

Laboratorios químicos: clasificación y estimación de su peligrosidad (II)

Chemical laboratories: classification and hazard appraisal (II)
Laboratoires chimiques: classification et estimation des dangers (II)

Redactores

Francisco Sicilia Gutiérrez
Doctor en Ciencias y Tecnología del Medio Ambiente.

Pedro Espinosa Hidalgo
Doctor en Ciencias Químicas
UNIVERSIDAD DE GRANADA

Xavier Guardino Solá
Doctor en Ciencias Químicas
CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Esta NTP es continuación de la NTP-987, que contiene la bibliografía de ambas.

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.

1. INTRODUCCIÓN

El IPMAQ adopta un valor diferente dependiendo de las características de peligrosidad de las sustancias, de las cantidades usadas, de su tendencia a pasar al medio ambiente y de la calidad de las medidas de control de las diferentes variables que influyen en la peligrosidad.

Para proceder a la valoración de las variables se define como parámetro aquel elemento del entorno que es influenciado por ellas. El parámetro considerado, en este caso, es la contaminación química en el laboratorio. Cuando la variable está directamente relacionada con dicha contaminación, pondera el doble. Los índices que cuantifican las diferentes variables son los relacionados con las sustancias (ΣI_s), las instalaciones y equipamiento (IL) y las personas (I_r).

2. ÍNDICE DE RIESGO GLOBAL RELACIONADO CON LAS SUSTANCIAS: ΣI_s

Con respecto a las variables relacionadas con la sustancia o mezcla, para su cuantificación se tiene en cuenta su *Índice de Riesgo Potencial, Is*. Para su cálculo, primero se calcula, para cada sustancia, su nivel de riesgo según el método COHSS Essentials y cuya secuencia de cálculo se puede obtener en la NTP 936 del INSHT. Una vez obtenido el nivel de riesgo de cada sustancia, (1 = Bajo, 2 = Medio, 3 = Alto, 4 = Muy alto) a cada nivel se le asigna una clasificación (1/2, 2, 3 y 4). Ver la tabla 1. Al ser ésta una variable directamente relacionada con la contaminación química del laboratorio, se multiplica por una ponderación de 2, obteniéndose así el valor del índice de riesgo global (valores de 1, 4, 6 y 8) para cada una de las sustancias manejadas en el laboratorio.

Índice	Condición	Clasificación	Valor
Índice de riesgo de cada sustancia	Bajo	½	1
	Medio	2	4
	Alto	3	6
	Muy alto	4	8

Tabla 1. Valores que adopta el Índice de riesgo potencial de cada sustancia

Se ha de tener en cuenta que en un laboratorio, donde a diario se manejen muchas sustancias ("i" sustancias), el Índice de Riesgo Global de todas las sustancias manejadas en el laboratorio será la suma de todos y cada uno de los índices globales de riesgos de todas las sustancias; ΣI_s .

3. ÍNDICES RELACIONADOS CON EL LABORATORIO: IL

Cada variable se valora a través de su índice correspondiente. Índice de almacenamiento (I_a), Índice de extracción localizada (ILO), Índice de ventilación (IV), Índice de mantenimiento de instalaciones (Im) e Índice de mantenimiento de equipos de trabajo (I_e).

Índice de almacenamiento: I_a (Ver la tabla 2)

- Se considera un laboratorio *sin almacén* cuando todos los productos químicos se hallan dispersos por las diferentes dependencias del mismo sin que exista un lu-

Índice	Condición		Clasificación	Valor
Almacenamiento	Sin almacén		3 Alta	3
	Con almacén	Limitado /deficiente	2 Media	2
		Satisfactorio	1 Baja	1

Tabla 2. Valores que adopta el Índice de almacenamiento.

gar expresamente diseñado para tal fin. Tampoco hay armarios de seguridad para almacenar los productos tóxicos y muy tóxicos. Ver la tabla 2.

- Se considera *limitado/deficiente* si no se dispone de almacén específico de productos químicos, pero al menos se dispone de armarios de seguridad para almacenar los productos tóxicos y los inflamables.
- Se considera *satisfactorio* si se dispone de almacén de seguridad, armarios de seguridad para productos tóxicos e inflamables, separándolos del resto de productos y se adoptan criterios de almacenamiento de compatibilidad química. Los valores posibles para este Índice serán: 3, 2 ó 1 dependiendo de la condición de la variable "Almacenamiento".

