

DISOLVENTES

QUÉ SON

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, como agente de limpieza, para modificar la viscosidad, como agente tensoactivo, como plastificante, como conservante o como portador de otras sustancias que, una vez depositadas, quedan fijadas y el disolvente se evapora. Los compuestos orgánicos volátiles o COVs se definen como todo compuesto orgánico (cuya estructura química tenga de base el elemento carbono) con una volatilidad determinada, que se establece en una presión de vapor de 0,01 KPa o más a temperatura ambiente (20°C).

Clasificación de los disolventes

Clases de disolventes	Ejemplos de los disolventes más utilizados
Hidrocarburos alifáticos	Pentano, hexano, heptano, decano
Hidrocarburos alicíclicos	Ciclohexano, metilciclohexano, (alfa-Pineno)
Hidrocarburos aromáticos	Benceno, tolueno, xileno, etilbenceno, estireno
Hidrocarburos halogenados	Cloruro de metileno, cloroformo, tricloroetileno, tetracloruro de carbono, 1,2-dicloroetano, freones, 1,1,1-tricloroetano, tetracloroetileno
Alcoholes	Metanol, etanol, i-propanol, butanol
Glicoles	Etilenglicol, dietilenglicol
Eteres	2-metoxietanol, etoxietanol, butoxietanol, p-dioxano
Esteres	Acetato de metilo, acetato de etilo, acetato de i-propilo, acetato de n-butilo, acetato de i-butilo, acetato de 2-etoxietilo, metacrilato de metilo
Cetonas	Acetona, butanona-2, 4-Metil-pentanona-2, hexanona-2, ciclohexanona
Otros	Nitroparafinas, disulfuro de carbono

Fuente *Daphnia*

DATOS SOCIOECONÓMICOS

Según la base de datos del CORINAIR, en 1990 se emitieron en la Unión Europea 12.470 Ktoneladas de compuestos orgánicos volátiles de origen antrópico no derivados del metano (aunque esta cifra habrá aumentado desde entonces de forma significativa). Estas emisiones proceden tanto de sectores industriales, agrícola, transporte, extracción y distribución de combustibles fósiles, entre otros. El uso de disolventes orgánicos suponen el 30% (3.741

Ktoneladas) de esta cifra, del que aproximadamente el 20% (748 Ktoneladas) representa el uso de disolventes en la industria.

La evaporación de los disolventes orgánicos a partir de su uso en la industria, como ya se ha dicho, contribuye en una parte muy importante a estas emisiones. Basta indicar que entre los sectores de producción y aplicación de pinturas, el de impresión y las actividades de desengrase y limpieza de metales se produce el 65% de las emisiones.

Emisiones procedentes del uso de disolventes en la industria

Actividad consumidora de disolventes orgánicos	Porcentaje de emisiones
Aplicación de pinturas fabricación de automóviles	6,3
Otras aplicaciones industriales de pinturas	32,0
Desengrasado de metales	12,8
Limpieza en seco	4,1
Tratamiento del caucho	2,1
Fabricación de productos farmacéuticos	4,5
Fabricación de pinturas y tintas	1,4
Fabricación de adhesivos	3,6
Imprenta	13,4
Extracción de grasa y aceite comestible y no comestible	4,3
Recubrimiento adhesivo	10,4
Conservación de bosques	5,1

Estos subsectores sólo representan el 60%, aproximadamente del total de emisiones de COV procedentes del uso de disolventes en la industria.

LOCALIZACIÓN

En todas las Comunidades del Estado español se usan disolventes dada la distribución de las industrias que los usan.

PROCESO PRODUCTIVO

Algunos procesos industriales en los que se usan

- Industria alimentaria. Extracción de aceites y grasas ciclohexano y sulfuro de carbono.
- Industria siderúrgica. Limpieza y desengrasado de piezas tricloroetileno y cloruro de metileno. Refrigeración en procesos de corte hidrocarburos alifáticos.
- Industria del calzado. Como disolventes de colas y pegamentos mezcla de hexanos.
- Industria de plásticos y caucho. Como disolvente de materias primas y de transformación dimetilformamida, cloroformo, acetona.

- Industria de la madera. Como disolventes de lacas y barnices trementina, tolueno.
- Industria cosmética. Como dispersante alcohol etílico, alcohol isopropílico, cloroformo.
- Industria farmacéutica. En síntesis de fórmulas.
- Industria de pintura. Como diluyente tolueno, acetatos, cetonas, etc.
- Limpieza en seco. Como disolvente de sustancia orgánica tetracloroetileno.
- Artes gráficas. En las imprentas en la limpieza de rodillos y máquinas.

Cabe señalar algunos aspectos de los siguientes sectores y subsectores:

1. La pintura proceso de pintado

El objetivo del pintado es el de dar un recubrimiento a los productos de fabricación. La función del revestimiento puede ser desde el puramente decorativo a anticorrosivo.

Los métodos pueden ir desde el pintado a mano, rodillos, a pistola, a pistola electroestática, inmersión, etc.

1.1 Utilización de pistolas aerográficas

El fundamento de las pistolas aerográficas está basado en la atomización o rotura en finísimas partículas de un caudal de pintura producido por la presión del aire comprimido proveniente de un compresor.

Las pistolas aerográficas están integradas por tres sistemas la alimentación de aire, la alimentación de pintura y el sistema pulverizador.

La alimentación de pintura en las pistolas aerográficas puede realizarse por diversos sistemas. Las instalaciones remotas de abastecimiento o dosificación son adecuadas en numerosas aplicaciones industriales donde se requieren grandes cantidades de pintura.

1.2 Las cabinas de pintado

La cabina de pintado es una instalación en la que se produce un ambiente idóneo para el pintado.

Varios factores son los que hacen indispensable su instalación en talleres por un lado, permiten la presurización y ventilación necesarias para efectuar las operaciones de pintado, y por otro, garantizan las condiciones más óptimas de protección física del aplicador y de seguridad, al evitar la producción de una atmósfera peligrosa.

Una cabina de pintado es un recinto cerrado que, dependiendo de las utilidades que se le quieran dar, tiene unas determinadas dimensiones (por ejemplo para el pintado de automóviles son 7m x 4m x 3m) por lo que circula lentamente aire a 20-25º C desde el techo de la cabina hacia el suelo de la misma, donde se encuentra situado el colector de evacuación del aire hacia el exterior.

En el proceso de pintado se crean unos lodos de pintura que normalmente contienen cantidades de disolventes, partículas de pintura, agentes coagulantes y puede contener también aceites. Estos lodos deben ser tratados como residuos peligrosos.

1.3 Secado de la pintura

Una vez aplicada la pintura, se seca la película en una cabina de secado. Las temperaturas de horneado oscilan entre los 20 y 80°C como máximo. El secado puede llevarse a cabo en la propia cabina de pintado o en otra aparte.

En el caso de las cabinas-horno de pintado y secado la diferencia fundamental entre ambas fases de funcionamiento estriba en que en la fase de secado el aire, aspirado del exterior, antes de ser impulsado al plenum de distribución es recirculado a través del intercambiador de calor en una proporción aproximada del 65%. De esta forma se consigue la temperatura de secado, que habitualmente es de 60°C, frente a los 20°C que se alcanzan durante la fase de pintado en que el aire pasa sin circulación a través del intercambiador.

2. Limpieza en seco en tintorería

La limpieza en seco es considerada una actividad que forma parte del sector servicios, por tanto queda excluida de las restricciones y el control que según la legislación deben recibir las industrias que emplean sustancias de carácter peligroso. Sin embargo, la utilización de disolventes clorados en el proceso de limpieza en seco convencional, principalmente de percloroetileno, supone un elevado riesgo para la salud de los trabajadores/as, para aquellos ciudadanos más expuestos y para el medio ambiente.

El proceso de limpieza en las tintorerías, tras la limpieza manual de manchas difíciles, consiste básicamente en la introducción de la ropa en una máquina dentro de la cual es tratada con percloroetileno (PERC), un disolvente clorado que actúa como sustancia activa.

Existen dos tipos de sistemas convencionales circuitos abiertos y circuitos cerrados. Ambos automáticamente pasan la ropa de la lavadora a la secadora automáticamente con una corriente de aire, evitando una importante emisión de PERC en el lugar de trabajo. La diferencia entre ambos sistemas radica en el sistema de recuperación del PERC después del ciclo de lavado. En el sistema abierto, el disolvente se recupera mediante la condensación con agua (a aproximadamente 15° C), y después se abre una salida de aspiración al exterior para mezclar el PERC que pudiera aún estar presente en el circuito. La recuperación en el sistema cerrado se produce mediante la recirculación del PERC a través de unas bombas que descienden la temperatura a 0° C, condensando casi por completo todo el disolvente para ser reutilizado. En este último caso, no es necesario abrir la salida al exterior antes de abrir la puerta de la máquina, por lo que se reduce la cantidad de PERC que inicialmente se emite al exterior.

Al utilizar una sustancia tóxica el riesgo de exposición siempre existe, puesto que hay numerosos puntos a partir de los cuales se concentran cantidades significativas de percloroetileno en el lugar de trabajo (la evaporación directa del disolvente o a partir de la ropa, o por escapes, fugas o fallos del sistema operativo).

3. Limpieza de piezas y superficies metálicas

Los procesos de limpieza y desengrase se desarrollan en una amplia gama de sectores industriales, como en el tratamiento de superficies o en la electrónica, para eliminar suciedad

o grasa. Actualmente, los procesos de limpieza de piezas metálicas consisten en la utilización de disolventes en frío o la aplicación de vapor.

Algunos de los disolventes más empleados son el cloruro de metileno, 1,1,1-tricloroetano, tricloroetileno o el percloroetileno.

Estos disolventes son muy dañinos tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Algunos de los efectos que se aprecian por su exposición en el trabajo son, a corto plazo, la irritación de piel, ojos y vías respiratorias, y, a largo plazo, efectos cancerígenos, reproductivos y neurotóxicos, además de afectar a órganos vitales como el riñón y el hígado. Las mayores preocupaciones medioambientales, en cambio, son sus propiedades persistentes y bioacumulativas y su papel como precursores de otros contaminantes atmosféricos como la generación de ozono ambiental y, en algunos casos, su potencial de destrucción de la capa de ozono o de contribución al efecto invernadero.

Los disolventes de limpieza se emplean para eliminar la pintura adherida a los instrumentos de trabajo (p. ej. pistolas). También se usan para la limpieza del fondo de las superficies a pintar, especialmente quitamanchas de brea y disolventes para silicona. Las pistolas son relativamente sensibles a los restos de pintura resecados por lo que es necesaria su limpieza frecuente y exhaustiva. Para la limpieza de las pistolas y de sus accesorios, si el taller dispone de equipo de destilación de disolventes, se emplea generalmente el destilado procedente de la propia instalación de destilación. Los disolventes usados, siempre y cuando no puedan ser reutilizados internamente, deben ser eliminados a través de un gestor autorizado ya que están clasificados como residuos peligrosos. No existe una estimación acerca del consumo de disolventes destinados a la limpieza en los talleres de reparación de coches en nuestro país.

