

MEDITERRANEO

Prevención de la contaminación
en el sector de
Artes gráficas

producción

LIMPIA

Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL)
Plan de Acción para el Mediterráneo



PNUMA



Centro de Actividad Regional
para la Producción Limpia



Ministerio de Medio Ambiente
España



Generalitat de Catalunya
Departamento de Medio Ambiente

Nota: Esta publicación puede ser reproducida total o parcialmente, con fines educativos y no lucrativos sin permiso específico del Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL), siempre y cuando se mencione el origen de la información. El CAR/PL agradecería recibir una copia de cualquier publicación donde este documento sea usado como fuente. No está permitido en uso de esta información con fines comerciales o de venta sin permiso escrito del CAR/PL.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la presentación de material en la misma no implican la expresión de ninguna opinión por parte del CAR/PL en relación con el estatus legal de ningún Estado, territorio ciudad o área, ni de sus autoridades ni respecto a sus fronteras o límites.

Si considera que algún punto del estudio puede mejorarse o existe alguna imprecisión, le agradeceríamos nos lo comunicase.

Estudio terminado en septiembre de 2003

Estudio publicado en noviembre de 2003

Si desea solicitar copias adicionales o para cualquier información adicional, póngase en contacto con:

Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL)

C/París, 184, 3r
08036 Barcelona
Tel.: +34 93 415 11 12 - Fax: +34 93 237 02 86
e-mail: cleanpro@cema-sa.org
web: <http://www.cema-sa.org>

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	6
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SECTOR DE ARTES GRÁFICAS EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	8
2.1. Aspectos socio-económicos	9
2.2. Impacto ambiental	13
2.3. Tendencias generales	14
3. MATERIAS PRIMAS Y RECURSOS UTILIZADOS	19
4. PROCESOS DE PRODUCCIÓN	27
4.1. Preimpresión	27
4.1.1. Diseño	28
4.1.2. Preparación de películas	28
4.1.2.1. Fotocomposición	28
4.1.2.2. Fotomecánica	29
4.1.3. Procesamiento de las películas	30
4.1.3.1. Revelado	30
4.1.3.2. Fijación	31
4.1.3.3. Lavado	31
4.1.3.4. Secado	31
4.1.4. Trazado y montaje	31
4.1.4.1. Trazado	32
4.1.4.2. Montaje	32
4.1.5. Realización de pruebas ozálidas	33
4.1.6. Procesamiento de planchas o formas impresoras	33
4.1.6.1. Planchas offset	34
4.1.6.2. Planchas flexográficas	36
4.1.6.3. Planchas tipográficas	37
4.1.6.4. Pantallas serigráficas	37
4.1.6.5. Rodillos de rotograbado	38

4.2. Impresión	39
4.2.1. Impresión offset	39
4.2.2. Impresión tipográfica	42
4.2.3. Impresión flexográfica	43
4.2.4. Impresión por rotograbado	44
4.2.5. Impresión serigráfica	47
4.2.6. Impresión digital	49
4.3. Postimpresión o acabado	51
4.3.1. Encuadernación	51
4.3.2. Corte	51
4.3.3. Plegado	52
4.3.4. Alzado	52
4.3.5. Cosido	52
4.3.6. Fresado	52
4.3.7. Encolado	53
4.3.8. Estampación	53
5. CORRIENTES RESIDUALES GENERADAS	54
5.1. Emisiones atmosféricas	63
5.2. Aguas residuales	65
5.3. Residuos líquidos	65
5.4. Residuos sólidos	67
5.5. Olores	70
5.6. Ruidos	70
6. MINIMIZACIÓN Y ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN EN ORIGEN DE LA CONTAMINACIÓN	71
6.1. Alternativas de reducción en origen	72
6.1.1. Rediseño de productos	72
6.1.2. Rediseño de procesos	73
6.1.2.1. <i>Sustitución de materias primas</i>	73
6.1.2.2. <i>Tecnologías o procesos más respetuosos con el medio ambiente</i> ...	79
6.1.2.3. <i>Buenas prácticas ambientales</i>	89
6.2. Alternativas de reciclaje en origen	101

7. MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN	106
7.1. Tecnologías de tratamiento de efluentes atmosféricos	106
7.1.1. Tecnologías de separación	107
7.1.1.1. Adsorción con filtros de carbón activado	107
7.1.1.2. Condensación	108
7.1.1.3. Separación por membranas	109
7.1.2. Tecnologías de destrucción	109
7.1.2.1. Oxidación térmica	109
7.1.2.2. Oxidación catalítica	111
7.1.2.3. Sistema rotativo de concentración de COV	112
7.1.2.4. Absorción	113
7.1.2.5. Depuración biológica	114
7.2. Tecnologías de tratamiento de residuos	116
8. DOCUMENTO DE SÍNTESIS	117
9. ALGUNOS EJEMPLOS DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS	123
BIBLIOGRAFÍA	129

1. INTRODUCCIÓN

El sector de las artes gráficas en la región mediterránea se caracteriza por estar compuesto de un elevado número de empresas mayoritariamente de tamaño pequeño y también mediano que utilizan varios tipos de técnicas de impresión sobre diferentes soportes. Dadas las características de las mismas, estas microempresas habitualmente están distribuidas por todo el territorio, principalmente insertadas en el tejido urbano.

De forma general, el sector ejerce un impacto importante sobre el medio ambiente, que es, a su vez, una fuente de oportunidad para la mejora de la eficiencia de las empresas y la introducción de alternativas de prevención de la contaminación existentes para el sector. Por tanto, el Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL) del Plan de Acción para el Mediterráneo ha elaborado el manual de *Prevención de la contaminación en el sector de artes gráficas* como un instrumento de apoyo técnico a las empresas para que éstas consigan una mayor eficiencia en sus actividades, optimizando sus procesos productivos e integrando las consideraciones ambientales en la gestión empresarial.

El presente manual ha sido realizado por el CAR/PL con la colaboración de una consultoría especializada y un experto en el ámbito del estudio originario de la propia región, el Sr. Rachid Nafti, quien ha elaborado el capítulo de descripción general del sector de las artes gráficas en la región mediterránea.

El capítulo 2 del documento presenta la situación de las artes gráficas en el Mediterráneo, proporcionando una primera aproximación a los aspectos socioeconómicos y ambientales del sector, así como sus tendencias generales. A lo largo de todo el capítulo se proporcionan, a modo ilustrativo, ejemplos representativos de varios países de la cuenca mediterránea.

En el capítulo 3, se introducen las materias primas y los recursos utilizados en la industria de las artes gráficas.

El capítulo 4 describe los procesos productivos del sector clasificados según si pertenecen a la preimpresión, impresión o bien postimpresión o acabados.

El capítulo 5 enumera las corrientes residuales generadas en los procesos de la industria de las artes gráficas según sean en forma de emisiones a la atmósfera, de aguas residuales, de residuos líquidos o sólidos, de olores o bien de emisiones acústicas.

El capítulo 6 del manual presenta las oportunidades disponibles para prevenir en origen la contaminación, que se clasifican según sean de reducción o de reciclaje en origen. La reducción en origen consiste en eliminar (o disminuir) las corrientes residuales antes de que éstas se hayan generado, ya sea mediante la modificación de los procesos productivos, la aplicación de buenas prácticas ambientales, el cambio de materiales y productos o el uso de tecnologías más respetuosas con el medio ambiente. Por su parte, el reciclaje en origen consiste en reutilizar aquella corriente residual que inevitablemente se ha producido, en el mismo proceso o en las instalaciones en las que se ha generado.

En el capítulo 7, el estudio presenta diversas tecnologías de tratamiento disponibles para la correcta gestión de aquellas corrientes residuales que se generan y que no pueden minimizarse.

Por último en el capítulo 8 se incluye un documento de síntesis del manual y, en el capítulo 9, algunos ejemplos reales de las alternativas de prevención de la contaminación propuestas con la finalidad de demostrar su viabilidad técnica y económica.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SECTOR DE ARTES GRÁFICAS EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA

Podríamos decir que se imprime en todas partes. Los productos que llevan algún tipo de impresión son muy numerosos e indican la gran diversidad de la industria de las artes gráficas. Esta diversidad se refiere tanto a materiales sobre los que se imprime como a técnicas de impresión. Se imprime sobre papel, cartón, plástico, metal y otros materiales y las diferentes técnicas de impresión aplicadas son impresión offset, tipografía, flexografía, rotograbado, serigrafía e impresión digital.

El sector de las artes gráficas también se distingue por sus características específicas, especialmente en cuanto a la concentración de pequeñas y medianas empresas y a la ubicación de las empresas de artes gráficas prácticamente en cualquier lugar dentro de un núcleo urbano. La especial situación de este sector hace que la valoración de su situación socioeconómica y ambiental resulte más difícil que en otros sectores industriales. Los datos macroeconómicos sobre el sector de las artes gráficas en la región mediterránea a menudo no se encuentran de forma separada, sino que están integrados con los de otros sectores como las industrias química y papelera. Por tanto, los datos específicos de este sector deben buscarse y compilarse partiendo de varias fuentes, especialmente de asociaciones empresariales y cámaras de comercio e industria. Desde el punto de vista ambiental, las industrias gráficas, de forma individual, no suponen un impacto significativo debido a su tamaño relativamente pequeño, pero de forma conjunta el sector de las artes gráficas ejercerá una presión significativa en el medio ambiente si no se afronta este tema de una forma conveniente y sin demora.

Aunque sólo se han realizado un número limitado de estudios sobre el sector en la región mediterránea, las artes gráficas siguen considerándose un sector estratégico. La industria gráfica en los países mediterráneos destaca por su importante posición socioeconómica gracias a su volumen total de bienes y servicios, a la generación de empleo y al hecho de que también representa el mayor conglomerado de pequeñas empresas del sector industrial. Además, la industria gráfica está considerada una industria de servicios que ofrece productos, en forma de embalajes, a otras industrias.

Por otra parte, el sector de las artes gráficas es un sector industrial en continua evolución tecnológica para satisfacer las necesidades de un mercado en constante evolución así como para adaptar y mejorar los procesos de impresión para conseguir una mayor calidad y rapidez además de un mejor control del impacto ambiental que ocasionan los materiales químicos que se utilizan y que los procesos de producción liberan.

Por falta de datos globales actuales de los veinte países¹ tratados en este estudio, la visión general de este sector se ilustra con ejemplos e indicadores de algunos países mediterráneos seleccionados. Los países que se han tomado como ejemplo son Francia, Italia, Eslovenia, Egipto y Túnez. Nos sirven como ejemplo de los países de las costas norte, este y sur del mar Mediterráneo y también reflejan el diferente nivel de desarrollo económico: países desarrollados en el norte (representados por Francia e Italia), una economía en transición en el este (representada por Eslovenia) y países en desarrollo en el sur (representados por Egipto y Túnez). Por tanto, se utilizan los indicadores de estos países para determinar las tendencias generales del sector de las artes gráficas en toda la región mediterránea.

2.1. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

2.1.1. Definición del sector de las artes gráficas

Puesto que no puede aplicarse la clasificación de actividades industriales estándar a todos los países mediterráneos, la definición de sector de las artes gráficas sigue siendo poco precisa y difiere de un país a otro. En general, la industria de las artes gráficas, definida en sentido amplio, está compuesta por empresas que imprimen según los procesos más frecuentes (impresión offset, tipografía, flexografía, rotograbado, serigrafía e impresión digital), así como por empresas editoriales de libros, diarios y publicaciones periódicas. Otro aspecto de esta industria en la región mediterránea es que no se clasifica de forma sistemática como un sector independiente, sino que a menudo se integra en otros sectores como la industria química o papelera. Esta vaguedad en la definición hace que las estadísticas del sector sean relativamente imprecisas, aunque, de todas formas, sirve para ilustrar las condiciones socioeconómicas y ambientales de la industria de las artes gráficas en la región mediterránea. Por este motivo, los indicadores de referencia de los países mediterráneos seleccionados² se presentan como ejemplos que permiten determinar la naturaleza diversa de esta industria y su magnitud.

2.1.2. Caracterización de la industria de las artes gráficas

En general, es difícil tener datos exactos sobre las empresas de artes gráficas de la región mediterránea por la falta de un censo regional. Además, se realizan operaciones de impresión in situ en empresas de cualquier otro sector industrial (como fabricantes de productos que imprimen sus propias etiquetas y fabricantes de placas de circuitos impresos) y, por ello,

¹ Albania, Argelia, Bosnia y Hercegovina, Croacia, Chipre, Egipto, Francia, Grecia, Israel, Italia, Líbano, Libia, Malta, Mónaco, Marruecos, Eslovenia, España, Siria, Túnez y Turquía.

² Francia, Italia, Túnez, Egipto y Eslovenia.

las estadísticas relacionadas con las artes gráficas están dispersas y tienen que buscarse en otros sectores industriales cuando este sector no se considera de forma independiente.

La falta de certeza sobre el número de empresas de artes gráficas en la región mediterránea no constituye, sin embargo, una limitación a la hora de caracterizar este sector. De hecho, una de las características más significantes de la industria de las artes gráficas es la gran proporción de empresas muy pequeñas. Las empresas de artes gráficas con menos de 10 empleados constituyen la gran mayoría y se considera que pueden representar, por ejemplo, el 76,2%³ en Francia, el 87,6%⁴ en Eslovenia, el 75%⁵ en Egipto y el 64%⁶ en Túnez. En Italia, las empresas con menos de 20 trabajadores representan el 94,9%⁷. Las empresas con más de 100 empleados son, de lejos, las menos y representan, por ejemplo, el 0,4% en Italia, el 23% en Francia, el 10% en Egipto, el 3% en Túnez y el 2,1% en Eslovenia. Las empresas dedicadas a la flexografía y al rotograbado son las que tienden a ser las mayores y a tener más empleados.

INDICADORES	FRANCIA	ITALIA	ESLOVENIA	EGIPTO	TÚNEZ
Nº de empresas	6.490	20.427	487	7.500	340
Empleo, total (nº de trabajadores)	92.000	124.857	4.391	70.533	6.848
% empresas con <10 trabajadores	76,2	94,9 ⁸	87,6	75	64
% empresas con >100 trabajadores	23	0,4	2,1	10	3
Disponibilidad de mano de obra cualificada	Media	Media	Media	Baja	Baja

Fuentes: Francia: FICG; Italia: Assografici; Eslovenia: CCIS; Egipto: Cámara de las industrias gráfica, papelera y de encuadernación; Túnez: API

Tabla 1: Ejemplo de empresas del sector de las artes gráficas según número de empleados

³ Fédération de l'imprimerie et de la communication graphique (FICG).

⁴ Cámara de Comercio e Industria de Eslovenia (CCIS) - Asociación de las Artes Gráficas y Editorial.

⁵ Cámara de las industrias gráfica, papelera y de encuadernación, Egipto.

⁶ Agence de promotion de l'industrie (API), Túnez.

⁷ Associazione Nazionale Italiana Industrie Grafiche Cartotecniche e Trasformatrici (Assografici).

⁸ < 20 trabajadores.

Los ejemplos de indicadores de producción de los países mediterráneos seleccionados (tabla 2) indican que la industria de las artes gráficas representa una proporción significativa de los bienes y servicios del país en cuestión, ya que consigue un índice de crecimiento continuo que, por ejemplo, en el año 2000 alcanzó el 34% en Egipto y se situó alrededor del 7% en Italia y Túnez. Por otra parte, en Eslovenia, el 20,5%⁹ de los ingresos totales de la industria gráfica proviene de la exportación directa.

INDICADORES DE PRODUCCIÓN	FRANCIA	ITALIA	ESLOVENIA	EGIPTO	TÚNEZ
Producción - año 2000 (en 10 ³ €)	8.086.000	11.516.000	160.000	530.000	137.500
Índice de crecimiento (2000/1999) (en %)	1,7	7	37	34 ¹⁰	7,1
Crecimiento anual medio en un período de 5 años (en %)	0,5	2,82	13	35	2,9
Valor añadido - año 2000 (en 10 ³ €)	4.697.966	6.679.280	-	201.400	45.375
Crecimiento medio del valor añadido anual (en %)	2	4,5	-	7	4
Índice de valor añadido / Producción (en %)	58,1	58	-	38	33

Fuentes: Francia: FICG; Italia: Assografici; Eslovenia: CCIS; Egipto: Cámara de las industrias gráfica, papelería y de encuadernación; Túnez: API

Tabla 2: Ejemplo de indicadores de producción de los países mediterráneos

El sector de las artes gráficas está caracterizado por la existencia de un número importante de pequeñas empresas que aplican métodos tradicionales junto a un grupo de empresas mayores que están mejorando continuamente su equipamiento y sus procesos de producción. Tal como lo ilustran los ejemplos de la región, el nivel de tecnología y equipamiento indica que países como Francia e Italia tienden a utilizar equipos más modernos y sistemas de gestión de la producción y que otros países como Túnez y Egipto utilizan más bien

⁹ CCIS - Asociación de las Artes Gráficas y Editorial, Eslovenia.

¹⁰ Impresión sobre papel y cartón.

equipamiento viejo con una media de edad que sobrepasa los diez años y con un nivel de mantenimiento bajo. En general, el equipamiento técnico y tecnológico de las empresas dedicadas a las artes gráficas varía de forma considerable. En Eslovenia, la maquinaria en las pequeñas empresas de artes gráficas está más bien obsoleta, mientras que las empresas mayores trabajan con tecnología actual. La tecnología predominante en la mayoría de empresas de artes gráficas es la tecnología de impresión offset, la cual representa, por ejemplo, hasta el 90% del total en Eslovenia. Sin embargo, la impresión digital va ganando terreno continuamente y en algunos países, como Italia, es utilizada por el 5% de las empresas del sector.

NIVEL DE TECNOLOGÍA	FRANCIA	ITALIA	ESLOVENIA	EGIPTO	TÚNEZ
% de empresas equipadas con maquinaria moderna	75	55	50	30	15
Edad media de la maquinaria (años)	7	8	10	10	15
Nivel de mantenimiento del equipamiento ¹¹	4	4	4	3	1

Fuentes: Francia: FICG; Italia: Assografici; Egipto: Cámara de las industrias gráfica, papelera y de encuadernación; Túnez: API

Tabla 3: Ejemplos de indicadores de nivel de tecnología de los países mediterráneos

El sector de las artes gráficas también se caracteriza por su distribución geográfica y su ubicación geográfica por todo el tejido urbano, puesto que teniendo en cuenta que la mayoría de empresas realizan operaciones de impresión son pequeñas éstas podrían ubicarse prácticamente en cualquier lugar. Dado que las empresas de este sector sirven mercados locales, en general éstas están ubicadas en áreas adyacentes a las zonas pobladas y comerciales o en parques industriales, aunque las operaciones menores pueden localizarse algunas veces en zonas residenciales.

¹¹ 1: bajo; 2: medio; 3: por encima de la media; 4: bueno; 5: muy bueno.

2.1.3. Procesos industriales en la industria de las artes gráficas

La industria de las artes gráficas está caracterizada por una gran diversidad de tecnologías y productos, por lo que existen diferentes tipos de impacto ambiental que se asocian a los mismos.

De forma genérica, las actividades gráficas se clasifican de acuerdo con los siguientes procesos:

- impresión offset,
- tipografía,
- flexografía,
- rotograbado,
- serigrafía,
- impresión digital.

A pesar de que el equipamiento y los productos químicos utilizados para cada uno de estos procesos son diferentes, en todos los casos se imprime una imagen en un soporte siguiendo la misma secuencia básica.

Las etapas básicas en la impresión son: preimpresión, impresión y acabado (o postimpresión). El tipo de tecnología que se utiliza para la impresión depende de varios factores, como el soporte utilizado (p. ej. papel, plástico, metal, cerámica, etc.), la longitud y la velocidad de la impresión, la calidad de imagen impresa que se requiere y el producto final producido.

La diversidad de tecnologías y productos en la industria de las artes gráficas hace difícil caracterizar los problemas ambientales a los que todo el sector debe enfrentarse. Esta diversidad de procesos conllevará nuevas preocupaciones en el ámbito del medio ambiente que serán esenciales al desarrollar programas de prevención y control.

2.2. IMPACTO AMBIENTAL

2.2.1. Características de la generación de residuos

La industria gráfica genera varios tipos de residuos químicos que al sumarse pueden convertirse en un problema considerable a corto plazo. Los principales tipos de residuos de esta industria son:

- Las **emisiones atmosféricas**, constituidas principalmente por emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) procedentes del uso de disolventes para la limpieza y tintas, así como alcoholes y otras soluciones de remojo. Asimismo, los centros más importantes pueden ser fuente de emisiones de NO_x y SO₂. Por último, algunas sustancias pueden causar olores desagradables o afectar a la salud y al medio ambiente.
- Las **aguas residuales** que provienen de las operaciones de impresión pueden contener aceites lubricantes, restos de tinta, solventes para la limpieza, productos químicos fotográficos, ácidos, álcalis, baños para las placas así como metales, como la plata, el hierro, el cromo, el cobre y el bario.
- Los **residuos sólidos** están constituidos por residuos peligrosos para el medio ambiente como productos químicos fotográficos y residuales, lodos de hidróxidos metálicos, residuos de colorantes y disolventes, material de limpieza que contiene colorantes y disolventes, vertidos de sustancias grasas, materiales en desuso, pruebas, material mal impreso o rechazo, productos dañados y residuos voluminosos como papel.
- El **ruido** proviene sobre todo de ventiladores, prensas y transporte.

2.2.2. Estándares ambientales aplicables al sector de las artes gráficas

Aunque no existe una normativa ambiental sectorial aplicable al sector de las artes gráficas como tal, éste está regulado por el marco legal general de protección del medio ambiente, que es aplicable al control y prevención de la contaminación industrial en todos los países de la región mediterránea. Son aplicables los estándares para emisiones atmosféricas, vertidos de aguas residuales y gestión de residuos sólidos en la medida que éstos existan.

2.3. TENDENCIAS GENERALES

La industria de las artes gráficas es una industria diferente a casi todas las otras ya que se trata de una industria que ofrece sus servicios a otras industrias. Este sector está dominado por PYME: la empresa de artes gráficas tipo es pequeña (< 10 empleados). En términos de resultados económicos y empleo, la industria gráfica es importante. En efecto, miles de empresas constituyen este sector que da trabajo a miles de personas y que representa una proporción significativa del volumen total de bienes y servicios nacional.

De forma individual, las empresas del sector no representan un problema ambiental importante. Sin embargo, al considerar la industria en conjunto, que incluye a miles de empresas, nos enfrentamos a una situación totalmente diferente, en la que el impacto acumulado de contaminación generado por esta industria pasa a ser un motivo de preocupación desde el punto de vista ambiental que debe ser abordado.

Los impactos ambientales ocasionados por la industria de las artes gráficas no desaparecerán por sí solos y sin actuar sobre ellos, por lo que simplemente irán haciéndose más difíciles de gestionar año tras año si no se adoptan medidas adecuadas para el control y la prevención de la contaminación a corto plazo.

La lectura de la tabla comparativa que presentamos a continuación permite definir el perfil y las tendencias del sector de las artes gráficas, cuyas características son las siguientes:

- Las características específicas de este sector industrial resultan bastante sorprendentes, tal como lo muestra la tabla comparativa sobre el empleo, así como sobre el mercado y los ingresos generados:
 - En Francia, sólo 152 empresas tienen una facturación superior a los 5 millones de euros y 19.257 alcanzan una facturación de menos de 5 millones de euros.
 - En Italia, las estadísticas sobre empleo de este sector industrial muestran que de 20.427 empresas, 19.385 empresas tienen menos de 20 trabajadores. Sin embargo, las empresas que tienen más de 20 empleados dan trabajo al 41,2% del total de trabajadores del sector.
 - En Egipto, el 10% del total de las empresas dan trabajo a más de 200 personas, pero representan el 75% de la facturación total de este sector.
 - En Eslovenia, las empresas que tienen más de 100 trabajadores representan el 2,1% del total de empresas, pero cuentan con el 57,7% del número total de puestos de trabajo.
- La actividad dominante en este sector es la impresión de obras¹² y representa la mayor cuota de mercado, alcanzando, por ejemplo, el 89% en Francia, el 65,3% en Italia, el 78% en Egipto, el 76,2% en Túnez y el 69% en Eslovenia¹³, seguida por otras actividades relacionadas con la preimpresión, el acabado y la impresión de periódicos.
- Este sector industrial está dominado de lejos por las pequeñas y medianas empresas (PYME). Las empresas que tienen menos de diez empleados representan el 87,6% en Eslovenia, el 76,2% en Francia, el 75% en Egipto y el 64% en Túnez. En Italia, el 94,9% de las empresas tiene menos de 20 empleados.

¹² Es decir, todos los trabajos de impresión excepto periódicos, revistas e impresión sobre cartón.

¹³ Libros y folletos, periódicos y material publicitario.

- Las PYME constituyen una baza importante y tienen un verdadero peso social y económico. En Francia, por ejemplo, las empresas con menos de diez empleados cuentan con el 75% de puestos de trabajo, el 75% de la facturación y el 96% de la producción total de este sector.
- En Eslovenia, el 20,5% de los ingresos del sector de las artes gráficas proviene de la exportación directa.
- Está previsto que este sector tenga que enfrentarse a la competencia de otros medios no impresos, como el CD-ROM y otros medios electrónicos de transferencia de información.

El sector de las artes gráficas en la región mediterránea presenta características específicas inherentes al gran número de PYME que constituyen la columna vertebral de este sector. Las oportunidades relacionadas con su continuo desarrollo siguen dependiendo de la capacidad de adaptación e innovación del sector para enfrentarse a los nuevos retos en cuanto a nuevas demandas del mercado así como a la minimización de su impacto ambiental mediante la prevención de la contaminación y tecnologías más limpias.

En realidad, la industria de las artes gráficas es demasiado grande para ser ignorada en cualquier ámbito: económico, social y ambiental.

