

Calidad del aire interior. Equipos y materiales de oficina: contaminantes químicos

*Indoor air quality. Office equipment and materials: chemical contaminants
Qualité d'air intérieur. Appareils et matériel de bureau: contaminants chimiques*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)

Elaborado por:

María de la O Culver González
CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS (INSHT)

Esta Nota Técnica de Prevención (NTP) ofrece una descripción de los principales riesgos potenciales asociados al empleo de equipos y materiales de oficina, indicando las principales medidas preventivas que deben adoptarse para evitar o reducir la exposición a los contaminantes químicos que pueden emitir. La presente NTP supone una actualización y una ampliación de los contenidos de diversas NTP relacionadas con este tema.

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

Actualmente no cabe duda de la importancia de la calidad del aire interior como consecuencia de la permanencia, cada vez mayor, de la población en ambientes cerrados, ya sea por motivos laborales, sanitarios o de ocio. En el caso concreto de los edificios de oficinas, el aire interior puede estar contaminado, además de por la contaminación procedente del exterior, por la presencia de microorganismos y otros contaminantes de origen biológico, y por los contaminantes químicos procedentes de los materiales de construcción y decoración, del empleo de productos de consumo (por ejemplo, productos de limpieza y desinfección, odorizadores, plaguicidas, pinturas, adhesivos, etc.), de los procesos de combustión (por ejemplo en cocinas y calderas de calefacción), y de la utilización creciente de equipos y materiales de oficina en estos ambientes.

El continuo avance de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) ha dado lugar a un incremento del número de equipos electrónicos presentes en los ambientes de oficina, pudiendo destacar los ordenadores y sus periféricos (teclados, ratones, módems, memorias, escáneres, impresoras, etc.), las fotocopiadoras y las impresoras multifunción, que incluyen las funciones de impresión, escaneo, copiado y, en algunos casos, otras funciones como envío de faxes. A pesar de todas las ventajas que ofrecen, estos equipos constituyen fuentes potenciales de exposición a contaminantes químicos que, si bien suelen emitirse a niveles relativamente bajos, podrían suponer un riesgo potencial debido a su proximidad con respecto a las personas que los utilizan, causándoles molestias o, incluso, problemas de salud. Por ello, resulta importante identificar los posibles riesgos asociados a su utilización y funcionamiento, a fin de adoptar las medidas preventivas oportunas que garanticen un uso seguro de los mismos.

2. FUNCIONAMIENTO DE LAS FOTOCOPIADORAS E IMPRESORAS

Fotocopiadoras e impresoras láser

A continuación, se indican los mecanismos de funcionamiento de las impresoras láser y de las fotocopiadoras, siendo las más utilizadas en este último caso las fotocopiadoras xerográficas (emplean papel normal) y las fotocopiadoras electrostáticas (emplean un papel sensible especial).

En las impresoras láser y las fotocopiadoras xerográficas, el documento original es barrido por un haz de luz (láser en las primeras y luz brillante en las segundas) que proyecta una imagen de dicho documento sobre la superficie de un cilindro o tambor fotoconductor, el cual ha sido cargado eléctricamente con carga negativa en correspondencia con la imagen mediante la aplicación de un voltaje a través de un filamento de corona o de un rodillo. Las cargas negativas del tambor atraen el polvo de tóner, que se adhiere a estas zonas reproduciendo el escrito o la imagen del documento original, el cual, a continuación, es transferido al papel que se encuentra recubierto por partículas cargadas positivamente. Tras la eliminación de la carga estática, el papel y las partículas de tóner adheridas pasan a un rodillo de calor (fusor), donde se derrite el copolímero del tóner a elevadas temperaturas y se aplica presión con el fin de fijar de forma definitiva el pigmento sobre el papel. (Véase la figura 1).

En el caso de las fotocopiadoras electrostáticas, se utiliza un papel que ha sido tratado con óxido de zinc combinado con una resina termoplástica y que se carga negativamente al pasar a través de un filamento de corona similar al empleado en los equipos anteriores. La luz que barre el documento original proyecta la imagen directamente sobre el papel y éste se somete a continuación a un baño de tóner, quedando adheridas las partículas que se encuentran

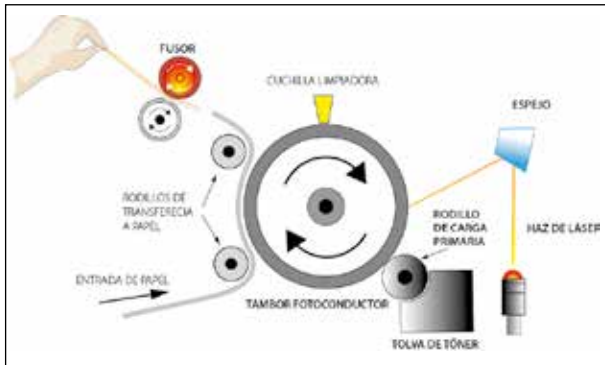


Figura 1. Funcionamiento de una impresora láser

cargadas positivamente a las áreas con carga negativa del papel. Finalmente, el papel atraviesa el fusor y la imagen queda fijada de forma definitiva mediante presión y calor.