DAÑOS PARA EL MEDIO AMBIENTE Y LA SALUD HUMANA

1. Riesgos para el medio ambiente

La emisión de compuestos orgánicos volátiles (COVs) a la atmósfera tiene algunos problemas importantes para el medio ambiente. Algunos COVs contribuyen a la degradación de la capa de ozono atmosférico, como es el caso del 1,1,1-tricloroetano y el tetracloruro de carbono, así como de los CFCs y los HCFCs, entre otros. Algunas de estas sustancias ya están prohibidas o existe para ellas un calendario de eliminación contemplado dentro del marco del Protocolo de Montreal.

Por otro lado, los COVs junto con los NOx en presencia de luz solar actúan como precursores de la formación de ozono troposférico o ambiental. La contaminación por ozono es un problema crónico y de amplia distribución en toda la Unión Europea, hasta el punto de que existe una normativa que limita los niveles de éste la Directiva 92/72/CEE sobre la contaminación atmosférica por ozono traspuesta a la legislación española en septiembre de 1995 en el Real Decreto 1494. El ozono troposférico puede causar efectos nocivos tanto para la salud humana como para el medio ambiente pero, de hecho, las especies vegetales y los cultivos son más sensibles a este contaminante que los seres humanos. El ozono troposférico interfiere en la actividad fotosintética, en el crecimiento y en el metabolismo general de las

plantas, y también aumenta la sensibilidad de los árboles a las heladas, al calor y a la sequía. Se ha estimado que con las concentraciones de ozono que se vienen dando en la temporada estival de crecimiento, las pérdidas de producción en la agricultura pueden suponer hasta un 5-10% en toda la Comunidad Europea.

2. Riesgos para la salud humana

Los riesgos para la salud asociados a la emisión de COVs a partir del uso de disolventes orgánicos se derivan de sus propiedades volátiles, liposolubles, tóxicas e inflamables.

El carácter volátil de los disolventes hace que éstos se evaporen rápidamente en el aire, alcanzando concentraciones importantes en espacios confinados. Los riesgos mayores para el ser humano se producen por la absorción de éstos a través de la piel y por inhalación. El contacto directo con la piel permite que el disolvente pase a la sangre, causando efectos inmediatos y a más largo plazo. La inhalación constituye la vía de exposición más peligrosa, porque los pulmones son muy eficaces en distribuir éstas, o cualquier otra sustancia, por todo el cuerpo pudiéndose inhalar concentraciones muy elevadas en plazo breve, siendo esta vía, además, particularmente difícil de controlar.

Los disolventes orgánicos son liposolubles, es decir, que una vez que se introducen en el organismo tienen afinidad con los tejidos grasos y no suelen disolverse en agua, aunque sus metabolitos sí son hidrosolubles. Por la vía de inhalación, recorre las vías respiratorias, de donde pasa a la sangre y de ahí a los diferentes órganos, donde tienden a acumularse. Con el paso del tiempo las concentraciones acumuladas pueden alcanzar niveles que representen un riesgo para la persona y, en particular, para un feto durante su desarrollo embrionario.

En algunos estudios de toxicidad, en los que se relacionan las lesiones neurológicas con la exposición crónica a disolventes, los investigadores hallaron un menor rendimiento en los trabajadores/as que estaban expuestos a niveles inferiores a los máximos legales fijados por las autoridades. Por ejemplo, en un estudio efectuado en Suecia sobre los pintores de automóviles y de la industria que utilizan aerosoles, se descubrió un aumento estadístico significativo de síntomas psiquiátricos como la irritabilidad y dificultades de concentración.

La mayoría de los disolventes son inflamables y explosivos, lo que representa otro tipo de riesgo diferente asociado a estas sustancias. Algunos no arden necesariamente con facilidad, pero sí tienden a descomponerse a altas temperaturas dando lugar otros compuestos altamente tóxicos, tal es el caso de los disolventes halogenados que se convierten en fosgeno, ácido clorhídrico, ácido fluorhídrico, etc. El peligro de explosión varía de un disolvente a otro, por lo que es necesario conocer las condiciones de concentración, presión, temperatura, etc. en cada caso para evitar este riesgo.

Otros efectos indirectos son los problemas de salud asociados a la exposición a ozono troposférico, como resultado entre otros factores de la emisión de COVs a la atmósfera. Los principales síntomas son la irritación e inflamación del sistema respiratorio, principalmente de las membranas mucosas y los pulmones. Los efectos se agravan si la exposición tiene lugar mientras se hace ejercicio, en personas de avanzada edad, niños o personas que sufren de asma u otra enfermedad que dificulte la capacidad respiratoria. Un estudio epidemiológico

realizado recientemente a escala europea, proyecto APHEA, concluía que existe una clara asociación entre las elevadas concentraciones de ozono y un aumento de entre el 2 y el 12% de la mortalidad.

3. Estudio de un caso especial. Riesgos en las tintorerías de limpieza en seco

Nos detenemos en este sector específico por el retraso existente en adoptar medidas en nuestro país.

El percloroetileno o PERC (también llamado tetracloroetileno o tetracloroetano) es un compuesto organoclorado, es decir, posee una estructura de base de carbono con átomos de cloro. La familia de organoclorados (dentro de las que también se incluyen los PCBs y las dioxinas) presentan una especial problemática a lo largo de todo su ciclo de vida con respecto al medio ambiente por su carácter tóxico, persistente, acumulativo y no biodegradable.

Por estas razones, y con el fin de minimizar la degradación de los ecosistemas, en la Conferencia del Convenio de Barcelona para la Protección del Mediterráneo se ha propuesto como objetivo la reducción de los vertidos de organohalogenados (dentro de los cuales se encuentran los organoclorados) para el año 2005.

La presencia de esta sustancia en el ambiente de trabajo provoca serias afecciones a la salud de los trabajadores y trabajadoras por generarse, a lo largo del proceso de limpieza en seco, emisiones tóxicas, a la vez que residuos y vertidos líquidos de carácter peligroso:

- ▶ emisiones fugitivas y para la ventilación intencionada;
- ▶ filtros usados que contienen hasta 4,5 litros de PERC;
- ▶ lodos tóxicos generados por la destilación de PERC, que contienen hasta un 50% de PERC y en las cuales también se han detectado dioxinas;
- ▶ agua contaminada con PERC como resultado de la destilación, que tradicionalmente son vertidas al sistema de alcantarillado.

3.1 Efectos sobre la salud humana

Las vías de exposición del percloroetileno son por inhalación, ingestión o a través de la piel. Una vez penetrado el PERC, éste se acumula en el cuerpo, encontrándose concentraciones significativas en la sangre, los tejidos grasos, el aliento y la leche materna (según muestreos realizados en EE UU y Canadá).

Los efectos de exposición de corta duración son irritación de los ojos; afectación del sistema nervioso central, con delirios, mareos y fatiga. La ingestión puede causar aspiración en los pulmones con riesgo de neumonitis química, y la exposición muy por encima de los límites podría causar disminución de consciencia e incluso provocar la muerte.

Los efectos de exposición prolongada o repetida son dermatitis, afección sistema nervioso central (dolor de cabeza, dificultad de concentración) y afectación del funcionamiento hepático. Está catalogado como un probable cancerígeno, principalmente de esófago, riñón, leucemia pulmón, hígado, piel, páncreas, etc. Investigaciones más recientes son muestra de una fuerte evidencia de que el riesgo no se limita al ámbito de trabajo.

3.2 Ámbitos de exposición humana

3.2.1 Ocupacional

La exposición que sufren los trabajadores y trabajadoras en el lugar de trabajo está ampliamente influenciada por el tipo de equipo que se emplea. Las máquinas de transferencia, que consisten en la transferencia manual de la ropa empapada en PERC de la lavadora a la secadora, representan una exposición a concentraciones mayores que las máquinas dry to dry (seco a seco), puesto que implica además de la inhalación de emisiones fugitivas, un contacto dérmico.

Actualmente los límites permitidos de exposición (TLV), como media diaria (8 horas día y 40 horas semana) a PERC en EE UU y en Canadá es de 50 ppm (341 mg/m³), en Dinamarca es de 30 ppm (205 mg/m³), en California de 25 ppm (170 mg/m³) y en Suecia es de 20 ppm (136 mg/m³). El límite de exposición a corto plazo (STEL), durante 10 minutos como máximo al día, es en EE UU de 100 ppm (685 mg/m³).

3.2.2 Hogares

El percloroetileno se ha detectado en niveles mucho mayores en los hogares de empleados de tintorerías que en hogares en los cuales nadie trabaja en dicho sector, debido a que el PERC se exhala durante un largo período, y también es despedido de la ropa del trabajador o la trabajadora.

La exposición humana al PERC proveniente de las tintorerías no se limita únicamente a trabajadores y trabajadoras, y a las personas que compartan el hogar. Existe clara evidencia de que en todos los sectores de la población la exposición a PERC está ocurriendo a través del aire, agua y alimentos. El PERC entra en el aire de residencias y comercios cercanos a tintorerías a través de tres vías:

- ▶ a través del suelo, techo y materiales de las paredes;
- ▶ a través de agujeros en los techos, escapes de tuberías, rejillas de ventilación, y otras rutas de flujo de aire;
- ▶ a través de ventanas abiertas o ventiladores, cuando las tintorerías ventilan su espacio desde dentro hacia fuera.
- ▶ Se encuentran expuestos a un riesgo más alto personas de avanzada edad, niños, mujeres embarazadas y los fetos, puesto que el PERC penetra a través de la placenta, y los enfermos crónicos que pasan la mayor parte de su tiempo en casa.

3.2.3 Contaminación de la comida

Se han medido elevadas concentraciones de PERC en la comida, particularmente comidas grasas como la mantequilla, de tiendas y hogares cercanas a tintorerías. Las concentraciones de PERC en las mismas aumentan con respecto al tiempo de almacenamiento cerca de dicha instalación. De acuerdo con la Food & Drug Administration de EE UU, los niveles base de PERC en la comida son generalmente de menos de 50 ppb. Sin embargo, un estudio sobre mantequillas de tiendas adyacentes a tintorerías, realizado en Washington DC, mostraba niveles mucho más altos, entre 100 ppb y 1.000 ppb. Varias muestras tomadas de tiendas dos puertas más abajo mostraban niveles desde más de 50 ppb hasta más de 1.000 ppb.

3.2.4 Contaminación de la leche materna

Puesto que PERC es soluble y acumulativo en grasas, los lactantes pueden estar expuestos directamente a concentraciones muy elevadas a través de la leche materna. La exposición a PERC en el ambiente de limpieza en seco ha resultado hasta el momento ser el único caso documentado encontrado en la literatura, que demuestra que una exposición entre una madre y un contaminante ambiental provoca un impacto adverso agudo sobre la salud del bebé a través de la leche materna contaminada. El Departamento de Salud del Estado de Nueva York estima que las consecuencias de exposición ocupacional contribuyen a la existencia de 58 a 600 casos en exceso de cáncer por millón de bebés que toman leche materna durante un año.