Índice de extracción localizada: ILo (Ver la tabla 3)

- Se considera que la extracción localizada es *suficiente* cuando hay al menos una vitrina de gases por cada tres trabajadores que de manera simultánea puedan permanecer en el laboratorio trabajando.
- Se considera que la variable sobre la extracción localizada posee características de *limitada* cuando hay una vitrina de gases por cada cinco trabajadores que puedan estar simultáneamente trabajando en el laboratorio.
- Se considera *insuficiente* cuando haya una por cada diez personas o más.
- Esta es una variable directamente relacionada con la contaminación química del laboratorio. Por tanto su ponderación es 2.

Una vez identificadas las características como *suficiente*, *limitada* o *insuficiente* es necesario indicar si su funcionamiento es satisfactorio o deficiente. Se entiende por un funcionamiento *satisfactorio* cuando la velocidad de aire media en la cara abierta de la campana es de 0,3 m/s o superior por cada metro cuadrado de apertura medido en la cara abierta de la vitrina. Se entenderá que es *deficiente* cuando dicha velocidad es inferior a 0,3 m/s. Este criterio ha sido establecido teniendo en cuenta

la velocidad de captura (entre 0,254 y 0,508 m/s) necesaria para procesos de evaporación de sustancias en ambientes con escasa o nula velocidad de aire (Industrial Ventilation. Cap. 3-6: y cap. 10-42 ACGIH. 2004). Se puede obtener más información en las Normas UNE-EN 14175:2005 Vitrinas de gases, partes 2, 3 y 4 y en las NTP 646 y NTP 677.

Índice de ventilación: Iv (Ver la tabla 4)

- Se considera que la variable de ventilación del laboratorio es *forzada y natural* cuando posee un sistema de ventilación forzado que tenga capacidad de renovar el aire del laboratorio, cumpliendo como mínimo con los criterios del RD 486/97 y, además, tiene posibilidades de apertura de ventanas del mismo. Se considera que *no existe forzada* cuando no se dispone de tal sistema de ventilación. En ocasiones las vitrinas de extracción de gases disponibles pueden actuar como parte del sistema de ventilación general del laboratorio.
- Se entiende que las características del sistema de ventilación forzada y natural son *suficientes* cuando el sistema de ventilación forzada puede renovar seis veces por hora o más el aire del interior del laboratorio, según el criterio establecido por el Manual de Higiene Industrial de Mapfre.
- Se entiende que el sistema de ventilación forzada y natural del laboratorio es *limitado* cuando la capacidad de renovación del mismo es de entre tres a seis veces por hora.
- Se entiende que el sistema de ventilación forzada y natural del laboratorio es *insuficiente* cuando la capacidad de renovación sea inferior a tres renovaciones totales por hora.
- Se entiende como funcionamiento *satisfactorio* cuando las entradas y salidas de aire están repartidas de tal manera que procuran una renovación efectiva del aire no dejando bolsas de aire "muerto", sin renovar. Es *deficiente* cuando tales difusores y rendijas de aire no permitan esa renovación efectiva de aire.

Índice	Condición			Clasificación	Valor	
			Instalación			Funcionamiento
Extracción localizada			Existe	Características	Suficiente	Satisfactorio
	Deficiente	½ Baja				1
	Limitada	Satisfactorio			½ Baja	1
		Deficiente			2 Media	4
	Insuficiente	Satisfactorio	2 Media	4		
		Deficiente	3 Alta	6		
No existe				3 Alta	6	

Tabla 3. Valores que adopta el Índice de extracción localizada

Índice	Condición			Clasificación	Valor	
			Instalación			Funcionamiento
Ventilación	Existe forzada y natural	Características	Suficiente	Satisfactorio	0 Nula	0
				Deficiente	½ Baja	1
			Limitada	Satisfactorio	½ Baja	1
				Deficiente	2 Media	4
			Insuficiente	Satisfactorio	2 Media	4
				Deficiente	3 Alta	6
	No existe forzada	Existe natural		3 Alta	6	
		No existe natural		4 Muy Alta	8	

Tabla 4. Valores que adopta el Índice de ventilación

- Se entiende que *existe* ventilación natural cuando es posible la apertura de ventanas que dan al exterior.
- Por último, se entiende que *no existe* ventilación natural si no existen ventanas o rejillas fijas que den al exterior del laboratorio.
- Esta es una variable directamente relacionada con la contaminación química del laboratorio. Por tanto su ponderación es 2.

Factor de corrección “k” debido a la forma de trabajo

Además de lo anteriormente expuesto referente a la falta de eficacia del sistema de ventilación (en ocasiones debido a la imposibilidad técnica de encerrar la fuente emisora de contaminación), la forma de trabajar con las sustancias químicas y la forma en que se aplica el producto o se trabaja con él, hace el que el contaminante se difunda en mayor grado por el ambiente de trabajo. Esta

k	CRITERIO
100	Muy alto grado de dispersión superficial. Se rocía y pulveriza al ambiente gran cantidad de sustancias químicas. Existe gran superficie emitiendo agentes químicos al aire. La ventilación y la extracción localizada son evidentemente deficientes.
75	Alto grado de dispersión superficial. Se esparcen por la superficie de trabajo y aplican superficialmente las sustancias químicas.
50	Media dispersión. Existen trasvases y preparación de disoluciones fuera de las vitrinas de gases de manera habitual.
25	Baja dispersión. Existen trasvases y preparación de disoluciones dentro de las vitrinas de gases.
4	Muy baja dispersión. Las preparaciones de disoluciones y trasvases son esporádicas y se hacen en vitrina de gases.
0-1	1 = No existe dispersión superficial. La ventilación general y la extracción localizada evitan la dispersión al ambiente de las sustancias químicas. 0 = Los procesos de manipulación de sustancias químicas están muy automatizados. No existe manipulación de agentes químicos.

Tabla 5. Valoración del factor k acorde con el criterio de manejo de sustancias y su forma de aplicación en cada laboratorio

circunstancia es tenida en cuenta mediante la aplicación de un factor de corrección “k” que, multiplicado por éste índice de ventilación “lv” definido haga aumentar la peligrosidad del laboratorio. El factor varía según la manipulación de las sustancias y sus valores se presentan en la tabla 5.

Índice de mantenimiento de instalaciones: Im (Ver la tabla 6)

Se considera que la variable de mantenimiento de instalaciones es *adecuada* cuando todas las instalaciones han pasado su correspondiente revisión (cumpliendo los plazos reglamentarios de revisión por un mantenedor autorizado), las instalaciones generales de pavimento no están deterioradas, las superficies de trabajo y mobiliario son resistentes a las sustancias utilizadas y, con carácter general a álcalis, ácidos y a disolventes y se encuentran limpias y ordenadas.

El nivel de iluminación ha de ser, como mínimo, de 500 lux en la superficie de trabajo según la Norma UNE 12464-1. Se entenderá como *no adecuada* cuando alguna de las instalaciones anteriormente citadas no disponga de los correspondientes certificados de adecuación a la normativa vigente realizados por un instalador/mantenedor autorizado por el organismo competente.

- Esta es una variable directamente relacionada con la contaminación química del laboratorio. Por tanto su ponderación es 2.

Índice	Condición	Clasificación	Valor
Mantenimiento de instalaciones de laboratorio	Adecuada	0 Muy baja	0
	No adecuada	3 Alta	6
	No disponible	3 Alta	6

Tabla 6. Valores que adopta el Índice de mantenimiento de las instalaciones del laboratorio

Índice de mantenimiento de equipos de trabajo: Ie

Se considera que el estado de equipos de trabajo es *adecuado* cuando estén certificados y cumplan con las condiciones de instalación establecidas por el fabricante y por la legislación que les sea aplicable. En

caso contrario se consideran *no adecuados*. La opción *no disponible* se aplica cuando las certificaciones de instalación de los equipos no estén disponibles (ver la tabla 7). A modo de ejemplo, se exponen las siguientes situaciones:

- Cuando un equipo de trabajo lleve incorporados medidores de presión de los gases de servicio y la instalación esté certificada. Por ejemplo, los reductores de presión (manorreductores) de acetileno y oxígeno de los espectrofotómetros de absorción atómica han de estar convenientemente montados en una instalación certificada.
- Ciertos equipos, como, por ejemplo los esterilizadores, deben pasar las revisiones pertinentes, básicamente la prueba de presión, según el RD 2060/2008. Debe disponerse del certificado pertinente.
- Todos los equipos han de tener su cableado de conexión a la red eléctrica en perfectas condiciones, sin empalmes ni roturas.
- Todo equipo debe estar certificado CE.
- El material de vidrio ha de conservarse sin grietas, sin roturas de bordes y con la señalización de volumen claramente visible.

Índice	Condición	Clasificación	Valor
Mantenimiento de equipos de trabajo	Adecuada	0 Muy baja	0
	No adecuada	3 Alta	3
	No disponible	3 Alta	3

Tabla 7. Valores que adopta el Índice de mantenimiento de equipos de trabajo

4. ÍNDICES RELACIONADOS CON LA PERSONA

Consideraremos la protección respiratoria, la protección dérmica, la protección ocular, la formación y las prácticas higiénicas.

Índice de protección respiratoria: Ipr

Se entiende que la protección respiratoria es *adecuada* cuando una máscara o mascarilla certificada CE es la apropiada para un contaminante químico con el que se esté trabajando, usando los filtros específicos para él y cumpliendo con lo establecido para su adecuada gestión. Lo mismo es aplicable a la protección de ojos y cara usando máscara facial en vez de mascarilla. Consultar el [Portal de EPI del INSHT](#). Sería *no adecuada* en los demás casos y cuando no se disponga de protecciones certificadas se considerará como *no disponible*. Ver la tabla 8.

- Esta es una variable directamente relacionada con la contaminación química del laboratorio. Por tanto su ponderación es 2.

Índice	Condición	Clasificación	Valor
Protección respiratoria	Adecuada	½ Baja	1
	No adecuada	4 Muy Alta	8
	No disponible	4 Muy Alta	8

Tabla 8. Valores que adopta el Índice de protección respiratoria.

Índice de protección dérmica: Id

Se entiende como *adecuada* cuando además del uso de bata de laboratorio de manga larga y completamente abrochada se use protección de las manos certificada CE para el riesgo químico, categoría 3. Consultar el [Portal de EPI del INSHT](#). Será *no adecuada* cuando no se use bata de laboratorio, el guante no se ajuste a la citada norma, o ambas deficiencias a la vez. Ver la tabla 9.

Índice	Condición	Clasificación	Valor
Protección dérmica	Adecuada	1 Baja	1
	No adecuada	4 Muy alta	4
	No disponible	4 Muy alta	4

Tabla 9. Valores que adopta el Índice de protección dérmica

Índice de protección ocular: Io

Se entiende como *adecuada* aquella protección ocular certificada CE para el riesgo químico con ajuste tipo cazoleta o integral. Se incluyen en este apartado también las pantallas faciales certificadas CE. Consultar el [Portal de EPI del INSHT](#).

Cabe destacar que la clasificación es baja debido a que, aún siendo adecuada la protección ocular, siempre puede existir contacto accidental (por impregnación de la frente o por difusión a través de las rendijas de ventilación incorporadas en la parte inferior de las gafas) que haga penetrar al producto químico y se permita por tanto el contacto con los ojos del usuario. En este caso se reduce la efectividad de la protección. Se considera *suficiente* cuando las gafas sean certificadas contra impactos y proyección de baja, media o alta energía. Consultar el [Portal de EPI del INSHT](#). Será *no adecuada* cuando la protección ocular no se ajuste a la norma correspondiente. Ver la tabla 10.

Índice	Condición	Clasificación	Valor
Protección ocular	Adecuada	1 Baja	1
	Suficiente	2 Media	2
	No adecuada	4 Muy alta	4
	No disponible	4 Muy alta	4

Tabla 10. Valores que adopta el Índice de protección ocular

Índice de formación de la persona: If

Adecuada sería aquella formación en cuyos contenidos se contemplen los riesgos relacionados con las sustancias químicas y además existe certificado que así lo acredita. *No adecuada* sería toda formación donde el riesgo químico no esté contemplado. En este sentido, si no existe certificado de formación al respecto, equivale a formación no adecuada. Se destaca que se clasifica como baja la condición de adecuada y no como muy baja, pues a través de la formación se pretende lograr la modificación de conductas "inseguras" por parte de las personas aunque en ciertas ocasiones estas pautas de comportamiento no se alteran de manera significativa, por tanto no podría nunca adoptar el valor de "0". Ver la tabla 11.

- Esta es una variable directamente relacionada con la contaminación química del laboratorio. Por tanto su ponderación es 2.

Índice	Condición	Clasificación	Valor
Formación en la peligrosidad de sustancias químicas	Adecuada	½ Baja	1
	No adecuada	4 Muy alta	8
	No certificable	4 Muy alta	8
	No disponible	4 Muy alta	8

Tabla 11. Valores que adopta el Índice de formación de la persona

Índice de prácticas higiénicas: Ih

En la tabla 12 se detallan las diferentes prácticas higiénicas tenidas en cuenta y su clasificación.

De esta manera, los valores adoptados por el índice correspondiente son los que se indican en la tabla 13.

Índice	Condición	Clasificación	Valor
Prácticas higiénicas	Ninguna	8 Muy baja	8
	Escasas	6 Baja	6
	Medias	4 Media	4
	Adecuadas	2 Alta	2
	Alta	2 Alta	2
	Muy alta	0 Muy alta	0

Tabla 13. Valores que adopta el Índice de prácticas higiénicas

5. TIEMPO DE EXPOSICIÓN (T)

Cuando en el laboratorio trabajen personas durante tiempos diferentes a 8 horas diarias, el índice de peligrosidad en el manejo de agentes químicos del laboratorio

se modificaría proporcionalmente con los tiempos de exposición. De esta manera, si el tiempo de exposición es diferente a 8 horas diarias el Índice corregido se calcularía mediante la siguiente expresión:

$$IPMAQ_T = IPMAQ_8 \times T/8$$

siendo:

T: tiempo de exposición diario expresado en horas.

IPMAQ₈ = índice de peligrosidad en el manejo de agentes químicos del laboratorio calculado.

IPMAQ_T = índice de peligrosidad en el manejo de agentes químicos del laboratorio corregido para T horas/diarias.

Una vez expuestos los diferentes valores que pueden adoptar los índices según el estado de las variables, en la tabla 14 se expone un resumen con los diferentes valores que pueden adoptar.

Fuente potencial de peligrosidad	Índice de peligrosidad	Valores	Máximo valor
Foco (sustancia*)	Is _i	1,4,6,8	8
Medio (laboratorio)	la	1,2,3	3
	lLo	0,1,4,6	6
	k	0-100	100
	lv	0-8	8
	lm	0,6	6
Persona receptora (persona)	le	0,3	3
	lpr	1,8	8
	lpd	1,4	4
	lpo	1,4	4
	lh	0,1,4,6,8	8
	lf	1,8	8

* Estos son los valores que pueden adoptar cada una de las sustancias manejadas. En realidad el Índice de riesgo global es el que se obtiene sumando todos los valores posibles que adoptarían las diferentes sustancias manejadas.

Tabla 14. Valores asignados a los índices de peligrosidad

Clasificación prácticas higiénicas	Prácticas higiénicas	Clasificación prácticas higiénicas	Prácticas higiénicas
Ninguna	<ul style="list-style-type: none"> • Se come • Se bebe • Se fuma • No se lavan manos • No se lava cara • No se lava bata especial 	Adecuadas-altas	<ul style="list-style-type: none"> • No se bebe • No se fuma • Sí se lavan manos • Sí se lava cara • No se lava bata
Escasas	<ul style="list-style-type: none"> • No se come • No se bebe • No se fuma • No se lavan manos • No se lava cara • No se lava bata – Sí se lava bata especial 	Muy altas	<ul style="list-style-type: none"> • No se come • No se bebe • No se fuma • Sí se lavan manos • Sí se lava cara • Sí lava bata especial
Medias	<ul style="list-style-type: none"> • No se come • No se bebe • No se fuma • Sí se lava manos • No se lavan cara • Sí se lava bata especial 		

Tabla 12. Clasificación de las prácticas higiénicas personales

6. VALORACIÓN Y NIVELES DE PELIGROSIDAD

Al objeto de validar el método, 40 han sido los laboratorios donde se ha aplicado el IPMAQ. En ellos se han estudiado las sustancias manejadas, sus instalaciones, y los índices de peligrosidad relacionados con las personas. En ocho de ellos se han medido las concentraciones ambientales de agentes químicos y se ha correlacionado el orden de peligrosidad obtenido mediante el método con el orden de magnitud del índice de exposición a las sustancias analizadas en el ambiente, comprobando de esta manera la fiabilidad del método.

Gracias a esta evaluación de la peligrosidad realizada, se puede clasificar a los laboratorios en cuatro niveles de mayor a menor peligrosidad: Q4, Q3, Q2 y Q1. Ver la figura 1. Los Q4 comprenderían laboratorios con IPMAQ mayor de 2500, los Q3 con IPMAQ comprendido entre 1500 y 2500, los Q2 con IPMAQ entre 500 y 1500 y los Q1, de menor peligrosidad con IPMAQ menor que 500.

EL IPMAQ permite comparar la peligrosidad entre laboratorios pudiendo realizar una distribución de los recursos disponibles más eficiente permitiendo planificar las inversiones desde el punto de vista técnico-preventivo. En este caso, en dos laboratorios que pertenecen a la misma empresa, a la hora de realizar una inversión en

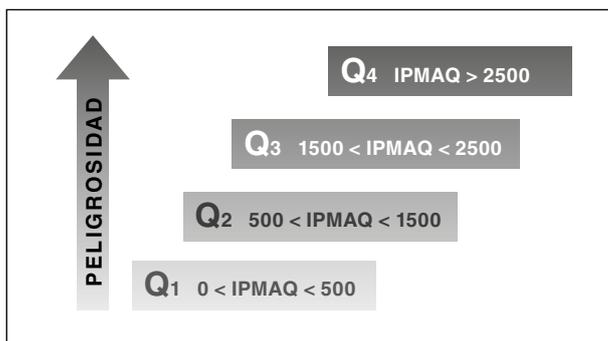


Figura 1. Niveles de peligrosidad

los mismos y atendiendo a una mejora de su peligrosidad, habría que aplicar los recursos de manera prioritaria al laboratorio con mayor IPMAQ.

Igualmente, el método permite determinar *a priori* el impacto de una medida preventiva potencial a implantar, antes incluso de hacerlo, con el objetivo de disminuir la peligrosidad del mismo.

El método también ofrece la oportunidad de establecer la calidad de las instalaciones del mismo. Así recordemos que el IL está compuesto por los sumandos siguientes

$$IL = I_a + I_{Lo} + kI_v + I_m + I_e$$

Eliminando el factor de manejo "k" que no está relacionado con las instalaciones en sí, si no más bien con la forma de trabajo y posibilidad de encerramiento de la fuente emisora, tendríamos que IL en este caso sería:

$$IL = I_a + I_{Lo} + I_v + I_m + I_e$$

Variando IL entre 0 y 26.

L4 sería un laboratorio con las mejores instalaciones con valores de IL entre 1 y 6, L3 (7-12 de IL), L2, con valores entre 13 a 18 y L1 con valores de IL entre 19 y 26.

Al aumentar la calidad de las instalaciones, mejora, por tanto, el nivel de contención del riesgo químico en el laboratorio. Ver la figura 2.

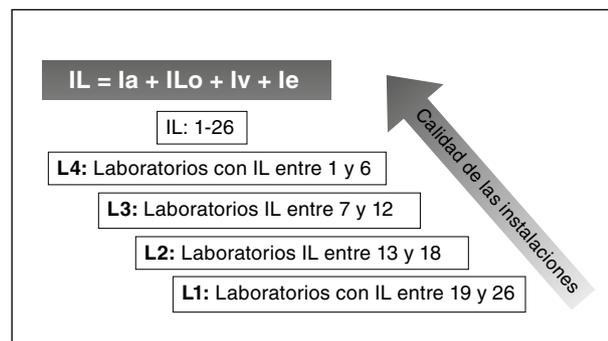


Figura 2. Niveles de contención del laboratorio.