El producto empleado por estos equipos para conferir color es el tóner o tinta seca, que consiste en un polvo seco muy fino con propiedades eléctricas. Aunque existen diferencias según el fabricante, normalmente consiste en una mezcla de una serie de componentes, los cuales se indican en la tabla 1.

Impresoras de inyección de tinta

En las impresoras de inyección de tinta o impresoras de chorro de tinta (*inkjet*), ésta es pulverizada e inyectada a través de unas boquillas situadas en el cabezal de impresión que recorre el papel de copia, formándose los caracteres del texto o la imagen a imprimir. La expulsión de tinta puede tener lugar como consecuencia del empleo

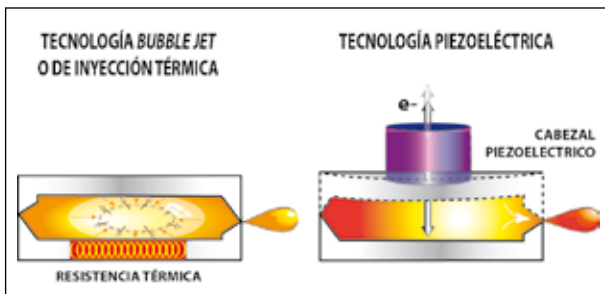


Figura 2. Tipos de impresoras de inyección de tinta

de calor y consiguiente formación de burbujas de vapor (*bubble jet*), o de la aplicación de una corriente eléctrica a un elemento piezoeléctrico ubicado en el cabezal. (Véase la figura 2).

3. PRINCIPALES CONTAMINANTES QUÍMICOS EMITIDOS POR LOS EQUIPOS DE OFICINA

Como se ha comentado anteriormente, los equipos de oficina pueden ser fuentes potenciales de contaminantes químicos, pudiendo emitir principalmente compuestos orgánicos volátiles (COV), compuestos orgánicos semivolátiles (COSV), ozono y partículas de diversa naturaleza.

Las emisiones de estos equipos van a depender fundamentalmente del modelo del equipo, del modo de funcionamiento (incluyendo el número de páginas por minuto impresas en el caso de las fotocopiadoras y de las impresoras), de los materiales empleados en su fabricación (componentes plásticos, placas de circuito impreso, retardantes de llama, etc.) y utilización (tóner, papel), y de su estado de mantenimiento. Por otro lado, el riesgo de exposición de los trabajadores dependerá principalmente del nivel de ventilación (esto es, de la renovación del aire del local), de la frecuencia de uso de los equipos y de su proximidad a los mismos.

Compuestos orgánicos volátiles

Mientras que la mayor parte de los productos manufacturados emiten COV al aire interior como consecuencia de su evaporación a partir de materiales de construcción y decoración, de productos de consumo, etc., los equipos de oficina contribuyen a la contaminación interior durante su funcionamiento y como consecuencia del aumento de temperatura que se produce en su interior, siendo los COV los componentes mayoritarios de las emisiones procedentes de dichos equipos. En la tabla 2 se indican ejemplos de COV emitidos por las impresoras, las fotocopiadoras y los ordenadores, en base a diversos estudios realizados.

En el caso de las fotocopiadoras y de las impresoras láser, éstas han mostrado emisiones similares que dependen fundamentalmente del modo de operación y de los materiales empleados. Entre los COV más frecuentes emitidos por estos equipos destacan: hidrocarburos aromáticos (benceno, etilbenceno, clorobenceno, tolueno,

COMPONENTE	PROPORCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Polímero termoplástico aglomerante de bajo punto de fusión	≈ 85%	Los polímeros deben tener un bajo punto de fusión para facilitar la rápida adherencia de las partículas de tóner al papel cuando son sometidos a elevadas temperaturas en el fusor. Ejemplos: copolímeros de estireno-acrilato, resinas de poliéster.
Pigmentos colorantes	≈ 10%	Confieren el color deseado al tóner, como el negro de carbón, el negro de humo o los óxidos de hierro (o polvo de ferrita, empleada en tóneres magnéticos para la impresión de cheques) en el caso de impresiones en blanco y negro, y los pigmentos orgánicos para las impresiones a color.
Agentes de control de carga	≤ 5%	Permiten una regulación precisa de la carga que adquieren las partículas de tóner. Ejemplo: sales de amonio cuaternario.
Aditivos de control de flujo	≤ 3%	Mantienen las características de carga de las partículas de tóner y evitan que éste se apelmace. Ejemplos: sílice amorfa, óxidos de titanio.
Ceras	≤ 3%	Evitan que el tóner se adhiera a la superficie de los rodillos de fusión cuando estos son sometidos a elevadas temperaturas.