3.2.5 Offgassing (Desprendimiento de gases)

En un experimento de la EPA estadounidense, se detectaron niveles 2.900 ppb de PERC en un armario con ropa limpiada en seco, 195 ppb en el dormitorio y 83 ppb en un cuarto adyacente. Estas concentraciones exceden los valores guía de Nueva York para exposición crónica a PERC en aire interior por un factor de 190.

3.3 Efectos medioambientales

3.3.1 Aire

El PERC no es muy persistente en el aire, por tener tendencia a reaccionar fotoquímicamente al estar expuesto a la luz solar y también por reaccionar con los radicales de hidróxilo. Esta degradación puede ocurrir en un plazo comprendido entre unas horas hasta unos meses, por lo que no se considera un agente destructor de la capa de ozono, pero sí puede sufrir el transporte a largas distancias.

Los productos de descomposición del PERC son principalmente fosgeno y cloroacetil cloruros, aunque también se producen cloruro de vinilo, ácido tricloroacético (TCA) y tetracloruro de carbono. Estos productos son más persistentes y pueden ser más tóxicos. Se estima que hasta un 8% (en peso) de PERC atmosférico se convierte en tetracloruro de carbono, que es uno de los principales agentes destructores de la capa de ozono. El TCA fue intencionalmente producido por la industria como herbicida, y puede fácilmente ligarse a la degradación de los bosques europeos.

3.3.2 Aguas superficiales

La lluvia arrastra el PERC atmosférico al medio acuático, pero la mayor parte se vuelve a evaporar muy rápidamente y, dependiendo del viento y condiciones de mezcla, la vida media puede variar desde varias horas a varias semanas. El PERC puede incorporarse al medio biológico y ser metabolizado. Muchos de los productos de degradación de PERC formados en el agua son a menudo más persistentes (en el agua) que el mismo PERC.

3.3.3 Aguas subterráneas

Típicamente, una tintorería genera entre 4,5 y 9 litros de agua contaminada de PERC al día. La mayoría de las tintorerías desechan estos vertidos directamente al cauce público, que en gran parte termina en los acuíferos subterráneos. La migración de la porción de PERC que no se evapora, del suelo o de las tuberías, hacia los acuíferos subterráneos supone la acumulación de esta sustancia en dichos fondos, donde son bastante persistentes.

1. Cuadros de riesgos para la salud derivados del uso, manipulación y exposición a los disolventes

Grupo expuesto	Síntomas subjetivos	Afectación visual-motora	Memoria	Afectación lenguaje	Humor
Pintores coche	X	X	X	X	X
Lacadores	X				X
Pintores casas	X	X	X	X	X
Pintores <i>spray</i>	X	X	X	---	
Rayón viscosa		X	X	---	
Laminación		X	---	---	
Impresión		---	X	---	
Acerería		X			---

Fuente Baker E. L., Smith, T. J. 1984

X Efectos adversos observados

--- Efectos explorados pero no observados

Disolventes orgánicos Efectos reproductivos

Agente	Exposición	Disminución fertilidad	Alteración cromosómica	Prematuridad	Mortalidad Perinatal	Malformación congénita
Benceno	Materna	X	X			X
Dibromocloro-propano	Paterna	X	?			
Epiclorhidrina	Paterna	X	X		---	
Dibromuro de etileno	Materna	X				
	Paterna	X	X			X
Percloroetileno	Materna	X ?		?	?	?

Fuente Zenc, C. 1980

Riesgos a largo plazo de los principales disolventes orgánicos de utilización industrial

	Mutagenidad	Cancerígenos en humanos	Cancerígenos en animales	Neurotóxicidad	Hepatotoxicidad
Acetato de metilo					X
Acetato de etilo					X
Acetonitrilo o cianuro de metilo				X	
Alcohol metílico				X	
Benceno		X		X	
Clorobenceno				X	X
Cloroformo			X	X	X
Cloruro de metileno o diclorometano			X	X	X
Dicloroetano				X	X
Dicloropropano				X	
Dimetilcetamida (DMA)					X
Dimetilformamida				X	X
Dioxano			X	X	
Estireno	X			X	
Eter etílico				X	
Etilenglicol					X
Formaldehído	X	X		X	
N-Hexano e isómeros				X	
Metil-n-butilcetona (MBK)				X	
Metiletilcetona (MEK)				X	
Nitrobenceno				X	
2-Nitropropano			X		X
Tetracloroetileno o percloroetileno			X	X	X
Tetracloruro de carbono			X	X	X
Tolueno				X	X
1,1,1 tricloroetano o metilcloroformo				X	X
Tricloroetileno	X		X	X	X
Xileno e isómeros				X	

Fuentes

Laureni, U., Rigosi, F. 1985
 Spencer, P. S., Schaumburg, H. H. 1985
 Mousel, M. L., Picot., A. 1985
 Quer Brossas, S., Mira Muñoz, M. 1989
 Turuguet, D. 1990

LEGISLACIÓN APLICABLE

- ▶ La Unión Europea ha aprobado la Directiva sobre los COVs "Directiva del Consejo relativa a la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas actividades e instalaciones". El objeto de esta Directiva es prevenir y minimizar los efectos directos e indirectos de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles al medio ambiente, principalmente a la atmósfera, y los riesgos potenciales para la Salud Humana, por medio de medidas y procedimientos que deben implementarse en las actividades definidas en su Anexo I.
- ▶ Directiva 96/61/CE relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación (IPPC) que establece un sistema de autorizaciones para actividades industriales tomando en cuenta determinadas sustancias contaminantes sobre las que fijará valores límite de emisión para concesión del correspondiente permiso. Uno de los compuestos a tener en cuenta es el de los órgano volátiles o metales y sus compuestos. En octubre de 1999 se deberá transponer en el Estado español.
- ▶ Catalunya dispone de una ley específica desde el año 1998.
- ▶ Directiva 76/769 relativa a la aproximación de las disposiciones legales reglamentarias y administrativas de los estados miembros que limitan la comercialización y el uso de determinadas sustancias y preparados peligrosos.
- ▶ Directiva 67/548 relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de las sustancias peligrosas.
- ▶ Directiva 92/72/CEE sobre la contaminación atmosférica por ozono troposférico.
- ▶ Real Decreto 1494 de setiembre de 1995 que desarrolla la anterior directiva en España.
- ▶ Ley de prevención de relaciones laborales sobre manipulación de sustancias peligrosas.
- ▶ Ley 10/1998 sobre residuos.
- ▶ Real Decreto 833/1998 por que se modifica lo relativo al Reglamento sobre residuos tóxicos y peligrosos.
- ▶ Ley 11/1997 de Envases y Residuos de Envases, de 24 de abril.
- ▶ Real Decreto 149/1989 sobre clasificación, envasado y etiquetado de pinturas y productos afines.
- ▶ Real Decreto 150/1989 sobre clasificación , envasado y etiquetado de disolventes
- ▶ Real Decreto 74/1992 por que se aprueba el reglamento nacional de transporte de mercancías peligrosas por carretera
- ▶ Real Decreto 2216/1985 Reglamento sobre declaración de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.

BUENAS PRÁCTICAS

Cuando resulte imposible a corto plazo evitar el uso de disolventes orgánicos, o hasta que se logre implantar una alternativa, se deben adoptar medidas para reducir el riesgo para los trabajadores, los ciudadanos y el medio ambiente. Para minimizar el riesgo existe un número de Buenas Prácticas que pueden aplicarse a lo largo de las diferentes fases, y que se desarrollarán a continuación.

1. En el empleo de pinturas

- ▶ Emplear técnicas de control de inventarios y sistemas de seguimiento de materiales. El objetivo es conocer rigurosamente las cantidades de pinturas estrictamente necesarias y las existentes en stock y procurar devolver al fabricante los contenedores para su limpieza y reutilización, y si es posible pactar la devolución de la parte del stock que no llega a utilizarse. Es conveniente comprar la pintura en recipientes del tamaño adecuado, que en algunos casos resulta mejor utilizar contenedores grandes (p.e. si se distribuye en pequeños lotes), mientras que en otros casos es mejor emplear pequeños (p.e. si hay riesgo de que caduque).
- ▶ Estandarizar las pinturas.
- ▶ Mejorar la planificación de la producción (p.e. pintando primero con colores claros y pasando progresivamente por los oscuros).
- ▶ Asegurar un correcto mantenimiento y manipulación de equipos. Así, por ejemplo, en la aplicación con la pistola resulta conveniente
- ▶ Mantener la presión de aire baja y la pistola perpendicular a la superficie.
- ▶ Mantener la pistola a unos 15 cm de distancia de la pieza para obtener un acabado uniforme.
- ▶ La velocidad del chorro de la pistola debe ser de alrededor de 75 m/min.
- ▶ Activar la pistola al principio y al final de cada pasada, para evitar pérdidas y evitar excesos de pintura en el punto en que la pistola cambia el sentido.
- ▶ La eficiencia de la aplicación de pintura depende también del sistema de aplicación que se escoja, así por ejemplo, son más favorables los sistemas de electrorrecubrimiento, que tienen entre un 90-99% de eficiencia frente al 30-60% de la pistola rociadora convencional de aire o incluso frente al 65-85% de la pistola electrostática de aire. El mantenimiento preventivo de todos los equipos de pintura es muy importante.
- ▶ Inspeccionar las piezas antes de pintarlas, de forma que estén limpias, secas y sin polvo.
- ▶ El consumo de energía es menor cuando se dispone de una cabina de pintado y otra de secado ya que en ellas la temperatura permanece constante y no es necesario su calentamiento o enfriamiento continuo.
- ▶ Otra forma de secado es mediante rayos infrarrojos. Es un sistema de ondas electromagnéticas que son absorbidas por los objetos pintados. Es un sistema que se viene utilizando desde los años setenta para superficies pequeñas.
- ▶ Para el secado de pinturas acuosas se usa el sistema de aire forzado. Con este sistema se proyecta aire filtrado a gran velocidad sobre la superficie pintada favoreciendo la evaporación.