TABLA COMPARATIVA DEL SECTOR DE LAS ARTES GRÁFICAS¹⁴

INDICADORES	FRANCIA	ITALIA	ESLOVENIA	EGIPTO	TÚNEZ
1. INDICADORES DE PRODUCCIÓN					
Producción - año 2000 (en 10 ³ €)	8.086.000	11.516.000	160.000	530.000	137.500
Índice de crecimiento (2000/1999) (en %)	1,7	7	37	34 ¹⁵	7,1
Crecimiento anual medio en un período de 5 años (en %)	0,5	2,82	13	35	2,9
Valor añadido - año 2000 (en 10 ³ €)	4.697.966	6.679.280	-	201.400	45.375
Crecimiento medio del valor añadido anual (en %)	2	4,5	-	7	4
Índice de valor añadido / Producción (en %)	58,1	58	-	38	33
2. INDICADORES EMPRESARIALES					
Nº de empresas	6.490	20.427	487	7.500	340
Empleo total (nº de trabajadores)	92.000	124.857	4.391	70.533	6.848
% de empresas con < 10 trabajadores	76,2	94,9 ¹⁶	87,6	75	64
% de empresas con > 100 trabajadores	23	0,4	2,1	10	3
Disponibilidad de mano de obra	Media	Media	Media	Baja	Baja
3. TIPO DE ACTIVIDAD					
Impresión de obras (diarios y publicaciones periódicas excluidos) (en %)	89	65,3	69 ¹⁷	78	76,2

¹⁴ Francia: FIGG; Italia: Assografici; Egipto: Cámara de las industrias gráfica, papelera y de encuadernación; Túnez: API; Eslovenia: CCIS.

¹⁵ Impresión sobre papel y cartón.

¹⁶ < 20 trabajadores.

¹⁷ Libros y folletos, periódicos y material publicitario.

INDICADORES	FRANCIA	ITALIA	ESLOVENIA	EGIPTO	TÚNEZ
4. GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN					
% de empresas con gestión de la producción asistida por ordenador	50	40	50	2	0
Automatización de la producción ¹⁸	4	3	3	2	1
Planificación de la producción	4	4	4	4	3
% de empresas con control de calidad	55	50	50	3	3
Organización de la fábrica y de las instalaciones	4	4	4	3	2
5. TECNOLOGÍA					
% de instalaciones equipadas con maquinaria moderna	75	55	50	30	15
Edad media de la maquinaria (en años)	7	8	10	10	15
Nivel de mantenimiento del equipamiento ¹⁹	4	4	4	3	1

¹⁸ 1: baja 2: media; 3: por encima de la media; 4: buena; 5: muy buena.

¹⁹ 1: bajo 2: medio; 3: por encima de la media; 4: bueno; 5: muy bueno.

3. MATERIAS PRIMAS Y RECURSOS UTILIZADOS

En este apartado se enumeran las principales materias primas utilizadas y los recursos necesarios en la industria de las artes gráficas. Posteriormente, se explicará el proceso productivo para cada uno de los tipos de impresión, de forma que será más fácil identificar la procedencia de las corrientes residuales generadas y, por tanto, analizar la posibilidad de establecer medidas de prevención de la contaminación.

Puede definirse el término *impresión* como la reproducción de un texto y/o ilustraciones un determinado número de veces mediante la transferencia de tintas (sustancias colorantes) sobre un material (soporte) utilizando una forma de impresión.

Como puede deducirse de la definición, las principales materias primas utilizadas en la industria de las artes gráficas son las tintas y los soportes de impresión. Por otra parte, también se consideran materias primas las películas fotográficas, los productos químicos del proceso fotográfico, las planchas de impresión y otros que se describirán posteriormente.

A continuación se facilitan también las propiedades de estas materias primas con el fin de conocer sus características principales y poder establecer de esta forma criterios ambientales adecuados para la prevención de la contaminación en el proceso de producción de la industria de las artes gráficas.

Soporte: es cualquier material utilizado al que se transfieren las imágenes o los grafismos (textos o ilustraciones) mediante formas de impresión y el uso de la tinta. Algunos de estos materiales se recogen en la tabla siguiente:

SOPORTE	TIPO DE MATERIALES MÁS UTILIZADOS	PRODUCTOS REALIZADOS	PROCESOS HABITUALES
Papel y cartón	Gran variedad de papel	Periódicos, libros, enciclopedias, hojas comerciales, revistas, sobres...	Offset, flexografía, tipografía y sistemas de impresión digital
Plástico	Poliéster, polietileno, policloruro de vinilo (PVC) o polipropileno, poliestireno y nitrocelulosa	Tarjetas, etiquetas, envases, bolsas comerciales, cintas, adhesivos, juguetes, accesorios...	Flexografía, rotograbado
Textil	Algodón, acrílicos, nilón, lana o aglomerado	Camisetas, ropa deportiva, ropa de montaña, paraguas, pancartas, banderas	Serigrafía
Metal	Aluminio, acero, cobre, bronce, hierro	Latas, tapón de bebidas, conservas, placas, pilas, señalizaciones exteriores, placas de identificación y utensilios de cocina	Serigrafía
Vidrio y cerámica	Vidrios y cerámicas	Vasos, platos, espejos, envases de cosméticos, joyas y vidrio en general	Serigrafía

De entre los datos anteriores, habría que destacar que el papel es el soporte por excelencia ya que la mayoría de las impresiones se realizan sobre este material. Existe gran variedad de tipos de papel; se contabilizan hasta 457 variedades diferentes. Las variedades dependen de una serie de características físicas que hacen que el papel pueda adaptarse a los diferentes usos; el gramaje, la textura y la humedad condicionan el tipo de impresión. El formato del papel varía en función de las necesidades, existe papel en bobina y en hoja, y puede adquirirse en medidas determinadas.

Tintas: Sustancias que se aplican al soporte para reproducir la imagen de la forma. Existen diferentes tipos de tintas con diferentes características, cuyas propiedades hacen que cada una de estas tintas sea más adecuada para un soporte determinado.

Las tintas de imprenta pueden clasificarse principalmente en dos grandes grupos según su tipología:

- Las **tintas grasas** que se fabrican a partir de aceites y barnices se utilizan principalmente para el offset y la tipografía. En este caso, la tinta aplicada se seca sobre el sustrato, principalmente por penetración o por solidificación (por precipitación, oxidación, polimerización, solidificación del estado fundido, radiación).

- Las **tintas líquidas**, que se fabrican a partir de barnices y disolventes, pueden clasificarse a su vez, en dos grupos en función del disolvente:

- Las *tintas líquidas en base disolvente* se utilizan en flexografía, rotograbado y serigrafía. La tinta se seca sobre el sustrato, principalmente por evaporación de un compuesto volátil (disolvente orgánico).

- Las *tintas líquidas en base agua* se utilizan básicamente para impresión sobre papel y cartón. La tinta se seca sobre el sustrato por absorción, y por tanto más lentamente que las tintas en base disolvente.

También existen otros tipos de tintas, menos utilizadas, como las tintas curables por radiación (UV y EB), que se aplican en offset, tipografía y flexografía.

- **Tintas UV:** son tintas especiales que contienen monómeros y prepolímeros que polimerizan por la acción de una sustancia fotosensible (un fotoiniciador) que absorbe las radiaciones ultravioletas para iniciar una reacción de endurecimiento prácticamente instantánea. Los monómeros de la tinta actúan como disolvente de los prepolímeros y, a diferencia de lo que sucede con las tintas de secado clásico, los monómeros no se evaporan.
- **Tintas EB (rayo de electrones):** las tintas EB son similares a las UV; no contienen disolventes orgánicos y ofrecen las mismas ventajas. La radiación EB es un rayo de electrones generado por una corriente eléctrica que fluye por un conductor. Tiene el inconveniente de dañar el papel y, además, exige que los operarios utilicen una protección contra los rayos X generados.

La composición de los principales tipos de tintas descritos se muestra en la tabla siguiente:

COMPONENTES	TINTAS GRASAS	TINTAS LÍQUIDAS
Vehículo	Aceites minerales y/o vegetales y/o resinas naturales o sintéticas	Resinas naturales o sintéticas
Disolvente	Fracciones de petróleo o hidrocarburos alifáticos de punto de ebullición elevado	Disolventes de bajo punto de ebullición
Pigmentos y colorantes	Orgánicos o inorgánicos	Orgánicos o inorgánicos
Aditivos	Varios	Varios

Tal como puede apreciarse, las tintas están formadas por la mezcla de una materia colorada disuelta o dispersa en un vehículo o barniz. La composición química de cada uno de estos componentes es variable según el tipo de tinta:

- El **vehículo o barniz** tiene diferente composición según esté destinado a la fabricación de tintas líquidas o de tintas grasas. En el primer caso está formado por resinas sintéticas (fenólicas, vinílicas, nitrocelulósicas, etc.) o resinas naturales (animales o vegetales, por ejemplo colofonia de pino), y disolventes orgánicos o agua. Los barnices para tintas grasas contienen también resinas y, además, aceites vegetales (soja, girasol, etc.) o minerales (obtenidos del petróleo).
- El **disolvente** es diferente y se encuentra en distinta concentración según el tipo de tinta. Los más utilizados son:
 - Para la fabricación de tintas grasas se utilizan como disolvente las fracciones de petróleo o hidrocarburos alifáticos de punto de ebullición elevado (220-275° C) con una concentración inferior al 10%.
 - Los disolventes de las tintas líquidas se utilizan para la flexografía y el rotograbado en una concentración que puede llegar al 65% y pueden ser de los siguientes tipos: alcoholes, naftas alifáticas, esteres, cetonas, éteres glicólicos o hidrocarburos aromáticos. Se utilizan disolventes altamente volátiles (punto de ebullición a partir de 50° C) en las tintas para flexografía y rotograbado, y disolventes de punto de ebullición alrededor de 150° C en las tintas para serigrafía.

En ningún caso se acostumbra a utilizar disolventes organoclorados.

Las tintas líquidas en base agua pueden sustituir el disolvente por agua, aunque también pueden tener un contenido de disolvente orgánico entre el 5 y el 10%.

- Los **pigmentos y colorantes** son los que confieren la cualidad del color (blanco, negro, color) a la tinta. Se utilizan principalmente pigmentos orgánicos (en un 50% de los casos), pero también pigmentos inorgánicos y colorantes.

Para reducir la fuerza del color y cambiar la reología se utilizan pigmentos extensores (barita, carbonato cálcico, etc.).

Los pigmentos inorgánicos pueden contener metales pesados altamente tóxicos (mercurio, cadmio, plomo, cromo o cromato de plomo, que es el más nocivo), aunque su utilización es baja por la legislación sanitaria y ambiental; los tipos de metales que predominan son hierro, titanio y zinc. El pigmento de las tintas negras es el negro de carbón.

Los pigmentos utilizados normalmente se presentan en polvo, pero también pueden presentarse húmedos y en estado líquido.

- Los tipos de **aditivos** que se utilizan para elaborar tintas de imprenta son los siguientes:
 - *Secantes*: Catalizan la oxidación de los aceites secantes de algunas tintas grasas. Pueden contener metales pesados (cobalto, manganeso o plomo).
 - *Ceras*: Aportan resistencia ante el frote y al rayado de las tintas. Algunas de las utilizadas son: polietileno, hidrocarburos, ceras vegetales y animales.
 - *Antioxidantes*: Retardan la oxidación prematura de la tinta en la prensa. Algunos ejemplos de antioxidantes son: difenilamina, fenil-beta-naftilamina.
 - *Otros*: Lubricantes, dispersantes, antiespumantes, espesantes, humectantes, retardantes, reductores de la tensión superficial.

En definitiva, la composición final de la tinta tiene que ser la más apropiada en cuanto a la formulación de resinas y aceites y ser soportada por los aditivos y disolventes que confieran las propiedades deseadas, dependiendo en gran medida del soporte en el que permanecerá la tinta.

Los envases en los que se suministran las tintas grasas van de 1 a 1,5 kg y los de las líquidas de 18 a 1.000 kg.

Otras materias primas utilizadas en la industria de las artes gráficas son las siguientes:

Películas fotográficas: es el soporte en el que se forman las imágenes mediante la proyección de luz sobre una capa fotosensible. Las películas fotográficas tienen una base de plástico, normalmente acetato o un otro polímero, sobre la que se extiende una fina capa de emulsión en la que se incrustan cristales fotosensibles de haluros de plata (bromuro de plata o yoduro de plata). Las películas se suministran en paquetes que van de 25 a 100 o más.

Productos químicos del proceso fotográfico: son los líquidos utilizados para procesar las películas fotográficas. Se agregan en varias fases. En una primera fase la película fotográfica se introduce en el líquido revelador, compuesto mayoritariamente por sustancias reductoras, en el que la película se transforma en imagen visible en las zonas expuestas a la luz. En la segunda, se introduce en el líquido fijador, donde se eliminan las sales de plata halogenadas que no han recibido luz durante la exposición y no se han revelado. Por último, se utiliza agua para realizar el lavado final y evitar, de esta forma, que se estropee la película.

- *El revelador:* son soluciones alcalinas que se suministran en envases de 10 a 60 litros. La composición de los reveladores es variable, pero normalmente está formada por una mezcla de sales inorgánicas, diluidas en agua. La mayoría de los reveladores poseen hidroquinona, sustancia nociva con posibles efectos cancerígenos²⁰.
- *El fijador:* son soluciones ácidas o ligeramente ácidas que se suministran en envases de 10 a 60 litros. La composición de los fijadores es variable; normalmente están formados por una mezcla de ácidos orgánicos e inorgánicos y sales inorgánicas diluida en agua.

Planchas de impresión: son las formas de impresión, las portadoras de la imagen, elementos preparados de tal forma que hacen posible la transferencia al soporte de las materias colorantes para reproducir textos y/o ilustraciones. Existen planchas de diferentes materiales con los elementos impresores en relieve, en grabado o al mismo nivel respecto a las zonas no impresoras; las planchas se obtienen mediante diferentes procedimientos y se aplican a diferentes técnicas de impresión.

Los materiales de las planchas de los principales tipos de impresión son:

TIPO DE IMPRESIÓN	MATERIALES
Planchas de offset	Aluminio o poliéster con emulsión superficial fotopolimérica
Planchas de flexografía	Caucho o fotopolímeros
Planchas tipográficas	Fotopolímeros, metal
Pantallas serigráficas	Sintético (poliéster, nilón) o metálico (acero inoxidable o bronce fosfórico)
Rodillos de rotograbado	Hierro o acero cubierto de cobre y/o níquel con una capa protectora de cromo

Productos químicos del proceso de planchas: el procedimiento para obtener las distintas planchas es diferente, por tanto los productos químicos utilizados también.

Los principales productos químicos utilizados en el procesamiento de planchas de superficie sensible o fotosensible son:

- *Revelador:* son soluciones que se suministran en envases de 10 a 200 litros. Las soluciones están formadas por un reductor, normalmente un alcohol, una sustancia alcalina y una mezcla de sales inorgánicas diluidas en agua.

²⁰ Según el *International Chemical Safety Cards*, sustancia con posibilidad de efectos irreversibles (R40).

- *Engomada*: solución ácida formada mayoritariamente por agua y, en menor cantidad, por dextrina, ácidos inorgánicos y derivados del benceno.
- *Líquidos correctores de planchas*: soluciones ácidas formadas por líquidos orgánicos, ácidos inorgánicos y compuestos espesantes.
- *Líquidos de lavado de planchas*: soluciones ácidas con presencia de aceites, hidrocarburos, glicoles, ácidos orgánicos y inorgánicos y, mayoritariamente, agua.

En el caso concreto de las pantallas serigráficas es posible utilizar también emulsiones fotosensibles, desengrasantes, decapantes, fijadores, productos químicos de limpieza, catalizadores, disolventes, adhesivos...

En el caso específico del grabado de los rodillos utilizados en rotograbado los productos químicos difieren notablemente de los anteriores:

- *Limpieza de rodillos*: lavado químico mediante sosa cáustica o ácido clorhídrico.

Solución de remojo: es una solución acuosa utilizada para humectar las planchas que utilizan tintas grasas para repeler la tinta en las zonas de no-impresión. En general, esta solución está compuesta básicamente por:

- Agua que normalmente recibe un tratamiento de descalcificación y/o desionización antes de su utilización para evitar que se formen franjas en los cilindros durante las paradas, que causan problemas en la aplicación de la tinta.
- Alcohol isopropílico, presente en una concentración aproximada de un 5% a un 15% (se adiciona para aumentar el poder humectante del agua, la adición facilita la impresión ya que reduce la tensión superficial de la solución de remojo).
- Aditivos con propiedades tamponantes (mantener el pH entre 4,8 y 5,5 implica aumentar la hidrofilia de las zonas no entintadas y evitar la formación de incrustaciones) como los fosfatos, citratos o tartratos y, finalmente, sales hidrófilas, antiespumantes, fungicidas y alguicidas.

Generalmente, la solución de remojo está refrigerada con el fin de reducir la emulsión agua-tinta, disminuir la tensión superficial de la solución y, a la vez, prever al máximo la evaporación del alcohol.

Productos de limpieza: la limpieza de las prensas se efectúa cuando acaba la impresión o cuando hay un cambio de color porque los cilindros, la cubeta y las válvulas quedan impregnados de tintas inservibles. La limpieza de estas piezas se realiza con trapos y trozos de tela impregnados con disolventes orgánicos o con detergentes y con agua en el caso de tintas en base acuosa. La frecuencia de la limpieza está en función de varios factores, como la cantidad de tinta secada, la cantidad de fibras e hilos de papel acumulados, los cambios de producción y la calidad y tipo de tinta.

Los disolventes más habituales para limpiar son el acetato de etileno, el alcohol etílico, el n-propanol, el isopropanol, el tolueno, el metiletilcetona (MEK), el metilisobutilcetona, el isopropoxietanol y el xilol.

Postimpresión o acabado: para la encuadernación se requiere el uso de colas, tapas, hilos, etc.

4. PROCESOS DE PRODUCCIÓN

En general, las etapas que conforman el proceso de producción de la industria de las artes gráficas son las siguientes:

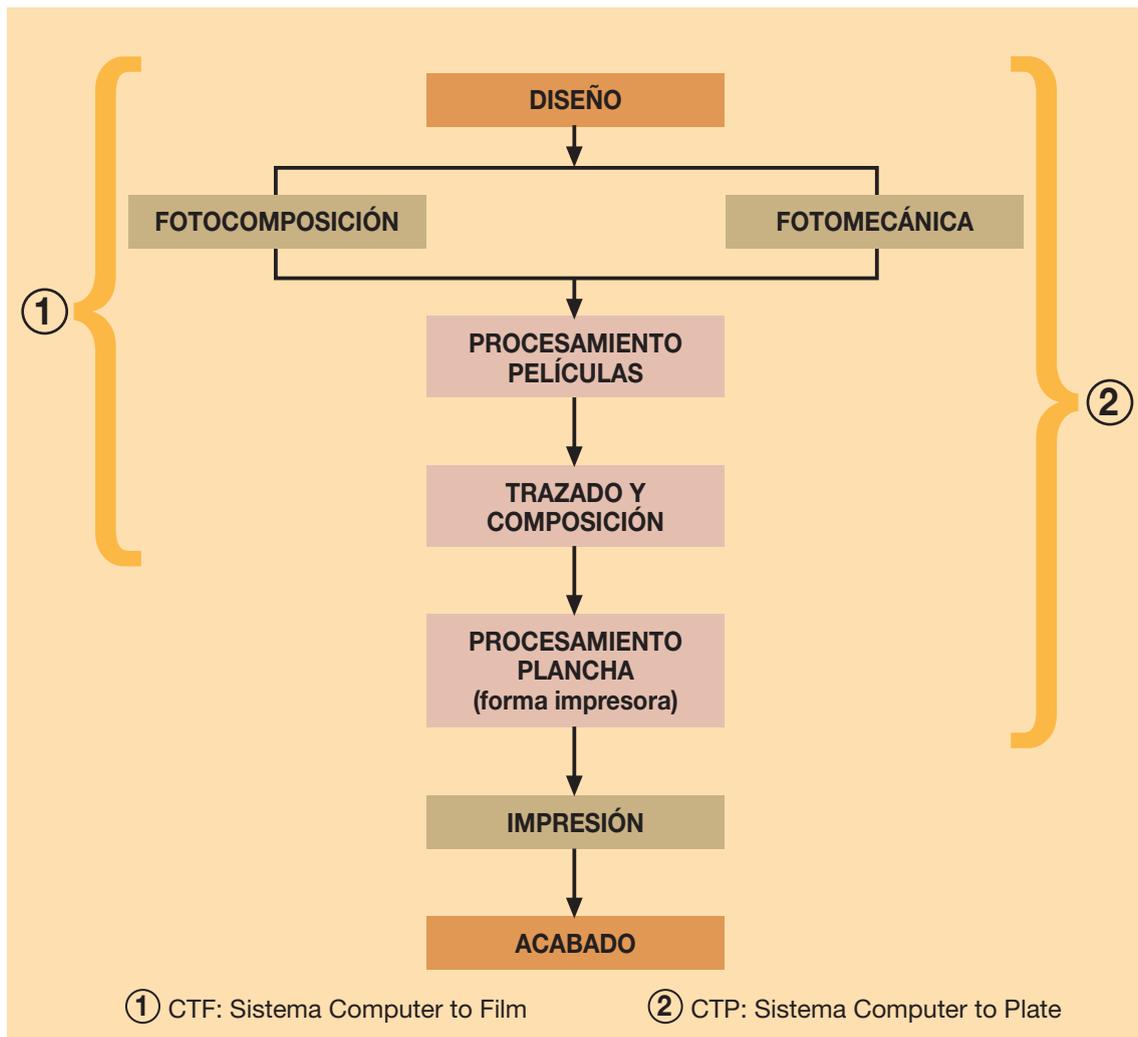


Figura 1: Etapas de la impresión

4.1. PREIMPRESIÓN

Consiste en una serie de trabajos necesarios para obtener la plancha de impresión o forma impresora, responsable de la transferencia de la imagen al soporte. Es preciso conocer cada una de estas tareas para poder analizar a posteriori los métodos más adecuados de prevención de la contaminación.

Estas tareas se desarrollan en varias fases, que se detallan a continuación.

4.1.1. Diseño

Constituye la primera fase de todo el proceso de preimpresión. Es una fase de creación en la que el profesional gráfico trata de reflejar sus ideas o las del cliente para que el producto satisfaga correctamente la función para la que ha sido desarrollado.

De esta fase depende en gran parte el éxito del producto, pues el diseño es fundamental en cualquier producto visual para que el mensaje que se desee transmitir quede grabado en la retina del público destinatario. En cuanto se dispone del diseño, se plasma la imagen en un soporte.

4.1.2. Preparación de películas

Esta segunda fase comprende las operaciones necesarias para obtener las películas. Se trata de que el diseño realizado por el profesional gráfico se prepare para poder ser impreso y luego manipulado.

Hace relativamente poco tiempo estas operaciones se realizaban mayoritariamente de forma manual y mecánica mediante las operaciones de fotocomposición, fotomecánica, procesamiento de las películas, trazado y montaje. Actualmente, la aplicación de la informática y la electrónica ha introducido gran cantidad de ventajas y de nuevas posibilidades, lo cual ha reducido el tiempo de trabajo y mejorado los resultados.

Por este motivo, actualmente la mayor parte de la preimpresión se realiza en el ordenador, de tal forma que se escanea la imagen, se introduce en la pantalla con el texto, se realiza el montaje y se envía a la impresora para ver las pruebas, o bien se filma para sacar películas.

De todas formas el tratamiento convencional de obtención de películas aún sigue vigente hoy en día y comprende las operaciones siguientes:

4.1.2.1. La fotocomposición consiste en obtener que el texto deseado aparezca en el impreso. Actualmente, este trabajo se realiza mediante los ordenadores, ya que disfrutan de programas cada vez más sofisticados y con más prestaciones. Estos programas ofrecen una gran versatilidad a la hora de hacer modificaciones, lo cual permite presentar composiciones del mismo texto sólo realizando pequeñas correcciones en el tipo o cuerpo de las letras, el color, etc.

En cuanto se considera que se ha obtenido el texto definitivo, se envía a filmar para obtener la película.



Película

4.1.2.2. La fotomecánica consiste en los procedimientos de manipulación de la imagen. El taller de fotomecánica trabaja las imágenes de forma que las fotografías, las ilustraciones, los dibujos o los gráficos se obtengan en el tamaño adecuado, con el número de colores deseados con las tonalidades concretas y con la intensidad precisa.

De la misma forma que en la fotocomposición, la imagen se envía a filmar para obtener la película.



Filmadora

Las pruebas son una constante en todo el proceso de impresión, y la fotocomposición y la fotomecánica no son una excepción. Antes de sacar la película puede enviarse a imprimir para realizar un control de calidad correcto y, en caso necesario, realizar las correcciones pertinentes.

Tal como se ha comentado, la película se obtiene mediante la filmadora. El proceso de filmación es bastante parecido al de la impresora, únicamente el soporte y el sistema son diferentes:

1. Con el software utilizado para la fotocomposición y la fotomecánica se imprime el trabajo en la filmadora, en la que pueden configurarse las opciones de salida: tamaño y características de la resolución deseadas.

2. La filmadora se compone de dos partes esenciales: la propia filmadora, que trata la película con láser, y el RIP, un ordenador que recoge la información que se ha enviado. El RIP almacena todos los archivos que se han transmitido hasta que los procesa para filmarlos. La filmadora recoge los datos del RIP, que se compone de bits de información, y los procesa, convirtiendo estos bits en letras e imágenes.
3. La película avanza y el láser graba la película en grafismos y contragrafismos.
4. Por último, la película se almacena o bien pasa directamente a la procesadora.

4.1.3. Procesamiento de las películas

Se lleva a cabo cuando ya se tienen las películas con los textos y las imágenes.

La procesadora es la máquina encargada de realizar de forma automática el conjunto de operaciones incluidas en el procesamiento de las películas. Así, la película va pasando por unas cubetas donde se realizan sucesivamente el revelado, la fijación, el lavado y, finalmente, el secado. Estas operaciones deben realizarse bajo unas condiciones determinadas; por tanto, hay que controlar en todo momento los líquidos reveladores y su pH. Trabajar en unas condiciones no adecuadas origina películas defectuosas, tanto por exceso de revelado como porque éste es imperceptible.

También es preciso revisar el estado de los rodillos por donde circula la película, ya que si están deformados o gastados puede obtenerse un fotolito con unas zonas reveladas y otras no.



Procesadora de películas

Las operaciones realizadas durante el revelado se describen a continuación:

4.1.3.1. Revelado: es la fase en la que la película, al entrar en contacto con el líquido revelador, transforma en imagen visible las zonas expuestas a la luz. Esta transformación se consigue mediante la reducción de los cristales de halogenuro de plata expuestos en plata metálica. Los cristales no expuestos quedan inalterables.

Durante esta transformación el baño revelador se va oxidando y se va perdiendo la capacidad reductora, dejando gradualmente de ejercer su acción de revelado de la película. Por otra parte, los iones de bromuro que se liberan de la película entran a formar parte de la solución, frenando también la acción del agente reductor. Por tanto, es necesario regenerar el baño en cantidades precisas de líquido fresco en función de la superficie de película revelada.