Tabla 1. Principales componentes del tóner

IMPRESORAS LÁSER	IMPRESORAS DE INYECCIÓN DE TINTA	FOTOCOPIADORAS	ORDENADORES
Benceno	Benceno	Benceno	Etilbenceno
Etilbenceno	Etilbenceno	Etilbenceno	Tolueno
Tolueno	Tolueno	Tolueno	m/p-Xileno
1,2-Diclorobenceno	1,2-Diclorobenceno	1,4-Diclorobenceno	o-Xileno
1,4-Diclorobenceno	1,4-Diclorobenceno	1,2,4-Triclorobenceno	1-feniletanona
Trimetilbenceno	Estireno	Trimetilbenceno	Formaldehído
Estireno	m/p-Xileno	Estireno	Fenol
m/p-Xileno	o-Xileno	α -Metilestireno	2-etil-1-hexanol
o-Xileno	Trimetilbenceno	m/p-Xileno	Tricloroetano
Tricloroetileno	Tricloroetileno	o-Xileno	Éster etilhexilpropenoico
Tetracloroetileno	Tetracloroetileno	Tetracloroetileno	Metacrilato
Acetona	Naftaleno	Naftaleno	
Acetofenona	Acetofenona	Acetona	
Acetato de butilo	Benzaldehído	Acetaldehído	
1-Butanol	Fenol	Benzaldehído	
2-etil-1-hexanol	Hexanal	Formaldehído	
Formaldehído	Hexadecano	Hexano	
Hexanal		Butilciclohexano	
Dodecano		Nonanal	
Hexadecano		Octanal	
Pentametilheptano			

Tabla 2. Ejemplos de COV emitidos por diferentes equipos de oficina

estireno, xilenos y otros derivados del benceno), hidrocarburos alifáticos (dodecano, hexadecano), hidrocarburos clorados (tricloroetileno, tetracloroetileno) y aldehídos como el formaldehído. Los COV emitidos suelen proceder principalmente de la descomposición de los componentes del tóner cuando éste es sometido a elevadas temperaturas durante el proceso de impresión, y varían en función de su composición. No obstante, también existen otras fuentes, como el papel empleado, las placas de circuito impreso, los materiales utilizados para la fabricación de los componentes plásticos y los disolventes con los que se efectúa su limpieza, los cuales pueden estar integrados en el equipo.

En cuanto a las impresoras de inyección de tinta, la emisión de COV, procedentes principalmente de los solventes de la tinta, es considerablemente inferior a la de las fotocopiadoras y las impresoras láser, lo cual puede ser debido a que la temperatura de funcionamiento es mayor en éstas últimas, ya que el tóner requiere temperaturas más elevadas para que tenga lugar la fusión, lo cual favorece y aumenta la volatilización de estos compuestos. Las mayores emisiones han sido obtenidas para tolueno, benceno, etilbenceno, benzaldehído, o-xileno, estireno, hexadecano y acetofenona.

En el caso de los ordenadores, las emisiones de COV suelen ser inferiores a las de los equipos anteriormente indicados, destacando fenol, tolueno, 2-etil-1-hexanol, formaldehído y xilenos.

En términos generales, la liberación de COV por los equipos de oficina puede generar molestias olfativas y está asociada a una serie de síntomas inespecíficos y típicos del Síndrome del Edificio Enfermo, tales como cefaleas, náuseas, malestar general e irritaciones dérmicas, oculares y del tracto respiratorio superior. Sin embargo, es importante resaltar que, entre los compuestos emitidos por estos equipos, se incluyen sustancias consideradas peligrosas de conformidad con el Reglamento (CE) N.º 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (CLP), como el benceno (carcinógeno de cat. 1A, mutágeno de cat. 1B), el formaldehído

y el tricloroetileno (carcinógenos de cat. 1B, mutágenos de cat. 2), el tolueno y el estireno (tóxicos para la reproducción de categoría 2).

Compuestos orgánicos semivolátiles

Retardantes de llama

Con el fin de aumentar la resistencia a la ignición de los aparatos eléctricos y electrónicos, incluyendo los equipos de oficina, se revisten los cables, las placas de circuito impreso, los monitores y las carcasas de plástico con compuestos químicos retardantes de llama, principalmente halogenados (bromados o BFR) y organofosforados (OPFR). Dentro de los retardantes de llama bromados destacan los bifenilos polibromados o polibromobifenilos (PBB), los éteres difenilos polibromados o polibromodifeniléteres (PBDE) y los bisfenoles bromados, principalmente el tetrabromo bisfenol A (TBBPA). Entre los retardantes de llama organofosforados se encuentran el fosfato de tris(2-cloroetilo) (TCEP), el fosfato de tris(cloropropilo) (TCPP), el fosfato de trifenilo (TPP), el fosfato de tributilo (TBP), el fosfato de tributoxietilo (TBEP) y el fosfato de tris(2-etilhexilo) (TEHP).

Cuando los equipos se calientan como consecuencia de su funcionamiento, estos compuestos se liberan en el entorno de trabajo inmediato en pequeñas cantidades y se evaporan hasta cierto grado, pudiendo encontrarse en el aire y en las partículas de polvo depositado.

Los retardantes de llama bromados se encuentran asociados a irritaciones de las vías respiratorias superiores, oculares y dérmicas. No obstante, es la exposición a largo plazo la que genera mayor preocupación, ya que algunos de ellos se acumulan y persisten en el ambiente, llegando a introducirse y a acumularse en la cadena alimenticia, habiéndose asociado a alteraciones endocrinas, reproductivas y comportamentales, así como a efectos carcinógenos, estando clasificados los PBB como carcinógenos del grupo 2A (probablemente carcinógeno para humanos) según la Agencia Internacional para la Inves-

tigación sobre el Cáncer (IARC, *International Agency for Research on Cancer*). De hecho, la Directiva 2011/65/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de junio de 2011, sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (Directiva RoHS, del inglés *Restriction of Hazardous Substances*), transpuesta al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 219/2013, de 22 de marzo, sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos, prohíbe la introducción en el mercado de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) que contengan, entre otros, polibromobifenilos y polibromodifeniléteres en cantidades superiores al 0.1% de concentración en peso de materiales homogéneos.