- ▶ Un buen mantenimiento de los equipos de limpieza asegura un mayor rendimiento de los equipos y dependiendo de los elementos que usan para su limpieza un menor contacto de los trabajadores con el disolvente que se usa para su limpieza. Para esta operación se cuenta con grupos automáticos y semiautomáticos.
- ▶ Los productos utilizados para la limpieza de las pistolas y del conjunto de los equipos de pintado depende de las pinturas base que se hayan utilizado.
- ▶ Se puede reciclar el disolvente usado mediante destilación. De esta forma se podrá lograr gestionar y también reducir la compra de disolventes.
- ▶ Usar pinturas bajas en disolventes. Uno de los objetivos puede ser reducir su consumo de disolvente. El uso de materiales que contengan cantidades más bajas de disolvente es claramente una forma posible de conseguir esto. Consideremos un típico taller de carrocerías que use capas base metálicas que normalmente contienen unos 800 g. de disolvente por litro de pintura, esto es, 15% de sólidos. Si esta capa base se reemplazara por una pintura que contenga el 25% de sólidos, entonces sólo se necesitaría un poco más de la mitad del volumen normal de pintura para crear el recubrimiento de la misma superficie. La reducción total en disolvente asociada con el uso de capas base metálicas también sería superior al 50%. Para un taller de carrocerías típico en el que la mitad de sus trabajos incluyeran capas base metálicas (sin cambiar las imprimaciones, las capas sólidas ni las últimas capas), esto reduciría el uso total de disolvente en cerca de un 17%.
- ▶ Pueden lograrse reducciones mayores cambiando a capas base acuosas, que típicamente contienen un 10% de disolventes, 75% de agua y 15% de sólidos. Aunque el volumen de pintura usado sería similar al de una capa base convencional, las emisiones de disolvente serían inferiores en un 75%. Para un taller de carrocerías en el que la mitad de sus trabajos incluyeran capas base metálicas (sin cambiar las imprimaciones, las capas sólidas ni las últimas capas), esto reduciría el uso total de disolvente en cerca de un 26%. Este ejemplo demuestra que incluso un pequeño cambio en el contenido de disolvente de algunas pinturas, puede tener un efecto significativo sobre la cantidad de disolvente utilizado.
- ▶ Para cambiar a un recubrimiento que cumpla las normas, siempre se debe tomar en consideración el coste y la cantidad de disolvente emitida por trabajo. Esto se debe a que la cantidad de la nueva pintura que se necesita para hacer el mismo trabajo puede ser menor. Precisamente éste es el caso de las pinturas de alto contenido en sólidos. Muchos pintores de pistola que usan pinturas con base de agua también hablan de una mejor formación de la película y, en consecuencia, de ahorro de pintura.
- ▶ Cuando se empleen productos de alto contenido en sólidos con pistolas HVLP será especialmente importante considerar las técnicas de aplicación. La proporción de sólido que alcanza la superficie a pintar es en este caso muy superior al logrado empleando métodos convencionales.

2. Limpieza de superficies y piezas metálicas

A continuación se describirán brevemente algunas Buenas Prácticas que pueden aplicarse a diversas operaciones que son comunes a varios sectores, y que fueron el resultado de un trabajo realizado por el Institut Cerdà.

- ▶ Evitar la necesidad de limpieza, disminuyendo la causa de la suciedad. Así, por ejemplo, se puede evitar la necesidad de limpieza mediante la sustitución de recubrimientos de protección de grasa o pintura por otros revestimientos poliméricos, o situando idóneamente las operaciones de limpieza (p.e. justo antes de los recubrimientos o acabados posteriores).
- ▶ Elegir los disolventes orgánicos que sean menos peligrosos (tóxicos, volátiles, inflamables, etc.). Por ejemplo, el benceno y otros disolventes aromáticos y compuestos halogenados pueden ser sustituidos por otros hidrocarburos alifáticos menos tóxicos como la nafta o los terpenos.
- ▶ Maximizar la eficacia de la operación de limpieza, es decir, usar la menor cantidad posible de disolvente para alcanzar un nivel aceptable de limpieza.
- ▶ Estandarizar el uso de los disolventes, utilizándose el menor número de tipos posibles. De esta forma también puede aumentarse el volumen de un mismo disolvente gastado hasta el punto de hacer rentable su reciclaje.
- ▶ Extraer frecuentemente los fangos y residuos de los tanques de disolventes. Los residuos de pinturas y de otros contaminantes orgánicos arrastrados en las operaciones de limpieza pueden disolverse en los disolventes, reduciendo su eficacia de limpieza (el cinc y el aluminio son particularmente reactivos). En las operaciones de limpieza los materiales orgánicos no deben exceder el 10% en peso, mientras que en los desengrases por vapor, no deben superar el 25%.
- ▶ Aumentar el grado de agitación en los baños, mediante agitadores mecánicos y mecanismos ultrasónicos y aerosoles líquidos.
- ▶ Controlar las pérdidas por evaporación de los disolventes, para reducir las emisiones. Algunas medidas son elegir correctamente las operaciones de limpieza (p.e. lejos de las fuentes de calor), tapar los tanques que contienen los disolventes, mantener una altura mínima entre el nivel del baño y el borde del tanque para evitar su evaporación y controlar la temperatura si es en caliente.
- ▶ Reducir la velocidad de extracción de la pieza y permitir un amplio tiempo de drenaje. Un goteo de 30 segundos permite a la mayoría de las disoluciones adheridas al objeto escurrir en el tanque, y en aplicaciones que se secan rápidamente, 10 segundos suelen bastar para una buena recuperación de la disolución. La reducción del espacio entre la pared del tanque y el objeto es muy estrecho, al líquido saldrían fuera del tanque, por lo que, de forma general, la sección horizontal de los objetos a limpiar no debe exceder el 50% del área abierta del tanque.
- ▶ Conseguir una posición adecuada de la pieza en el soporte. Deben usarse soportes de mínima área superficial, situándose la dimensión más larga horizontalmente, de manera que el recorrido del líquido a lo largo de la pieza sea lo más corto posible. Igualmente resulta conveniente mantener la pieza

ligeramente inclinada respecto a la horizontal, para facilitar el drenaje del líquido, cuando se la extrae del tanque.

- ▶ Instalar bandejas o cubetas de drenaje entre dos tanques con el fin de recoger el disolvente que gotea de la pieza y devolverla al tanque.
- ▶ Mantener los disolventes segregados con el fin de optimizar su reciclaje y/o tratamiento. Al menos, habría que separar los disolventes de la siguiente forma los disolventes clorados de los no clorados; los disolventes alifáticos de los aromáticos; el freón del cloruro de metileno.
- ▶ Mantener los residuos de disolventes lo menos contaminados posible para facilitar su reciclaje. Recomendaciones importantes son etiquetar claramente con información sobre su composición y los procesos donde fueron etiquetados; mantenerlos en envases cerrados, en buen estado y alejados de la lluvia.

2.1 Limpieza de equipos de proceso

Se considera que las mejoras en la formación de los trabajadores/as, el incremento del cuidado y atención en el mantenimiento y la inspección de los equipos, la vigilancia y control del respeto a los protocolos establecidos y la utilización de instrumentos de control automáticos son medidas generales que han contribuido significativamente a la reducción de los residuos de limpieza de equipos. Más concretamente, existen dos planteamientos para optimizar este proceso disminuir la frecuencia de las operaciones de limpieza y reducir la cantidad y/o la peligrosidad de los residuos y emisiones.

2.1.1 Reducir la frecuencia de la limpieza

- ▶ Procurar la dedicación de un equipo a un sólo proceso, por ejemplo, utilizar un tanque con la misma formulación evita la necesidad de limpiar el equipo entre carga y carga.
- ▶ Planificar las etapas de producción en una secuencia adecuada, por ejemplo, en la fabricación de pinturas, se trataría de elaborar primero las pinturas claras y después las oscuras para evita operaciones de limpieza del equipo.
- ▶ Convertir los procesos por cargas o en batch en procesos continuos. Esta modificación implica menos mano de obra, un control y automatización más sencillos, menos operaciones de transferencia manual de materiales (que tienen mayor probabilidad de fugas y riesgo laboral), y una menor cantidad de residuos de limpieza ya que se limpian a intervalos regulares y con menor frecuencia.
- ▶ Evitar las limpiezas innecesarias, por ejemplo, las limpiezas de los tanques de mezcla de pinturas entre carga y carga no es indispensable puesto que la contaminación cruzada no implica ningún problema.
- ▶ Registrar los costes de limpieza separadamente de otros conceptos para poder determinar las ventajas e inconvenientes de las diferentes alternativas.

2.1.2 Reducción de la cantidad y/o peligrosidad

- ▶ Reducir la cantidad de material adherido al equipo antes de limpiarlo, bien permitiendo un tiempo de drenaje adecuado o bien utilizando instrumentos mecánicos que eliminen los depósitos de las paredes del equipo.
- ▶ Limpiar el equipo inmediatamente después de su utilización. De esta forma se evita la formación de depósitos endurecidos que exigen el consumo de grandes cantidades de

disolventes para su arrastre. La utilización de tanques de teflón, que reduce la adhesión, y de tanques cilíndricos con una relación altura/diámetro pequeña, permiten una limpieza más fácil y rápida.

- ▶ Utilizar métodos eficientes de limpieza, por ejemplo, los sistemas de aerosol o spray, frente a la inmersión o aplicación de calor y agitación, que consumen más cantidad de disolvente. Algunas tuberías pueden limpiarse con tacos de plástico o espuma en lugar del tradicional chorro de disolvente.
- ▶ Reducir la cantidad de disolución de limpieza, por ejemplo, utilizar aerosoles de alta presión, limpiando mecánicamente en el momento y lugar; utilizar aditivos como agentes de suspensión y emulsionantes; utilizar fluidos de proceso, en lugar de agua, para después filtrarlos eliminando los sólidos y así reciclarlos en el proceso y utilizando agua, en lugar de disoluciones químicas.

2.2 Formulación, dosificación y mezcla de productos

- ▶ Programar la producción de las cargas en colores de claros a oscuros (para pinturas, tintes y pigmentos), reduciendo la frecuencia y la cantidad de agentes de limpieza.
- ▶ Limpiar los tanques después de cada carga, eliminando mecánicamente los residuos antes de utilizar disolventes o aguas de aclarado.
- ▶ Eliminar el polvo y los residuos sólidos con productos de base acuosa.
- ▶ Utilizar contenedores reutilizables.
- ▶ Utilizar siempre que sea posible, productos en pasta en lugar de en polvo, para eliminar la emisión de polvo al aire cuando se abre el paquete.
- ▶ Utilizar cubetas y tanques al transferir materiales tóxicos de un contenedor a otro para recoger las pérdidas de producto y poder reciclarlas.

ALTERNATIVAS

Según el informe elaborado por la Agencia de Medio Ambiente de EE UU, existen al menos 5 sistemas de limpieza de piezas que eliminarían la necesidad de utilizar disolventes, y que ofrecen resultado equiparables, si no mejores, a los procesos tradicionales:

- ▶ Limpieza acuosa automatizada
- ▶ Lavado acuoso con potencia
- ▶ Limpieza ultrasónica
- ▶ Flujos bajos en sólidos
- ▶ Soldadura en atmósfera inerte

Además de las alternativas que aquí se proponen para sustituir los disolventes, existen otras experiencias prácticas, que demuestran la existencia de numerosas tecnologías que son más respetuosas con la salud de trabajadores/as y el medio ambiente y la viabilidad económica de las mismas. Un ejemplo es el caso de una empresa mediana en EE UU, fabricante de herramientas, que sustituyó su sistema de desengrase de las piezas basado en tricloroetileno por un agente no tóxico y biodegradable, el d-limoneno, que es una sustancia química natural que se extrae a partir de la esencia de cítricos principalmente. El sistema de desengrase fue

modificado para incorporar un primer tanque con la disolución acuosa de d-limoneno a una temperatura en torno a los 38°C; un segundo tanque de aclarado con agua a 66°C y un último tanque de aclarado con agua desionizada a 52°C para las piezas bañadas. Se incluye un tratamiento antioxidante para las piezas férricas no bañadas. El nuevo sistema que continua siendo manual, tiende a limpiar las piezas mejor que el tricloroetileno. Se calculó la amortización de la inversión en el nuevo sistema en aproximadamente un plazo de dos años y un ahorro anual de 5.805 dólares (en torno a 700.000 ptas./año), debido principalmente a la reducción de la gestión de residuos.