Además de la regeneración, existen otros factores que influyen en el revelado, como la temperatura, el tiempo y la agitación. Es decir, en función del revelador existe una temperatura óptima durante un tiempo determinado a la que hay que mantener una concentración concreta y efectuar un contacto completo y uniforme del líquido con la película.

4.1.3.2. Fijación: en esta segunda fase del procesamiento, la película se introduce en el baño de fijación, en el que se eliminan las sales de plata que no han recibido luz durante la exposición y no se han revelado. Esta zona es la zona de imagen de los negativos y la zona de no-imagen de las películas positivas. En este baño se deposita la plata desprendida de la película y también pequeñas cantidades de revelador procedentes de la fase anterior.

Como en el caso del revelador, para realizar una fijación adecuada es importante trabajar con la temperatura óptima indicada por el líquido fijador durante un tiempo determinado y mantener una concentración concreta. Por tanto, también necesita una regeneración adecuada en función de la superficie de película utilizada.

4.1.3.3. Lavado: esta fase resulta fundamental para asegurar la conservación de la película en el tiempo. Durante el lavado se eliminan todos los compuestos solubles originados durante el revelado, así como los restos de fijador que arrastra la película y que a la larga la oscurecerían.

En el agua de lavado puede añadirse un humectante para reducir la tensión superficial y realizar un lavado más eficiente. Como en las dos operaciones anteriores existen unas condiciones óptimas de temperatura, tiempo y regeneración del agua de lavado.

4.1.3.4. Secado: es la última fase del procesamiento de la película, no interviene ningún agente químico y se realiza mediante aire caliente.

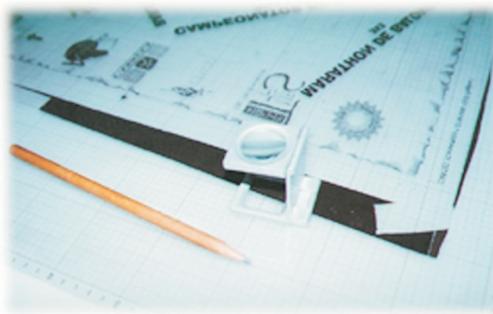
4.1.4. Trazado y montaje

Es la fase en la que se combina el material fotográfico del texto y el material fotográfico de las ilustraciones para obtener un original para reproducir.

4.1.4.1. El trazado es el conjunto de operaciones en las que se presentan los textos e ilustraciones que se han generado y se realizan las distribuciones para que tengan diseño deseado dentro del formato de la hoja que se imprime. Siempre se efectúa sobre papel milimetrado transparente marcando el trazado directamente en la misma hoja que se utilizará después para montar.

4.1.4.2. El montaje es la operación en la que se disponen y se adhieren las películas de los textos y de las ilustraciones sobre el trazado de la hoja de montaje. El montaje se efectúa con precisión matemática y los elementos se fijan con cinta adhesiva (también se utilizan colas cuando no hay bastante espacio para el uso de la cinta). Esta operación se realiza en una mesa luminosa y se revisa minuciosamente para comprobar que el resultado obtenido es el deseado.

En general se utiliza una hoja de montaje para cada color. Es recomendable revisar la hoja antes de empezar el montaje para comprobar que está exenta de imperfecciones.



Operaciones de trazado y montaje

Sistema *Computer-to-Film* (CTF):

Como puede apreciarse en la figura 1, el sistema CTF ahorra algunas de las fases necesarias en el proceso de producción más tradicional. Gracias a los diferentes programas existentes en el mercado, pueden realizarse las operaciones de montaje en la pantalla del ordenador y de ahí pasarlas directamente a la filmadora, generando una película que puede pasar directamente a la sección de preparación de las formas impresoras.

Existen programas de compaginación que permiten la edición de textos con la inserción de imágenes y elementos gráficos, teniendo un control absoluto de cada elemento. Una vez finalizada la composición pueden hacerse las modificaciones que se estimen más adecuadas, de tal forma que si se desea cambiar parte del texto, o el tamaño, o la fuente, o bien la distribución prevista, basta con acceder al fichero en el que se ha guardado el documento y realizar las modificaciones pertinentes.

También existen programas de imposición que permiten trabajar las páginas realizando el plegado directamente, en el orden correspondiente y en la posición y orientación convenientes, de manera que pueden enviarse directamente a la filmadora para obtener la película, con lo cual se ahorra el trazado y montaje manual de cada página por separado.

En cuanto se ha obtenido la película se procede a la insolación y procesamiento de planchas. Este ahorro en el proceso implica, por consiguiente, un ahorro de tiempo y dinero.

Lógicamente, para poder trabajar con este sistema (CTF), con el que se imprimen directamente las películas desde el ordenador a la filmadora, es preciso un entorno de preimpresión adecuado que requiere un ordenador que disponga de los programas de compaginación e imposición adecuados, una impresora láser para realizar las pruebas necesarias y una filmadora gráfica de salida con unas dimensiones mínimas necesarias para poder cumplir con el formato exigido por el cliente.

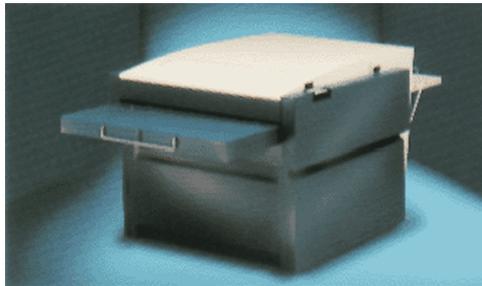
4.1.5. Realización de pruebas ozálidas

Aunque son muy prácticas para comprobar las imágenes antes de pasarlas a la plancha de impresión, la utilización de las pruebas ozálidas ha ido disminuyendo con el tiempo y, a medida que todo el proceso de preimpresión va digitalizándose, se van sustituyendo por las pruebas digitales. Las pruebas ozálidas son copias, montajes y fotolitos, en formato papel, necesarios para poder comprobar los tamaños y los textos que aparecen, por ejemplo, en los envases y que, muchas veces, sirven como prueba de aceptación para una orden de fabricación de un producto nuevo.

En el proceso de preparación de las pruebas ozálidas, se realiza la imposición de la imagen mediante una insoladora específica sobre un papel especial de ferrocianuro, que es fotosensible y tiene la capacidad de cambiar de color en presencia de vapor de amoníaco. El sistema que se utiliza es hermético, de tal forma que los vapores de amoníaco se filtran, reteniendo las impurezas del amoníaco puro, y el disolvente se reutiliza hasta que se agota, por lo que su consumo es realmente muy bajo.

4.1.6. Procesamiento de planchas o formas impresoras

Es la última fase antes de la impresión. En esta fase se prepara el portador de la imagen, que consiste en planchas de varios materiales y formas impresoras. El principio utilizado para traspasar la tinta al soporte es lo que diferencia el tipo de impresión. En la descripción de los procesos de preparación de planchas se describen en primer lugar las planchas de impresión offset, y, posteriormente, el resto de tipos de planchas de impresión.



Procesadora de plancha

4.1.6.1. Planchas offset: Las planchas offset representan un papel clave en el proceso de impresión ya que es el elemento portador de la imagen. La plancha transmite la imagen a una mantilla de caucho que, a la vez, la transmite al soporte de la impresión. (Por tanto, la imagen es directa en la plancha, pasa a indirecta en la mantilla y finalmente se imprime como directa en el soporte).

Estas planchas tienen un recubrimiento fotosensible, cuyas propiedades físicas varían con la exposición a la luz de forma que cuando se exponen a ésta se generan zonas de impresión y zonas de no impresión; esta diferencia viene determinada por las propiedades fisicoquímicas (lipofilia y hidrofilia) de la superficie de la plancha de impresión.

Mientras que la zona de impresión es lipófila y tiene afinidad con sustancias grasas como la tinta, la zona de no impresión es hidrófila y tiene afinidad con sustancias acuosas, lo que hace posible que pueda transmitirse la imagen. Esta diferenciación se consigue mediante la insolación.

La insolación es el proceso habitual que utiliza la placa fotosensible sometida a una prensa insoladora y traspassa la imagen de la película a la plancha. Esta máquina acelera el proceso de insolación porque irradia una luz de mayor frecuencia que la luz solar. El procedimiento es el siguiente: se coloca la película o fotolito (hoja de montaje que contiene la imagen) en la plancha, teniendo siempre en cuenta su posición correcta, ya que la luz debe llegar a la plancha a través del fotolito. Cuando se ha colocado el fotolito en la plancha, se introduce el conjunto en la insoladora y, antes de cerrarla, se selecciona el tiempo de insolación, que es variable en función de las características concretas de la prensa y de la plancha. Se cierra la insoladora, se hace el vacío para que haya un mejor contacto y se expone la película a una luz ultravioleta, dejando así la imagen sobre la plancha.

Procesamiento de la plancha: de la misma forma que las películas fotosensibles portadoras del texto y de la imagen se someten al revelado, las planchas offset, una vez insoladas, es preciso revelarlas. Para ello se introducen en una procesadora de planchas o bien en una cubeta con revelador.

En la procesadora, la plancha primero se somete a la inmersión en una cubeta con líquido revelador con el fin de disolver la capa sensible de no-imagen y para hacer que las zonas de imagen sean afines a la tinta. Después, la plancha sale de la cubeta del revelador, se lava con agua y se somete a una engomada. La función de esta engomada es la de proteger la plancha. Después de la engomada y cuando la plancha aún se encuentra en la procesadora, se procede a secar la plancha con aire caliente.

Cuando la plancha sale de la procesadora es el momento para hacer otra revisión para detectar posibles errores y poder corregirlos. La corrección se realiza manualmente a través de lápices especiales y fluidos correctores que realizan un ataque químico fuerte a la capa sensible. Cuanto antes se detecten los errores mejor, ya que todo tratamiento posterior al revelado actúa como protector y retarda las correcciones.

Existe un último tratamiento, el termoendurecimiento, que consiste en un proceso de calentamiento que alarga la vida en las prensas de las planchas positivas y mejora la resistencia química de las áreas de imagen. Si se realiza este tratamiento y, posteriormente, se vuelve a engomar, puede cuadruplicarse el número de impresiones.

Sistema *Computer-to-Plate* (CTP):

Entre los avances tecnológicos de la industria de las artes gráficas se encuentra este sistema, que es en gran parte una continuación tecnológica del sistema CTF, pero que va un paso más allá.

Con el CTP se obtiene directamente la plancha de impresión a partir de la orden emitida por un ordenador, es decir, se ahorran todos los pasos intermedios que son en procedimientos de preimpresión convencionales tecnológicamente menos avanzados. El CTP se aplica para planchas offset y flexográficas así como para el de rotograbado.

Se trata de un sistema que ha revolucionado la industria de la impresión ya que responde con absoluta consistencia al procesamiento de planchas. Para poder disfrutar de este sistema es necesario un entorno de preimpresión digital completo.

La configuración básica de un equipo CTP consta de varias computadoras conectadas a la configuración electrónica de imposición y compaginación digital, un escáner de entrada de información, una consola de control y almacenamiento temporal de páginas, un intérprete o RIP (convierte la imagen recibida en un mapa de bits que constituye una imagen completa formada por píxeles de valores conocidos por el dispositivo de salida), un dispositivo de pruebas de posicionamiento, un dispositivo de reproducción que incorpora un procesador de planchas y una red de conexión de todos estos elementos electrónicos.

Este sistema ofrece una serie de ventajas, como las que se detallan a continuación:

- El ciclo productivo es más corto, por lo que requiere menos tiempo para un trabajo determinado. El ahorro de operaciones en el procedimiento implica normalmente un ahorro de tiempo y de dinero, es decir, una productividad más elevada.
- La supresión o disminución de todos los agentes químicos y materiales utilizados en las etapas intermedias. Hay que tener en cuenta que ni todo el mundo tiene implantado el sistema CTP para obtener las planchas offset, ni el que lo tiene deja de utilizar totalmente el sistema convencional, sea porque aún quedan originales en película, sea porque, al tener una única procesadora de planchas, el sistema convencional sirve como reserva cuando la procesadora esté ocupada o estropeada.
- Se ahorra mano de obra al suprimir operaciones como el trazado y el montaje manual y la imposición de páginas individuales y colocación en las prensas.
- La supresión de errores en etapas intermedias supone un ahorro de materiales y tiempo, y, por tanto, de dinero.
- La tecnología CTP permite aplicar un tramado estocástico: la reproducción con puntos muy finos y sin estructura geométrica elimina una serie de problemas como la falta de detalle o la interferencia con estructuras geométricas de la imagen.
- Este sistema conlleva una importante mejora en la calidad de la impresión, ya que los puntos obtenidos sobre la plancha son muy precisos y nítidos, lo cual permite una respuesta en el momento de la impresión mucho más fiable y constante.

Dicho esto, también cabe comentar alguna desventaja que proporciona el sistema CTP.

- Con el fin de iniciar la sustitución del sistema convencional de obtención de las planchas offset por el sistema CTP y disponer de todo el flujo digital, hay que considerar la posibilidad de digitalizar las películas existentes o las nuevas que lleven los clientes en forma analógica.

4.1.6.2. Planchas flexográficas: Las planchas flexográficas son planchas de impresión flexible de fotopolímero o caucho. Las primeras planchas flexográficas eran de caucho, un material que todavía se utiliza para ciertas aplicaciones; pero las grandes ventajas que supone la utilización de las planchas de fotopolímero hace que éstas sean más utilizadas.

Al ser flexible, cuando la plancha se pone sobre el cilindro, ésta sufre un alargamiento en su cara exterior y un encogimiento en la cara interior; esta distorsión debe tenerse en cuenta a la hora de preparar la película.

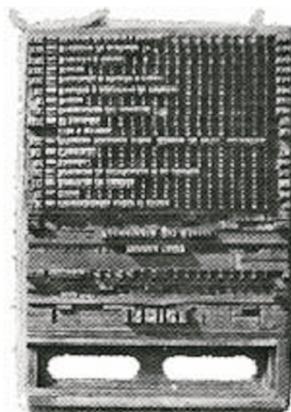
Las formas de la imagen son en relieve; esto provoca que se distingan las zonas de impresión de las de no-impresión, por la diferencia de nivel.

Procesamiento de la plancha: los fotopolímeros son materiales plásticos sensibles a los rayos UV. Las planchas flexográficas de fotopolímero se elaboran mediante un proceso fotodirecto.

Se coloca un negativo sobre una hoja de fotopolímero y se expone a los rayos UV. La película negativa actúa como una máscara que permite que los rayos UV penetren sólo en las áreas de imagen. En las partes expuestas a la luz UV, el fotopolímero se polimeriza, es decir, se endurece o se vuelve insoluble, mientras que el fotopolímero protegido de la luz UV permanece sin curar. Después de la exposición se revela la plancha con un disolvente específico para retirar el material no expuesto. El material polimerizado queda como una imagen en relieve que forma la superficie de impresión de la plancha. Después se realiza el lavado, mediante una solución de lavado, normalmente agua, para eliminar cualquier residuo de fotopolímero o líquido contaminado y, para acabar el proceso, se seca la plancha para eliminar la solución de lavado.

4.1.6.3. Planchas tipográficas: Estas planchas tienen las formas de la imagen en relieve, lo que hace que se distingan las zonas de impresión de las de no-impresión por la diferencia de nivel.

Las planchas tipográficas son de metal o fotopolímero. Las planchas de fotopolímero son iguales que las flexográficas, pero más duras. En líneas generales, el procesamiento es prácticamente igual al de las planchas flexográficas.



Molde tipográfico metálico

4.1.6.4. Pantallas serigráficas: Estas mallas anteriormente se realizaban con tela tendida dentro de un marco de madera, en la actualidad son mallas tejidas con unos hilos metálicos muy finos o con fibras sintéticas sujetas a un marco de madera o de metal.

La forma de impresión está constituida por la pantalla por la que la tinta se transfiere directamente al soporte. La pantalla es permeográfica, ya que en las zonas de impresión es permeable a las tintas y en las zonas de no-impresión es impermeable.

Procesamiento de la pantalla: existen varios métodos para grabar las pantallas, el más usual es el sistema que utiliza emulsiones fotosensibles de forma directa. Este tipo de grabado de las pantallas se realiza extendiendo la capa de emulsión líquida encima de la pantalla, posteriormente se seca y se insola en contacto con la película.

Al exponerlas a la luz, todas las zonas destinadas a imprimir deben bloquearse en el fotolito y hacerse opacas a la luz, mientras que todas las zonas que no se imprimen tienen que ser transparentes, o sea, tienen que dejar pasar la luz. Así, las áreas bloqueadas del fotolito corresponden a la imagen que posteriormente se imprimirá. En el revelado con agua, las zonas no expuestas se disuelven y se eliminan del tejido. Las partes insoladas, en cambio, se endurecen con la exposición y quedan fijadas en el tejido. Finalmente las pantallas se secan.

4.1.6.5. Rodillos de rotograbado: Las planchas en la impresión de rotograbado son cilindros metálicos recubiertos de una fina película de cobre y níquel. La forma de impresión en estas planchas es una grabación que forma cavidades, o sea, la superficie exterior no retiene la tinta, por lo que no está destinada a la impresión. En cambio, la superficie destinada a imprimir está constituida por el grabado, más o menos profundo, practicado en estas superficies cilíndricas. Así pues, el diferente nivel ocupado por las zonas de impresión y las de no impresión es la característica peculiar de esta clase de forma de impresión.

Procesamiento de la plancha: en primer lugar se limpia el cilindro para que esté perfectamente pulido. Esta limpieza puede realizarse mecánicamente mediante una muela especial o bien químicamente introduciendo el cilindro en un recipiente con sosa cáustica o ácido clorhídrico.

En una segunda fase, se introduce el cilindro en los baños de preparación, sobre el que se depositan las capas de cobre (cobreado) y de níquel (niquelado) sobre el cilindro de hierro o acero.

A continuación, se realiza la rectificación del cobre sobrante mediante un proceso de torneado y pulido y, finalmente, se procede al grabado. Existen varias técnicas para realizar el grabado: con el aguafuerte se dibuja directamente sobre el metal y en otra se traspassa la imagen a partir de un dibujo original.

La técnica del aguafuerte consiste en recubrir la plancha metálica con una sustancia resistente al ácido y después eliminarla de aquellas partes que queremos que queden estampadas.

Seguidamente se somete a un baño de líquido corrosivo hasta que el dibujo aparece suficientemente grabado.

Hoy en día existen técnicas más modernas de grabar el rodillo; se trata de un trabajo totalmente informatizado en el que, a partir del diseño, se graba mediante el cilindro de impresión con un diamante (CTP).

Finalmente, para aumentar la resistencia al desgaste del grabado se realiza el cromado del cilindro.

4.2. IMPRESIÓN

Una vez obtenida la forma impresora ya se está en disposición de poder transmitirla al soporte gráfico deseado. En este momento empieza la etapa de impresión.

A continuación se desarrollan los principales tipos de impresión.

4.2.1. Impresión offset

La impresión offset se caracteriza porque la imagen se transmite desde la plancha de impresión hasta al papel mediante un elemento de caucho denominado *mantilla*, es decir la impresión se efectúa de forma indirecta.

La forma de impresión es plana, por tanto no existen diferencias apreciables de nivel, hecho que provoca que la diferenciación de las zonas de impresión de las de no-impresión venga determinada por las propiedades fisicoquímicas de la plancha de impresión. Puede determinarse la zona de impresión por su naturaleza lipófila y, por tanto, por la afinidad con las sustancias grasas como la tinta, y la zona de no-impresión, de naturaleza hidrófila, por su afinidad con las sustancias acuosas.

Por este motivo, las planchas offset deben mojarse con una solución mojadora específicamente preparada para fortalecer la atracción de la solución de remojo y, obviamente, la repulsión de la tinta. Un punto importante y característico del sistema de remojo es el denominado equilibrio agua/tinta que debe determinarse para cada plancha y tipo de tinta para obtener una buena calidad del producto final. Así, un exceso de solución de remojo puede producir una mezcla solución/tinta que provocará lo que se denomina *emulsión*. En cambio, si la cantidad de agua suministrada es pobre, puede haber una hidrofilia deficiente de la zona no impresora, que dará lugar a zonas grasas.

Una solución mojadora apropiada evita problemas como la oxidación y la formación de franjas en los rodillos durante las esperas. También permite controlar los efectos mecánicos de la máquina de imprimir, los tipos y grados de interferencias originados por el polvo de papel y las partículas de tinta emulsionadas.

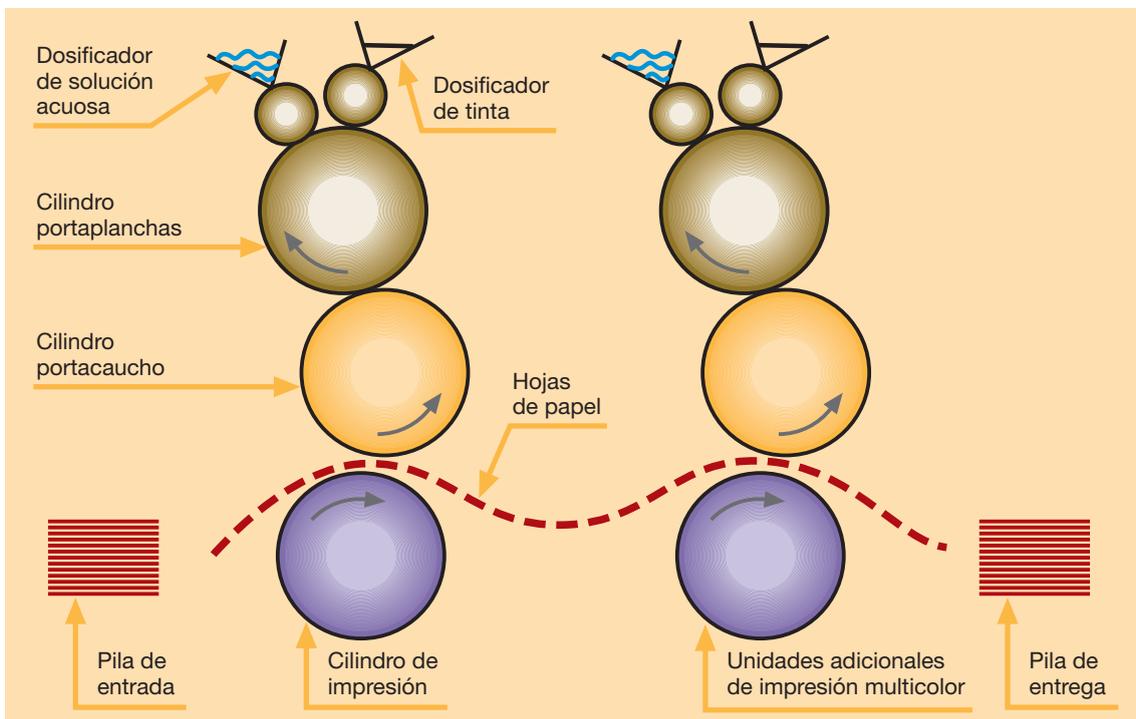
La solución mojadora no es simplemente agua. La solución, además de controlar los aspectos citados anteriormente, también debe mantener constante una fina película de agua encima de la superficie de la plancha. Esto significa que necesita:

- una mínima solución humectante, normalmente con alcohol isopropílico, que aumenta la viscosidad de la solución mojadora;
- una solución tampón para mantener constante el pH, entre unos valores predeterminados, por ejemplo de 4,8 a 5,5;
- un antioxidante para evitar que se produzcan oxidaciones durante las esperas de la prensa;
- un agente para impedir la formación de algas y hongos;
- un efecto antiemulsión para cada tipo de tinta.

Generalmente, la solución de remojo está refrigerada con el objetivo de reducir la emulsión agua/tinta, lo cual disminuye la tensión superficial del agua y, al mismo tiempo, evita al máximo la evaporación del alcohol.

En definitiva, una solución mojadora adecuada determina la calidad de la impresión; por tanto, la elección de la que mejor se adapte a los requisitos específicos deseados es una tarea delicada.

La tinta, durante el proceso de impresión, pasa del tintero al papel mediante una batería de tintaje que tiene la misión principal de transferir a la plancha de manera continua y uniforme la cantidad necesaria de tinta para la impresión. En el conjunto de esta batería de tintaje se encuentra el tintero, que es el recipiente que contiene la tinta, y la batería de rodillos, que son los que harán que la tinta llegue a la plancha.



Esquema de un sistema offset

Así pues, el procedimiento de impresión offset se centra en la plancha de impresión, a la que llega la solución de remojo y la tinta, de forma que la tinta se retiene en las partes lipofílicas de la plancha y es repelida en las partes hidrofílicas, repulsión fortalecida por la acción de la solución de remojo.

Cuando la plancha ha cogido la tinta, la transmite a la mantilla de caucho y este cilindro es el que imprime la imagen sobre el papel o soporte que circula encima del cilindro de impresión.

En cuanto el soporte está impreso, empieza la etapa de secado, que puede realizarse en función del tipo de máquina, de tinta y de soporte, con aire frío o caliente, o bien radiación infrarroja o ultravioleta.



Offset hoja

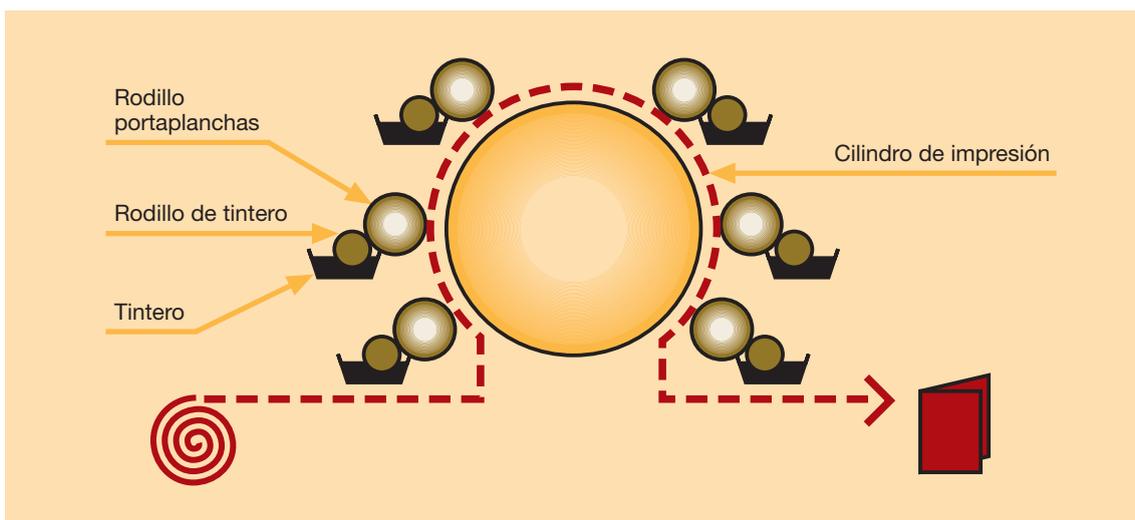


Offset bobina

Existen varios tipos de impresión offset: *Cold-set-web-offset* (alimentación en bobina con sistema en frío), *heat-set-web-offset* (alimentación en bobina con secado en base a aplicación de calor) y *sheet-fed-offset* (alimentación en hojas). Los dos primeros se utilizan normalmente para la edición de revistas, periódicos y otros productos a alta velocidad de producción. El *sheet-fed-offset* se utiliza para la impresión de muchos productos, como libros, pósters, folletos de todos tipos y de otros en los que es más importante la calidad que la velocidad.