Como consecuencia de esta prohibición, se ha incrementado el uso de los retardantes de llama organofosforados. Poco se sabe acerca de la exposición humana debido a que no son fácilmente medibles en la sangre o en el suero. No obstante, el TCEP es considerado, según el Reglamento CLP, como carcinógeno de categoría 2 y tóxico para la reproducción de categoría 1B.

Siloxanos

Los siloxanos son compuestos orgánicos de silicio que se usan principalmente en la fabricación de polímeros de silicona, teniendo múltiples aplicaciones, por ejemplo, como recubrimientos y adhesivos en construcción y como componentes de productos de cuidado personal, de cosméticos y de productos de limpieza. También se encuentran en equipos de oficina, siendo los más comunes los siloxanos cíclicos, como el hexametilciclotrisiloxano (siloxano D3), el octametilciclotetrasiloxano (siloxano D4), el decametilciclopentasiloxano (siloxano D5), el dodecimetilciclohexasiloxano (siloxano D6), el tetradecametilcicloheptasiloxano (siloxano D7) y el hexadecametilciclooctasiloxano (siloxano D8). Las emisiones de estos compuestos pueden proceder, entre otros, de los paneles de circuito impreso, de los monitores, del tóner de las impresoras láser y las fotocopiadoras, o de los lubricantes termorresistentes hechos a base de aceite o grasa de silicona que se emplean en los dispositivos de impresión. Según estudios realizados, los ordenadores pueden constituir una fuente importante de emisión de siloxanos D5 y D6, mientras que las impresoras y las fotocopiadoras son fuentes potenciales importantes de siloxanos D3 y D5.

Debido a su uso tan extenso, se han llevado a cabo diversos estudios toxicológicos, no habiéndose demostrado hasta la fecha que la exposición a los siloxanos cíclicos comporte riesgos para la salud, si bien el siloxano D4 está clasificado, de conformidad con el Reglamento CLP, como tóxico para la reproducción de categoría 2.

Ozono

El ozono es un gas de olor acre y generalmente incoloro que se origina a partir del oxígeno al exponerse el aire a un campo eléctrico. Cuando esto ocurre, el oxígeno se carga eléctricamente, rompiéndose el enlace entre los átomos y reaccionando cada uno de estos con otra molécula de oxígeno, formándose así ozono con una carga eléctrica negativa.

Este gas puede originarse en pequeñas cantidades en las fotocopiadoras y en las impresoras láser como consecuencia de las descargas eléctricas que tienen lugar durante el proceso electrostático, pudiendo formarse en

mayor cantidad en el caso de las fotocopiadoras que operan con corriente continua. Una fuente menor de ozono la constituye la emisión de luz ultravioleta de las lámparas presentes en las fotocopiadoras.

En las fotocopiadoras y en las impresoras láser, el cilindro o tambor fotoconductor y el papel de copia se cargan eléctricamente a través del filamento de corona, que es sometido a un alto voltaje y, posteriormente, al incidir la luz sobre determinadas zonas de la superficie del tambor, éstas se descargan, siendo dicha sucesión de cargas y descargas eléctricas lo que da lugar a la generación de ozono como subproducto. Sin embargo, en los equipos de oficina modernos no suele emplearse un filamento de corona para efectuar este proceso, sino un rodillo de carga primaria (PCR, del inglés *Primary Charge Roller*) que funciona con voltajes menores, de manera que los niveles de ozono generados son considerablemente inferiores.

El ozono es muy inestable y se descompone rápidamente en oxígeno, teniendo una vida media en el aire interior de oficinas de 6 a 10 minutos aproximadamente, aunque en entornos mal ventilados o sin circulación de aire su periodo de descomposición puede ser mayor.

En las condiciones normales de funcionamiento, la concentración de ozono generada alrededor del equipo suele ser insuficiente para causar efectos adversos en la salud de los trabajadores, los cuales suelen estar asociados con síntomas tales como irritación de los ojos, de las vías respiratorias altas y de los pulmones, sequedad de las mucosas ocular, nasal y faríngea, dolor de cabeza, mareo, fatiga, dificultad respiratoria, etc. Además, la mayoría de las fotocopiadoras y de las impresoras láser suelen ir provistas de un filtro, normalmente de carbón activado, situado en la salida de aire del equipo, donde el ozono se descompone rápidamente.

Por ello, en las actividades realizadas en entornos de oficinas se considera que el riesgo de exposición a ozono como consecuencia del empleo de estos equipos es muy bajo. No obstante, en determinadas circunstancias puede tener lugar dicha exposición y causar algunos de los síntomas anteriormente indicados, por ejemplo, si el equipo se encuentra ubicado en una zona en la que la ventilación es insuficiente (principalmente si la zona es de reducidas dimensiones y el equipo se emplea con mucha frecuencia, o si hay varios equipos próximos entre sí), si el equipo no dispone filtro de ozono, si éste no se reemplaza con la frecuencia requerida, si presenta algún fallo de funcionamiento o si el mantenimiento no se realiza correctamente. La exposición a niveles de ozono perjudiciales puede suceder con más frecuencia en invierno que en verano debido a que durante el invierno el periodo de descomposición del gas es mayor.