1. Existen alternativas de sustitución

En la actualidad existen propuestas concretas de sustitución de disolventes orgánicos con diferentes grados de aplicabilidad. F. Sorensen y H. J. Styhr Petersen, del Departamento de Ingeniería de la Universidad Técnica de Dinamarca, han recopilado un buen número de estas alternativas que ofrecemos a continuación. Hemos tomado la traducción realizada por el Gabinete de Salud Laboral de CCOO.

Sustitución de disolventes orgánicos

(Sorensen, F. Styhr Petersen, H. J. 1991)

Proceso de producción	Disolventes orgánicos	Alternativas de sustitución
Alimentación		
Limpieza de equipo con surfactantes	Butilenglicol, propilenglicol, etanol.	1 Surfactantes en emulsión salina. 2 Otros tipos de surfactantes.
Extracción de aceites vegetales	N-Hexano	Extracción sobre el punto crítico con Dióxido de carbono.
Industria textil		
Lavado de tejidos con surfactantes	Butilenglicol, Propilenglicol	1 Surfactantes en emulsión salina. 2 Otros tipos de surfactantes.
Lavados de tejidos con Anti-foam	2-Propanol	Emulsión de surfactantes.
Quitar manchas de aceite	CFC 113, 1,1,1-tricloroetileno	Evitar las manchas ajustando máquinas.
Limpieza en seco	CFC 113, Tetracloroetileno	Diseñar y vender ropa que no precise limpieza en seco.
Industria del calzado		
Unir los adornos y refuerzos	N-Heptano, Acetato de etilo	1 Adhesivos al agua. 2 Cinta adhesiva a dos caras.
Pretratamiento de suelas	Acetato de etilo	Preparación mecánica (rascado).
Unión del cuero con la suela	Tolueno, acetona, diclorometano, MEK, acetato de etilo	1 ¿Adhesivos al agua? 2 ¿Película adhesiva?

Unión de la cubierta de la suela y pieza de látex	Tolueno, heptano, acetato de etilo	1 Fusión por calor. 2 Capa adhesiva.
Acabado del zapato, Color y pulido	Nafta <i>White spirit</i> (*)	¿Agentes de base acuosa?
Madera y muebles		
Tapizado de muebles	1,1,1-Tricloroetano, N-Hexano, acetona, Tolueno	1 Adhesivos al agua. 2 Sujeción mecánica (grapas). 3 ¿Cinta adhesiva a dos caras?
Limpieza de serrín en las partes metálicas pulidas	Queroseno	Limpieza con bloques de caucho crudo.
Preservación de la madera (impregnación)	<i>White spirit</i> (*)	1 Agentes de base acuosa. 2 Usar madera vieja u otros métodos de construcción.
Protectores de superficie de la madera	Hidrocarburos aromáticos, alicíclicos y alifáticos	Agentes de base acuosa.
Pintura, lacado	Acetato de butilo, Acetato de etilo	1 No tratamientos. 2 Capa de cera (pino). 3 Tratamiento con jabón (haya). 4 Pintura de base acuosa.
Imprentas		
Limpieza de lentes, pantallas luminosas y películas	1,1,1-Tricloroetano, etanol.	Solución al 1% de carbonato de sodio.
Productos antiestáticos en películas	1,1,1-Tricloroetano.	Usar películas antiestáticas.
Pegado en montaje y composición	1,1,1-Tricloroetano, nafta.	1 Barra de cola. 2 Cera. 3 Adhesivo de doble cara. 4 Pantalla estirada.
Retocado de películas	Tolueno, etanol	1 Cubierta de color base acuosa usando pluma o cepillo. 2 Tapa roja para negativo de película
Revelador de película	Etilenglicol, metilenglicol, propilenglicol, y derivados.	Usar revelador sin disolventes orgánicos.
Revelado de cliché		
Metal	1,1,1-Tricloroetileno	Etil acetato, butil acetato.
Fotopolímeros	Etanol	Agua, usando otro tipo de plancha.
Planchas de off-set	Etilenglicol, metilenglicol, propilenglicol y derivados	Revelador base agua sin disolventes orgánicos, usando otro tipo de plancha.

Retocado de planchas (con ácido hidrofluórico)	Dimetil formaldehído	1 Revisar y limpiar la película antes de la exposición. 2 Exposición de la plancha con hoja difusora. 3 Hacer una nueva plancha.
Pantalla de imprimir pegado de pantalla a la estructura (con isocianato)	Acetato de etilo, acetona	Montaje con sistema elástico incorporado.
Pantalla de imprimir emulsiones de impresión	Alcoholes	1 Revisar y limpiar los positivos y películas antes de la exposición. 2 Usar la emulsión y reexponer.
Flexo impresión goma de pegar cliché y plancha	Nafta	1 Adhesivo de doble cara. 2 Junta mecánica.
Reveladores para cliché de fotopolímeros	Butanol/tetracloro etileno.	Nafta/etanol usando otro tipo de cliché de fotopolímeros.
Huecograbado fotorrelieves	Disolventes orgánicos	Reveladores en base acuosa usando un nuevo tipo de revelador.
Tinta de imprimir en offset con disolvente en forma de aerosol	1,1,1-Tricloroetano	En bote con boca plana directamente, con rodillo sin disolvente orgánico.
Impresión en off-set solución fuente	2-Propanol.	?
Limpieza de plachas	<i>White spirit</i> (*)	Polvos de limpieza hidrosolubles.
Pegar papel, arreglar roturas durante la impresión	N-Hexano.	Cinta adhesiva por ambos lados.
Lavado de rodillo de color y otros equipos (ej. emulsión con agua)	Nafta, acetonas, tolueno	1 Fregar con cepillo y agua caliente. 2 Agua a presión.
Limpieza de superficies de máquinas de imprenta	Queroseno	Agua caliente y jabón.
Tratamiento de superficies después de imprimir	Acetato de butilo, acetato de etilo, xileno, tolueno	1 Tinta sin color. 2 Laminado con productos base acuosa.
Impresión por pantalla tintas	Tintas con disolventes	1 Tintas en base acuosa. 2 Tintas plastisol.
Impresión por pantalla limpieza de pantalla	Disolventes orgánicos	1 Evitar secado de la tinta. 2 Agua si es eficaz.
Fotoimpresión	Etanol, 2-propanol, acetato de etilo, MEK, tolueno	Tintas en base acuosa (con 5-25% de disolventes orgánicos) y limpieza con agentes en base acuosa.

Huecograbado	Tolueno, nafta	Tintas en base acuosa y limpieza con agentes en base acuosa.
Encuadernación de libros con cola	1,1,1-Tricloroetano, tolueno, etanol, acetato de etilo	1 Adhesivos PVA sin disolventes orgánicos. 2 Fundido por calor.
Tratamiento de superficies y encuadernación	Acetato de etilo, etanol, tolueno, 2-Propanolacetato, acetona	Productos en base acuosa.
Laminar	Acetona, MEK, acetato de etilo 2-Propanolacetato	1 Adhesivos en base acuosa. 2 Específico hoja de poliéster fijada en papel mediante calor. 3 Co-extrusión.
Utilización de agentes antiestáticos en forma de aerosol en superficies de equipos de encuadernación	1,1,1-Tricloroetano	Bote con cuello plano en plano o cepillo sin disolvente orgánico.
Fundición		
Fundición en moldes con fijador orgánico (isocianatos)	C9-C10 Alquilaromáticos	Usar fijadores inorgánicos (silicato de sodio) sin disolventes orgánicos.
Betún	Etanol, 2-propanol	Agentes base acuosa.
Desmoldeado en fundición de troqueles a presión	Etilen glicol	Almacenamiento sin congelación.
Fabricación de piezas metálicas, maquinaria y equipos		
Corte de roscas y taladrar en acero inoxidable y cobre	1,1,1-Tricloroetano	1 Agentes basados en aceites vegetales (de colza con 50% de ácido eruca). 2 Agentes de base acuosa sin disolventes orgánicos
Corte con agente de base acuosa y disolvente orgánico	Hexilen glicol, propilen glicol y derivados	Agentes de base acuosa sin disolventes orgánicos.
Bruñido	Queroseno	Hidrocarburos alifáticos con punto de ebullición 250 ° C.
Pulido previo	Queroseno	Agentes base acuosa.
Acabado final	Queroseno	Hidrocarburos alifáticos con punto de ebullición 250 ° C.
Mecanizado de bujías	Queroseno	Hidrocarburos alifáticos con punto de ebullición 250 ° C.
Soldadura fase vapor industria electrónica	CFC 113	Horno continuo de infrarrojos.

Eliminación de flujos post-soldadura en la industria electrónica	CFC 113/etanol, aceite terpeno naranja	<ol style="list-style-type: none"> 1 Usar flujos hidrosolubles. 2 No eliminar, usar flujos con poco contenido de residuos. 3 No eliminar, usar flujos con ácido fórmico o adípico en circuito cerrado con nitrógeno.
Pegar	1,1,1-Tricloroetano, tolueno, acetato, MEK diclorometano, etanol xileno, estireno, metacrilato de metilo	<ol style="list-style-type: none"> 1 No unir (cambiar diseño). 2 Unir de forma mecánica. 3 Cinta adhesiva por ambos lados. 4 Adhesivos menos perjudiciales; base acuosa, fundido en caliente, silicona.
Lubricación	1,1,1-Tricloroetano	Lubricantes sin disolventes orgánicos.
Desengrasar metales	Diclorometano, tetracloroetileno, 1,1,1-Tricloroetano, 1,1,1-Tricloroetileno, CFC 113, tolueno, Xileno, 2-propanol, nafta, n-hexano, queroseno, butilenglicol, <i>white spirit</i> (*)	Solución alcalina acuosa sin disolventes orgánicos.
Pintura	Xileno, tolueno, butanol, 2-propanol, etilenglicol, butilenglicol, acetato de butilo	<ol style="list-style-type: none"> 1 Pintura de base acuosa con un máximo de 10% de disolvente orgánico. 2 Chapa pretratada.
Eliminación de pintura vieja	Diclorometano, metano	<ol style="list-style-type: none"> 1 Solución alcalina. 2 Quemar. 3 Tratar arena caliente. 4 Amolado. 5 Soplar con por ejemplo virutas de acero. 6 Congelado con nitrógeno líquido.

(*) *White spirit* mezcla de parafinas e hidrocarburos

Fuente *Gabinete Salud Laboral, CC OO.*

A continuación nos detenemos y desarrollamos algunos de los procesos de sustitución arriba indicados.