4.2.2. Impresión tipográfica

Existen muchos tipos ya que se trata del primer procedimiento de impresión, que se consolidó a mediados del siglo XV, inmediatamente después de que Gutenberg inventara la prensa de imprimir de caracteres móviles²¹.



Esquema de un sistema tipográfico de bobina

La impresión por tipografía es un procedimiento de impresión directa que utiliza formas en relieve (planchas) realizadas con fotopolímeros para llevar a cabo la impresión, así como una tinta espesa, similar a la que se utiliza en la impresión offset.

La transferencia de la imagen se realiza por impacto de la forma impregnada de tinta sobre el soporte de impresión.

²¹ E. Martín, *Artes Gráficas*. Barcelona: Ediciones Don Bosco, 1975.

Es un método que ha marcado el progreso y el desarrollo de la impresión y, en consecuencia, de las artes gráficas, pero que hoy en día está en franco descenso, ya que la productividad alcanzada es bastante baja comparada con otros tipos de impresión.

La más extendida es la tipográfica directa, que se utiliza en la actualidad preferentemente para la impresión de pequeños tirajes, sobre todo de material de oficina y similares. En otros tiempos mediante esta técnica se realizaban periódicos, libros, etc.

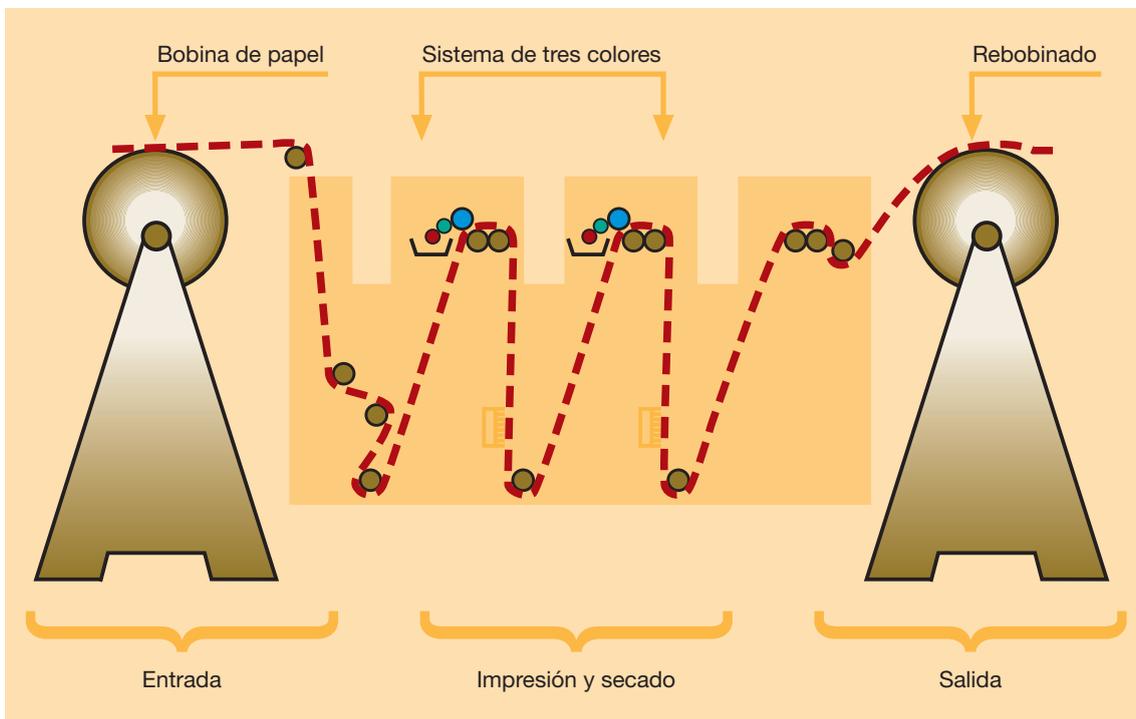
4.2.3. Impresión flexográfica

Se conoce como impresión por flexografía el método de impresión en relieve gráfico rotativo que utiliza planchas o clichés de material elástico y de gran resiliencia, y tintas fluidas de secado rápido, por evaporación mediante aire caliente, o bien, de igual manera que en el sistema offset, por radiación infrarroja o ultravioleta.

En general, la tinta se transmite por el rodillo del tintero al rodillo dador, situado sobre el cilindro portaplanchas, que entinta la superficie del cliché o plancha flexográfica. La tinta se transfiere por contacto con el soporte a imprimir, que a su vez está presionado por el rodillo de impresión, tal y como se muestra en la figura adjunta. Sistema de transferencia de tinta en flexografía.

En su forma más simple y común el sistema de impresión por flexografía depende de cuatro partes fundamentales:

- *Rodillo del tintero*: el rodillo del tintero está generalmente cubierto de goma. Recoge la tinta depositada en el tintero y la transmite al rodillo dador.
- *Rodillo dador o rodillo anilox*: es el rodillo dosificador de tinta, de metal o metal revestido de cerámica, grabado en toda la superficie por celas extremadamente pequeñas. El objetivo es proveer de forma controlada y dosificada una fina película de tinta a las planchas de impresión fijadas al rodillo portaplanchas.
- *Rodillo portaplanchas*: es el que lleva la plancha con la imagen y está ubicado entre el rodillo anilox y el impresor. El anilox transfiere la película dosificada de tinta a la superficie resaltada o que sobresale de la plancha, que a su vez transfiere la tinta a la superficie del soporte.
- *Rodillo de impresión*: es el que sirve de sustentáculo al soporte.



Esquema de un sistema flexográfico en bobina

Se trata de una forma de tipografía que utiliza una plancha de impresión flexible de fotopolímero o caucho en una prensa rotatoria. Se utiliza principalmente para imprimir envases plásticos, papel corrugado, cartones, bolsas de papel, etiquetas, papel para envolver productos alimentarios y para usos industriales, cortinas de baño...

En general, la calidad de los trabajos es buena pero no excelente, debido a la tendencia de la tinta fluida a extenderse encima del soporte y debido también a las formas utilizadas, que no permiten detalles muy finos.

4.2.4. Impresión por rotograbado

La forma impresora se graba sobre el cilindro. Así, la superficie destinada a imprimir es la interior, constituida por el grabado, mientras que la superficie exterior está destinada a no imprimir y por tanto no retiene la tinta.

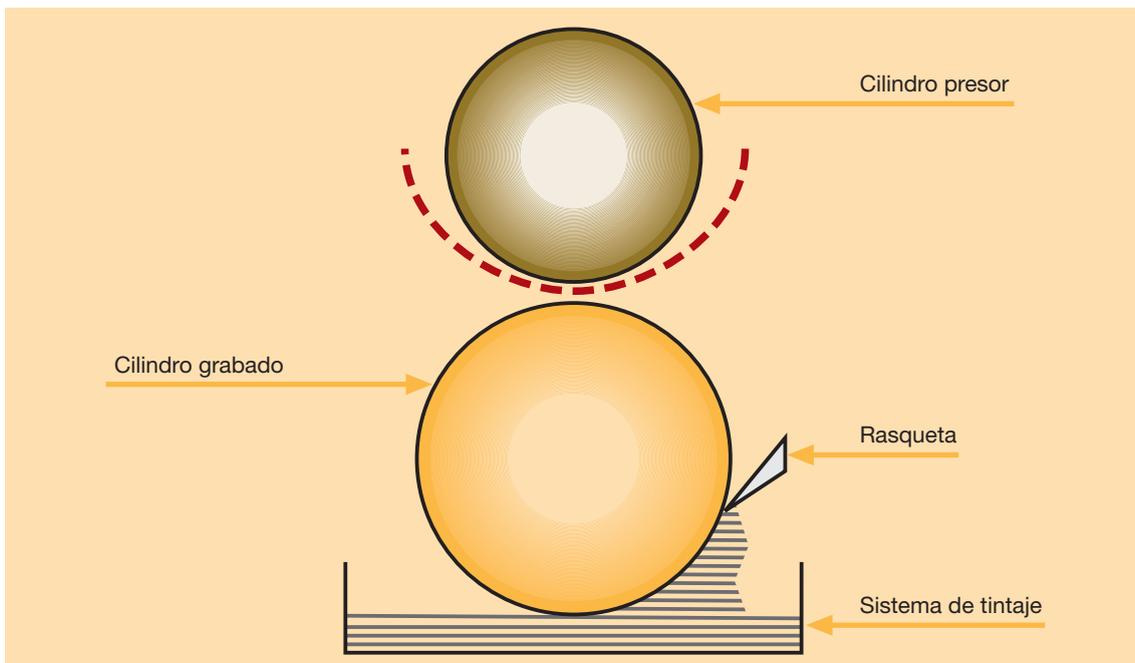
La profundidad del grabado hace que la cantidad de tinta que se adhiere al soporte en las zonas más profundas sea mayor y por tanto genere un color más intenso. En cambio, la intensidad del color resulta más clara en los lugares en los que el grabado es menos profundo.

Este sistema confiere a los impresos tonalidades de colores muy vivos y efectos de contraste que difícilmente pueden obtenerse con otras técnicas de impresión caracterizadas por una intensidad uniforme de coloración de los diferentes puntos.



Cilindro grabado y presor

El sistema de impresión de rotograbado consta básicamente de tres elementos: desbobinador, cuerpos impresores y rebobinador.



Sistema de transferencia de tinta en rotograbado

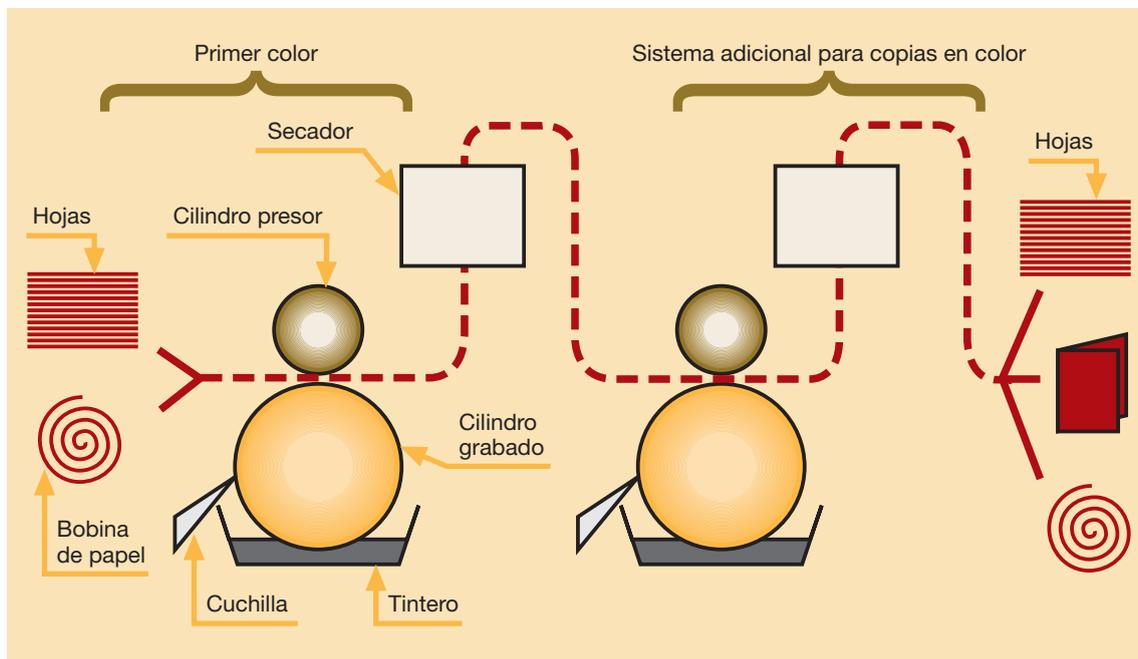
Existen máquinas muy diferentes y en función de las necesidades y exigencias del producto se utilizan de un tipo u otro.

Los cuerpos impresores, en el que se producen las impresiones, constan de los elementos siguientes:

- *Cilindro grabado*: es el cilindro que soporta el grabado y, por tanto, la que alojará la tinta en las zonas de impresión y la pasarán al soporte que se está imprimiendo.
- *Cilindro presor*: está situado sobre el cilindro de grabado y se encarga de apoyar el soporte encima del grabado con el fin de que el paso de la tinta sea el mejor posible.
- *Sistema de tintaje*: es el sistema que hace posible que la tinta se deposite en el grabado de la plancha de impresión. Está constituido por el tintero y por los rodillos que cogen la tinta.
- *Cuchilla o rasqueta*: tiene la función de sacar físicamente toda la tinta depositada sobre la superficie del cilindro grabado, respetando únicamente la que se encuentra dentro de la zona grabada del cilindro, que constituye la imagen que se imprimirá sobre el soporte. Se trata, pues, de un sistema indispensable para poder disfrutar de la imagen objeto de la forma impresora.
- *Cámaras de secado*: están situadas entre cuerpo y cuerpo de impresión y tienen por objeto la evaporación de la carga de solvente que contenga la tinta de la superficie del material acabado de imprimir y conseguir que ésta llegue seca al cuerpo siguiente y para que el proceso de impresión pueda continuar correctamente. Este secado puede realizarse por aire caliente, por radiación infrarroja o ultravioleta.

Así pues, el procedimiento empieza con el entintado de un color del rodillo de grabado y, posteriormente, se limpia la tinta superficial con la rasqueta de tal forma que sólo quede tinta en la zona grabada, que es la zona de impresión.

Una vez impresa la imagen se procede al secado para poder continuar el procedimiento con los colores restantes.



Esquema de un sistema de rotograbado

Se trata de una técnica de impresión que funciona con máquinas rotativas que se caracterizan por la buena calidad de sus impresiones y largos tirajes, como revistas, publicidad, catálogos y también envases, cajas y otros productos que requieren las características de su forma impresora.

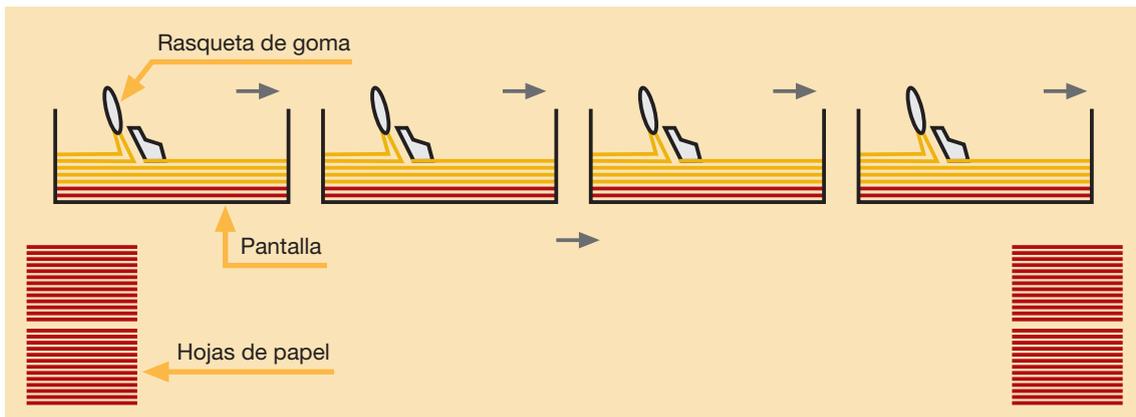
4.2.5. Impresión serigráfica

La impresión serigráfica se caracteriza por ser una forma impresora que tiene la calidad de la permeabilidad selectiva; es decir, la pantalla en las zonas de impresión es permeable a la tinta y en las zonas de no-impresión es impermeable.

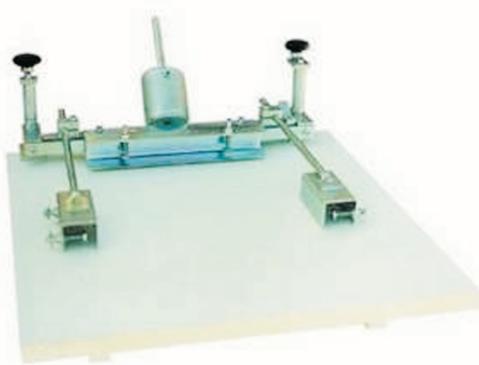
La gran diferencia que existe entre este sistema y los otros es que en la serigrafía se imprime sobre el soporte a través de la forma impresora y no por transferencia de tinta desde la forma impresora. Por otra parte, la capa de tinta extendida es mucho más gruesa que en las otras formas, lo cual permite una capa hasta 30 veces más gruesa.

La pantalla actúa como un filtro selectivo de forma que en las zonas de impresión está abierto y deja pasar la tinta, pero no la deja pasar en las zonas de no-impresión.

Así, la transferencia de la imagen de la pantalla al soporte a través del tejido se realiza mediante un utensilio de goma especial denominado *rasqueta*, que hace que la tinta se filtre por la trama y se deposite en el soporte, de forma que lo imprime.



Esquema de un sistema de serigrafía



Máquina manual de impresión



Máquina automática

La pantalla se fija a una estructura metálica móvil, por lo que cada vez que hay que imprimir un soporte es preciso levantar la pantalla. Cuando la pantalla ya está colocada en su sitio se pone el soporte a imprimir, se baja la estructura para que soporte y pantalla entren en contacto y se vierte la tinta encima. Entonces la tinta se extiende con la rasqueta a lo largo de toda la pantalla, presionando la tinta para que traspase el tejido que ha quedado libre de emulsión de la pantalla e impregne el material de soporte. Cuando la rasqueta ya ha pasado, se levanta la estructura que contiene la pantalla y se retira el soporte para pasarla a un túnel de secado. Este proceso de impresión se repite, para un mismo soporte, tantas veces como colores sean necesarios.

Puesto que los gruesos de tinta son más importantes que en otros sistemas de impresión, el secado se convierte en una parte delicada. El secado durante el proceso puede ser por aire caliente o bien simplemente por aire (oxidación), pero una vez finalizado el proceso el producto acabado no puede apilarse directamente, sino que es preciso hacerlo de tal forma que los soportes no tengan contacto entre ellos, utilizando mesas, listones, etc.

Se trata de un tipo de impresión que se utiliza generalmente para tiradas cortas y usos especiales; es un procedimiento variado, versátil y dúctil, aplicado allí donde no podrían aplicarse otros sistemas de impresión como en el caso de la impresión sobre cristal, material textil, plástico, madera, material decorativo, etc.

4.2.6. Impresión digital

La impresión digital se define como la impresión sin contacto, ya que no existe contacto físico entre la forma de la imagen y su soporte. Esta impresión se realiza mediante dispositivos que permiten pasar directamente de la información digital al papel.

La impresión digital no es un proceso específico, sino que contempla varias técnicas de reproducción de la imagen, como pueden ser la electrografía, la magnetografía, o la inyección de tinta, etc.

En la electrografía, por ejemplo, las zonas impresoras están marcadas en la forma impresora para cargas electrostáticas, mientras que en las no impresoras son neutras. Entre ambas zonas no existe sustancialmente ninguna diferencia a primera vista. Esta diferencia se manifiesta cuando la tinta en polvo distribuida sobre la forma impresora se adhiere sólo a las zonas cargadas electrostáticamente, o sea, a las zonas impresoras.

Como ventajas de este tipo de impresión deben destacarse, entre otras, que:

- No precisa forma impresora ni soporte intermedio (película).
- Son viables los microtirajes.
- Se evitan los riesgos ambientales, ya que no existen las soluciones químicas características del proceso.
- Menor coste de los trabajos de montaje manual, de puesta a punto de la máquina, del tiempo de espera para el secado de la tinta y, por tanto, para la realización de operaciones de postimpresión, etc.

En líneas generales, se trata de formas en continua evolución que conforman uno de los avances más nuevos e importantes dentro del campo gráfico. Supone poder utilizar un proceso electrónico de impresión produciendo únicamente la cantidad que el cliente necesita,

cuando y donde la necesita, lo cual abre la puerta a las posibilidades de la impresión individualizada, tirajes de preedición, etc. De esta forma, este tipo de impresión ha encontrado gran difusión en la reproducción rápida de documentos y escritos a un coste inferior al de los procedimientos gráficos normales.

Una vez finalizada la descripción de los diferentes tipos de impresión y para sintetizar la información facilitada, se añade un cuadro resumen que, de forma genérica, expone las características principales de los diferentes tipos de impresión.

IMPRESIÓN	FORMA IMPRESORA	TINTA	TIPO DE IMPRESIÓN
Impresión offset	Plana	Consistente	Indirecta
Flexografía	Relieve	Fluida	Directa
Rotograbado	Grabado	Fluida	Directa
Serigrafía	Permeable	Consistente	Directa
Tipografía	Relieve	Consistente	Directa
Sin impacto (incluida digital)	Eléctrica	Polvo	Directa

De las técnicas de impresión disponibles y que se han explicado anteriormente, en la industria de las artes gráficas el offset es la más extendida en el mundo. La tendencia de los últimos años apunta a que esta hegemonía del sistema de impresión offset no sólo perdurará sino que incluso aumentará.

El aumento de la impresión offset se debe a la combinación de buena calidad y economía, así como a la versatilidad de sus soportes. En definitiva se trata de un sistema de impresión muy práctico que permite obtener niveles de calidad elevados.

Se prevé que la flexografía aumente significativamente, en cambio se denota una bajada en el grabado. Desde el punto de vista tecnológico puede constatarse que el grabado sigue ofreciendo una buena calidad, si bien se aprecia que este sistema sale perjudicado cuando se hacen tiradas cortas y cambios de diseño que obligan a confeccionar nuevos rodillos cada vez. Todo esto implica un incremento de costes que es difícil trasladar al cliente.

En cambio, la flexografía tiene la ventaja de que la confección de las planchas de impresión es más rápida, lo que las hace más baratas. Además, en los tirajes cortos se presentan precios más económicos y las cualidades obtenidas en la impresión flexográfica alcanzan casi el nivel del grabado.

El porcentaje en la utilización de la tipografía sigue disminuyendo, porque está siendo sustituida por la impresión offset prácticamente en todos los campos. La tipografía queda como una impresión para pequeños tirajes, sobre todo de material de oficinas y similares.

Por lo que se refiere a la impresión sin impacto, hay que especificar que se trata de un tipo de impresión en desarrollo y cuya evolución se espera que implique un aumento en la tendencia del uso de esta tecnología.

Finalmente, también se prevé un leve aumento de la serigrafía. Es preciso recordar que el embalaje está siendo el producto con una cuota de mercado más elevada y gran parte de este mercado lo compone el plástico, en el que esta técnica obtiene excelentes resultados.

4.3. POSTIMPRESIÓN O ACABADO

El proceso de acabado incluye, generalmente, las operaciones de corte, plegado, fresado, encolado, cosido, fabricación de tapas, encuadernación y, por último, embalaje.

Así pues, no puede considerarse que el producto gráfico está finalizado hasta que no se sirve bajo las condiciones de formato y acabado establecidas en el diseño inicial o requeridas por el cliente.

A continuación se realiza una breve descripción de las operaciones de postimpresión más importantes.

4.3.1. Encuadernación

La encuadernación tiene como objetivo unir, disponiendo ordenadamente los pliegues o cuadernos de una obra para formar un volumen compacto mediante una costura sólida, y ponerle una cubierta resistente para proteger el libro y facilitar su uso.

Los diferentes tipos de encuadernación de libros se definen normalmente según si las páginas van cosidas o no, según la rigidez de las tapas y su sistema de confección. Así, se habla de encuadernación cosida o sin coser y de encuadernación rústica o de tapa dura.

4.3.2. Corte

La operación de corte se realiza para dejar el producto gráfico en las medidas deseadas. Para realizar este corte pueden utilizarse guillotinas de varios tipos: la guillotina lineal, la guillotina trilateral o la cizalla o guillotina de un solo ejemplar.

4.3.3. Plegado

En la operación de plegado tiene lugar un pliego de borde marcado obtenido bajo presión.

La presión necesaria para el plegado se consigue, en el proceso manual, con la plegadora, mientras que en el proceso mecánico el pliego se forma entre los rodillos plegadores, bajo una presión graduable en función de la grosor del papel.

Para la realización del plegado existen varios tipos de máquinas plegadoras (plegadoras de cuchillas, de bolsas, combinadas, etc.), así como varios tipos de plegado (plegados en cruz, en paralelo, en zigzag, en cartera, en ventana, etc.).

Sin embargo, en líneas generales, las plegadoras constan de un cargador (debe mantener el papel para suministrarlo a los cuerpos plegadores), de una mesa de alineación (contador y control del paso de hojas) y de los cuerpos plegadores (realizan la acción del plegado).

4.3.4. Alzado

Se considera *alzado* el proceso de trabajo en el que se colocan los pliegues que forman el libro uno al lado del otro hasta formar el bloque completo.

Existen aparatos específicos para realizar la operación de alzado, como las alzadoras y las alzadoras-embutidoras.

4.3.5. Cosido

Existen máquinas específicas para realizar la operación de cosido, que pueden trabajar con alambre o con hilo vegetal y que pueden utilizar diferentes métodos de cosido.

4.3.6. Fresado

En general, en la encuadernación sin cosido se parte del principio de unir los pliegues de una forma duradera sin utilizar ninguno de los sistemas de cosido. Para ello, hay que proceder a su encolado. Sin embargo, el encolado de los pliegues necesita unas técnicas de preparación previas, entre las que se incluye el fresado.

Esta operación consiste en rebajar la superficie del lomo del libro, de forma que quede preparado para la posterior operación de encolado. Puede realizarse mediante fresa en polvo, fresa cortadora o mediante una cuchilla circular.

4.3.7. Encolado

En general, se entiende por *adhesivo* aquella sustancia que se endurece al pasar del estado fluido al estado sólido, formando así una película adhesiva que queda adherida en los elementos que se han encolado.

Para la operación de encolado pueden utilizarse varias colas, así como encoladoras, que son máquinas que cumplen específicamente con esta función.

4.3.8. Estampación

Este proceso se realiza de forma específica mediante máquinas estampadoras, que añaden a las tapas de los libros o a cualquier impreso elementos metalizados que deseen destacarse (título del libro, marca del producto, etc.).

En general, se realiza la transferencia del material por presión y temperatura.

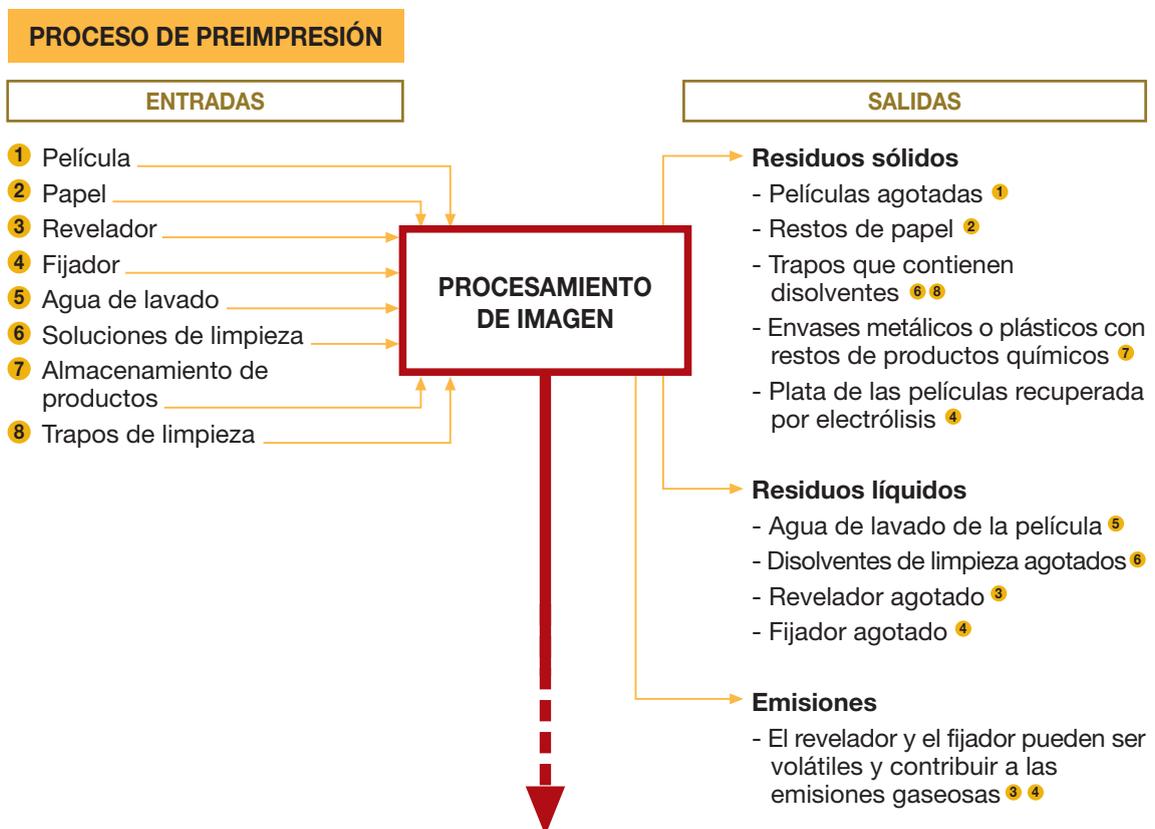
5. CORRIENTES RESIDUALES GENERADAS

Una vez conocidas las materias primas y los diferentes procesos productivos es el momento de determinar las corrientes residuales asociadas a unos y otros.

Las corrientes residuales generadas en la industria de las artes gráficas se detallan en este capítulo mediante unos diagramas de flujo. Para su mejor comprensión, las corrientes residuales están separadas en función de sus características básicas, es decir, se trata de residuos líquidos, residuos sólidos o bien de emisiones gaseosas. Por la misma razón, la clasificación de cada una de estas corrientes residuales está realizada en función de los diferentes procesos de impresión y de si éstas se generan en las etapas de preimpresión, impresión, o acabado.

Finalmente, se incluye una caracterización de las corrientes residuales con una breve descripción sobre las mismas.

DIAGRAMA DEL PROCESO DE IMPRESIÓN OFFSET



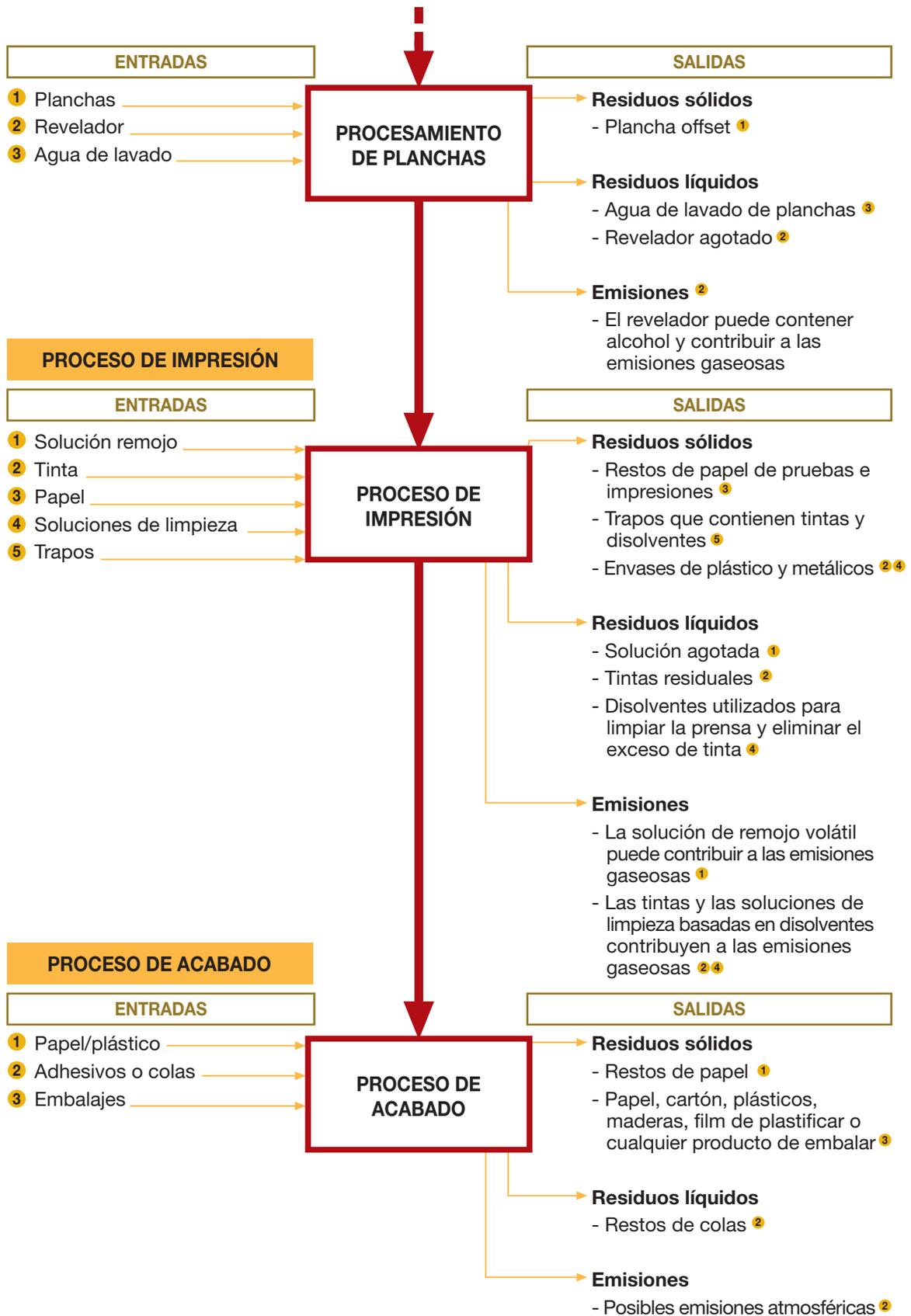
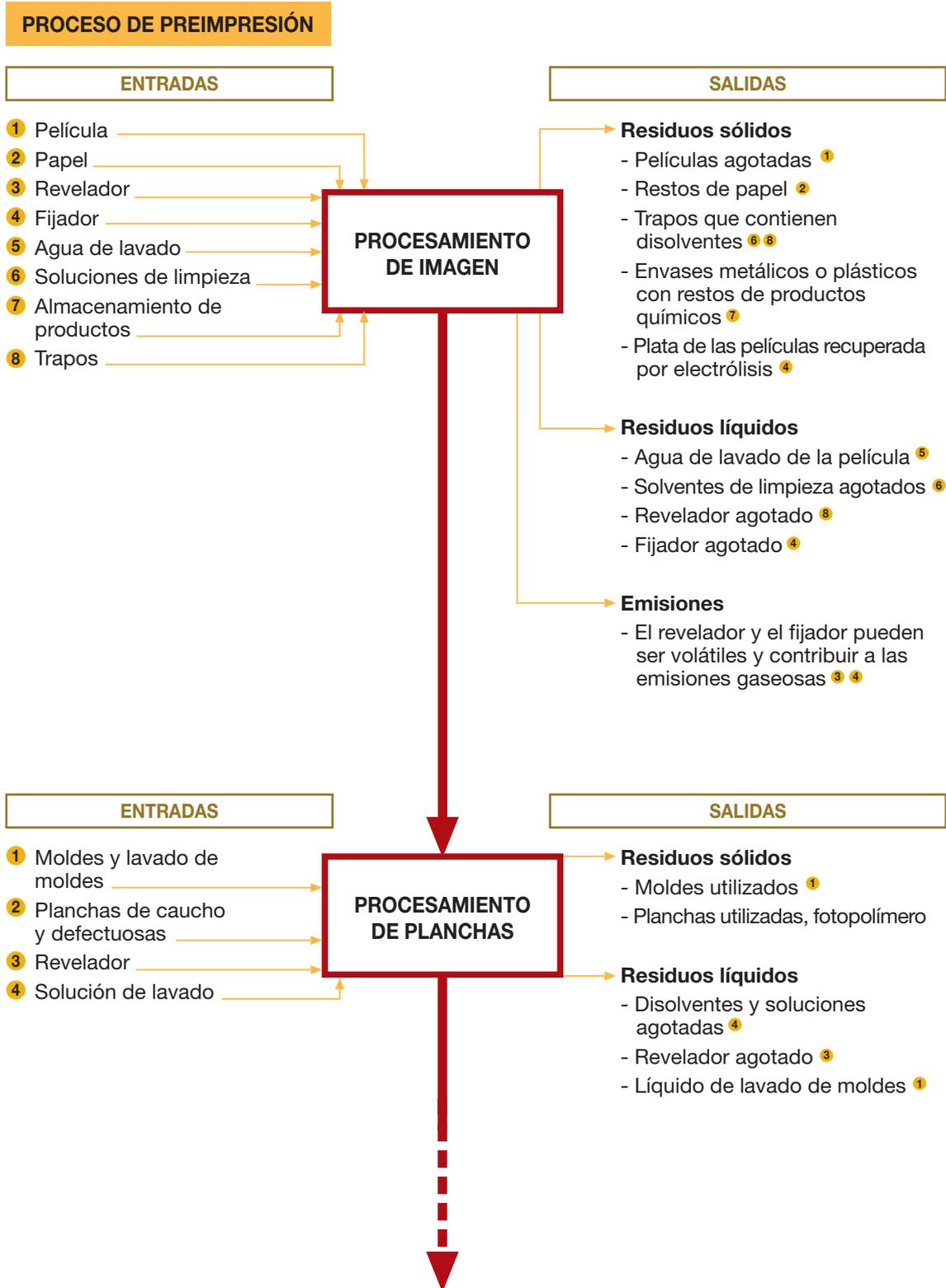


DIAGRAMA DEL PROCESO DE IMPRESIÓN FLEXOGRAFÍA



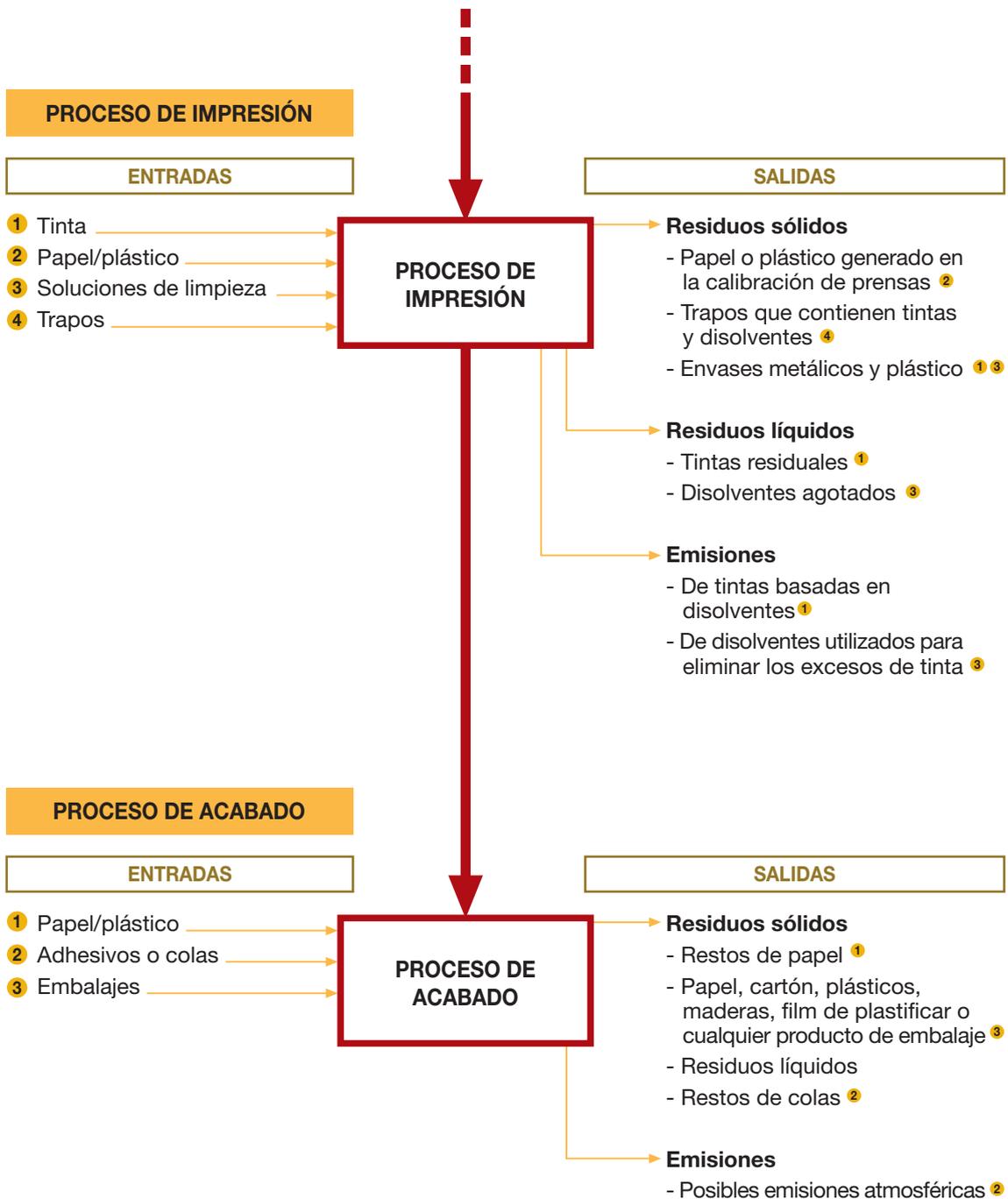


DIAGRAMA DEL PROCESO DE IMPRESIÓN ROTOGABADO



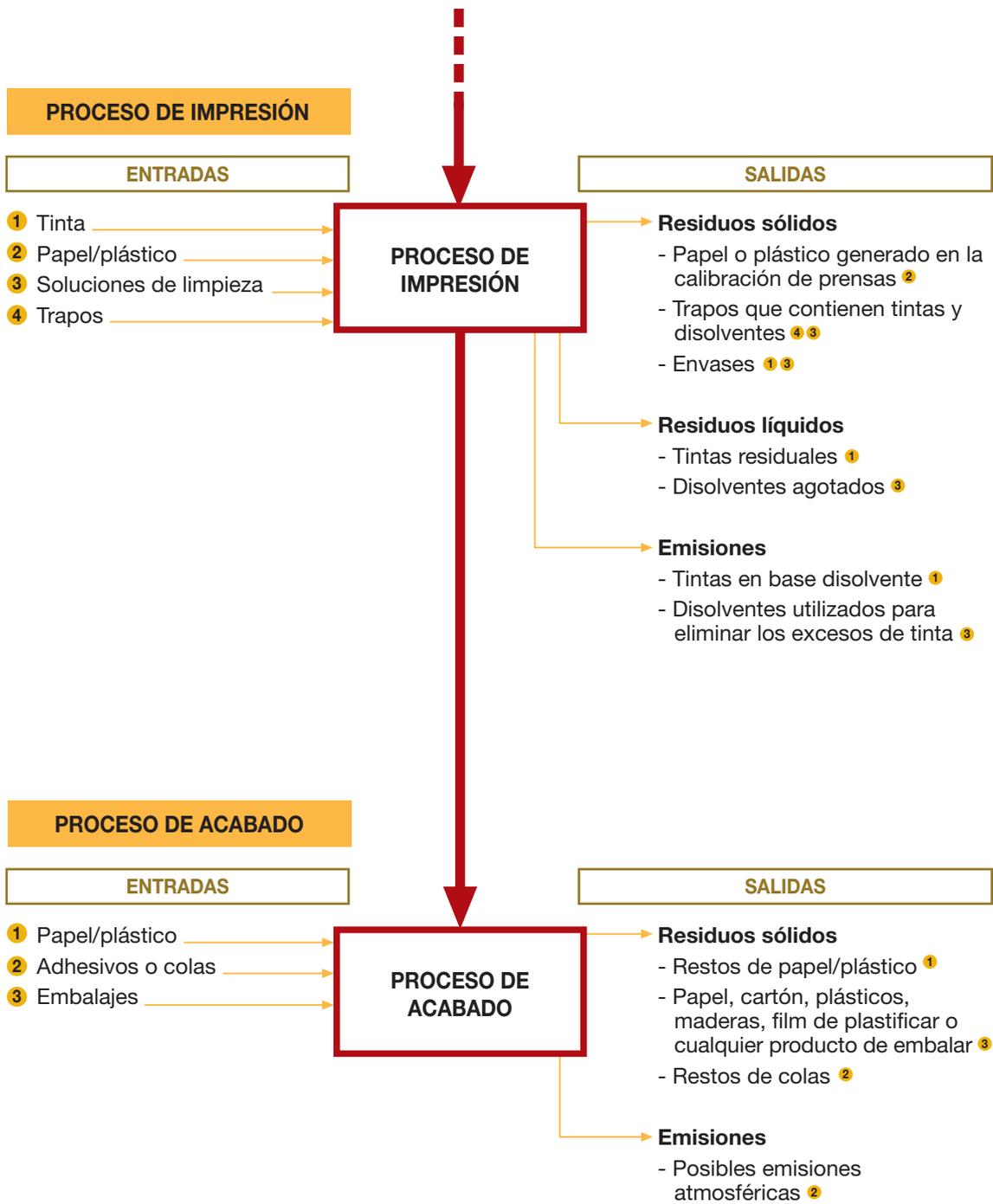


DIAGRAMA DE PROCESO DE IMPRESIÓN EN SERIGRAFÍA

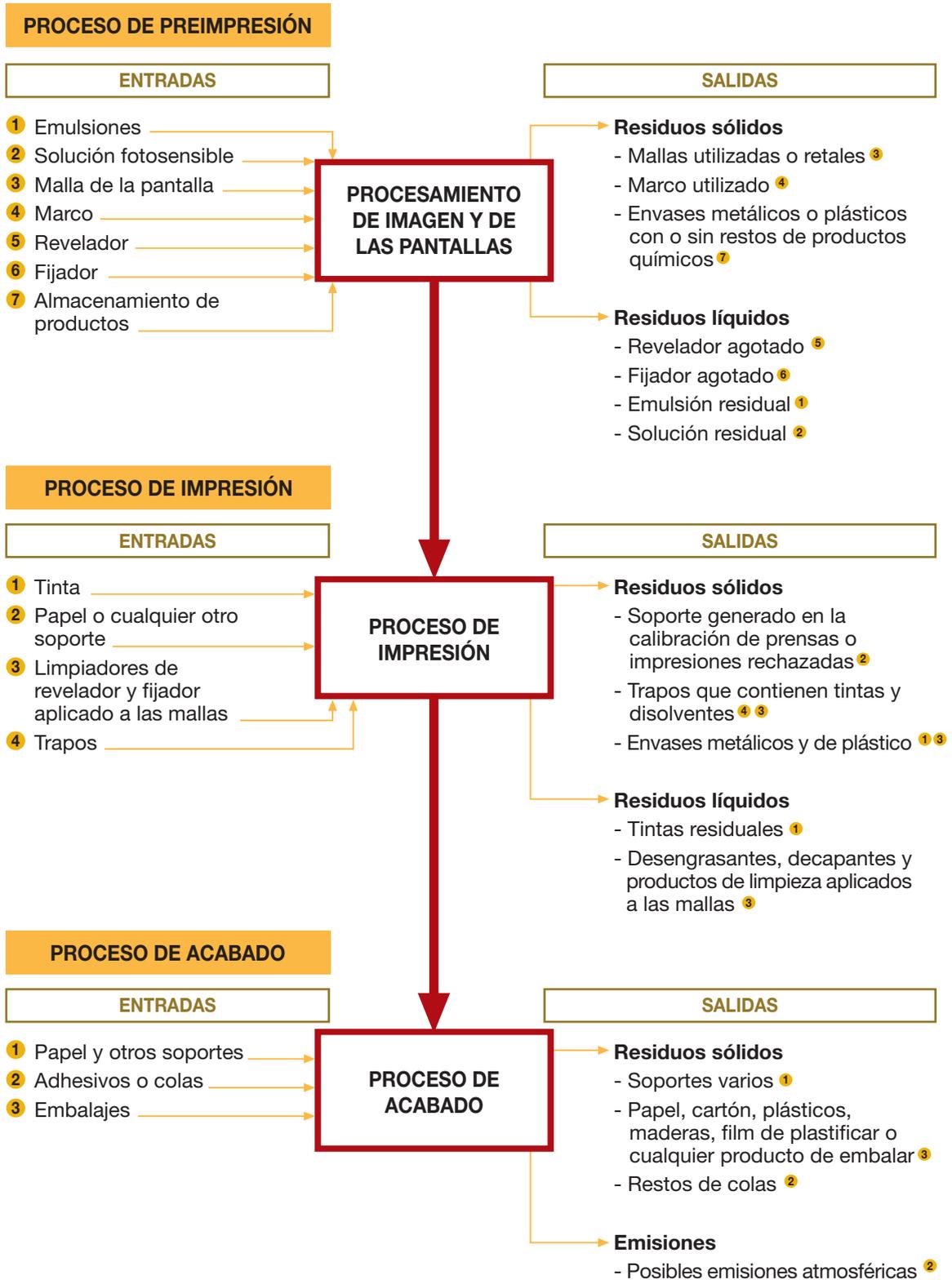
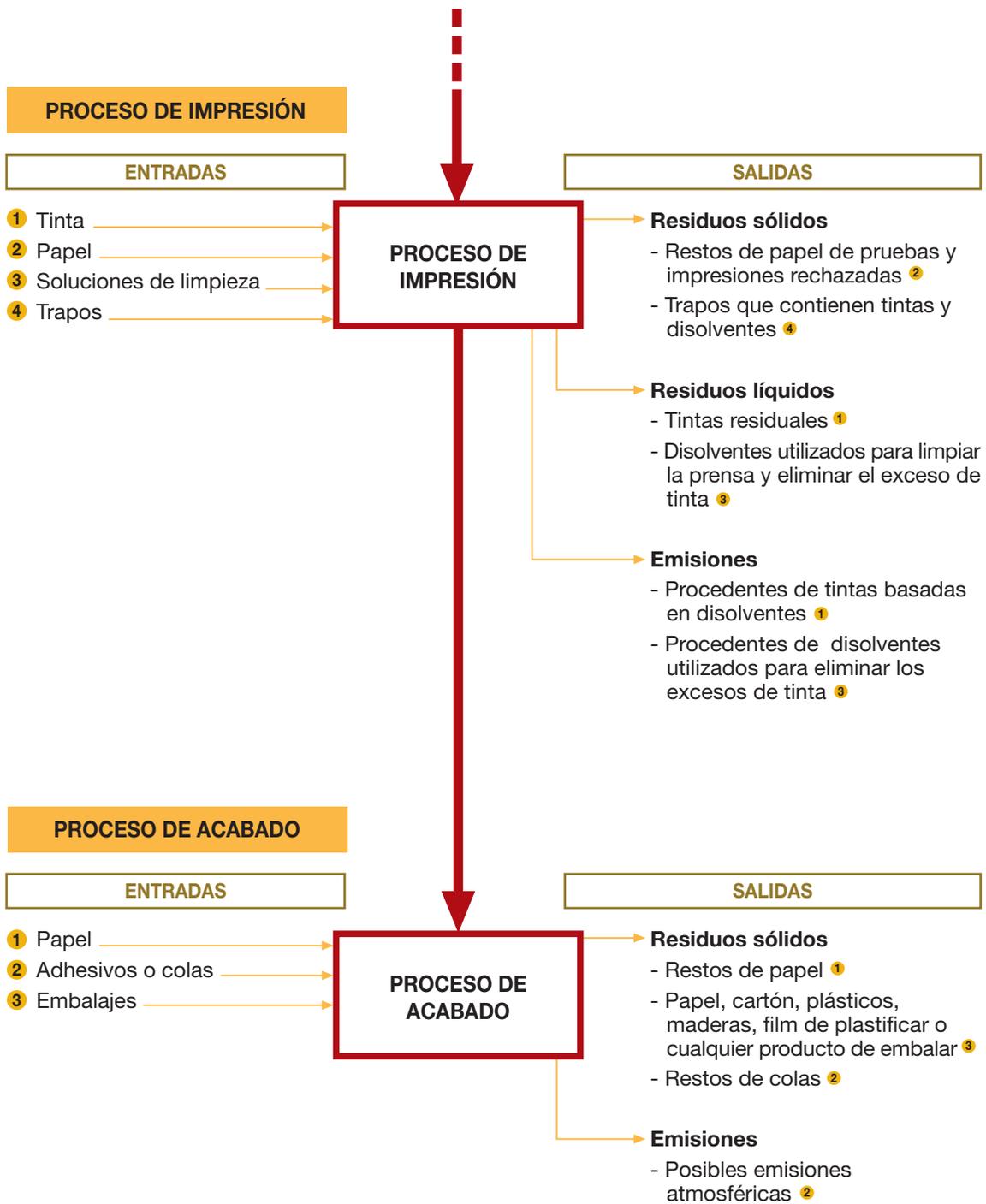


DIAGRAMA DE PROCESO DE IMPRESIÓN TIPOGRÁFICA





5.1. EMISIONES ATMOSFÉRICAS

En los diagramas anteriores puede apreciarse que las emisiones de contaminantes atmosféricos se producen en todas las etapas del proceso de impresión y en todas las técnicas de impresión.