Partículas

El polvo de tóner contiene partículas poco solubles que presentan un diámetro aerodinámico de 2 a 10 micrómetros (μm). Uno de sus componentes, el pigmento negro de carbón, está clasificado como polvo molesto y se considera levemente tóxico, aunque contiene impurezas que se encuentran dentro de la fracción respirable ($\text{MP}_{2.5}$, materia particulada de diámetro igual o inferior a $2.5 \mu\text{m}$) y pueden ser carcinógenas, estando clasificado como posiblemente carcinógeno para el ser humano (grupo 2B) por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, *International Agency for Research on Cancer*). No obstante, estas impurezas se encuentran en niveles muy bajos, por lo que no suponen un riesgo para la salud en relación con los efectos a largo plazo. Además, hay que

tener en cuenta que el tóner se suministra en cartuchos sellados y la liberación de polvo se produce a través de una hendidura muy estrecha y situada muy próxima a la superficie del papel al que se adhieren electrostáticamente las partículas. Por todo lo anterior, no se espera que se produzca, en ambientes de oficinas y en las condiciones normales de funcionamiento de las impresoras láser y de las fotocopiadoras, una emisión de cantidades significativas de polvo de tóner. Podría tener lugar una exposición accidental si se produce la rotura del cartucho de tóner, ya sea en el interior del equipo o en el exterior, por ejemplo, al proceder a su sustitución. La exposición a negro de carbón ha sido asociada a irritación respiratoria (con síntomas como tos y/o estornudos), así como a dolores de cabeza, irritación ocular y picores en la piel. Por otro lado, el contacto de los dedos contaminados con la lengua ha sido asociado con la aparición de pequeñas protuberancias en la misma. Esto podría ocurrir al tocar el tóner derramado o las hojas recién fotocopiadas o impresas con los dedos húmedos y llevarse las manos a la boca.

No obstante, la mayor concentración de partículas procedentes de las fotocopiadoras y de las impresoras láser parece estar asociada a la emisión de partículas ultrafinas (MP_{0,1}, materia particulada con un diámetro aerodinámico igual o inferior a 0.1 µm), con un tamaño promedio de 30 a 50 nanómetros (nm), encontrándose por tanto dentro del rango de nanoescala. Estas partículas pueden proceder, entre otros, del tóner y del papel alimentado en el equipo, y sus niveles de emisión dependen del tipo de equipo, viéndose afectados por las condiciones de impresión, incluyendo el número de páginas impresas, la edad del cartucho y la cobertura del tóner.

Si bien se requieren más estudios en relación con los mecanismos de formación de las partículas ultrafinas emitidas por estos equipos, existen diversas hipótesis al respecto, como las que se indican a continuación:

- Nucleación de los COV procedentes del tóner como consecuencia de las altas temperaturas alcanzadas en el fusor, y posterior condensación de la fase de vapor al exponerse a temperaturas más bajas.
- Nucleación homogénea de los COV inducida por iones durante las descargas producidas por el filamento de corona.
- Oxidación de los COV mediante reacción con ozono y formación de aerosoles orgánicos secundarios.

En cuanto a los posibles efectos sobre la salud como consecuencia de la inhalación de las partículas ultrafinas emitidas, estos son actualmente desconocidos debido a su baja masa y a su naturaleza sumamente volátil, lo cual dificulta la determinación de su composición química. Además, los posibles efectos sobre la salud parecen estar más relacionados con la concentración en número que con la concentración en masa de las partículas, de manera que diferirán sustancialmente en función del tamaño, de la morfología, de la composición (tanto interna como superficial) y de la concentración de las partículas aerotransportadas.

Por otra parte, los ordenadores no se consideran fuentes emisoras de partículas, si bien se ha demostrado la reemisión de partículas ambientales depositadas en estas unidades.

Finalmente, el papel puede suponer un riesgo de exposición a polvo como consecuencia de la destrucción de documentos en las trituradoras o destructoras de papel. La exposición a polvo de papel en ambientes de oficina ha sido asociada a un incremento del riesgo de aparición de síntomas tales como cefaleas, fatiga, bronquitis crónica y dificultad respiratoria.

Otros contaminantes químicos

Selenio

Se utiliza como revestimiento fotoconductor del tambor de las impresoras láser y de las fotocopiadoras electrostáticas. En condiciones normales de funcionamiento, la exposición a selenio es muy rara, pudiendo tener lugar únicamente debido al desgaste del tambor, lo cual puede ocurrir como consecuencia de un sobrecalentamiento del equipo durante su operación, ya sea por el uso frecuente o continuado durante largos periodos de tiempo, o por un mantenimiento inadecuado, influyendo también la edad del equipo. Los síntomas son fácilmente identificables y tratables, y suelen consistir en un sabor metálico en la boca y aliento con olor a ajo. Por otro lado, la exposición a bajas concentraciones de selenio durante periodos prolongados de tiempo puede causar fatiga, insomnio, dificultad de concentración, trastornos del tracto respiratorio superior y/o irritación de los ojos y de los labios.