2. En los procesos de pintado

2.1 Utilización de pistolas aerográficas de alto volumen y baja presión (HVLP)

Las pistolas de alto volumen y baja presión, más conocidas como HVLP (High Volume Low Pressure), utilizan para atomizar el producto, un gran caudal de aire a baja presión (0,7 Kg/cm²) medida en boquilla. Con ello se ha conseguido eliminar en gran parte la niebla de pulverización que se producía tradicionalmente al aplicar productos de pintura.

La utilización de estas pistolas han logrado una efectividad de la aplicación entre un 10 y un 20% superior a las pistolas aerográficas convencionales.

2.2 Utilización de pinturas al agua

Las pinturas de tecnología base agua surgen nuevamente con el mismo objetivo reducir el empleo de disolventes. Las pinturas al agua contienen, aparte de las resinas y de los pigmentos, agua como disolvente principal y sólo pequeñas cantidades de disolvente orgánico.

A modo de ejemplo, las típicas pinturas base al agua para el pintado en serie de turismos contienen hasta un 14% de disolvente orgánico. Las pinturas al agua para el pintado de reparación de carrocerías presentan por lo general un contenido inferior al 10%.

Se distinguen dos tipos de pinturas al agua las pinturas con aglutinantes solubles en agua y las pinturas con aglutinantes dispersados en agua. En el mercado pueden adquirirse ya imprimaciones, aparejos, lacas base metalizadas e incluso pinturas monocromáticas de base acuosa. Las bases bicapa al agua se cubren con una capa de barniz transparente de 2 componentes con disolvente (para obtener la suficiente resistencia). Los barnices transparentes al agua, que aisladamente ya se emplean como lacas al fuego en el pintado en serie de coches, aún no han evolucionado lo suficiente como para ser empleados en el sector de reparación de carrocerías aunque se están experimentando grandes avances en ese sentido. También están todavía en fase de desarrollo las pinturas monocapas al agua, con el fin de obtener calidades tales que puedan hacer frente a las altas exigencias que se plantean a las pinturas para la reparación de carrocerías.

Las pinturas al agua, debido a su moderado contenido de disolvente orgánico, constituyen una alternativa idónea desde un punto de vista medioambiental, sobre todo en relación a las bases bicapa con disolvente, que requieren un porcentaje muy alto de disolvente para que las partículas de aluminio contenidas en la laca puedan orientarse correctamente durante el secado y la superficie de la pintura adquiera así el efecto deseado.

Al sustituir las pinturas con disolvente por pinturas al agua deben tenerse en cuenta una serie de particularidades:

- ▶ En el caso del pintado en reparación de carrocerías, ha podido comprobarse que el único requisito en cuanto a los equipamientos es que determinadas piezas de las pistolas han de ser de acero inoxidable.
- ▶ El ajuste o graduación del tono de color y del efecto metálico de las bases bicapa al agua actualmente son comparables con los de las bases bicapa al disolvente.
- ▶ Las propiedades de las superficies pintadas al agua dependen de la humedad atmosférica durante el pintado por lo que el mismo requiere estados atmosféricos

definidos (p.ej humedad, regulación de la temperatura). Cuando la humedad atmosférica relativa a la temperatura de aplicación es inferior al 30% la pieza no absorbe suficientemente la niebla proyectada. Si la humedad relativa supera en cambio el 80%, no es satisfactorio el secado.

- ▶ La extracción de agua durante el secado supone un mayor gasto de energía ya que la temperatura de evaporación del agua es alrededor de 6,5 veces superior a la de los disolventes orgánicos propios de las pinturas. Con la ayuda de secadores por ventilación o aire forzado y/o de radiadores infrarrojos pueden alcanzarse tiempos de secado para las pinturas al agua similares al de las pinturas convencionales. Para ahorrar energía se puede consultar el apartado 7 Buenas Prácticas, así como para disponer de métodos de secado más eficientes.
- ▶ Las pinturas al agua pueden sufrir contaminaciones bacteriológicas durante su almacenamiento, por lo que habrán de seguirse adecuadamente las recomendaciones del fabricante
- ▶ Las pinturas al agua no deben exponerse durante el transporte o el almacenamiento a temperaturas inferiores al punto de congelación pueden quedar inservibles.
- ▶ Otra de las peculiaridades de la mayoría de las pinturas al agua es su contenido de aminas volátiles o de amoníaco y que contribuyen al olor característico de las pinturas al agua. Por este contenido en nitrógeno, y para evitar problemas con el agua residual, deben emplearse sistemas de separación en seco durante la aplicación de pinturas al agua en el pintado de reparación. No pueden verse sin un tratamiento previo aguas residuales que contengan pinturas al agua.
- ▶ Las pinturas al agua han logrado reducir alrededor del 90% de disolventes aunque siguen manteniendo una parte importante de sólidos.

2.3 Pinturas al polvo o de alto contenido en sólidos (pinturas HS)

A diferencia de las pinturas convencionales las pinturas al polvo logran una reducida cantidad de residuos finales, una gran reducción de COVs, etc. Los recubrimientos altos en sólidos son pinturas e imprimaciones que contienen una proporción de sólidos con respecto a disolventes mucho mayor que las pinturas tradicionales. No obstante, cuanto menos disolvente haya en la pintura, más viscosa o pegajosa se hace y más difícil es de aplicar. Por consiguiente, hay límites prácticos a la reducción de disolvente que se puede conseguir usando estos recubrimientos altos en sólidos

Para una capa base metalizada típica, por ejemplo, el nivel de sólidos se incrementa desde el 15% de las pinturas LS (Low Solids) hasta cerca del 25% en las pinturas MS (Medium Solids), con el resto del recubrimiento hecho de disolvente. Las concentraciones de cuerpos sólidos se elevan respecto a estas cifras para el caso de monocapas, barnices y aparejos. Este contenido más bajo en disolvente da como resultado emisiones más bajas de componentes orgánicos volátiles durante la aplicación. El mayor contenido en sólidos también significa que hay un espesamiento más rápido durante la aplicación, lo que da como resultado que se necesitan menos manos para lograr la misma cobertura.

Las pinturas HS (High Solids) y MS (Medium Solids) tienen una mayor proporción de sólidos, así como una correspondiente proporción más pequeña de disolvente en comparación con las pinturas convencionales de 1 y 2K. Así, los productos MS elevan el contenido de cuerpo sólido

hasta incluso el 55% en peso modificando los endurecedores y consiguiendo un rendimiento de entre 6, 5 y 7 m²/l. Posteriormente surgieron los productos HS al conseguir elevar aún más el contenido de cuerpo sólido eliminando las propiedades negativas de viscosidad de aplicación y extensibilidad que, en un principio, presentaban estos productos por la reducción de disolventes. Actualmente se puede pintar entre 10,5 y 11,5 m² con un solo litro de pintura HS. La reducción de emisiones de VOC y este rendimiento superior de pintura supone la mayor ventaja de los productos HS sobre sus antecesores.

La tendencia en investigación para el desarrollo de nuevas pinturas se dirige hacia productos de muy alto contenido en sólidos (UHS o VHS, es decir Ultra o Very High Solids) que reducen aún más su proporción de disolventes.

3. Sustitución de disolventes en la limpieza y desengrase de metales y piezas

3.1 Limpieza acuosa automatizada

Este sistema consiste en que las piezas son transportadas a través de una serie de cámaras, cada una con diferente concentración de disoluciones de limpieza (detergente sin fosfato) y de aclarado. Estas soluciones son disparadas en forma de spray sobre las piezas, recuperando y reutilizando el exceso. Los sistemas "cerrados" pueden recuperar y depurar las soluciones separando aceites y partículas para su reutilización de forma continua durante una semana, con sólo añadir algo de disolución fresca para reponer las pérdidas de evaporación y líquido residual.

Existen en el mercado diversos modelos comercializados que cuentan con la aceptación favorable de los trabajadores/as y de los clientes, según el informe de la administración estadounidense. Este sistema consume un 90% menos de agua en comparación con el lavado alcalino, y un 80% menos que los sistemas acuosos manuales; mientras que los costes de las sustancias químicas se reducen en un 40% y un 95% respectivamente.

3.2 Lavado acuoso con presión

A diferencia del sistema de limpieza acuosa automatizada cuya operación se basa en una línea en continuo, el lavado con presión limpia las piezas por lotes. Este proceso es idóneo para piezas más grandes, como motores. Estas piezas se introducen en una cámara cerrada y se exponen a la solución limpiadora inyectada a presión desde todas las direcciones. Este mecanismo también se presenta con un sistema cerrado de forma que la disolución es recuperada, filtrada y descontaminada para su reutilización. Los costes varían mucho dependiendo del tamaño de la unidad y el modelo. Puede utilizarse para piezas de metal, plástico, recubrimientos de barniz, etc.

3.3 La limpieza ultrasónica

La limpieza ultrasónica consiste en aplicar a una solución en la que se encuentran inmersas las piezas, ondas sonoras de alta frecuencia. Estas ondas producen en el líquido zonas de alta y baja presión, provocando cambios en el punto de ebullición que favorecen la formación de burbujas microscópicas de vacío (cavitación). Estas diferencias bruscas de presión y temperatura despegan la suciedad de la superficie de las piezas.

Se consideran factores importantes para optimizar la eficiencia de este sistema una elevada temperatura, la posición de las piezas en el líquido (para maximizar la superficie expuesta) y el diseño del contenedor de las piezas para minimizar la interposición a los ultrasonidos.

Este método de limpieza es aplicable a casi todo tipo de piezas, por complejo que sea su diseño y difícil el acceso a partes de las mismas con otros sistemas de limpieza, y a materiales muy diversos, por ejemplo, cerámica, aluminio, plástico, cristal, unidades electrónicas, cables, etc. En algunos casos pueden adaptarse tanques y sistemas ya existentes para la instalación de un sistema de limpieza ultrasónica.

	Aplicaciones	Beneficios operacionales	Limitaciones	Costes de inversión
Limpieza acuosa automatizada	Piezas pequeñas	<ul style="list-style-type: none"> - Elimina el uso de disolventes - Reduce el consumo de agua - Reutilización de agentes de limpieza - Fácil instalación y operación 	<ul style="list-style-type: none"> - Puede no sustituir los sistemas de vapor para algunas piezas delicadas y ocupa más espacio - Requiere tratamiento de aguas residuales - Relativo aumento de la demanda energética 	Aproximadamente 180.000 dólares (en torno a 21,5 Mptas) por una unidad con 454 Kg/hora de velocidad de proceso para piezas de acero
Lavado acuoso con potencia	Piezas grandes y pequeñas	<ul style="list-style-type: none"> - Elimina el uso de disolventes - Reduce el tiempo de limpieza 	<ul style="list-style-type: none"> - La presión y temperatura pueden ser demasiado grandes para algunas piezas - Requiere tratamiento de aguas residuales 	Aproximadamente 12.000 dólares (en torno a 1,5 Mptas) para una capacidad de 454 Kg, cámara de 1,22 m x 1,22 m
Limpieza ultrasónica	Cerámica, aluminio, plástico, metal, cristal, cables, equipo de electrónica, etc.	<ul style="list-style-type: none"> - Elimina el uso de disolventes - Puede limpiar entre fisuras pequeñas - Efectivo en relación al coste - Más rápido que métodos convencionales - Limpian inorgánicos - Puede emplearse con frecuencia detergentes neutrales o biodegradables 	<ul style="list-style-type: none"> - La pieza debe poder sumergirse - Es preciso experimentar para la optimización de la disolución y niveles de cavitación para cada operación - Aceites densos y grasas pueden absorber energía ultrasónica - La energía requerida suele limitar el tamaño de las piezas - Requiere tratamiento residual de aguas con disoluciones acuosas 	Aproximadamente 10.000 dólares (en torno a 1,2 Mptas) para una cámara de 63,5 cm x 45,7 cm x 38,1 cm.