De todas las emisiones originadas, la más importante desde el punto de vista cuantitativo deriva del uso de disolventes en las tintas, los cuales se emiten a la atmósfera durante su aplicación y secado. Esta situación se da con mayor porcentaje en los casos de rotograbado, flexografía y serigrafía.

Se han estudiado factores de correlación de la actividad o etapa de producción con la cantidad de tinta consumida en la impresión y las emisiones producidas. Los valores estimados de la emisión de solventes se presentan en la tabla siguiente:

SECTOR	TÉCNICA	FACTOR DE EMISIÓN (kg/t tinta consumida)
Prensa	<i>Cold-set-web-offset</i>	54
Edición/Publicación	<i>Heat-set-web-offset</i>	182
	Rotograbado	145
Envases	<i>Sheet-fed-offset</i>	437
	Rotograbado	1.296
	Flexografía	800
Envasado rígido	<i>Sheet-fed-offset</i>	437
	Rotograbado	1.296
	Flexografía	800
Decoración	Rotograbado	1.296
	Flexografía	800
	Serigrafía	935
Otros	Barniz	363
	Limpieza con solventes	140

Fuente: Richardson, 1995; EMEP, 1996

Existen otras causas de emisión atmosférica diferentes a las originadas en la impresión. Veamos una breve descripción de las emisiones gaseosas generadas en las industrias gráficas:

Generadas en las operaciones de preimpresión:

Se caracterizan por ser emisiones poco importantes en cuanto a volumen y concentración, pero que pueden afectar el ambiente interior de la nave.

- *Aplicación de las colas en spray para el montaje de las películas:* emisiones compuestas por compuestos orgánicos volátiles (COV) y partículas finas de cola. Ligeramente tóxicas por inhalación, así como irritantes para los ojos y para el tracto respiratorio.
- *Vapores de solventes generados en la limpieza de las hojas de montaje:* con las mismas características que los anteriores.
- *Vapores del termoendurecimiento de las planchas:* Este termoendurecimiento consiste en eliminar totalmente los solventes de la capa sensible de las planchas, por lo que, en general, se emiten COV. Sus características son las mismas que las citadas en los puntos anteriores.
- *Vapores generados en las ozálidas:* durante la preparación de las pruebas ozálidas se generan vapores de amoníaco que, al ser un gas más pesado que el aire, tiene tendencia a depositarse en el suelo, por lo que se permanece en la zona de trabajo.

Generadas en la impresión:

Como ya se ha comentado, las emisiones más importantes son las generadas durante el secado de los soportes impresos.

- *Secado de las tintas y barnices heatset:* COV.
- *Secado de las tintas y barnices UV:* ozono (se descompone rápidamente en oxígeno).
- *Evaporación de la solución de remojo:* COV.
- *Evaporaciones varias durante la impresión:* COV.

En líneas generales, las emisiones generadas en la impresión corresponden a compuestos orgánicos volátiles, exceptuando las tintas para secado con radiación ultravioleta.

Si se utiliza la tinta UV se genera ozono, gas que se forma por la incidencia de la radiación ultravioleta utilizada en el secado sobre el aire contenido entre la fuente de radiación y el soporte que se está secando.

Generadas en las operaciones de limpieza:

Algunos de los solventes habitualmente utilizados en las operaciones de limpieza son: acetato de etilo, etanol, n-propanol, isopropanol, tolueno, metiletilcetona (MEK), metilisobutilcetona (MIBK), isopropoxietanol, ciclohexanona o xilol.

En general, se trata de solventes orgánicos bastante volátiles que se evaporan durante las operaciones de limpieza de las máquinas, en gran parte por una mala manipulación de los utensilios de limpieza: bidones abiertos, trapos que contienen disolvente, etc.

Otros puntos de generación de emisiones:

Otras emisiones destacables que pueden generarse en las industrias gráficas son los humos de las calderas para el sistema de calefacción de las naves.

- *Calderas de gas natural:* se genera básicamente dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y vapor de agua.
- *Calderas de gasoil:* también se generan otros gases, como los óxidos de azufre y de nitrógeno.

5.2. AGUAS RESIDUALES

En el sector de las artes gráficas, la mayoría de corrientes residuales líquidas se generan en los procesos de preimpresión e impresión, concretamente en el procesamiento de planchas y en su lavado, así como la que se forma por la solución de remojo agotada.

En el presente estudio, se ha descrito esta corriente residual en el apartado de residuos líquidos. Puesto que su volumen no es muy elevado y teniendo en cuenta sus características principales y el potencial contaminante, existe una tendencia en el sector a recoger la corriente y a gestionarla mediante un gestor autorizado. Sin embargo, existen muchas empresas que tratan estas aguas mediante un tratamiento de depuración interno.

5.3. RESIDUOS LÍQUIDOS

Como puede observarse en los diagramas anteriores, los residuos líquidos se generan principalmente en las etapas de preimpresión e impresión. En la primera, el residuo líquido se genera en el procesamiento de las películas y las planchas, es decir, los líquidos de revelado y fijado. En la segunda el residuo se genera por los solventes de limpieza, restos de tintas y aceites lubricantes de las máquinas.

Generados en las operaciones de preimpresión:

Los residuos líquidos que se generan en las operaciones de preimpresión son los que provienen de las procesadoras de películas y de planchas:

- *Químicos agotados de la procesadora de películas (revelador y fijador):* corresponden a soluciones líquidas en base agua que van agotándose durante el procesamiento de las películas.
- *Agua de lavado de la película durante su procesamiento:* como se trabaja en circuito abierto, a menudo las cantidades de agua utilizadas son importantes. El lavado se realiza con agua corriente, pero es preciso tener presente que esta película arrastra líquido fijador y, por tanto, el agua puede contener restos de los productos químicos utilizados en la operación y, consecuentemente, también restos de plata.
- *Químicos agotados de la procesadora de planchas offset (revelador):* en el procesamiento de las planchas se agota el revelador, que tiene que cambiarse. Este producto contiene soluciones fuertemente alcalinas y sustancias disueltas de la capa sensible solubilizada.
- *Agua de lavado de las planchas offset durante su procesamiento:* se produce durante el aclarado de la plancha y arrastra restos de los productos químicos utilizados y generados en el revelado.
- *Agua del procesamiento de las planchas de flexografía y tipografía:* se trata de agua que arrastra la zona no-imagen de la plancha (soluble) así como posibles restos sólidos o semisólidos de fotopolímero que se van durante el procesamiento.
- *Líquidos de la preparación de las pantallas de serigrafía:* como en el caso anterior, las pantallas de serigrafía suelen revelarse con agua, aunque a veces, puede añadirse también algún solvente que facilite esta operación. En estas aguas, además de hallar la emulsión no endurecida que se va con el agua, también pueden encontrarse restos de emulsión que se ha sido endurecida y arrastrada, o bien que ha sido preciso eliminar por defectos en la preparación de la pantalla.

Generados en la impresión:

Son los residuos generados por la utilización de la solución de remojo en la impresión offset y por los restos de tintas y barnices.

- *Solución de remojo:* contiene restos de tintas y solventes, alcohol isopropílico u otros reductores de la tensión superficial del agua y productos como alguicidas, fungicidas, etc.
- *Restos de tintas y barnices offset:* en general, se trata de sobrantes y restos de tirajes que se vacían de los tinteros una vez finalizada una tarea o cuando hay que cambiar de color.

- *Restos de tintas y barnices de flexografía y rotograbado:* son tintas líquidas con un porcentaje de solventes elevado.
- *Restos de tintas y barnices de serigrafía:* En este caso, puede decirse lo mismo que en el caso anterior aunque su composición específica es diferente. Son tintas que contienen más cantidad de pigmentos y pueden llevar catalizadores para facilitar su secado.

Generados en las operaciones de postimpresión:

- *Restos de colas:* aunque no es frecuente, pueden generarse restos de colas base agua y colas tipo *hot-melt*.

Generados en las operaciones de limpieza y mantenimiento:

En general, se trata de varios solventes sucios procedentes de la limpieza de las diversas máquinas, tanto de impresión como de postimpresión.

- *Impresión offset:* se generan líquidos en la limpieza de rodillos de remojo, baterías entintadoras y tinteros, cauchos, planchas y rasquetas para la manipulación de las tintas, etc.
- *Impresión por flexografía y tipografía rotativa:* generados en la limpieza de los tinteros, depósitos varios, viscosímetros, etc.
- *Impresión por rotograbado:* generados en la limpieza de los tinteros, depósitos varios, viscosímetros, cilindros grabados, etc.
- *Impresión por serigrafía:* se generan en la limpieza de las pantallas, rasquetas, etc.
- *Encoladoras y otros aparatos de postimpresión:* de la limpieza de colas, etc.
- *Aceites residuales:* generados en el proceso de mantenimiento de las instalaciones.

5.4. RESIDUOS SÓLIDOS

A continuación se presenta una breve descripción de los residuos sólidos, pero, a diferencia de las anteriores, esta descripción no viene clasificada por la etapa en la que se genera el residuo ya que el origen del mismo es más disperso, es decir, el mismo tipo de residuo puede generarse en diferentes etapas.

Por tanto, los residuos sólidos generados en las empresas gráficas son:

- *Película*: se genera únicamente en la zona de preimpresión, tanto en la filmación como en las operaciones de montaje y de desmontaje. Muy a menudo se gestionan conjuntamente con los residuos generales de la fábrica o bien pueden valorizarse para recuperar la plata que puedan contener.
- *Plancha offset*: pueden generarse tanto en la zona de preimpresión (exposición, procesamiento y pruebas) como de impresión (planchas usadas), tanto en forma de retales como de planchas erróneas y viejas. Igual que las películas, se trata de un residuo valorizable del que puede recuperarse el aluminio que contiene.
- *Planchas de flexografía y tipografía rotativa*: se trata de planchas de polímeros que se generan en los mismos puntos que las planchas offset. Igualmente, la se generan en forma de retales, planchas erróneas y planchas viejas.
- *Trapos de limpieza*: se generan en todos los puntos de la empresa, básicamente como consecuencia de las operaciones de limpieza. Se trata de trapos sucios, generalmente de papel o de hilo de algodón, impregnados con diversos solventes, tintas, aceites o grasas.
- *Hojas de montaje*: igual que las películas, se generan únicamente en la zona de preimpresión, al montar y desmontar las películas, tanto en forma de retales como de hojas viejas o rayadas.
- *Papel para la impresión*: se genera básicamente en los almacenes (papel obsoleto), en la impresión (máculas, hojas defectuosas, rechazos de la puesta en marcha y exceso de tiraje) y en algunas operaciones de acabado normalmente se genera en forma de retal o bien de papel entero, impreso o sin imprimir.
- *Soportes plásticos*: es el mismo caso que el papel; es decir, se genera en las mismas zonas y con las mismas condiciones.
- *Embalajes de papel y cartón*: se generan en casi toda las áreas de la empresa, generalmente en forma de papel de embalar, cajas de protección, separadores, núcleos de bobina, etc.
- *Embalajes de plástico*: igual que en el caso anterior, los diferentes embalajes de plástico se generan en prácticamente todas las áreas de la empresa.
- *Cauchos*: se generan, en forma de láminas, en la zona de impresión offset, como resultado de su degradación a medida que se utilizan.

- *Residuos sólidos de tinta:* sobre todo en el caso de tintas offset, que son más espesas, los sobrantes y restos de tintas de los tirajes que hay que gestionar como residuo están en estado sólido. Estas tintas se generan básicamente en la zona de impresión y están en forma de pieles, de restos en los envases o bien de partículas en la limpieza.
- *Maderas:* los residuos de madera se generan en todas las áreas de la empresa en forma de cajas y de *pallets*.
- *Film de plastificar:* generado básicamente en la zona de acabado y embalaje, y en los almacenes (máquina de plastificar, recubrimiento de pilas, etc.) en forma de retales plásticos o bien de una película continua.
- *Cartuchos de tóner:* se trata de pequeños contenedores que se generan en la zona de preimpresión y de diseño, en la que a menudo es preciso hacer pruebas antes del paso del producto a la sección de impresión.
- *Lodos del tratamiento de los líquidos residuales:* generados como resultado del tratamiento de los efluentes generados en los procesos de preimpresión, pero también en la impresión y en las diferentes operaciones de limpieza. Suelen tener una consistencia pastosa o semisólida.
- *Filtros y cartuchos de filtraje:* a veces las empresas disponen de sistemas de filtraje que permiten alargar la vida útil de algunos de los productos que utilizan habitualmente. Este es el caso de los productos químicos utilizados en el procesamiento de las películas y de las planchas, así como de sus aguas de lavado y de la solución de remojo. Un ejemplo serían los filtros de las procesadoras de películas, los de las procesadoras de planchas, los de los sistemas de refrigeración de la solución de remojo o el de los circuitos cerrados de aceite, una vez agotada su vida útil.
- *Envases metálicos de 200 o 1.000 litros:* envases grandes que han contenido solventes, tintas, alcohol, aditivos para la solución de remojo, colas base agua, productos de limpieza, etc.
- *Envases varios:* envases pequeños metálicos o plásticos que han contenido solventes, tintas, alcohol, etc.
- *Residuos generales de fábrica:* conjunto de residuos de tipo general, heterogéneo, que no se recogen selectivamente.

- *Residuos especiales varios:* generalmente, se trata de fluorescentes, pilas, diferentes accesorios, vidrios, neumáticos, cables, aerosoles, muestras de laboratorio, amoníaco, aceites de diferentes tipos, etc.

5.5. OLORES

Los olores producidos están directamente relacionados con las emisiones por evaporación de los productos empleados.

5.6. RUIDOS

En general, el problema de contaminación acústica en las industrias del sector de las artes gráficas puede generarse a partir de las prensas y guillotinas, así como del uso de los sistemas de ventilación para la captación de los COV. También es preciso considerar las emisiones generadas por las actividades propias del transporte, tanto de materias primas como de productos acabados.

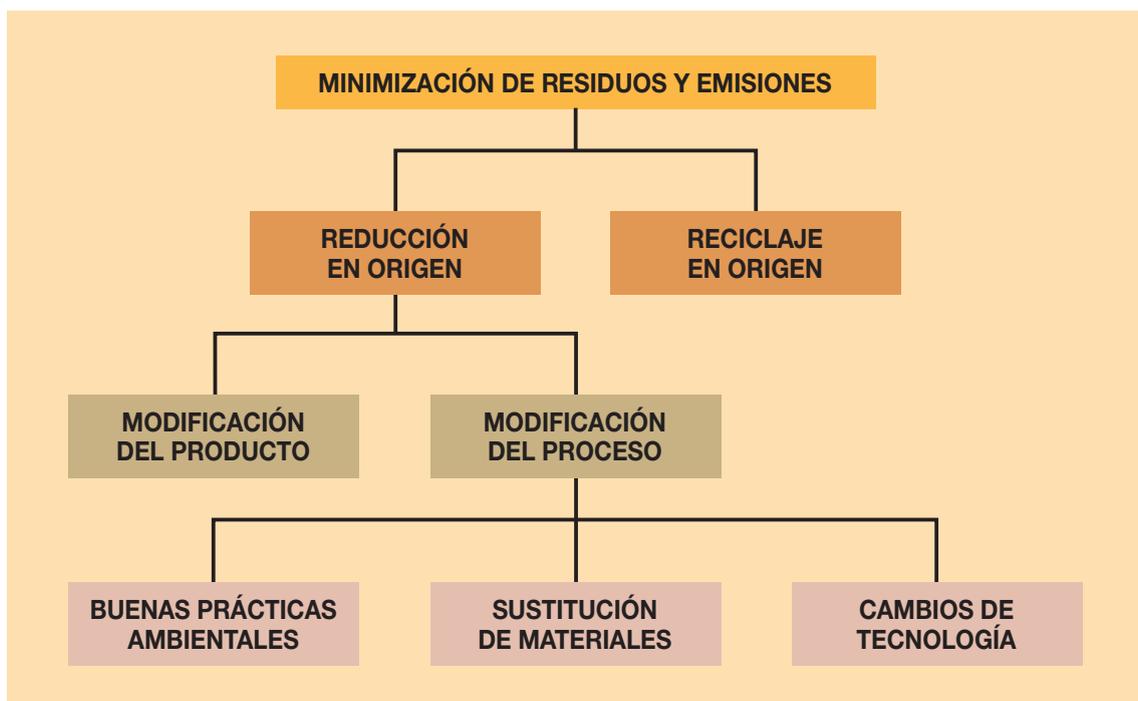
6. MINIMIZACIÓN Y ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN EN ORIGEN DE LA CONTAMINACIÓN

La prevención de la contaminación en origen significa, en primer lugar, evitar su generación. Además de las mejoras ambientales que se lleven a cabo, la implantación de una política de prevención de la contaminación se traduce en una disminución del coste de la gestión ambiental, en un diseño correcto de las instalaciones del tratamiento de las corrientes residuales, en la mejora de la imagen y en aportar un grado superior de protección de las personas y del medio ambiente.

La minimización del residuo, de las aguas residuales y de las emisiones en la atmósfera es un concepto equivalente, de hecho, al de prevención en origen de la contaminación y puede definirse como la combinación de la reducción y el reciclaje de origen.

Una política medioambiental correcta sólo tomará en consideración los tratamientos a final de línea y/o la gestión de la corriente residual cuando se hayan analizado y/o aplicado las opciones de minimización viables para la empresa.

El cuadro siguiente esquematiza el concepto de prevención en origen de la contaminación:



Una vez se hayan determinado las corrientes residuales generadas en cada uno de los procesos del sector de las artes gráficas, se analizan las oportunidades de minimización en origen de la contaminación, de tal forma que en este apartado se facilitan una serie de alternativas ambientalmente más atractivas que algunas prácticas actuales.

6.1. ALTERNATIVAS DE REDUCCIÓN EN ORIGEN

La reducción en origen consiste en evitar o disminuir corrientes residuales (o su grado de peligrosidad para el entorno) antes de que se hayan generado, por medio de la modificación del proceso de fabricación, la aplicación de buenas prácticas ambientales, la sustitución de materiales y/o productos o la utilización de tecnologías más respetuosas con el medio ambiente.

6.1.1. Rediseño de productos

El rediseño de productos es una de las opciones utilizadas para reducir la contaminación en origen. La alternativa aquí propuesta puede aplicarse para cualquier producto.

Estudio del diseño gráfico:

La etapa del diseño, la primera en el proceso de producción, es donde el diseñador, además de crear el producto que satisfaga las necesidades del cliente, tiene la posibilidad de hacerlo de forma que genere la menor cantidad de corrientes residuales o bien que éstas tengan un menor grado de peligrosidad medioambiental.

El rediseño del producto permite estudiar una serie de opciones que puedan implicar una reducción de estas corrientes residuales:

- Analizar la dimensión de la imagen para escoger la dimensión óptima de papel de forma que se reduzcan al máximo las mermas.
- Tomar consciencia del tipo de tinta que se utilizará y utilizar tintas que no contengan metales pesantes o pigmentos peligrosos.
- Considerar la posibilidad de disminuir la cantidad de tinta en el soporte.
- Utilizar papel reciclado.

Todas estas medidas deben analizarse en la etapa del diseño ya que pueden contribuir a una minimización de las corrientes residuales, objetivo principal de la prevención de la contaminación.

6.1.2. Rediseño de procesos

6.1.2.1. Sustitución de materias primas

La sustitución de materias primas es otra opción para reducir la generación de corrientes residuales. Consiste en cambiar las materias primas y/o los productos auxiliares por otros materiales menos nocivos o que puedan ser utilizados en menor cantidad, pero que conserven la misma utilidad que los primeros. En el sector de las artes gráficas como en otros sectores, en algunos casos se utilizan materias primas que generan residuos peligrosos. Hoy en día existen alternativas a algunas de estas materias primas, técnicamente viables y potencialmente menos contaminantes.

Veamos algunos ejemplos.

Cambio de disolventes de limpieza en la impresión offset:

En el proceso de limpieza de los equipos de impresión offset hay que disolver la tinta impregnada en la mantilla, en los cilindros y en todo lo que haya estado en contacto con la tinta siempre que sea necesario un cambio de color o que la tinta se haya secado, o bien cuando el resultado de la impresión no es el que se desea.

Esta limpieza se realiza mediante disolventes orgánicos derivados del petróleo. Estos disolventes están constituidos por una combinación determinada de solventes de hidrocarburos, en función de la cual el producto resultante tendrá una presión de vapor que definirá su volatilidad y, por lo tanto, el grado de contaminación atmosférica. Estos disolventes pueden estar constituidos por mezclas de tolueno, xileno, metiletilcetona, metanol y compuestos aromáticos, entre otros.

Los tipos de disolventes que se utilizarán dependen en buena parte de los equipos por limpiar, pues el limpiador de la mantilla tiene que disolver rápidamente la tinta y secarse de forma inmediata, mientras que en la limpieza de los cilindros el disolvente puede actuar más lentamente. Desde el punto de vista de la seguridad y la higiene en los trabajos también son importantes sus características de inflamabilidad y de olor.

Así pues, es necesario que los disolventes orgánicos, para realizar su función, tengan un tiempo de secado determinado con una intensidad precisa y un contenido de compuesto orgánico volátil concreto.

Una vez determinadas las características que debe tener el disolvente para desarrollar la tarea asignada, pueden investigarse disolventes alternativos menos contaminantes, de forma que la emisión de compuestos orgánicos sea menor.

Por lo tanto, para minimizar la emisión en las limpiezas, es necesario utilizar un disolvente con un bajo grado de contenido orgánico, por lo cual el solvente tiene que ser reemplazado por compuestos no volátiles o por agua. En este sentido, se han desarrollado los siguientes productos de limpieza alternativos:

1. Emulsiones en base agua: se trata de una combinación de solventes, emulsionantes y detergentes que se mezclan con agua para obtener un grado bajo de COV. También pueden contener mezclas de hidrocarburos y agua, o éteres de glicol, esteres y solventes derivados de productos cítricos y aguarrás. Los productos con base agua son adecuados para limpiar mantillas en máquinas de offset en hojas, rotativas comerciales que imprimen sobre papel satinado y prensas de periódicos. Estos limpiadores tienen poca aceptación para limpiar cilindros.

2. Soluciones de esteres vegetales: son derivados de ácidos grasos obtenidos de fuentes agrícolas, principalmente aceite de soja. En esta categoría se incluyen mezclas que contienen éteres de glicol. El grado de COV de estos productos va desde cero o alrededor de cero hasta cualquier grado deseado. Dependiendo de la cantidad de solvente volátil utilizado en la fórmula, su emisión puede disminuir ostensiblemente respecto de los limpiadores convencionales y, además, son productos más seguros porque son menos inflamables. Algunos de estos limpiadores resultan excelentes para los cilindros, ya que obtienen un buen rendimiento en la limpieza profunda cuando hay un cambio de color.

Son líquidos muy eficientes que requieren poco esfuerzo de aplicación. La forma de usarlos es diferente a la de los solventes estándares, pero muestran una eficiencia prácticamente idéntica.

Desde el punto de vista económico no puede hacerse una evaluación de su viabilidad, pues para cada empresa, y en función de los equipos por limpiar y sus características actuales, la inversión a realizar puede ser muy diferente.

En general, el uso de estos disolventes alternativos supone disminuir la cantidad de materia prima empleada, ya que se evapora menos cantidad porque es menos volátil. Con esta reducción de la emisión de compuesto orgánico a la atmósfera se contribuye a la protección del medio ambiente y de la salud del trabajador.

Uso de tintas de aceites vegetales:

Estas tintas, a diferencia de las tintas grasas convencionales, utilizan un vehículo que contiene elementos que se regeneran en la naturaleza, como los aceites de soja, linaza, etc., aunque algunas veces también contiene una fracción importante de aceites derivados del petróleo

para acelerar el secado. Dado que estas tintas se secan por absorción en el soporte, son especialmente adecuadas para la impresión de periódicos, debido al elevado poder absorbente de su papel.

La calidad de la impresión con tintas vegetales puede llegar a ser en algunos casos mejor que la que se obtiene con tintas convencionales, ya que los colores son más brillantes y claros.

En referencia a las emisiones, es importante decir que se minimizan los COV y que también se evita la exposición de los trabajadores a aceites minerales; se trata, pues, de una alternativa más respetuosa con el medio ambiente.

Las tintas vegetales se caracterizan por trabajar particularmente bien con papel reciclado, por tener mayor estabilidad y por permitir una mayor libertad en el balance agua-tinta, lo que supondrá una mayor flexibilidad en el ajuste de la prensa.

Por otra parte, los productos impresos con tinta al aceite vegetal de soja son fácilmente destintables, por lo que resultan más reciclables que los productos impresos con tintas en base petróleo.

En contrapartida, existe una menor oferta de este tipo de tintas y a un coste más elevado. El secado es considerablemente más lento, por lo cual en algunos casos se añaden ciertos porcentajes de aceites derivados de petróleo.

La limpieza de los equipos debe realizarse con mayor frecuencia que cuando se utilizan tintas en base solvente, con lo cual persiste el problema de las emisiones de COV.

Uso de tintas ultravioletas (UV):

El uso de tintas UV, a diferencia de las tintas en base disolvente, no provoca emisión de COV ya que no contienen solventes en su formulación. Son tintas especiales que polimerizan debido a la acción de una sustancia fotosensible (un fotoiniciador) que absorbe las radiaciones ultravioletas para iniciar una reacción de endurecimiento prácticamente instantáneo.

Estas tintas pueden aplicarse sobre un gran número de soportes (plástico, papel, metal y telas) y en diferentes procesos de impresión como el offset, la flexografía, la tipografía o la serigrafía.

En líneas generales, la calidad de la impresión con tintas UV es comparable a la que se obtiene con las convencionales e, incluso en caso de aplicar barniz, se obtienen mejores resultados. Con la eliminación de las emisiones de COV, la tinta UV ofrece una alternativa

que protege la salud del trabajador y el medio ambiente. La tinta UV se mantiene líquida hasta que permanece en el soporte, donde se seca y pasa al estado sólido casi inmediatamente. Este reducido tiempo de secado implica una mejora de la productividad respecto a las tintas que requieren tiempos de secado más largos. Además, la tinta se conserva líquida en el tintero, con lo cual se reduce la frecuencia de limpieza de los equipos y, consecuentemente, se minimizan las corrientes residuales producidas.

Toda la tinta suministrada queda en el papel después de su aplicación, por lo tanto el consumo de tinta es igual o menor que el de las convencionales.

En cambio, se trata de unas tintas con algún compuesto tóxico y con un coste más elevado. Además, los operarios tienen que protegerse con equipos de protección individual (EPI) de las radiaciones UV y se requiere una cierta ventilación para evitar la concentración en la sala del ozono formado durante el secado.

La viabilidad económica del cambio de tipo de tinta de impresión no puede realizarse a priori, ya que depende principalmente de la inversión necesaria y del aumento de la capacidad de impresión. La inversión es muy variable; depende del tipo de prensa y de los equipos de polimerización a instalar. El aumento de la capacidad depende, en buena parte, de la carga de trabajo que la empresa pueda alcanzar.

Uso de tintas de rayos de electrones (EB):

Las tintas EB son similares a las UV, no contienen disolventes orgánicos y ofrecen las mismas ventajas que las tintas ultravioletas. En el proceso EB hay un acelerador de electrones de alto voltaje que dirige una parte de los electrones a través del recubrimiento, de los adhesivos o de las tintas. No se necesitan fotoiniciadores porque los electrones tienen suficiente energía para iniciar directamente la reacción de solidificación. Tienen la desventaja que los operarios necesitan una protección de los rayos X generados en el curado.

Uso de tintas en base agua:

Los problemas medioambientales de las tintas líquidas en base solvente han propiciado el desarrollo de tintas en base agua (suspensiones acuosas pigmentadas) que pueden contener entre el 5% y el 15% de disolventes orgánicos. El uso de estas tintas permite reducir considerablemente las emisiones de COV a la atmósfera.

Estas tintas pueden aplicarse sobre soporte plástico, cartón ondulado o papel y en diferentes procesos de impresión, principalmente la flexografía y también el rotograbado.

Generalmente, con las tintas en base agua es más fácil conseguir un color uniforme en un tiraje que con una tinta líquida convencional. El color de una tinta depende en gran parte

de su viscosidad, que a la vez depende del contenido de disolvente. Dado que el agua se evapora mucho más lentamente que el disolvente orgánico, la viscosidad de la tinta fluctúa menos. Esta uniformidad en el color supone una reducción en las mermas debido a una tonalidad inadecuada de color.

En referencia a la limpieza de los equipos es preciso destacar que ésta es más sencilla, ya que, debido a la naturaleza de la tinta, no hace falta el uso de disolventes orgánicos. Esto supone reducir los costes en productos de limpieza y minimizar la emisión de COV, lo cual favorece la protección del medio ambiente y de la salud de los trabajadores.

La oferta de las tintas al agua es aún muy pequeña comparada con las de base solvente. En cuanto a la calidad de la impresión es preciso recordar que son tintas que proporcionan menos brillo que las otras y, además, producen una mayor abrasión y desgaste de los cilindros de transferencia de tinta de la prensa. El secado de esta tinta es más lento y requiere la aportación de energía externa. Este efecto puede compensarse disminuyendo la grosor de la película de las tintas, aumentando su intensidad e imprimiendo sobre soportes más absorbentes.

Aunque las operaciones de limpieza son más sencillas, se generan importantes volúmenes de aguas contaminadas con tintas que tienen que ser tratadas correctamente separando el contaminante antes de ser vertidas. La frecuencia de las limpiezas debe incrementarse, ya que las tintas al agua, cuando se secan, se vuelven resistentes, al contrario que las tintas en base solvente, que siempre pueden volver a disolverse, incluso cuando se han secado.

Soluciones de remojo alternativas combinadas con aditivos:

La solución de remojo se aplica para la humectación de las planchas que utilizan tintas grasas con el fin de hacerlas repelentes a la tinta en las zonas de no-impresión. Uno de los componentes más habituales de esta solución es el alcohol isopropílico (IPA), que es el que más contribuye a la emisión de COV en la impresión offset.

El papel de este alcohol en la impresión es primordial, ya que disminuye la tensión superficial de la solución de remojo proporcionando una mejor humectación de los cilindros y de la plancha de impresión, y aumenta su viscosidad estabilizando la película que se forma sobre la plancha. También mejora la relación agua-tinta proporcionando una emulsión menor y permite una mayor evaporación del agua en el sistema de entintado debido a su volatilidad.

En contrapartida, el uso del alcohol isopropílico origina una serie de inconvenientes. Como se trata de un producto que tiene una inflamabilidad alta origina problemas de seguridad en el almacenamiento y, además, teniendo en cuenta su volatilidad y naturaleza, en exposiciones prolongadas ocasiona una toxicidad para los operarios y su ambiente de trabajo.

En la actualidad, existen soluciones de remojo alternativas. Algunas de estas soluciones han sustituido el alcohol isopropílico por otros alcoholes, otros sólo han reducido su concentración hasta un 4-6% y, por último, están los que trabajan sin alcohol. Hay que tener presente, sin embargo, que esta solución alternativa tiene que reunir todas las propiedades que satisfagan los requerimientos planteados por la tecnología de impresión, de manera que se obtenga un producto de una calidad adecuada para la industria sin afectar a la economía y el rendimiento.

La aplicación de la tecnología de impresión con reducción de alcohol en la solución de remojo requiere una serie de consideraciones importantes, como:

- Utilizar unos cilindros mojadores especiales para que, al utilizar la nueva solución, los cilindros distribuyan la solución de remojo por la plancha de impresión en la cantidad adecuada y con la máxima uniformidad. De esta forma, aunque se reduzca el volumen de alcohol isopropílico, el equilibrio agua-tinta se alcanza con facilidad.
- Trabajar con una concentración determinada de alcohol requiere un sistema de medición y dosificación que sea preciso y tenga un error máximo de medición bajo.
- Medir la conductividad para evaluar la calidad y la constancia de la solución de remojo es necesario para obtener buenos resultados de impresión.
- Refrigerar la solución de remojo a una temperatura relativamente baja, de manera que la velocidad de evaporación sea menor. A título orientativo, bajar la temperatura de 27 a 16° C reduce el consumo en un 40%. Por tanto, se recomienda una temperatura para la solución de remojo de 10 a 13° C. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los equipos de refrigeración requieren un vaciado y una limpieza periódicas, cada 15 y 60 días respectivamente.
- Regular la temperatura del grupo entintador permite mantener las condiciones de tiraje constantes; no obstante, esta regulación no es imprescindible en todos los casos.
- Mantener una buena calidad del agua adquiere una mayor importancia que en el offset convencional, ya que si la cantidad de agua es excesiva o el agua es insuficientemente dura repercute directamente en el resultado final.

Para reducir el contenido de IPA de la solución de remojo, además de las consideraciones anteriores, es preciso utilizar el aditivo adecuado. El aditivo tiene que disponer de propiedades humectantes, contrarrestar la propagación de microorganismos y mantener constante el pH, así como las propiedades químicas de la solución de remojo. Saber cuál es el aditivo

adecuado para una imprenta es una tarea que tiene que establecerse caso por caso. Las distintas combinaciones probadas en diferentes imprentas demuestran que no siempre los resultados de una pueden trasladarse a otra; es decir, no hay aditivos universales.

Mediante la eliminación o la reducción de la concentración de alcohol isopropílico puede lograrse un ahorro en el coste de la solución de remojo e incluso un ahorro de tinta, pero requiere la conversión de la prensa para trabajar en estas condiciones. La inversión para realizar esta conversión es muy variable, por lo cual no puede hacerse una evaluación genérica de su viabilidad económica.

Uso de colas de pegar en base agua o con menos disolventes:

La emisión de vapores de disolventes puede evitarse utilizando colas de pegar en base acuosa. En caso de que no sea posible, también pueden sustituirse por otras colas que tengan un contenido de disolvente inferior, como las colas de dos componentes y las colas de aplicación térmica, conocidas como *hotmelt*.

6.1.2.2. Tecnologías o procesos más respetuosos con el medio ambiente

El cambio de tecnologías o procesos es otra de las alternativas utilizadas para reducir en origen la generación de corrientes residuales. En general, estas modificaciones pueden abarcar desde pequeños cambios que pueden implantarse en pocos días con un coste pequeño, hasta la sustitución de procesos que supongan un coste elevado, como cambios de equipos, secuencias de producción, automatización, etc. Veamos algunos ejemplos.

Programa para la recepción y control de las tareas recibidas en soporte informático:

Este sistema permite asegurar la buena calidad de la imagen antes de que ésta llegue a la sección de preimpresión, disminuyendo así el número de errores en etapas posteriores. Esta disminución supone una minimización de las mermas en la producción.

Consiste en instalar una aplicación de software que revisa los documentos recibidos por parte de los clientes y que es capaz de detectar más de 150 problemas potenciales en los ficheros, de forma sencilla y automática. En líneas generales, lo que hace la aplicación es revisar los documentos (creados con QuarkXPress, PageMaker, Multi-Ad, Illustrator, Photoshop, FreeHand y PDF), verificar todos sus elementos, como colores, fuentes e imágenes, y asegurar que son válidos.

Después de la verificación, emite un informe con los problemas que han surgido, de manera que este procedimiento asegura la adecuación de la información recibida para asegurar el posterior proceso productivo. La inversión para la adopción de un software tiene un coste aproximado de entre 500 y 600 euros. Por lo tanto, si tenemos en cuenta que puede llegar a ahorrar tiempo, su viabilidad económica parece casi inmediata.

Instalación de un sistema *computer-to-film* (CTF) y *computer-to-plate* (CTP):

De los dos sistemas se desarrolla el *computer-to-plate* (CTP) porque lleva consigo una minimización mayor de las corrientes residuales, ya que con el primero se obtiene la película a partir del ordenador y, con el segundo, también para medios informáticos, directamente la plancha de impresión.

El sistema CTP se está instalando ya de forma generalizada en las empresas de artes gráficas de una cierta dimensión y conlleva, entre otras, las ventajas medioambientales siguientes:

- Supresión o importante disminución del consumo de película y de todos los productos químicos asociados a su procesamiento, así como de las corrientes residuales generadas.
- Supresión o disminución del uso de productos químicos asociados al procesamiento de las planchas. Aunque no está cuantificado, se han detectado en las empresas mayores efectividades en el consumo de productos químicos para el procesamiento de las planchas. En caso extremo, y además del propio sistema CTP, puede adoptarse también un sistema térmico para la fabricación de las planchas. Si es así, se eliminaría totalmente el consumo de productos químicos relacionados con el procesamiento.
- Disminución notable de las necesidades de repeticiones de planchas y, por lo tanto, de la cantidad de residuos generados por esta causa; se calcula, en función de la experiencia de algunas empresas, que pueden disminuirse las repeticiones de planchas hasta un 40% debido a errores en la forma de realizarlas (procesos de insolación, etc.) y hasta un 25% debido a errores en el contenido (motivos, textos, etc.).
- Supresión de errores en las operaciones manuales tradicionales de montaje, en el pase a la plancha, por el hecho de pasar directamente de material digital ya impuesto a la plancha de imposición.

La instalación de un sistema CTP implica un cambio importante en la empresa, tanto a nivel de instalaciones como en la formación de lugares de trabajo. No obstante, hay que tener en cuenta que la instalación del sistema CTP no permite su abandono total, pues este factor no depende estrictamente de la empresa. Depende en gran medida de la posibilidad de los clientes de dar las tareas en soporte informático.

Tal como se aprecia en el ejemplo desarrollado en el último capítulo, la viabilidad económica de la instalación de un sistema CTP depende en buena parte de la disponibilidad de volúmenes de trabajo muy importantes.

Uso de sistemas de impresión offset sin agua:

Se trata de un proceso en fase de desarrollo aplicable al sistema de impresión offset que elimina el sistema de humectación o solución de remojo. El sistema requiere:

- el uso de una plancha de impresión cubierta con silicona, que sustituye el medio acuoso. Bajo la capa de silicona existe un fotopolímero especial receptivo a las tintas.
- la necesidad de reformulación de las tintas, debido a que el agua no está presente, la temperatura del sistema se eleva y las propiedades reológicas de las tintas se alteran.
- el rediseño de las prensas, eliminando el sistema de humectación y añadiendo un sistema de control de temperatura.

Los beneficios ambientales que se obtienen con la implantación de esta alternativa consisten, por una parte, en la eliminación de la solución de remojo con todos los productos que la integran (ácidos, bactericidas, fungicidas, IPA, etc) y, por lo tanto, de la corriente residual generada por su agotamiento, y, por otra parte, en la eliminación de las emisiones de COV.

La ausencia de agua en este sistema propicia una minimización de las maculaduras originadas en la obtención del balance agua-tinta en sistemas convencionales. También genera un color más brillante y consistente, y que se mantiene estable durante todo el tiraje. Además, el inicio de la impresión es más rápido y, por lo tanto, se reduce el tiempo de preparación del proceso industrial.

Minimización del consumo de la solución de remojo en las máquinas offset:

Generalmente, la solución de remojo utilizada durante el proceso de impresión offset va recirculando hasta que llega a un nivel de deterioro que hace falta cambiarla, pues perjudica visiblemente la calidad del impreso.

El motivo del deterioro de la solución de remojo es la contaminación por los restos de papel y tinta que se depositan en ella en el transcurso de la impresión, los cuales modifican los niveles de conductividad hasta hacer necesario su cambio.

Actualmente existen unos filtros especialmente diseñados para mejorar el tratamiento de la solución, que si se utilizan evitan el cambio frecuente de la solución de remojo, de forma que alargan su vida útil y minimizan la cantidad de residuo líquido generado. Con este filtraje se consigue una disminución de las incrustaciones en la maquinaria y, por tanto, una reducción del mantenimiento relacionado con la limpieza de los tanques y conductos afines. El correcto filtraje de la solución de remojo también mejora la estabilidad de la conductividad, elimina la formación de manchas y reduce el engrase de la plancha de impresión.

Para disfrutar de estas ventajas, hay que acompañar la implantación de los filtros con ciertas condiciones de trabajo. Una temperatura adecuada de la solución y un cambio periódico que permita unas óptimas condiciones de trabajo pueden suponer un ahorro de un 50% del volumen de solución de remojo empleado y, por lo tanto, idéntica reducción de la cantidad de tratamiento de aguas residuales. La instalación de este sistema de filtraje es muy recomendable y se trata simplemente de un filtro de cartucho que se pone en el aparato de refrigeración en la entrada de la solución recirculada.

El coste de este filtro está alrededor de los 700 euros y tiene una durabilidad de entre uno y dos meses. Por lo tanto, el coste anual puede ser de unos 8.400 euros. El período de retorno depende de la cantidad de solución utilizada. Con la reducción de consumo de solución alcanzada puede ahorrarse un 50% del coste anual de consumo de la solución y, consecuentemente, un 50% del coste de tratamiento de la solución residual.

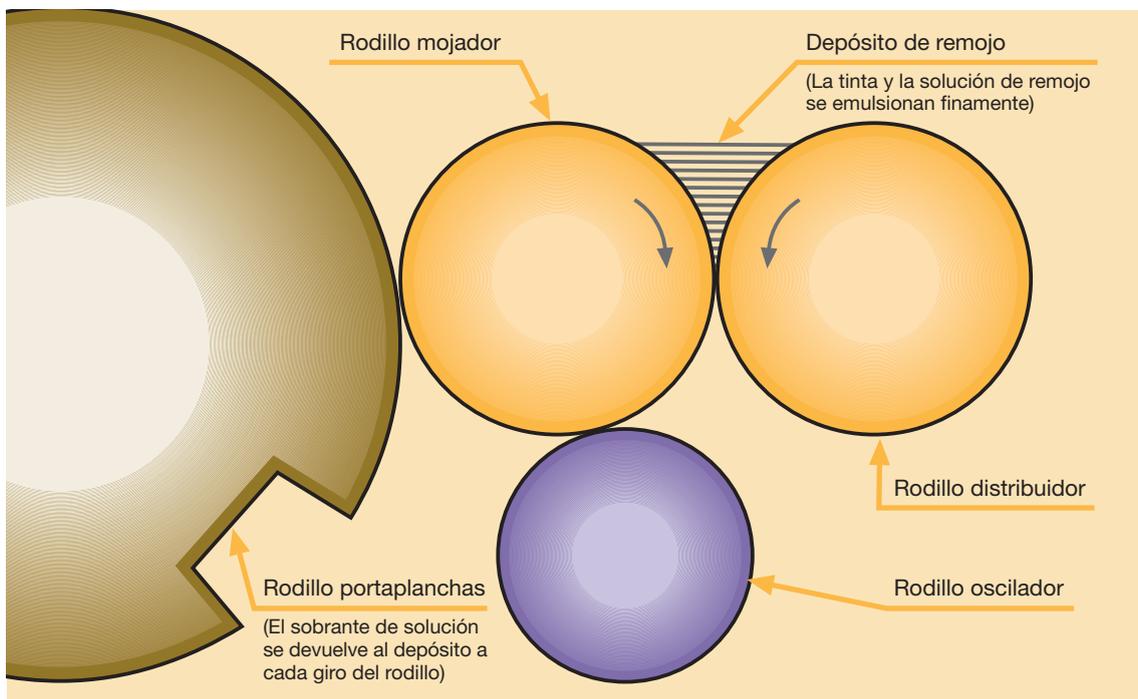
Eliminación del alcohol isopropílico en la solución de remojo:

Existen en el mercado algunas tecnologías que contribuyen a conseguir las propiedades necesarias para la impresión offset sin alcohol, como las que se describen a continuación:

- **Sistema de remojo de nueva generación:** mediante un sistema de remojo automático de la solución se consigue que se mantenga constantemente una fina película de agua sobre la superficie de la plancha.

Esta fina película, necesaria para disfrutar de una calidad constante durante la impresión, se obtiene a través de la presión ejercida entre dos rodillos (mojador y distribuidor), que son, a la vez, lipófilos e hidrófilos. Entre ellos crean una emulsión agua-tinta que se distribuye del rodillo mojador a la superficie de la plancha, donde su capacidad natural de seleccionar determina que se tome agua o tinta. El propio rodillo mojador recoge el sobrante, y lo devuelve al depósito de remojo formado en la línea de contacto entre el rodillo mojador y el distribuidor.

Un rodillo oscilador se encarga de ajustar la distribución agua-tinta y sólo hay que regular la unidad de entintado en función de la imagen. Los rodillos tienen unas características de dureza y acabado determinados de tal forma que permite asegurar de forma precisa, uniforme y constante la presencia de emulsión agua-tinta sobre la plancha.



Esquema sistema de remojo automático

El uso de estos sistemas de remojo está ampliamente contrastado, pero es necesario que esta instalación esté complementada con una solución en ciertas condiciones de temperatura, conductividad y aditivos adecuados.

Así, mediante este sistema de remojo se consigue un ahorro con un mínimo consumo de tinta y agua, la eliminación del alcohol isopropílico y la disminución de las maculaduras en el arranque. El precio del sistema de remojo varía entre 3.000 y 20.000 euros por color y depende del tipo de prensa. La inversión para realizar esta conversión es muy variable, por lo que no puede hacerse una evaluación genérica de viabilidad económica.

- **Oxigenación del agua:** la técnica consiste en la inyección de oxígeno en la solución de remojo, con el objetivo de que el agua llegue en unas condiciones adecuadas de absorción de O_2 en la plancha para que provoquen, por una parte, una tensión de interficie agua-tinta igual o inferior a agua-alcohol y, por la otra, una película suficientemente fina como para que no sea causa de una emulsión excesiva. Mediante esta inyección de oxígeno, se elimina el alcohol isopropílico de la solución de remojo, pero es necesario añadir otro aditivo específico homologado por el Instituto Fogra que no contiene ningún alcohol primario o secundario y que sirve para mantener los valores de pH ajustados. De esta forma, se consigue una solución de remojo con mejor uniformidad en la extensión de la tinta sobre la plancha así como una película más fina y homogénea. Además, esta tecnología consigue una mejor transferencia y secado de la tinta.

Por otra parte, esta técnica permite obtener unos colores más vivos en el soporte impreso, un ahorro de tinta de hasta un 14% y una calidad de impresión superior a la obtenida con la solución de remojo con presencia de alcohol isopropílico.

Un equipo capaz de proveer a los rodillos esta solución de remojo a una prensa de 4-6 colores y sin equipo de refrigeración tiene un coste de unos 12.000 euros. El ahorro alcanzado depende, en cada caso, del coste de los aditivos nuevos y de la cantidad de tinta utilizada con la nueva solución.

Instalaciones de medición de color:

Aunque a menudo el control del color a lo largo del tiraje se realiza de forma puramente visual, es muy importante poder objetivar, mediante aparatos, las lecturas del color de forma que se asegure que éste es realmente el correcto. Además, hay que tener presente que utilizar aparatos para su medición permite detectar variaciones de color a lo largo del tiraje antes de que los pueda percibir el ojo humano, por lo que se generan menos mermas que cuando la medición se realiza visualmente. Para la realización de estas mediciones pueden utilizarse densitómetros, colorímetros o espectrodensitómetros.

Mientras que el densitómetro mide la cantidad de luz reflejada por una imagen y el control de color se realiza por comparación con las tiras de control de color, el colorímetro es un instrumento para medir e identificar el color de forma absoluta, y no relativa, por reflexión sobre el original. Finalmente, el espectrodensitómetro se caracteriza por medir la densidad, el porcentaje de punto sobre tintas especiales y el contraste relativo de impresión.

Para realizar las mediciones de color de forma correcta y para que sean estándares, éstas deben hacerse con una temperatura de luz de 5.000° K. Para realizar estas lecturas, pueden utilizarse mesas o cabinas de luz estandarizadas que disponen de este tipo de iluminación, de forma que cuando hay que comprobar el color, realizar alguna lectura, etc., se lleva el impreso a la mesa y se realiza la operación.

El coste de estos aparatos es, aproximadamente, el siguiente:

Densitómetro:	500 euros
Colorímetro:	275 euros
Espectrodensitómetro:	450 euros

La viabilidad económica de estos aparatos sólo puede calcularse a posteriori, ya que los ahorros que se alcanzan para cada empresa son muy diferentes.

Optimización de la adición automática de disolventes en las máquinas de impresión para rotograbados y flexografía:

Las máquinas de flexografía y de rotograbados trabajan con tintas líquidas, algunas veces con un porcentaje muy importante de solventes. A menudo los tinteros y las bandejas dadoras de tinta de las máquinas están abiertos y permiten la evaporación de los solventes de las tintas, hasta el punto de ser excesivamente viscosas. Es preciso recordar que la variación de viscosidad supone la variación de la tonalidad en el producto final.

Este hecho provoca la necesidad de ir ajustando los índices de viscosidad de las tintas a lo largo del proceso de impresión, operación que a menudo se realiza de forma manual, vertiendo el solvente en los tinteros de las máquinas de impresión, abiertos durante el proceso de impresión. En este punto existe la opción de instalar sistemas de adición automática de los solventes en los tinteros, de forma que se mantenga el grado de viscosidad y se minimice la superficie de solvente en contacto con el aire y, por lo tanto, la evaporación.

De forma general, estos sistemas están compuestos por una bomba que coge el solvente de un depósito y lo impulsa hacia el tintero, un sistema de control con un contador que permite conocer y regular el caudal de solvente que se va añadiendo y una electroválvula que abre o cierra el paso del solvente al tintero.

Dentro de esta descripción general del sistema, hay dos opciones. Por una parte, existe el sistema simple, que podría asimilarse por funcionamiento a un gota a gota y que consiste en ir añadiendo solvente a un ritmo determinado regulable a un caudal constante determinado. Por la otra, existe el sistema en el que los mecanismos de control llevan, además, un viscosímetro que permite medir la viscosidad de la tinta y, en función del valor de este parámetro, añadir la cantidad de solvente necesaria.

Mediante este control se consigue una disminución del consumo de tinta, ya que mientras que la adición automática mantiene una viscosidad constante y por tanto la tonalidad de color deseada, las comprobaciones visuales obtienen el resultado de la tonalidad de color cuando el impreso ya ha realizado todo el recorrido. Esto significa que el maquinista, para evitar mermas por impresos de tonalidad por debajo del estándar de calidad, procura siempre dar una tonalidad por exceso.

Otro parámetro que es necesario controlar es la temperatura de las tintas. Como consecuencia del calor generado por la impresora y por el propio proceso de impresión, la temperatura de la tinta se incrementa. Este aumento obliga al impresor a añadir solventes con mayor frecuencia en mayor cantidad, con lo cual se hace más difícil controlar la viscosidad. Para evitar este efecto indeseable es posible la instalación de un enfriador de tinta.

Así pues, los controles de viscosidad y temperatura de las tintas de impresión suponen una mejora de la calidad del impreso ya que garantiza unas tonalidades exactas durante la impresión, con lo cual se reducen, por una parte, los residuos generados por impresiones defectuosas y, por otra, el consumo de disolventes y las emisiones de COV debido a la disminución de la evaporación. Se trata de una instalación muy sencilla que obtiene buenos resultados. Su viabilidad económica se expone en el capítulo siguiente.

Instalación de tinteros de cámara cerrada en las máquinas de flexografía:

En el mercado existen tinteros de cámara cerrada para las máquinas de flexografía que conllevan beneficios no sólo a nivel de disminución de las evaporaciones sino sobre todo a nivel de mejoras en la calidad de los impresos y en la productividad de las máquinas de impresión.

En líneas generales, un tintero de este tipo se compone de dos cámaras, una de suministro y otra de salida de la tinta, puestas directamente sobre el cilindro anilox. Durante su funcionamiento, la tinta se suministra a baja presión y de forma controlada sobre el cilindro y, por la presión de la cámara de suministro, se ve forzada a penetrar en las celdas, mientras los sobrantes son retirados hacia la cámara de salida.

