relativas respecto al agua para algunas sustancias: Mercurio (13,6); Fluoruro potásico (2,5); Cloroacetato de etilo (1,15); Dimetilformamida (0,95); Tolueno (0,9); Acrilonitrilo (0,8).

Densidad relativa de vapor

Este parámetro indica las veces que un gas es más pesado que el aire a la misma temperatura. Dicho valor se emplea para conocer la tendencia de un vapor a elevarse ($D_{vap} < 1$) o a acumularse en zonas bajas ($D_{vap} > 1$), siendo útil para establecer las condiciones de ventilación necesarias, la ubicación de detectores, etc. (Véase la figura 3).

Figura 3
Aspiración localizada en envasado de aerosoles utilizando gas propano como propelente, más denso que el aire





La densidad relativa de un gas o vapor es un factor determinante de su comportamiento en la primera etapa de producción de una fuga. Así, por ejemplo, el gas propano generado en un puesto de trabajo de inyección de aerosoles, se difundirá hacia las partes bajas con el consiguiente riesgo de deflagración ante la presencia de un foco de ignición. Al cabo de un tiempo de producirse la fuga, el vapor se mezclará con el aire y tendrá un comportamiento similar al de éste.

No obstante, existen otros factores específicos a tener en cuenta, como son las corrientes de aire y las variaciones de temperatura, siendo este último indicador una variable crucial a la hora de favorecer o no dicha tendencia.

La mayoría de líquidos y gases inflamables tienen densidades relativas mayores que la del aire. Son ejemplos de densidades relativas de vapor para algunas sustancias: Cloroacetato de etilo (4,2), Estireno (3,6), Butano (2,0), Acrilonitrilo (1,6), Propano (1,8).

Coefficiente de reparto: n-octanol /agua (A8)

Se define como la relación entre las concentraciones de una sustancia en octanol y agua, cuando la sustancia se disuelve en un sistema bifásico de octanol y agua. Por conveniencia, se utiliza el logaritmo del coeficiente de reparto octanol / agua $\log P_{o/w}$. Este parámetro se puede considerar complementario del anterior y, además de lo comentado para aquél, es útil para predecir la adsorción en el suelo, la captación biológica, el almacenamiento lipofílico y la bioconcentración.

Son ejemplos de coeficientes de reparto n-octanol/agua para diferentes sustancias: bencenosulfonamida (0,31), anilina (0,90), fenol (1,46), tolueno (2,80), difenilo (3,6).

Resistividad eléctrica

Este parámetro (ρ) se aplica a líquidos y a gases licuados. Es uno de los factores a tener en cuenta para determinar el mayor o menor riesgo de producción de cargas electrostáticas. Cuanto más baja sea la resistividad ($\rho < 10^{10} \Omega \text{ cm}$ es la del acetaldehído) menor riesgo de formación de cargas electrostáticas presenta el líquido. Para $10^{12} \leq \rho \leq 10^{15} \Omega \text{ cm}$ conllevan un progresivo aumento del riesgo (la del tolueno es $\rho = 1 \times 10^{14} \Omega \text{ cm}$), descendiendo la peligrosidad del líquido respecto a este parámetro nuevamente a partir de valores de $\rho > 1 \times 10^{15} \Omega \text{ cm}$ (véanse NTP 225: Electricidad estática en el trasvase de líquidos inflamables y NTP 567: Protección frente a cargas electrostáticas).

Bibliografía

1. BUDAVARI, S.
The Merck Index an Encyclopedia of chemicals, drugs and biologicals.
11th ed. Rahway, New Jersey, Merck and Company, Inc, 1989
2. CRC HANDBOOK OF CHEMISTRY AND PHYSICS
A ready reference book of chemical and physical data
61st ed., Boca Raton, Florida, CRC Press, 1980
3. GOSELIN, R.E et al.
Clinical Toxicology of Commercial Products
4th ed. Baltimore, Williams Wilkins, 1976
4. HAYES, W.J. & LAWS, E. R.
Handbook of Pesticide Toxicology
London, Academic Press, 1991
5. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT).
Fichas Internacionales de Seguridad Química
Madrid, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1999
6. LEWIS, R. J.
Sax's dangerous Properties of Industrial Materials
8th ed. New York, Van Nostrand Reinhold Co, 1992
7. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA).

Fire Protection Guide on Hazardous Materials

Quincy, Massachusetts, NFPA, 1989

8. REGIDOR BRAOJOS, L., ALONSO ESPADALÉ, R.M^a, HUICI-MONTAGUD, A.
Guía para la interpretación y utilización de las fichas de seguridad química
Madrid, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2000
9. VERSCHUEREN K.
Hand book of Environmental Data of Organic Chemicals
2nd ed., New York, Van Nostrand Reinhold, 1983

LEGISLACIÓN RELACIONADA

- Real Decreto 363/1995 de 10.3. (M. Presid., BOE 5.6.1995 con suplemento) y posteriores modificaciones. Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas
- Real Decreto 374/2001 de 6.4. (M. Presid., B.O.E 1.5.2001). Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo
- Real Decreto 255/2003 de 28.2. (M. Presid., BOE 4.3.2003). Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos
- Real Decreto 379/2001 de 6.4. (M. Presid., BOE 10.5.2001). Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias