

Sustitución de agentes químicos peligrosos (III): modelo de columnas (versión 2020).

Substitution des agents chimiques dangereux (III): mise à jour du modèle de colonne (version 2020).
Substitution of hazardous chemical agents (III): column model update (version 2020).

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Francisco Alberto Vicente de la Peña.

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS. INSST.

La presente NTP sustituye a la NTP 712, dedicada a la descripción del modelo de columnas alemán, para la sustitución de agentes químicos peligrosos, con el objetivo de adaptarla al Reglamento (CE) n° 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (CLP) y a la última versión (2020) del Modelo de Columnas del Instituto de Salud y Seguridad en el Trabajo del Seguro Social de Accidentes de Alemania (IFA, por sus siglas alemán). Esta herramienta describe una metodología sencilla, dirigida a pequeñas empresas, para comparar los peligros de dos o más sustancias con la finalidad de seleccionar una sustancia que resulte menos peligrosas.

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

La sustitución de agentes químicos peligrosos por otros menos peligrosos o no peligrosos debe considerarse una acción prioritaria, según lo establece la legislación vigente desde los principios de la acción preventiva (artículo 15 de la LPR). El objetivo es eliminar o reducir los peligros a los que están expuestas las personas en su lugar de trabajo.

Aunque esta es una de las primeras medidas a considerar, el proceso de sustitución de un agente químico es complejo. Desde el ámbito de la normativa de comercialización de sustancias químicas, el Reglamento (CE) n° 1907/2006 de Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de sustancias y mezclas químicas (REACH) y el Reglamento CLP, se ha contemplado este aspecto y, por ejemplo, el REACH a través de sus procesos de autorización y restricción ya limita la comercialización o solicita más requisitos para que las sustancias más peligrosas se manejen de una manera segura y las medidas de control sean más eficaces. La Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA), facilita información y herramientas sobre los pasos que hay que tener en cuenta, a la hora de realizar una sustitución.

La ECHA menciona los siguientes pasos:

- 1º. Identificación: El primer paso para llevar a cabo con éxito la sustitución es identificar las sustancias peligrosas que se utilizan y priorizar aquellas que podrían ser candidatas para su sustitución.
- 2º. Búsqueda de alternativas: Una vez identificada la sustancia que se quiere sustituir, se deben buscar alternativas. Se recomienda explorar una amplia

gama de opciones, incluyendo sustancias, técnicas y diseños de productos. Para que una alternativa sea viable, debe haber suficiente información sobre sus propiedades. La propia ECHA ofrece recursos y herramientas para facilitar esta búsqueda, incluyendo la base de datos del catálogo de clasificación y etiquetado de sustancias.

- 3º. Análisis de alternativas: cuando se identifiquen las posibles alternativas, se deben comparar y seleccionar aquellas que mejor se ajusten al proceso y cuyo resultado final sea el esperado. En esta etapa se deben valorar los riesgos y peligros, funcionalidad, viabilidad económica y otros posibles impactos, con el fin de evitar resultados indeseados o que se sustituyan unos riesgos por otros. Una vez realizado un análisis general, se profundizará en los criterios clave para la toma de decisiones. Si se opta por una sustancia química alternativa, es esencial realizar una evaluación de los riesgos potenciales asociados y consultar bases de datos de información toxicológica y de exposición. También es necesario evaluar el rendimiento, considerando el ciclo de vida del producto y otros aspectos como las emisiones de gases de efecto invernadero.
- 4º. Pruebas e implementación: Una vez seleccionada la alternativa más adecuada, se deben realizar pruebas piloto para verificar y ajustar los cambios en el proceso necesarios para implementar la sustitución. Si los resultados son satisfactorios, se procederá al escalado industrial.
- 5º. Transmisión de información: Una vez completada la sustitución, es necesario comunicar este cambio a clientes y proveedores, en el caso de que tuviera implicaciones en sus procesos o productos.

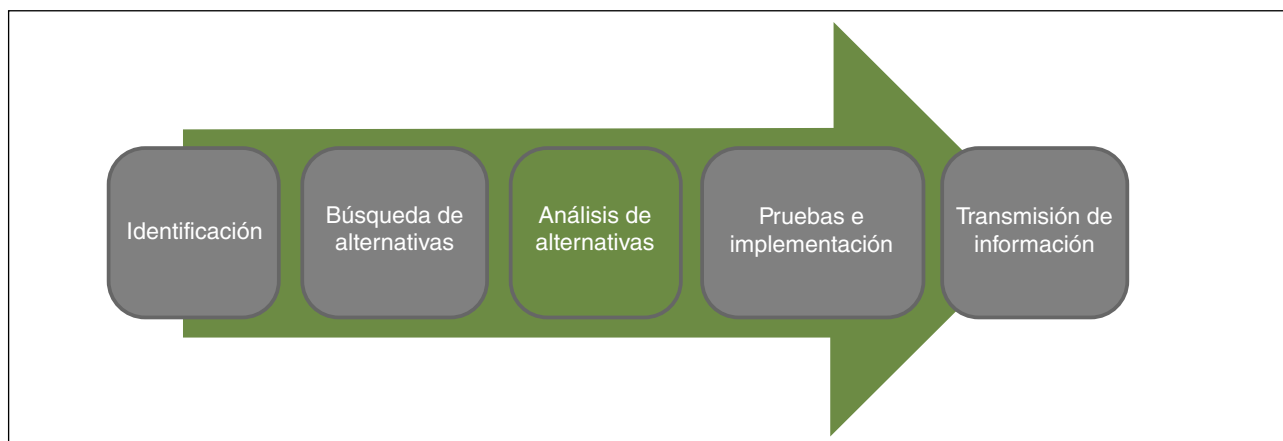


Figura 1: Pasos descritos por la ECHA para llevar a cabo un proceso de sustitución¹.

Puede darse el caso que la sustitución de una sustancia, una vez realizado el proceso de estudio de sustitución, no sea viable. Sin embargo, durante el proceso, se habrá obtenido más información sobre el mismo, se habrá colaborado con agentes implicados que resulten en un conocimiento mayor para también facilitar la implantación de medidas de control más específicas. Posteriormente, debido a que la sustancia no puede ser sustituida por ninguna otra, se continúa estando en una situación de peligro. Sin embargo, se tiene más información debido al estudio de sustitución realizado, y esta información puede ayudar a valorar o a mejorar las medidas de control ya implantadas, con el objetivo de reducir la exposición al mínimo posible.

A lo largo de la historia se han dado casos de sustitución en los que *a priori* parecían alternativas más seguras pero que posteriormente, se ha demostrado que no lo eran, como es el caso de los hidrocarburos polifluorohalogenados (freones) y los policlorobifenilos (PCB)².

2. LA SUSTITUCIÓN EN EL ÁMBITO NORMATIVO

El concepto de sustitución viene recogido en distintas normativas relativas de prevención de riesgos laborales al estar entre las medidas prioritarias para eliminar y reducir el riesgo, lo que se conoce como la jerarquía de control. Además, desde la entrada en vigor, de los Reglamentos REACH y CLP, se ha promovido la sustitución desde su origen, prohibiendo o limitando determinados usos o directamente la fabricación y comercialización. Además, desde la perspectiva medioambiental, y con los marcos normativos correspondientes, se ha impulsado también la sustitución de aquellas sustancias que suponen un riesgo importante para el medio ambiente. Otras iniciativas europeas como el Pacto Verde Europeo³ y la “Estrategia de sostenibilidad para las sustancias químicas”⁴ también contemplan la eliminación de las sustancias químicas más peligrosas.

Así se recoge en diversas disposiciones legales (relación no exhaustiva):

- [Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales](#). Artículo 15. Principios de la acción preventiva.
- [Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos durante el trabajo](#). Artículo 4. Sustitución de agentes cancerígenos o mutágenos.
- [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](#). Artículo 5. Medidas específicas de prevención y protección.
- [Reglamento \(CE\) nº 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 \(REACH\)](#). Título VII. Autorización.

3. HERRAMIENTAS DISPONIBLES PARA LA FASE DE ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Existen diversas maneras de afrontar la etapa de análisis de alternativas entre la sustancia a sustituir y la posible alternativa. Algunos ejemplos son las herramientas mencionadas por la ECHA en su espacio web dedicado a la sustitución de agentes químicos:

- [GreenScreen®](#) para químicos más seguros.
- Herramienta de Evaluación Química Rápida ([QCAT](#), por sus siglas en inglés).
- Sistema de análisis de las opciones de prevención de la contaminación ([P2OASys](#), por sus siglas en inglés).
- [Directrices de la OCDE sobre Aspectos Clave para la Identificación y Selección de Alternativas Químicas más Seguras](#).
- [Modelo de Columnas GHS](#)⁵: derivado de la ordenanza alemana *German Hazardous Substances Ordinance*.

Esta NTP, tal y como se ha comentado anteriormente, detalla el Modelo de Columnas desarrollado por el IFA, en el que con una poca información de las sustancias y procesos aplicados se puede obtener una evaluación y comparación rápida y sencilla entre las sustancias a intercambiar.

¹ *Substances of concern: Why and how to substitute?*

² *Guía práctica para la sustitución de agentes químicos por otros menos peligrosos, en la industria. Foment del Treball; 2011.*

³ <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/green-deal/>

⁴ https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/estrategiadestostenibilidad-dparalassustanciasquimicas_tcm30-527273.pdf

⁵ *German Hazardous Substances Ordinance.*

4. MODELO DE COLUMNAS

El [modelo de columnas](#) desarrollado por el IFA es una herramienta de fácil uso, que permite comparar dos o más sustancias químicas atendiendo a su peligrosidad de acuerdo con los criterios establecidos en el anexo I del Reglamento CLP y ver de una manera preliminar y rápida si la sustitución puede ser una opción viable o no al comparar las distintas alternativas.

Esta herramienta distribuye las sustancias en distintos niveles de peligrosidad, teniendo en cuenta la clasificación de estas. El modelo tiene en cuenta la información disponible relativa a:

- Efectos agudos para la salud (exposición única).
- Efectos crónicos para la salud (exposiciones repetidas).
- Riesgos medioambientales.
- Riesgo físico-químicos (incendio, explosión, etc.).
- Riesgos debidos a la emisión potencial (liberación).
- Riesgos asociados al proceso.

La información necesaria para aplicar el modelo se recoge en la tabla 1. Esta información se puede obtener del etiquetado de las sustancias, las fichas de datos de seguridad (FDS) y un conocimiento básico sobre las condiciones de uso y el proceso en el cual se van a utilizar.

La información necesaria de las FDS se puede encontrar en las siguientes secciones:

- Sección 2. Identificación de peligros.
- Sección 3. Composición/Información sobre los componentes.
- Sección 5. Medidas de lucha contra incendios.
- Sección 9. Propiedades físicas y químicas (9.1 Liberación y 9.2 Incendio y explosión).
- Sección 10. Estabilidad y reactividad.
- Sección 11. Información toxicológica.
- Sección 12. Información ecológica.
- Sección 15. Información reglamentaria (sustancias incluidas en la [lista de autorización – Anexo XIV](#), o en la [lista de restricciones – Anexo XVII](#)).
- Sección 16. Otra información.

1. Riesgo	2a. Efectos agudos para la salud (única exposición)	2b. Efectos crónicos para la salud (exposiciones repetidas)	3. Riesgo medioambiental ⁶	4. Incendio y explosión ⁷ , corrosión, etc.	5. Emisión potencial (Liberación)	6. Asociados al proceso ⁸
Muy Alto	<p>Toxicidad aguda Cat.1 y 2 (H300, H310, H330)</p> <p>En contacto con ácidos liberan gases altamente tóxicos (EUH032)</p>	<p>Carcinógenos Cat.1A o 1B (H350, H350i)</p> <p>Mutágenos Cat.1A o 1B (H340)</p>	<p>Peligrosos para el medioambiente acuático, efectos agudos Cat.1 (H400).</p> <p>Peligrosos para el medioambiente acuático, efectos crónicos Cat.1 (H410)</p> <p>PBT</p> <p>mPmB</p>	<p>Explosivo inestable (H200)</p> <p>Explosivos divisiones 1.1 (H201), 1.2 (H202), 1.3 (H203), 1.4 (H204), 1.5 (H205) y 1.6 (sin indicaciones de peligro H)</p> <p>Gases inflamables Cat.1A (H220, H230, H231, H232) y Cat.1B y 2 (H221)</p> <p>Gases pirofóricos (H232)</p> <p>Líquidos inflamables, Cat.1 (H224)</p> <p>Sustancias autorreactivas, Tipos A (H240) y B (H241)</p> <p>Peróxidos orgánicos, Tipos A (H240) y B (H241)</p> <p>Líquidos o sólidos pirofóricos, Cat.1 (H250)</p>	<p>Gases</p> <p>Líquidos con una presión de vapor >250hPa (mbar) (p.ej. diclorometano).</p> <p>Sólidos que generan polvo.</p> <p>Aerosoles.</p>	<p>Proceso abierto.</p> <p>Posibilidad de contacto directo con la piel.</p> <p>Gran área de aplicación.</p>

⁶ El modelo original menciona la clasificación alemana de peligro para el agua (Substances/mixtures of German Water Hazard Class WGK).

⁷ Las sustancias pulverulentas con riesgo de explosión deben ser estudiadas individualmente por personas expertas, por lo que no se asignan a ninguna de las clases de peligro mencionadas a continuación.

⁸ En esta columna el modelo original menciona la serie de normas [TRGS500](#) alemanas, relacionadas con la clasificación de los procesos.

Muy Alto				<p>Sustancias que en contacto con el agua emiten gases inflamables, Cat.1 (H260)</p> <p>Líquidos o sólidos oxidantes, Cat.1 (H271)</p>		
Alto	<p>Toxicidad aguda Cat.3 (H301, H311, H331)</p> <p>Sustancias tóxicas en contacto con los ojos (EUH070)</p> <p>En contacto con ácidos liberan gases tóxicos (EUH029, EUH031)</p> <p>Toxicidad específica en órgano diana (exposición única) Cat.1 (H370)</p> <p>Sensibilizantes cutáneos (H317, Sh)</p> <p>Sensibilizantes de órganos respiratorios (H334, Sa)</p> <p>Corrosivos para la piel Cat.1, 1ª (H314)</p>	<p>Tóxicos para la reproducción Cat.1A o 1B (H360, H 360F, H360D, H360FD, H360Fd, H360Df)</p> <p>Cancerígenos Cat.2 (H351)</p> <p>Mutágenos Cat.2 (H341)</p> <p>Toxicidad específica en órgano diana (exposición repetida) Cat.1 (H372)</p>	<p>Peligrosos para el medioambiente acuático, efectos crónicos Cat.2 (H411).</p> <p>Peligrosos para la capa de ozono Cat.1 (H420)</p>	<p>Aerosoles, Cat.1 (H222 y H229)</p> <p>Líquidos inflamables, Cat.2 (H225)</p> <p>Sólidos inflamables, Cat.1 (H228)</p> <p>Sustancias auto-reactivas, Tipos C y D (H242)</p> <p>Peróxidos orgánicos, tipos C y D (H242)</p> <p>Calentamiento Cat.1 (H251)</p> <p>Sustancias que en contacto con el agua emiten gases inflamables, Cat.2 (H261)</p> <p>Gases comburentes, Cat.1 (H270)</p> <p>Líquidos o sólidos comburentes, Cat.2 (H272)</p> <p>Explosivos insensibles Cat.1 (H206) y Cat.2 (H207)</p> <p>Otras propiedades (EUH001, EUH014, EUH018, EUH019, EUH044)</p>	<p>Líquidos con una presión de vapor entre 50 y 250 hPa (mbar) (p.ej. metanol).</p>	
Medio	<p>Toxicidad aguda Cat.4 (H302, H312, H332)</p> <p>Toxicidad específica en órgano diana (exposición única) Cat.2 (H371)</p> <p>Corrosivos para la piel Cat.1B, 1C (H314)</p> <p>Dañan los ojos (H318)</p>	<p>Tóxicos para la reproducción Cat.2 (H361, H361f, H361d, H361fd)</p> <p>Toxicidad específica en órgano diana (exposición repetida) Cat.2 (H373)</p> <p>Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna (H362)</p>	<p>Peligrosos para el medioambiente acuático, efectos crónicos Cat.3 (H412).</p> <p>Peligrosos para la capa de ozono Cat.1 (H420)</p>	<p>Aerosoles, Cat.2 (H223 y H229)</p> <p>Líquidos inflamables, Cat.3 (H226)</p> <p>Sólidos inflamables, Cat.2 (H228)</p> <p>Sustancias auto-reactivas, Tipos E y F (H242)</p> <p>Peróxidos orgánicos, tipos E y F (H242)</p>	<p>Líquidos con una presión de vapor entre 10 y 50 hPa (mbar), exceptuando el agua (p.ej. tolueno).</p>	<p>Procesos cerrados con posibilidad de exposición durante la alimentación, toma de muestras o la limpieza.</p>

Medio	<p>Sustancias con efectos corrosivos en órganos respiratorios (EUH071)</p> <p>Gases no tóxicos que causan asfixia por desplazamiento del aire (p. ej. nitrógeno)</p>			<p>Autocalentamiento Cat.2 (H252)</p> <p>Sustancias que en contacto con el agua emiten gases inflamables, Cat.3 (H261)</p> <p>Líquidos o sólidos combustibles, Cat.3 (H272)</p> <p>Gases a presión (H280, H281)</p> <p>Corrosivos para los metales (H290)</p> <p>Explosivos insensibles, Cat.3 (H207) y Cat.4 (H208)</p>		
Bajo	<p>Irritantes para la piel (H315)</p> <p>Irritantes para los ojos (H319)</p> <p>Daña la piel en trabajos en húmedo. Peligro por aspiración (H304)</p> <p>Daños en la piel (EUH066)</p> <p>Toxicidad específica en órgano diana (exposición simple) Cat.3. Irritación de órganos respiratorios (H335)</p> <p>Toxicidad específica en órgano diana (exposición simple) Cat.3. Somnolencia o vértigo (H336)</p>	Sustancias sin frases H sobre toxicidad crónica.	Peligrosos para el medioambiente acuático, efectos crónicos Cat.4 (H413).	<p>Aerosoles, Cat.3 (H229 sin H222 y H223)</p> <p>Combustibles con punto de inflamación entre 60 y 100 °C, sin frases H.</p> <p>Reaccionan espontáneamente, tipo G (sin frases H)</p> <p>Peróxidos orgánicos, tipo G (sin indicaciones de peligro H)</p>	Líquidos con una presión de vapor entre 2 y 10 hPa (mbar), (p.ej. xileno).	Procesos cerrados con posibilidad de exposición durante la alimentación, toma de muestras o la limpieza.
Despreciable	Sustancias seguras basado en la experiencia (p. ej. agua, parafina, ...)		No peligro para el medioambiente acuático.	Poco combustible (punto de inflamación >100 °C, sin frases H)	<p>Líquidos con una presión de vapor < 2 hPa (mbar), (p.ej. etilenglicol).</p> <p>Sólidos que no generan polvo.</p>	

Tabla 1. Valoración del sustituto.

Los peligros contemplados en las columnas 2a, 2b, 3 y 4 son peligros inherentes a la sustancia química en cuestión, es decir, son las propiedades intrínsecas de la sustancia, ya sean sobre peligros para la salud humana, el medio ambiente o propiedades fisicoquímicas.

Los peligros de las columnas 5 y 6 son peligros que podrían hacerse efectivos si se dan determinadas condiciones. Dependerá de las características del proceso y las condiciones físicas de la sustancia, esto es, con qué facilidad podría la sustancia pasar al ambiente de trabajo y por tanto podrían ser inhaladas.

En el caso de las mezclas, únicamente se tendrán en cuenta los efectos tóxicos y crónicos para la salud (columnas 2a y 2b de la tabla 1), según las indicaciones de peligro recogidas en su etiquetado.

La forma de utilización del modelo es la siguiente:

- 1º. Se copia el formato de la tabla 1 vacía, manteniendo únicamente la primera fila (encabezado) y la primera columna (valoración del riesgo o niveles de riesgo).
- 2º. Se distribuye la información recopilada de las FDS, es decir, se recoge la clasificación de la sustancia de las indicaciones de peligro H y las de la alternativa o alternativas en las correspondientes casillas según viene establecido en la tabla original.
- 3º. Se compara el nivel de peligro de la sustancia a sustituir con las candidatas valoradas, columna por columna (la comparación se realiza en vertical, nunca en horizontal) de la siguiente manera:
 - Efectos agudos y efectos crónicos para la salud, se valoran conjuntamente.
 - Riesgos medioambientales.
 - Riesgos físico-químicos.
 - Riesgos debidos a la emisión potencial (liberación).
 - Peligros asociados al proceso.

La sustancia alternativa será mejor opción que la actual cuanto menor sea el peligro presentado en cada una de las columnas.

Si la sustancia alternativa obtiene mejor calificación en las 5 columnas (hay que tener presente que las columnas 2a y 2b se valoran conjuntamente), la comparación de riesgos finaliza y la sustancia química actual podría sustituirse por la sustancia alternativa.

También puede darse el caso que la sustancia alternativa obtenga mejores calificaciones en algunas columnas (niveles más bajos de peligro), pero peores en otras, que la sustancia que se pretende sustituir. En este caso habrá que priorizar los riesgos de unas columnas sobre los de otras. Por ejemplo, si en el proceso productivo existen fuentes de ignición que no se pueden eliminar, el riesgo de incendio y explosión cobra especial relevancia. O si una sustancia alternativa genera residuos peligrosos para el medio ambiente, pero se dispone de un adecuado sistema de tratamiento y gestión de estos o las cantidades son pequeñas, siendo el resto de las características más favorables que la de la sustancia actual, la sustitución podría ser viable.

En algunas ocasiones pueden obtenerse diferencias menores en los niveles de riesgo del posible sustituto, frente a la sustancia a sustituir. Estas diferencias menores solo justificarían la sustitución en el caso de disponer de suficiente información que asegure que, si

se sustituyera, en ningún momento podría suponer un riesgo, al ser casi similares a la sustancia en uso (por ejemplo, estudios de carcinogenicidad, sensibilización, etc. que sean de calidad y suficientes estudios sobre los peligros y sus características). En este caso podría ser necesario buscar la colaboración de personas expertas en la materia.

Si cuando se realiza la comparación la reducción del nivel de riesgo ocurre en una única columna, podría indicar que no se tiene suficiente seguridad para llevar a cabo la sustitución.

Hay que tener en cuenta que esta herramienta únicamente compara niveles de peligro de una manera rápida e intuitiva, pero el proceso de sustitución requiere además contemplar la viabilidad técnica, económica y otras muchas variables más allá de los peligros, pero inicialmente sirve para cribar sustancias que *a priori* son menos peligrosas que las que están en uso.

5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

La principal ventaja de este modelo, es que es fácil de usar y se obtienen resultados rápidamente. No es necesario el asesoramiento de una persona experta, excepto cuando las diferencias entre la actual sustancia y la posible alternativa son mínimas.

A efectos de la clasificación y etiquetado armonizado de las sustancias, es importante tener en cuenta que la versión actual del modelo de columnas (año 2020) incluye únicamente hasta la 12ª modificación del Reglamento CLP, recogida en el [Reglamento \(UE\) 2019/521 \(ATP 12\) que modifica, a efectos de su adaptación al progreso técnico y científico, el Reglamento \(CE\) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas](#). Esto quiere decir que las modificaciones posteriores sobre las clases de peligro que se han dado en el Reglamento CLP (como, por ejemplo, para las sustancias con propiedades de alteración endocrina) no se encuentran incluidas en la tabla.

El IFA recomienda el uso de documentos técnicos alemanes que únicamente están disponibles en alemán.

El modelo no contempla todos los aspectos que influyen en un proceso de sustitución por lo que, si se obtiene que la sustancia alternativa es viable, habrá que realizar estudios posteriores. Tal y como recomienda la ECHA en los pasos de sustitución, es importante que se realicen pruebas a pequeña escala y observar el resultado antes de escalarlo a nivel industrial.

Por otra parte, no es aplicable a sustancias que no estén clasificadas, dado que no se dispondría de las indicaciones de peligro tal como se recogen en el Reglamento CLP.

6. EJEMPLO DE APLICACIÓN MODELO DE COLUMNAS

Se aplica el modelo de columnas para determinar si es viable sustituir dos sustancias (metanol y tolueno) que se utilizan en el mismo proceso de limpieza de superficies metálicas en un proceso abierto mediante aplicación manual. La alternativa propuesta es isopropanol (se ha obtenido la información necesaria para la aplicación del modelo de la respectiva FDS).

1. Riesgo	2a. Toxicidad aguda para la salud (única exposición)	2b. Toxicidad crónica para la salud (exposiciones repetidas)	3. Riesgo medioambiental	4. Incendio y explosión, corrosión, etc.	5. Emisión potencial (Liberación)	6. Asociados al proceso
Muy Alto						Tolueno-Metanol e isopropanol (Proceso abierto, aplicación manual)
Alto	Metanol (H301, H311, H331, H370)			Tolueno (H225, Pto. inflamación 4,4 °C) Metanol (H225, Pto. inflamación 9.7 °C) Propan-2-ol (H225, Pto. inflamación 12 °C)	Metanol (128 hPa) (presión de vapor)	
Medio		Tolueno (H361d; H373)			Isopropanol (43 hPa) Tolueno (29 hPa)	
Bajo	Isopropanol (H319, H336) Tolueno (H315; H304; H336)	Isopropanol y metanol (sin indicaciones de peligro H para toxicidad crónica)				
Despreciable			Isopropanol Metanol/Tolueno (No peligroso para el medioambiente acuático)			

Tabla 2. Ejemplo de comparación de una posible alternativa frente a dos sustancias que se quieren sustituir (metanol y tolueno).

Al situar en la tabla 2 las indicaciones de peligro de las sustancias a comparar, se observa lo siguiente:

- En la valoración conjunta de las columnas 2a (bajo) y 2b (bajo) el nivel de peligro es menor para la alternativa (Isopropanol).
- En la columna 3 la alternativa (isopropanol) tiene un nivel de peligro igual al del tolueno y metanol.
- En la columna 4 se observa que las tres sustancias tienen características similares.
- En la columna 5, la alternativa (isopropanol) se sitúa en un nivel menor de peligro que el metanol.

- En la columna 6, se sitúan en el mismo nivel ya que el uso de la alternativa no supone un cambio en el proceso o aplicación. Se utiliza en las mismas condiciones y no se obtiene ninguna mejora.

Por todo ello, atendiendo a las características intrínsecas de peligro de la sustancia alternativa (isopropanol), *a priori*, la sustitución sería viable teniendo en cuenta únicamente estos parámetros, ya que se sitúa en la tabla en menores niveles de peligro en dos de las cinco opciones de comparación y no aumenta en las otras.

BIBLIOGRAFIA.

[Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. Boletín Oficial del Estado, nº 269 \(10-11-1995\).](#)

[Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. Boletín Oficial del Estado, nº 124 \(24-05-1997\).](#)

[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, nº 104 \(01-05-2001\).](#)

[Reglamento \(CE\) nº 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 \(REACH\).](#)

[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 nº 353 \(31-12-2008\).](#)

[Oleart Cornellàs P, Pou Serra R, Rabasso Campi J y Sanz Gallén P. Guía práctica para la sustitución de agentes químicos por otros menos peligrosos, en la industria. Foment del Treball \(2011\).](#)

[The GHS Column Model 2020.](#) Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA).

Portal: European Chemicals Agency. Sustitución por sustancias químicas más seguras. [consulta: 14 enero 2025]. Disponible en: <https://echa.europa.eu/es/substitution-to-safer-chemicals>.

Portal: Subsportplus Substitution Support Portal. [consulta: 14 enero 2025]. Disponible en: https://www.subsportplus.eu/subsportplus/EN/Home/Home_node.html : Substitution of toluene used as a solvent during the manufacture of sinks and other stainless-steel articles.