A continuación se desarrolla un caso práctico experimentado en Estados Unidos de sustitución de disolventes que pretende demostrar la viabilidad técnica y económica de la adopción del principio de prevención.

- ▶ Actividad de la empresa Fabricación de placas e insignias
- ▶ Proceso general Estampación/Impresión sobre un sustrato de cobre, corte y lijado, limpieza, recubrimiento de la superficie, secado y abrillantado.
- ▶ Subproceso estudiado limpieza de un aceite de estampación/impresión previo a las operaciones de recubrimiento. La operación de limpieza y desengrase se realizaba con vapor de tricloroetileno.
- ▶ Alternativa limpieza acuosa - alcalina
- ▶ Inversión inicial Se reemplazó el baño de desengrase por vapor de disolvente que tenía 10 años de vida con un sistema acuoso que utiliza agitación con aire y aclarado contracorriente. La unidad fue construida a medida por Greco Bros. por 936.000 Pts. en 1991. Desde entonces, este producto se ha convertido en un producto de línea en dicha empresa y se vende al precio de 1.170.000 Pts. (en diciembre de 1993). No fueron necesarios cambios adicionales a los procesos o a de obra, sin embargo, sí se incluyó trabajo realizado con el desmontaje del antiguo sistema y con la puesta en marcha de la línea de agua para el nuevo sistema. La antigua maquinaria se limpió y vendió como chatarra por 6.240 Pts.
- ▶ Sustancias químicas y residuos con el sistema antiguo, la empresa consumió durante 1989, 11.563 Kg. de tricloroetileno (TRI). En esa fecha, el TRI se vendía por 138 Pts./Kg. se gastaba 1.590.677 Pts. Si la empresa hubiera seguido utilizando este disolvente en 1994, el año en que se redactó el informe, se estaría gastando anualmente 3.579.030 Pts., teniendo en cuenta que el precio por Kg. se encontraba a 310 Pts. La gestión de los residuos de TRI también costaba en 1989, entre 21.450 Pts. y 42.250 Pts./bidón, mientras que en 1994 habían aumentado los costes por el mismo sistema de gestión hasta 171.600 Pts./bidón.
- ▶ El nuevo sistema está basado en un química acuosa-alcalina. El nuevo sistema utiliza como media 1,9 L por semana, mientras que antes se consumía entre 38 y 76 L de TRI. El coste del nuevo compuesto es ligeramente más caro que el TRI (444 Pts./L frente a las 429 Pts./L de TRI). Sin embargo, las soluciones de base acuosa tienen una vida mucho más larga que el tricloroetileno.
- ▶ Existen además algunos impuestos estatales por utilizar cualquier sustancia de las enumeradas en la Lista de Sustancias Peligrosas establecida en el Estado de Massachussets. El uso de TRI suponía, debido a las diversas regulaciones, un coste de 143.000 Pts./año. La nueva disolución acuosa no está sometida a ninguna regulación.
- ▶ Producción y mantenimiento El mantenimiento del sistema antiguo era significativamente menor que para la nueva unidad, puesto que requería una limpieza cada 6 meses (7 horas/año) en comparación con la nueva unidad (36 horas/año). Las virutas de cobre se limpiaban del fondo del tanque cada mes y se vendían a un recuperador local de metales. Los filtros se cambian una vez cada 6 meses y se gestionan como residuos sólidos.

- ▶ Los enjuagues consumen 56.850 L de agua al año, lo que supone 910 Pts./año, pero comparado con otros procesos (como en el recubrimiento) este coste no es significativo. La diferencia en cuanto al calor por vapor y en electricidad es menor.
- ▶ Resultados del proyecto Con esta modificación se logró sustituir el riesgo que para los trabajadores/as y para el medio ambiente representa utilizar un disolvente clorado. La solución ha demostrado ser técnica y económicamente viable.
- ▶ Los costes anuales por operar según el antiguo sistema con disolvente suponían 3.949.010 Pts., por lo que con la implantación del nuevo método se ahorra la empresa 2.336.360 Pts. La empresa iba a pedir una reducción en la tarifa del seguro que pagaba por haber disminuido el riesgo en su empresa asociado al TRI. Los costes de producción no han aumentado como consecuencia de este proyecto.
- ▶ La práctica de los trabajadores/as anteriormente consistía en dejar las partes en las cestas o perchas inmersas en el desengrasante mientras realizaban otra tarea, y con el nuevo sistema pueden operar de la misma forma.
- ▶ El mantenimiento en el nuevo sistema es mas alto debido a cambios de los filtros y limpiezas más frecuentes.
- ▶ La inversión inicial de 1.219.920 Pts., teniendo en cuenta la amortización de los equipos y el valor presente del dinero si no se hubiera invertido, tendría un valor de coste beneficio de 1.000 x 100 tras un período de 10 años.

4. Retintar cintas de impresoras con aceites vegetales

Aproximadamente se vierten 90.000 cintas de máquinas de escribir, impresoras matriciales y máquinas registradoras en Nova Scotia (Canadá). Con el apoyo del Acuerdo de Cooperación Canada-Nova Scotia sobre Desarrollo Económico Sostenible (SEDA), el Consejo de Talleres de Trabajo de Nova Scotia (una organización sin ánimo de lucro que coordina y asesora a 29 Centros Vocacionales para personas con deficiencias psíquicas y físicas) adquirió todos los derechos sobre una máquina, el Omni-Inker, producida por Industrie Forum Design Hannover, que es capaz de retintar y lubricar cintas usadas con tintas de base vegetal. Otras máquinas existentes se limitan a reemplazar las cintas reutilizando el cartucho pero tirando las cintas viejas.

Esta iniciativa ha demostrado ser, además, económicamente beneficiosa, puesto que la actividad de retintar cuesta como media el 50% del coste de las cintas y cartuchos nuevos. Algunas cintas pueden retintarse hasta 50 veces y, aún entonces, la cinta puede ser sustituida y seguir reutilizándose el cartucho.

Muchos de sus clientes aprecian una calidad de impresión similar o mejor que con las cintas originales. Otra ventaja es que a medida que la implantación de impresoras láser o de otras tecnologías es cada vez mayor, resulta más difícil encontrar las cintas para máquinas más antiguas.

Este proyecto conllevó, además, unos beneficios sociales al crear oportunidades de trabajo a personas, generalmente marginadas del mundo laboral, en una empresa innovadora que contribuye a proteger el medio ambiente reduciendo el uso de sustancias tóxicas y la cantidad de residuos.

5. En las Artes gráficas

5.1 Tintas menos tóxicas, sustitución de aceites derivados del petróleo por aceites vegetales

Las tintas derivadas del petróleo, además de basarse en un recurso no renovable, son tóxicas para la salud humana y para el medio ambiente puesto que al ser expuestas al agua pueden lixiviarse a las aguas subterráneas. Los compuestos orgánicos volátiles (COVs), que se emiten a partir de los disolventes, representan un riesgo para la salud humana, pudiendo causar daños neurológicos, irritación de las vías respiratorias, daños a otros órganos, etc. Además, los COVs son precursores del ozono troposférico que representa un problema de contaminación atmosférica muy importante. El ozono causa efectos respiratorios negativos, debilita el sistema inmunológico y cardiovascular además de dañar cultivos y vegetación.

Las tintas de base vegetal tienen un contenido especialmente bajo en compuestos orgánicos volátiles (COVs), por lo que generan menos emisiones al fabricarse y al utilizarse y se producen a partir de recursos renovables.

Una imprenta comercial de alimentación de pliego en Wisconsin (EE UU) que produce manuales, catálogos, folletos, tarjetas, etc., sustituyó la tinta que venía utilizando derivada del petróleo para utilizar una tinta de base de soja. La nueva tinta se utilizaba para todas las operaciones de impresión y no requirió ninguna modificación en el equipo. Con esta tinta de origen vegetal lograron reducir las emisiones de COVs entre un 65% a un 85%. Esta tinta tiene unas características de tiempo de secado, brillo y facilidad para correrse comparables a la mayoría de los sistemas convencionales.

Las tintas de base de soja ya se venían utilizando en procesos de impresión donde el secado se basaba en absorción y evaporación, como en el caso de las impresiones de periódicos, pero a partir de esta experiencia se demostró la viabilidad para su utilización en impresiones con secado por oxidación tales como las de alimentación de pliego.

Las ventajas de estas tintas incluyen la reducción de emisiones de COVs, la degradabilidad de los componentes y la limpieza más fácil y rápida del equipo. A partir de esta experiencia los fabricantes de estas tintas orientaron sus esfuerzos hacia la sustitución de otros compuestos tóxicos dentro de las mismas tintas, como los pigmentos u otros aditivos.

La empresa, además, implementó un programa de reciclaje de papel y otros residuos sólidos (planchas, negativos, etc.) consiguiendo una reducción del 80% de los residuos que antes se vertían. Las medidas que se tomaron para recuperar los negativos de plata permitió la reventa de 284 gramos de plata cada 6 a 8 meses.

5.2 Sustitución de tintas de base de disolvente por tintas de base acuosa

Una empresa de impresión flexográfica para la decoración de bolsas de polietileno decidió cambiar y utilizar tintas de base acuosa en vez de tintas de base de disolventes. Los resultados fueron la reducción de las emisiones volátiles en un 88%, lo que provocó una mejora notable de la calidad del aire ambiental en el lugar de trabajo.

Durante años se habían preferido las tintas disueltas en alcohol porque lograban un mojado uniforme sobre la superficie, se secaban rápidamente y tenían una alta resolución. Sin

embargo, se lograron superar estas limitaciones iniciales asociadas a las tintas de base acuosa de la siguiente forma control de pH para mantener constante la viscosidad y calidad de impresión, modificación de los cabezales de secado, rediseñando los sistemas de dosificación, entre otros cambios.

En otra experiencia similar, donde las tintas de base acuosa que sustituyeron a las tradicionalmente utilizadas contenían un 72.5% menos de COVs, lograron reducir las emisiones significativamente. Por cada 1% de aumento del uso de tintas de base acuosa en la empresa se conseguía reducir las emisiones de COVs en una cantidad mayor a 6 kilos. Además de las emisiones, se logró reducir el 95% del líquido residual de la tinta y de los disolventes utilizados en la limpieza.