Monóxido de carbono

El tóner de las fotocopiadoras y de las impresoras láser puede emitir monóxido de carbono cuando éstas se sobrecalientan en áreas con una ventilación deficiente, pudiendo dar lugar a síntomas tales como cefaleas, somnolencia, debilidad e incremento de la frecuencia cardíaca.

4. CONTAMINANTES QUÍMICOS PROCEDENTES DE MATERIALES DE OFICINA

Papel autocopiativo

El papel autocopiativo, también denominado papel autocopiante sin carbón o papel de copia sin carbón (CCP, del inglés *Carbonless Copy Paper*), es ampliamente utilizado en oficinas para la duplicación o impresión manual o mecánica de albaranes, facturas, talonarios, formularios u otros documentos, suponiendo una alternativa al uso de las hojas separadas de papel carbón (también conocido como papel calco), que contienen negro de carbón. Está compuesto por varias hojas superpuestas y denominadas de la siguiente forma (véase la figura 3):

- Hoja CB (*coated back*): es la hoja superior y se encuentra revestida en su cara inferior por microcápsulas que contienen una emulsión de sustancias reveladoras o formadoras de color en un solvente.
- Hoja CFB (*coated front and back*): es la hoja intermedia y su cara superior está impregnada con un reactivo, mientras que su cara inferior está revestida por las microcápsulas anteriormente descritas.
- Hoja CF (*coated front*): es la hoja inferior, pudiendo ser una o varias, y se encuentra impregnada en su cara superior con un reactivo.

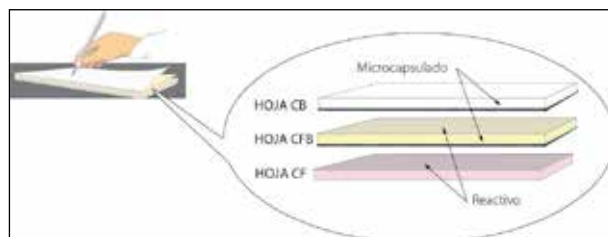


Figura 3. Componentes del papel autocopiativo

Al recibir presión, las microcápsulas se rompen y se liberan los reveladores de color, los cuales reaccionan con el reactivo y se transfieren a las hojas inferiores, creándose un duplicado exacto de trazo coloreado (normalmente de color negro, azul o violeta).

Para la producción de papel autocopiativo se emplea una gran variedad de productos químicos, que difieren según el fabricante, al igual que el proceso de fabricación. A continuación, se exponen algunos ejemplos de los productos utilizados históricamente:

- Adhesivos o ligantes: dextrina, goma arábiga, polímeros de metilcelulosa (p.ej. copolímeros de butadieno/estireno, homopolímeros o copolímeros acrílicos), látex de estireno-butadieno, etc.
- Componentes de las microcápsulas: alcoholes, terpenilos hidrogenados, aminas, isocianatos, melamina-formaldehído, urea-formaldehído, gelatina, etc.
- Agentes reticulantes para el endurecimiento de las microcápsulas: dietilentriamina (DETA), formaldehído, glutaraldehído, diisocianato de hexametileno, etc.
- Reveladores o formadores de color: cristal de violeta lactona, colorantes azoicos básicos, azul de benzoil leucometileno, para-tolueno sulfonato de hidrol de Michler, trifenilmetanos (violeta de genciana y verde malaquita), etc.
- Solventes: queroseno inodoro, diisopropilnaftaleno, diariletanos, terpenilos dihidrogenados, alquilnaftalenos, éteres aromáticos, xilenos, ciclohexano, dibutilftalatos, mezclas de solventes (p.ej. monoisopropil bifenilos y terpenilos hidrogenados), etc.
- Reactivos: arcilla de montmorillonita tratada con ácidos, arcilla activada, alúmina, bentonita, sílica gel, haloisita, sulfato y fosfato de aluminio, zeolita, resinas fenólicas (p.ej. resinas de fenol-formaldehído como el alquilfenol-novolac), ácidos carboxílicos aromáticos (p.ej. ácido benzoico, ácido salicílico), etc.

Adicionalmente, el trabajador puede emplear como elemento auxiliar una tinta desensibilizante, que inactiva el sistema de copiado en determinadas zonas del papel autocopiativo al impedir que tenga lugar la reacción entre el reactivo y las sustancias reveladoras de color, lo cual resulta útil cuando no se desea la copia de alguna o de algunas partes del documento. Las tintas desensibilizantes son incoloras y pueden contener una variedad de solventes, tales como white spirit (esencia mineral), queroseno, tolueno, alcoholes, glicoles, cetonas y plastificantes (p.ej.: dibutil ftalatos).

En cuanto a los posibles efectos en la salud como consecuencia de su manipulación, un estudio realizado por el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional estadounidense (NIOSH, *National Institute for Occupational Safety and Health*), consistente en una revisión bibliográfica y publicado en el año 2000, concluyó que, de acuerdo con los datos disponibles, la exposición a ciertos tipos de papel autocopiativo ha dado lugar, bajo determinadas circunstancias, a síntomas leves o moderados de irritación dérmica e irritación de las membranas mucosas de los ojos y del tracto respiratorio superior, dermatitis alérgica de contacto (raro) y reacciones sistémicas (raro), si bien no está claro si las formulaciones actuales empleadas representan un riesgo significativo para los trabajadores expuestos.

Otros materiales

Algunos productos de uso común en oficinas contienen sustancias químicas consistentes fundamentalmente en solventes que facilitan la extensión de los pigmentos (en

su caso) y permiten acortar el tiempo de secado. Como ejemplos cabe destacar los siguientes:

- Líquidos correctores: suelen contener óxido de titanio (responsable de su coloración blanca), resinas, alcoholes minerales, fragancias, dispersantes y solventes orgánicos como éter de petróleo (nafta), acetato de etilo, amoniaco y metilciclohexano.
- Rotuladores permanentes y rotuladores para pizarra blanca: la tinta de estos rotuladores suele contener resinas, colorantes y solventes orgánicos como etanol, butanol, xileno y 1-propanol (alcohol propílico).
- Pegamento instantáneo: el componente principal es el adhesivo cianoacrilato, empleándose también solventes orgánicos.

Los solventes se evaporan durante su uso y su concentración en estos materiales suele ser muy pequeña, no comportando su utilización riesgos para la salud en condiciones normales. No obstante, la inhalación de solventes podría causar desde molestias olfativas hasta síntomas tales como irritación respiratoria, náuseas, cefaleas, mareos e intoxicaciones (en caso de inhalación excesiva).

5. MEDIDAS PREVENTIVAS

A continuación, se exponen una serie de medidas preventivas y recomendaciones dirigidas a intentar garantizar que los trabajadores de los edificios de oficinas puedan realizar su actividad laboral sin sufrir molestias o problemas de salud como consecuencia del funcionamiento y de la utilización o manipulación de equipos y materiales de oficina:

- Emplear productos y materiales de oficina con bajo contenido en COV y COSV. La norma ISO 14020 “*Etiquetas ecológicas y declaraciones ambientales. Principios generales*”, establece las directrices para el desarrollo y uso de las etiquetas y declaraciones ambientales, agrupándolas en tres categorías: ecoetiquetas (Tipo I, ISO 14024), autodeclaraciones ambientales (tipo II, ISO 14021) y declaraciones ambientales de producto (tipo III, ISO 14025). Dentro de las ecoetiquetas aplicables a productos y servicios respetuosos con el medio ambiente, destacan las siguientes:
 - Ecoetiqueta Europea (EU Ecolabel, www.ecolabel.eu): también conocida como la Flor, es concedida por la Comisión Europea y evalúa los efectos ambientales de un producto a lo largo de todo su ciclo de vida, de manera que se garantiza que aquellos que cumplen con los criterios medioambientales establecidos tienen un menor impacto ambiental en relación con productos similares existentes en el mercado. Entre los productos de oficina a los que puede aplicarse esta ecoetiqueta se encuentran los televisores, los ordenadores (personales y portátiles), el papel de fotocopia, el papel gráfico y el papel impreso.
 - Ecoetiqueta Ángel Azul (The Blue Angel, www.blauer-engel.de): desarrollada por el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear de Alemania, se trata de la primera certificación medioambiental introducida, y se aplica a productos y servicios que cumplen una serie de criterios ambientales, teniendo también en cuenta su ciclo de vida completo. Se puede aplicar a una gran variedad de equipos y materiales de oficina, como ordenadores, impresoras, fotocopadoras, teléfonos, teclados de ordenador, monitores, papel impreso,