Otros beneficios que se apreciaron, además de la reducción del impacto medioambiental, fueron una mejora en las condiciones laborales reducción de los niveles de contaminación en la planta, reducción de la manipulación de disolventes peligrosos y una mayor concienciación por parte de trabajadores/as sobre la necesidad de realizar mayores esfuerzos por reducir los residuos.

Incluyendo los costes de modificaciones en la imprenta y auxiliares, tintas, gestión de residuos y disolventes, el proyecto implicaba un período de retorno de la inversión y costes de 2,5 años, si se sustituía el 21% de las tintas utilizadas en el proceso, y si se sustituía el 100% de las tintas el período de retorno se reduciría a 0,54 años.

5.3 Agentes limpiadores en las imprentas

En los procesos de limpieza de las imprentas se utilizan grandes cantidades de disolventes orgánicos que presentan un problema de emisiones de COVs a la atmósfera y trapos usados, considerados residuos de carácter peligroso. Existen, no obstante, algunas alternativas a la utilización de disolventes orgánicos que ya se están utilizando. Un ejemplo es su sustitución por compuestos de base vegetal que fueron introducidos en el Estado español por CC OO a través del Proyecto SUBSPRINT y que viene descrito en profundidad en el nº1 de Daphnia.

Otra opción menos contaminante es, siguiendo las iniciativas descritas anteriormente en que se sustituyen las tintas con disolventes por tintas de base acuosa, cambiar los disolventes por disoluciones acuosas de tipo terpeno, como d-limoneno, o con detergentes.

Estos últimos han dado buenos resultados por ser más fáciles de manejar, inoloros y más baratos. En una empresa en que se utilizaron dichos limpiadores con detergentes, sumando ambas sustituciones (tintas y agentes limpiadores), se logró reducir las emisiones en un 80% y prácticamente se eliminó la toxicidad de las mismas. Los residuos sólidos se lograron reducir notablemente y perdieron su carácter peligroso, lo que les amplió las posibilidades para ser reciclados. Otras ventajas que la empresa ve asociadas a las modificaciones de su proceso son las tintas son más fáciles de limpiar de las planchas y rodillos; los residuos no son peligrosos y son más fáciles de gestionar; los vertidos accidentales son más fáciles de limpiar; no hay que invertir en disolventes caros; se proporciona un ambiente de trabajo más limpio y saludable; mejor acabado del producto y además se minimizan las preocupaciones en torno a materiales peligrosos. En esta experiencia se estimaron un total de ahorros anuales de una empresa media del sector en torno a 2.145.000 Ptas. El coste de materias primas es parecido; la

productividad puede aumentar aunque no se estimó económicamente; se ahorra en torno a 1.950.000 Ptas. en la manipulación y gestión de residuos; los materiales de limpieza han supuesto un ahorro de 130.000 Ptas. y la reducción de la prima de seguros ha supuesto 65.000 Ptas. anuales.

6. Tintorerías sustitución de percloroetileno en el sector de limpieza en seco

En la búsqueda e implantación de sistemas alternativos de limpieza en seco, existen a la vez enormes dificultades y una extremada urgencia, por ser ésta una actividad con características especiales posee un elevado número de establecimientos, la mayoría insertados en zonas de vivienda y en vecindad con comercios de alimentación, con una gestión del negocio no especialmente profesionalizada, con una elevada dependencia de las informaciones y consejos de los proveedores y la existencia de recomendaciones taxativas de los fabricantes de textiles en favor de la limpieza en seco.

Este sector constituye uno de los principales grupos que utilizan una sustancia química estando en contacto directo con el público. Aunque la tendencia actual en las tintorerías en el Estado español es de la conversión del circuito abierto al circuito cerrado de limpieza, ambos sistemas se basan en el uso de una sustancia peligrosa para la salud humana y el medio ambiente, por lo que la alternativa verdadera debería orientarse hacia la sustitución progresiva del PERC por agentes no nocivos.

Dada la creciente evidencia del peligro que representa el uso de PERC para la salud humana y el medio ambiente, se han invertido importantes esfuerzos desde diferentes estatutos sociales (administración, organizaciones ecologistas, asociaciones patronales, etc.) para encontrar alternativas que no supongan un riesgo para el trabajador/a, el usuario o los vecinos y, además, sea respetuoso con el medio ambiente. Muchas de estas técnicas alternativas al PERC ya se han adoptado en otros países, y recientemente también en el Estado Español. Algunas de estas alternativas son

6.1 Limpieza húmeda en multiproceso

La limpieza húmeda en multiproceso se basa en el conjunto de los procesos de limpieza de las prendas que emplea agua en lugar de disolventes tóxicos. Utiliza una combinación de calor, vapor, aspiración, agua y jabones naturales. El énfasis está situado en la formación de los trabajadores y trabajadoras que deben inspeccionar y cuidar cada prenda individualmente. La prenda es tratada según el tipo de material y la cantidad y el tipo de mancha.

Los trabajadores y trabajadoras tardan tiempo en determinar el mejor método para la limpieza de la ropa. En el proceso se emplean cuatro métodos principalmente, bien solos o combinados

- ▶ Secado automático para extraer la humedad y la suciedad aislada de prendas que aparentemente no tienen olores ni manchas.
- ▶ Una combinación de vapor, limpieza de la mancha y secado automático para prendas con olor o manchas.
- ▶ Inmersión en agua y jabón, con limpieza a mano para textiles delicados con manchas y olores.

- ▶ Restregar las telas fuertes con manchas o suciedad

6.2 Multiprocess Wet Cleaning (USEPA) - Estados Unidos

En Diciembre de 1992, la Agencia de Medio Ambiente de Estados Unidos realizó un estudio para comparar los costes y resultados de la limpieza húmeda en multiproceso y la limpieza convencional de PERC. En este estudio se recopilieron más de 1500 prendas.

En general, los costes totales de la limpieza húmeda en multiproceso (LMH) se estima que son ligeramente menores que en el proceso convencional. A pesar de que la LHM necesita 3 veces más de personal cualificado en la fase de la limpieza, el coste es compensado por los costes anuales del equipo, tratamiento de residuos peligrosos, electricidad y materiales adicionales utilizados en operaciones de limpieza en seco.

Los resultados del estudio también muestran que la conversión de una tintorería convencional a una instalación mixta, es decir, con capacidad de aplicar ambos métodos, o a una enteramente basada en un método húmedo, puede resultar técnica y económicamente competitiva, representando una opción viable.

Los resultados de satisfacción del cliente no muestran diferencias significativas entre ambos métodos, a parte de una ligera preferencia por la reducción del olor que ofrecen las prendas provenientes del sistema de LHM.

6.3 Green Clean - Canadá

Éste es un sistema de multiproceso que está patentado por una empresa en Canadá y engloba los procesos, tecnologías o prácticas que eliminan o reducen el uso de disolventes halogenados, principalmente de percloroetileno.

En torno a este sistema se inició en junio de 1994 un proyecto, que cuenta entre otros con la participación del Ministerio de Medio Ambiente y Energía, asociaciones de tintoreros y ONGs, con el objetivo de reducir y posiblemente eliminar los disolventes no acuosos, y particularmente del PERC, en las instalaciones de limpieza en seco. El informe INTERIM recoge el proceso y las conclusiones del proyecto, entre las que cabe destacar que el 97% de las prendas llevadas para ser limpiadas fueron lavadas satisfactoriamente vía Green Clean.

6.4 Sistemas acuosos automáticos

Existen varios sistemas patentados por diferentes empresas que se basan en el uso de una máquina que utiliza agua y detergentes específicos de carácter no peligroso para la limpieza de prendas.

Las lavadoras/extractoras de suciedad tienen microprocesadores programables con el fin de controlar específicamente las fórmulas de lavado húmedo, y un motor con control de la frecuencia que permite diferentes velocidades. Todos tienen un tanque estándar de reciclaje del agua o de las sustancia químicas.

Las secadoras tienen incorporado un microprocesador con un control de la humedad residual (RMC). EL RMC tiene sensores múltiples que permiten detectar y parar el proceso cuando las prendas hayan alcanzado el nivel de humedad programado, evitando así que éstas encojan. El

nivel de humedad es medio a partir de cada prenda, y es riguroso independientemente del tipo de material.

MEJORAS CON LAS ALTERNATIVAS

Todas las alternativas apuntadas redundarían en la eliminación de riesgos para la salud pública de la ciudadanía y para la salud laboral de las y los trabajadores de los sectores afectados. De otro lado se eliminaría una fuente de destrucción del ozono atmosférico y especialmente de creación del troposférico.

INDICE DE FOTOS

DISOLVENTES

1.		Proceso de limpieza de tintas en máquinas de artes gráficas.
2.		Proceso de limpieza de tintas en máquinas de artes gráficas.
3.		Proceso de limpieza de tintas en máquinas de artes gráficas.
4.		Bidón con restos de tintas para ser recogido por Gestor Autorizado.
5.		Restos de tintas procedentes de la limpieza de máquinas de artes gráficas.

6.



Máquina de limpieza en seco de textiles en tintorería.

7.



Máquina de limpieza en seco de textiles en tintorería.

8.



Productos de limpieza tóxicos usados en las tintorerías.

9.



Vista del interior de una cabina de pintado en el proceso de pintura al polvo.

10.



Preparación de piezas para ser pintadas en tren de pintado con pintura al polvo.

11.



Preparación de piezas para ser pintadas en tren de pintado con pintura al polvo.

12.



Vista del interior de una cabina de pintado en el proceso de pintura al polvo.

13.



Vista del interior de una cabina de pintado en el proceso de pintura al polvo.

14.



Vista del interior de una cabina de pintado en el proceso de pintura al polvo.

15.



Vista del interior de una cabina de pintado en el proceso de pintura al polvo.

16.



Vista del interior de una cabina de pintado en el proceso de pintura al polvo.

17.



Vista del interior de una cabina de pintado en el proceso de pintura al polvo.

18.



Preparación de piezas para ser pintadas en tren de pintado con pintura al polvo.

19.



Preparación de piezas para ser pintadas en tren de pintado con pintura al polvo.

20.



Preparación de piezas para ser pintadas en tren de pintado con pintura al polvo.

21.



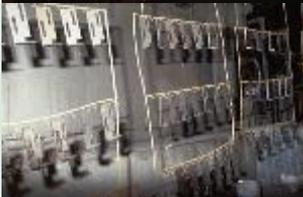
Preparación de piezas para ser pintadas en tren de pintado con pintura al polvo.

22.



Preparación de piezas para ser pintadas en tren de pintado con pintura al polvo.

23.



Preparación de piezas para ser pintadas en tren de pintado con pintura al polvo.

24.



Preparación de piezas para ser pintadas en tren de pintado con pintura al polvo.

25.		Vista del interior de una cabina de pintado en el proceso de pintura al polvo.
26.		Máquina en la que se ha utilizado un disolvente para el desengrase y limpieza de la misma.
27.		Almacén de una fábrica de aceites y disolventes.
28.		Almacén de una fábrica de aceites y disolventes.
29.		Almacén de una fábrica de aceites y disolventes.
30.		Disolventes utilizados en talleres de pintura.
31.		Disolventes utilizados para uso doméstico.