- papel de impresión, papel reciclado, cartuchos de tóner, etc.
- Marca AENOR Medio Ambiente (www.aenor.es): concedida por la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) a aquellos productos y servicios que se adaptan a normas UNE relacionadas con criterios ecológicos. Se puede aplicar, entre otros, a sobres de papel (UNE 156000:1998 EX), a máquinas de reprografía (UNE 71901:1997 EX), a máquinas de fax (UNE 71902:1999 EX) y a impresoras (UNE 71903:1999 EX).
 - Las impresoras y fotocopiadoras deberán ir provistas de filtros adecuados, que deberán ser reemplazados con la periodicidad necesaria, siguiendo las instrucciones del fabricante.
 - Garantizar una ventilación adecuada con aporte de aire exterior suficiente que evite que los niveles de contaminantes alcancen concentraciones que puedan resultar perjudiciales para la salud de los trabajadores que se encuentren en el entorno de los equipos o que manipulen materiales que puedan suponer un riesgo potencial.
 - Evaluar toda situación en la que los equipos de oficina generen suciedad en el ambiente, provoquen un aumento de la temperatura de la zona, o den lugar a la aparición de olores desagradables.
 - Ubicar las impresoras y las fotocopiadoras en lugares bien ventilados y alejados de los trabajadores, preferentemente cerca de los retornos del sistema de acondicionamiento de aire.
 - Cuando las fotocopiadoras e impresoras deban ser utilizadas de manera frecuente, ubicarlas en habitaciones separadas de la zona ocupada y dotadas de una ventilación adecuada, siendo preferible que se estén provistas de extracción localizada que descargue el aire directamente al exterior. No se recomienda su ubicación en habitaciones muy pequeñas.
 - Si la destructora de papel genera elevadas cantidades de polvo, ubicarla en una habitación separada con ventilación adecuada.
 - Siempre que sea posible, evitar permanecer cerca de los equipos cuando se encuentren en funcionamiento. Por ejemplo, permanecer a más de un metro de las impresoras puede reducir enormemente la exposición a las partículas ultrafinas generadas durante su funcionamiento.
 - Consultar la ficha de datos de seguridad (FDS) del tóner suministrada por el fabricante, la cual proporciona la información relativa a la seguridad y la salud necesaria para identificar y evaluar el riesgo de exposición, además de información relacionada con la manipulación y el almacenamiento apropiados.
 - La manipulación de los cartuchos de tóner debería ser llevada a cabo por personal cualificado. Cuando exista riesgo de contacto dérmico o de inhalación de polvo de tóner como consecuencia de su manipulación, deberán emplearse guantes desechables y mascarilla. No se debe soplar sobre el cartucho a fin de eliminar el polvo, ya que incrementa el riesgo de exposición.
 - Llevar a cabo una gestión adecuada de los residuos de oficina, especialmente en el caso de los cartuchos de tinta y de tóner, de conformidad con lo dispuesto en la ORDEN MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.
 - En relación con el uso de papel autocopiativo:
 - Llevar a cabo su manipulación en lugares bien ventilados y, si resulta necesario, emplear guantes.
 - Adoptar medidas adecuadas de higiene personal, prestando especial atención al lavado de manos cuando se utilice papel autocopiativo. Evitar llevarse las manos a la boca o a los ojos durante y después de su uso.
 - Realizar una alternancia de tareas con otras en las que no haya manipulación o ésta sea mínima.
 - Las fotocopiadoras xerográficas y las impresoras láser que no hayan sido utilizadas durante periodos prolongados de tiempo deberán de ser inspeccionadas a fin de determinar el estado del tambor fotoconductor. Si éste se encuentra dañado, no deberían ponerse en funcionamiento.
 - Los equipos deberán ser limpiados periódicamente con el fin de evitar la acumulación de residuos y de polvo.
 - Garantizar un mantenimiento periódico y adecuado de los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

ORDEN MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

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.

ISO 14020:2000 Environmental labels and declarations - General principles.

AIR QUALITY SCIENCES, INC.

In Black & White. The Office Equipment Industry's Guide to Managing Product Emissions
Air Quality Sciences, Inc., Georgia:U.S.A., 2003

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION

NIOSH Hazard Review. Carbonless Copy Paper
NIOSH, Cincinnati, OH:U.S.A., 2000

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER

IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks for Humans
IARC

LONDON HAZARDS CENTRE

The London Hazards Centre Factsheet. Photocopier and laser printer hazards

Hampstead Town Hall Centre, London (U.K.), 2007

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH BRANCH & OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH COUNCIL

A Simple Guide to Health Risk Assessment. Office Environment Series OE 6/2003. Use of Chemicals

Occupational Safety and Health Branch & Occupational Safety and Health Council, Hong Kong, 2003

PUBLIC SERVICE ASSOCIATION OF NSW

Occupational Health and Safety guidelines for the use of photocopiers

PSA, New South Wales (Australia)

WORKSAFE VICTORIA

Officewise – A guide to health & safety in the office. Fifth edition

WorkSafe Victoria, Melbourne, January 2006

WORLD HEALTH ORGANIZATION

WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants

WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 2010

DREW, R.

Brief Review on Health Effects of Laser Printer Emissions Measured as Particles

Safe Work Australia, Canberra, 2011

HOFFMAN, K., GARANTZIOTIS, S., BIRNBAUM, L.S., STAPLETON, H.M.

Monitoring Indoor Exposure to Organophosphate Flame Retardants: Hand Wipes and House Dust

Environ Health Perspect 123:160–165

JAAKKOLA, M.S., YANG, L., IEROMNIMON, A., JAAKKOLA, J.J.K.

Office work exposures and respiratory and sick building syndrome symptoms

Occup Environ Med (2007) 64:178–184

KOWALSKA, J., SZEWCZYNSKA, M., POSNIAK, M.

Measurements of chlorinated volatile organic compounds emitted from office printers and photocopiers

Environ Sci Pollut Res (2015) 22:5241–5252

LEE, S.C., LAM, S., FAI, H.K.

Characterization of VOCs, ozone, and PM10 emissions from office equipment in an environmental chamber

Building and Environment 36 (2001) 837–842

MADDALENA, R., MCKONE, T., DESTAILLATS, H., RUSELL, M., HODGSON, A., PERINO, C.

Quantifying Pollutant Emissions from Office Equipment: A Concern in Energy-Efficient Buildings

California Energy Commission, PIER Energy-Related Environmental Research. CEC-500-2011-046.

MASSEY, D.D., TANEJA, A.

Emission and Formation of Fine Particles from Hardcopy Devices: the Cause of Indoor Air Pollution, Monitoring, Control and Effects of Air Pollution

Prof. Andrzej G. Chmielewski, In Tech, 2011

WANG, Z-M., WAGNER, J., WALL, S.

Characterization of Laser Printer Nanoparticle and VOC Emissions, Formation Mechanisms, and Strategies to Reduce Airborne Exposures

Aerosol Science and Technology (2011) 45:1060–1068