Las ventajas de este sistema son muchas. En primer lugar, la disminución de las evaporaciones supone un ambiente más adecuado para los trabajadores y una disminución de la contaminación atmosférica. En segundo lugar, aporta una transferencia uniforme de tinta en todo lo ancho de la impresión (también durante los cambios de velocidad) y un gramaje de color igual y de mayor nivel. Igualmente, y debido a la transferencia reducida y controlada de la tinta, pueden obtenerse tiempos de secado más cortos, lo que implica un aumento en la velocidad de impresión y, por lo tanto, en la productividad. Gracias a su estabilidad, el sistema permite una presión suave y muy ligera en los puntos de contacto entre el rodillo portaplanchas, el rodillo de impresión y el cilindro anilox. Así, no sólo se obtiene una reducción del rebote causado por las celdas que no imprimen, sino que además hay unas planchas de impresión que dan unas áreas claras más limpias y una menor acumulación de tinta en las celdas.

Existe en combinación con el mismo un sistema muy rápido de lavado de todo el sistema de impresión con el que se reducen sustancialmente los tiempos de cambio de trabajo. Aunque pueden alcanzarse unos aumentos de producción de hasta un 9%, su viabilidad económica depende en gran parte de la inversión necesaria para conseguir el cambio. Como que se trata de un sistema que requiere realizar importantes modificaciones en las máquinas existentes, el nivel de inversión puede ser muy considerable y variable en función del tipo de prensa. Por lo tanto, conviene realizar la implantación de este sistema en máquinas grandes de cuatro o seis colores y con volúmenes de trabajo importantes.

Sistema *Dispensing* de dosificación de tintas:

En las empresas de artes gráficas, las operaciones manuales a la hora de suministrar tintas a las prensas o bien de realizar mezclas para obtener el color deseado son una práctica habitual. Estas operaciones son una fuente de errores, derrames, exceso de limpiezas y emisiones de disolventes importantes. Actualmente existe la posibilidad de incorporar un sistema automatizado de dosificación de tintas de forma que puede disponerse de la cantidad y color de tinta que se desee siempre que los depósitos madre contengan el volumen suficiente y las tintas básicas.

La automatización del sistema de formulación de tintas requiere un programa de control y formulación de color, unos depósitos madre con los componentes necesarios y un sistema adecuado de suministro de los componentes de forma que se obtenga la fórmula de color con la precisión requerida. Este sistema, conocido como sistema de *Dispensing*, puede instalarse tanto en la impresión offset como en la flexografía, rotograbado o serigrafía, pero para rentabilizarlo se necesita un elevado consumo de tintas.

El *Dispensing*, además de su operatividad, ofrece la posibilidad de reducir la cantidad de residuos de tintas que tienen su origen en errores humanos en la pesada o en fugas por accidentes en los transvases. También implica una reducción importante en las dimensiones del almacén ya que los depósitos de tintas son de 500 litros o más, en lugar de 25, 10 o más pequeños, que es la capacidad de los envases habitualmente utilizados, y además no hace falta disponer de un depósito por color ya que los colores se obtienen a partir de combinaciones entre los almacenados. Mientras que en el sistema convencional se generan un gran número de envases vacíos con restos de tintas, con el *Dispensing* además de que los envases son mayores, generalmente el fabricante de las tintas se los lleva y los reutiliza.

Finalmente, resaltar dos grandes ventajas del sistema *Dispensing*. La primera es que pueden evitarse las emisiones de COV durante la preparación, ya que el sistema de suministro es hermético. La segunda es que el sistema es capaz de reformular tintas a partir de sobrantes, con lo cual éstas se recuperan. Tal y como se aprecia en el ejemplo desarrollado en el último capítulo, la viabilidad económica de la instalación de un sistema de *Dispensing* de tintas depende en buena parte del ahorro de tintas que se alcance.

Sistemas de limpieza de utensilios con restos de tinta:

Durante las distintas fases de manipulación de las tintas de los diferentes procesos de producción de las artes gráficas, tanto la máquina como los utensilios utilizados para suministrar la tinta quedan sucios y necesitan ser limpiados.

Para realizar la limpieza, y en función de la tinta usada, se utiliza un disolvente de determinadas características. Este líquido tiene que poseer la calidad de disolver la tinta impregnada en el objeto a limpiar.

Una vez determinado el disolvente, hay que definir la forma de hacer la limpieza, ya que aunque hay partes que forzosamente deben limpiarse in situ manualmente, existen otras no fijas que pueden ponerse en lavadoras diseñadas específicamente para este uso. Veamos algunos ejemplos:

- Por ejemplo, puede minimizarse el volumen de envases de tinta a gestionar como residuo limpiándolos. De esta forma se evita la problemática de tener que gestionar los botes sucios, que pueden reutilizarse o, incluso, puede favorecerse su valorización como chatarra y plástico.

Este dispositivo es una máquina proyectada específicamente para limpiar botes de tinta, de manipulación totalmente manual y unitaria. Consta de dos elementos de cierre hermético, normalizado, que admiten el bote que hay que limpiar con una inclinación de 45°.

Una vez introducido el bote en el receptáculo, con un aclarado y un frotado con un cepillo se lava en pocos segundos utilizando el solvente del mismo depósito de la lavadora, lo cual permite realizar un aclarado posterior en un segundo proceso.

Se trata de un equipo totalmente independiente y de funcionamiento muy simple, por lo tanto su instalación no supone ningún problema. Está especialmente diseñado para envases pequeños y tiene un coste aproximado que oscila entre 6.000 y 9.000 euros.

La viabilidad económica de la instalación de un equipo de limpieza de envases debe que estudiarse para cada caso, ya que ésta está en función de la cantidad de envases disponibles, de las disponibilidades de cada empresa en personal y tiempo para realizar esta limpieza y de los ahorros generados con su gestión posterior.

Es preciso tener presente que, dependiendo del tiempo dedicado por parte del personal a la limpieza, la rapidez para limpiar el envase antes de que la tinta se seque o la calidad de la limpieza conseguida, pueden alcanzarse unos niveles adecuados de limpieza para que la empresa pueda valorizar los envases sin problemas. Si el nivel de limpieza es insuficiente su gestión sólo supondrá una reducción del coste.

- Otro ejemplo es la limpieza de las rasquetas de manipulación de tintas grasas en offset. La función de estas rasquetas es la de coger la tinta, mezclarla, ponerla en los tinteros, etc. Normalmente, se dispone de una rasqueta para cada uno de los colores con los que se está trabajando y, sobre todo en las empresas que trabajan con muchos colores especiales, la necesidad de limpiar estas rasquetas resulta bastante importante.

La limpieza de las rasquetas se realiza frotándolas con trapos que se mojan con solvente, con lo cual se genera una cantidad importante de trapos sucios. Con el objetivo de minimizar esta corriente existe la opción de instalar un pequeño aparato de limpieza de rasquetas. Estos aparatos funcionan con unos cepillos que frotan las rasquetas y con un solvente que va recirculando en sucesivas limpiezas, de forma que la cantidad de residuo generada en su utilización es muy pequeña. La instalación de este pequeño aparato es muy simple y no conlleva ningún problema de funcionamiento. Su viabilidad económica se desarrolla en el capítulo siguiente.

- También existen túneles de lavado o cámaras automáticas de lavado en las que se introducen, de forma manual, tinteros y otras partes de las máquinas de impresión, que quedan dispuestas sobre unas guías que permiten el movimiento de la pieza para que el lavado sea más eficiente. Una vez en el interior, las piezas se limpian mediante la polvorización de un disolvente apropiado para disolver la tinta impregnada hasta que quedan limpias. Al mismo tiempo, el túnel de lavado contiene en su parte superior un sistema recuperador de gases y una torre de refrigeración en la que se condensan los vapores generados durante el lavado. El disolvente sucio se conduce directamente hacia el destilador, donde será recuperado para ser nuevamente utilizado para la limpieza.

La limpieza de los diferentes materiales en las lavadoras automáticas no sólo minimiza el consumo de disolventes orgánicos, debido a su recuperación posterior, sino que además se minimiza la concentración de COV en el atmósfera ya que el lavado se realiza en cámaras cerradas.

6.1.2.3. Buenas prácticas ambientales

Además de las alternativas de reducción de corrientes residuales propuestas en este capítulo hay igualmente todo un conjunto de hábitos personales y colectivos que hacen que la actuación de cada una de las personas que conforman una organización permita realizar una gestión ambiental correcta que minimice el impacto ambiental de nuestra actividad industrial. La implantación de buenas prácticas ambientales conlleva una serie de beneficios como son un ahorro económico por la racionalización en el uso de ciertos recursos (agua, reducción de materias primas, etc.) y la minimización de la generación de corrientes residuales. En la mayoría de los casos, las buenas prácticas pueden llevarse a cabo con un coste muy bajo y, por tanto, con un retorno rápido de la inversión. Veamos algunos ejemplos.

Buenas prácticas ambientales en el proceso de preimpresión:

En los procesos de revelado manual de películas, la vida útil de los productos químicos utilizados depende, principalmente, del nivel de utilización y del tiempo de exposición directa al aire (oxidación del revelador). Para reducir el contacto con el aire, puede ponerse una tapa flotante de plástico del tamaño de las dimensiones internas de la cubeta con revelador. De esta forma, puede conseguirse un aumento de la vida útil del revelador de hasta un 50%.

Control de la calidad de los procesos de producción para minimizar las mermas de impresión:

La minimización de las mermas generadas en todo el proceso de producción puede llegar a representar un ahorro importante. Este ahorro puede alcanzarse de tres maneras:

- Minimización de la cantidad de materias primas utilizadas.
- Minimización de la cantidad de corrientes residuales generadas y, por lo tanto, de la necesidad de su tratamiento posterior.
- Mejora en el rendimiento de las máquinas de impresión.

De hecho, aunque las mermas no son una de las corrientes residuales más conflictivas de la producción desde el punto de vista del riesgo de contaminación, sí que es una de las que más gastos conlleva para la empresa (no tanto si consideramos los costes de su gestión, como si tenemos en cuenta las pérdidas en tiempo productivo, los costes de los errores, etc.).

En este sentido, se proponen diversas soluciones, todas estrechamente relacionadas con el control de la producción y de la calidad del proceso, pues, en el fondo, y con relación a estos residuos, su minimización conlleva necesariamente una mejora en los procesos de producción. Veamos algunos ejemplos.

Escalas de control en la preparación de planchas offset:

Las escalas de control se utilizan para verificar la calidad de la plancha y así detectar la presencia de defectos o que no se han preparado correctamente. En este sentido, y como que en el mundo de las artes gráficas a menudo se trabaja de forma artesana, estas planchas únicamente se preparan de acuerdo con la experiencia, sin realizar mediciones de control objetivas que permitan asegurar su calidad. La verificación que la preparación de las planchas es correcta puede efectuarse mediante la realización periódica de mediciones con las escalas UGRA y KKS.

La escala de control UGRA se utiliza para el control del punto de la plancha, aspecto que va íntimamente ligado al control de su correcta exposición. Igualmente, permite obtener la pérdida porcentual de punto partida durante el proceso de insolación y asegurar un nivel específico de afinado de la plancha. Esta escala es una película con distintas imágenes de control (escala de tonos continuos, imágenes de microlíneas, etc.). Normalmente, se coloca la escala sobre la plancha y van realizándose diferentes exposiciones hasta llegar al nivel de insolación que se considera correcto. Aunque a menudo puede parecer que es sencillo determinar este nivel, en la práctica habitual pueden surgir problemas derivados del tipo de plancha con el que se trabaja, así como del estado de mantenimiento de la lámpara de insolación.

Por otra parte, la escala KKS permite conocer si el nivel de vacío conseguido en el marco de la insoladora es correcto. En este caso, la escala dispone de tres puntos de una cierta grosor rodeados por una escala de medición. Normalmente se coloca bajo la plancha durante la insolación y, en función de la intensidad del vacío creado en el marco de la insoladora, la escala se muestra más o menos quemada.

Gracias a estos controles disminuyen las mermas producidas por planchas defectuosas y se evita el comienzo de la impresión con planchas que no tengan la calidad deseada. Es necesario proteger estas tiras y tratarlas con muchas delicadeza e ir cambiándolas a medida que se hagan viejas. El coste es de unos 100 € por cada tira de KKS y unos 175 € por las UGRA. Teniendo en cuenta el ahorro de tiempo y las mermas de producción que puede suponer, su viabilidad económica está asegurada.

Iluminación de la zona de preparación de planchas offset y de pantallas de serigrafía:

A menudo, tanto para preparar las planchas offset como sobre todo para preparar las pantallas de serigrafía, se utilizan emulsiones fotosensibles que se endurecen cuando la luz incide sobre ellas. En este sentido, es importante iluminar estas zonas con luz amarilla, de forma que, aunque ésta incida sobre las emulsiones, no provoque endurecimientos innecesarios.

Hay que tener presente que, si la luz blanca o azul incide sobre las emulsiones una vez aplicadas, pueden producirse endurecimientos innecesarios, lo cual hace necesario que se realicen correcciones o repeticiones de las planchas y pantallas o, incluso, si el control de calidad de las planchas antes de pasar a la sección de impresión no se realiza con suficiente cuidado, obliga a parar el tiraje para poder realizar las correcciones o repeticiones correspondientes.

Lógicamente, en el momento en que se da este supuesto, existe pérdida de materiales y de tiempo productivo, lo cual debe evitarse.

Mejora de las cartas Pantone y de las tiras de control de color:

Las muestras de referencia de color se utilizan en muchas empresas para poder ajustar o comprobar que el color impreso es el adecuado. La comprobación se realiza por comparación, sea puramente visual o bien mediante algún aparato específico para la medición del color. Las cartas Pantone, que pueden considerarse como un catálogo que contiene todos los colores especiales, se utilizan para hacer las comprobaciones de color y suponen una referencia para poder ajustarlo al inicio del tiraje. Es decir, cuando se inicia el tiraje va ajustándose el color por comprobación con el color de la carta hasta que se consigue igualarlo, momento en el que se inicia el tiraje. A partir de este momento, el ajuste de color a lo largo de la impresión se realiza por comparación con la primera hoja, que será la hoja de referencia.

Así, pues, hay que mantener la guía en perfecto estado ya que si el color no es el adecuado, la primera hoja, que actúa como hoja de referencia, no tendrá el color correcto, hecho que supondría la generación de mermas no deseadas.

Las tiras de control de color, de forma similar, se utilizan para ir comprobando y ajustando, si es preciso, el color de los impresos a lo largo del tiraje. Así pues, estas tiras también deben mantenerse en buen estado, ya que se degradan a causa de su utilización y de la incidencia de la luz ambiental. Evidentemente, cuando las muestras de referencia de color están dañadas tienen que cambiarse por unas nuevas. Esto sucede con una cierta periodicidad.

El coste de las guías Pantone es aproximadamente de 120 € y su duración recomendable de dos años. Por su parte, las tiras de control de color tienen un coste aproximado de 200 € y seis meses de duración.

Finalmente, hay que añadir que todas las herramientas que puedan suponer un ahorro de mermas en producción y, por lo tanto, de tiempo en repeticiones, pueden conllevar un ahorro económico.

Medición de la conductividad de la solución de remojo en la impresión offset:

En el proceso de impresión offset, uno de los puntos delicados es la solución de remojo, pues de su buen estado y de su efectividad dependerá en gran parte la calidad final del impreso. Con el fin de poder controlar el estado de la solución a lo largo de un tiraje, y dejando de lado que pueda realizarse un control visual que permita detectar en un momento determinado una disminución de su calidad, es necesario poder disponer de un conductímetro y así poder hacer mediciones periódicas de su conductividad.

Esta medición ayuda a evaluar la calidad y la constancia de la solución de remojo. Por ejemplo, si la conductividad aumenta puede significar que el grado de suciedad es alto y que las propiedades fisicoquímicas se han modificado por contener otras sustancias. Así, si su variación es superior a 600 mW es conveniente hacer el cambio de solución o su regeneración, pues las malas condiciones de la solución afectan a la calidad del impreso.

La instalación de este aparato puede evitar mermas no deseadas derivadas de una mala calidad de la solución de remojo. El coste de este aparato puede estar alrededor de los 600 €, además también permite medir la temperatura de la solución y su pH. La viabilidad económica de la instalación de este aparato sólo puede calcularse a posteriori, ya que los ahorros que alcanza cada empresa son muy variables.

Acondicionamiento del soporte previa impresión:

Generalmente, el soporte de impresión se mantiene en los almacenes hasta la hora de ser utilizado, momento en que pasa a la zona de impresión. Normalmente existe una diferencia de humedad y temperatura entre la zona almacén y la de impresión. Esta circunstancia puede provocar fácilmente movimientos del soporte (básicamente papeles, cartones y similares) del tipo contracción-dilatación durante la impresión, de forma que habrá movimientos del registro y, por lo tanto, se generará un producto erróneo que habrá que retirar.

Este tipo de mermas son evitables si, antes de la impresión, se permite una aclimatación del soporte en cuanto a parámetros de temperatura y humedad.

En este sentido, es importante tener en cuenta un par de aspectos:

- Por una parte, si se mantiene el soporte embalado en todo momento en el almacén y sólo se desembala en el momento previo a la impresión, el embalaje actúa de protección del material, resguardándolo, no sólo de la temperatura y de la humedad, sino también de posibles daños por frotos, caídas, etc.
- Por otra parte, es interesante, siempre que exista la posibilidad, entrar el material a la zona de impresión un tiempo antes de su utilización, de forma que éste se adapte a las condiciones de temperatura y humedad de la zona, para que después no sufra movimientos a la hora de entrar a impresión. Un período de tiempo prudencial para poder eliminar las mermas generadas por esta causa suele ser de 24 o 48 horas.

Eliminación de polvo de la superficie del soporte previa impresión:

La presencia de polvo en la superficie del soporte es responsable de niveles de mermas importantes en la impresión de materiales tipo cartón, pues el polvo que lleva el soporte sobre su superficie hace que se formen tapones durante la impresión, lo que genera defectos de calidad del impreso junto con las correspondientes necesidades de repeticiones, paradas de máquina, etc.

Mediante la instalación de aspiradoras en la entrada del soporte a la máquina, que aspiran el polvo seco que se sitúa sobre su superficie puede minimizarse la generación de posibles defectos. El coste aproximado de cada máquina de impresión se encuentra alrededor de 21.000 €.

Reutilización de las máculas:

Durante el tiraje existen fases en las que se generan impresos defectuosos denominados máculas, que hay que retirar del conjunto de los impresos, formando parte, pues, de las mermas de producción.

Generalmente, las máculas suelen gestionarse directamente como residuos, sin realizarse ninguna otra operación con ellas. No obstante, en este punto hay la opción de aprovechar estas máculas generadas para el ajuste del color al inicio de tirajes posteriores. Este hecho tiene que permitir minimizar el conjunto de las mermas generadas en el tiraje, así como ajustar mejor la cantidad de soporte necesaria para cada trabajo. Hay que tener presente que este aprovechamiento será posible siempre que la hoja esté en las condiciones apropiadas (no puede estar arrugada, rota, sucia, etc.).

Mejoras en la preparación del color:

Tradicionalmente, la preparación de colores especiales se realizaba manualmente a partir de otros colores y tomando como método el que resulta más cómodo con los instrumentos de los que se dispone, o bien el que se ha aprendido en la misma empresa a partir de la práctica diaria de esta operación.

No obstante, estas preparaciones no siempre son tan precisas o seguras como convendría, lo que puede conllevar, por una parte, una mayor pérdida de tiempo tanto en la preparación como en el posterior ajuste del color al inicio del tiraje o, por otra parte, la generación de toda una serie de residuos de producción que podrían ahorrarse gracias a un mejor control de la operación.

En este sentido se recomienda una metodología de trabajo que se inicie con el uso de una balanza de precisión con el fin de disponer de las proporciones de tintas básicas para la preparación del color, de forma que las proporciones de cada tinta a añadir sean tan exactas como sea posible. Luego, sigue con la utilización de la colorimetría y la realización de pruebas planificadas durante la preparación del color, de manera que se llegue al resultado deseado en un período de tiempo más corto y con un consumo inferior de materiales. Por último, finaliza con una toma de datos colorimétricos, como las proporciones utilizadas y el método a seguir en la consecución del resultado, de manera que la próxima vez que se necesite el mismo color para el mismo cliente pueda alcanzarse el resultado más rápidamente.

Realización del test de Ishihara a las personas implicadas en la preparación y el control del color:

Para realizar una correcta evaluación del color por parte de todos los maquinistas, así como también por parte de todas las personas implicadas en la preparación del color en las empresas de artes gráficas, las personas no pueden ser daltónicas. Esto es especialmente importante en el caso de las empresas en las que la evaluación del color se hace de forma puramente visual.

Con el test de Ishihara pueden detectarse indicios de daltonismo. La prueba consiste en ver una serie de láminas con imágenes en colores. En la prueba, las personas con visión normal de colores ven todas las láminas con facilidad, mientras que aquellas con alteraciones en los colores presentan dificultades al menos en alguna de las imágenes. En este caso, habrá que actuar en consecuencia.

Planificación de los trabajos y creación de un registro de mermas:

En líneas generales, una correcta planificación de los trabajos es básica para poder conocer y ajustar las mermas así como para poder detectar factores que provoquen aumentos no esperados y, por tanto, poder reaccionar con cierta celeridad ante los mismos.

Para realizar esta planificación es importante crear un registro de las mermas generadas en el que conste la cantidad de papel perdido, la causa de esta pérdida, la persona responsable, los excesos de tintas consumidas y consecuentemente de envases, los disolventes utilizados, etc.

En general se trata de crear un registro que permita conocer en todo momento las causas de las pérdidas de material y que sirva de base para poder establecer acciones de mejora en este sentido.

Aunque ésta no es una acción que conlleve directamente una reducción de las mermas de producción sí que crea un entorno de gestión favorable.

De hecho, éste es un aspecto que ya contemplan todas las empresas que disponen de sistemas de gestión de la calidad y sistemas de gestión ambientales. Sin embargo, tiene que tratarse de documentos dinámicos sobre los cuales puedan establecerse fácilmente objetivos de mejora y que permitan que la empresa vaya avanzando en un círculo de mejora continua.

Eliminación de las paradas sistematizadas:

Este es un aspecto básico, pues cada vez que se paran las máquinas se generan toda una serie de mermas, más o menos importantes, que pasan a formar parte del conjunto de residuos. Hay que recordar que al poner en marcha de nuevo las máquinas, tienen que ajustarse de nuevo los parámetros de impresión, el color y la viscosidad de las tintas, etc.

Para poder eliminar las paradas sistematizadas y obligatorias del personal, en las empresas donde aún se hagan, hay que planificarse y organizarse para que se creen turnos, de manera que en todo momento haya alguien pendiente de la impresión, sin que haga falta pararla.

Mantenimiento de la maquinaria y limpieza de la zona de impresión:

El último punto de este resumen de opciones encaminadas a mejorar el control de producción y la calidad del proceso tiene relación con la organización interna de un programa de mantenimiento preventivo y limpieza de la zona de impresión.

Por una parte, es interesante diseñar un programa de mantenimiento de las máquinas de forma que, periódicamente, se haga una revisión y un mantenimiento de diferentes niveles. Así, se reducen una serie de mermas producidas por la urgencia de reparar la máquina en el momento en que se da el problema y no de forma preventiva.

Por otra parte, la limpieza de las zonas de impresión se convierte en un aspecto importante en la mejora de la calidad de los impresos y en la minimización de las mermas generadas. El hecho de que la zona de trabajo esté sucia puede afectar a la impresión, pues en cualquier momento el polvo depositado por el suelo y sobre los objetos puede producir defectos en la impresión, creación de tapones, etc. Por lo tanto, se considera conveniente potenciar la limpieza general de toda la zona de trabajo, de manera que una solución es que los mismos trabajadores se encarguen habitualmente de estas operaciones. Así, es mejor realizar la limpieza de los equipos o zona de trabajo durante y después de su utilización, utilizando pequeñas cantidades de productos para limpiar repetidas veces, en lugar de utilizar la totalidad del producto una sola vez. Además, la limpieza continua evita sobre todo el secado de los residuos de tintas. De esta manera, la primera limpieza puede hacerse en seco, reservando la adición de productos de limpieza para la limpieza final.

Cambios en la gestión de compras de las materias primas:

Una nueva orientación en la gestión de compras de materias primas puede contribuir a minimizar corrientes residuales. De hecho, la generación de envases vacíos en todas las empresas de artes gráficas, cuando ya se han utilizado las materias primas que contenían, llega a alcanzar un volumen considerable.

Muy a menudo, y por razones puramente prácticas, los productos que se utilizan (sobre todo tintas y solventes) suelen adquirirse en envases relativamente pequeños con relación a los consumos que la empresa tiene de estos productos, los cuales una vez vacíos tendrán que gestionarse como residuo. Este punto tiene aún mayor incidencia en el caso de las tintas, sobre todo si se utilizan colores especiales no reutilizables.

Así, mientras que el consumo de materias primas en volúmenes pequeños conlleva ciertas ventajas, como unos transvases más sencillos, la garantía de no-obsolencia de los productos o la menor pérdida de materiales en caso de que se produzca alguna fuga de un envase, también es cierto que complica notablemente la gestión de los residuos, pues se traduce en la generación de muchos envases pequeños.

En cambio, si la compra se realiza en envases grandes, hay pocos envases de gran volumen, que a menudo el propio suministrador de los productos está interesado en recuperar, por lo cual se reduce notablemente o incluso se elimina, en algunos casos, la gestión.

Además, y a parte de esta mejor gestión de los residuos, también puede conseguirse una mejor gestión de las materias primas, pues se aprovechan más los productos contenidos en los envases grandes y la gestión de los almacenes se agiliza.

Vista la situación, sólo hay que esperar una mejora económica con la adopción de esta medida, mejora que puede valorarse en cada caso a posteriori. No obstante, hay que tener presente que no es posible cambiar la gestión de compras en todas las empresas ni de todos los productos utilizados. Este hecho dependerá siempre de factores como el almacenamiento, volumen de consumo del producto en la empresa, fecha de caducidad, etc.

Medidas de protección ante posibles fugas y derrames:

Es muy importante, en el caso del almacenamiento de líquidos, que haya medidas de protección ante posibles fugas y derrames.

En este sentido, haría falta que las empresas consideraran:

- Concentrar todos los productos líquidos en una única zona (almacén de productos químicos, líquidos o inflamables) correctamente adaptada a las necesidades de la empresa, con las correspondientes medidas de seguridad, aislada del resto de la fábrica y con un sistema de recogida de líquidos para posibles fugas y derrames.
- Identificar bien cada producto, tanto si es materia prima como residuo líquido, de forma que esté correctamente etiquetado con el nombre del producto que contiene y unas ideas básicas sobre su peligrosidad y las precauciones a tomar tanto para su almacenamiento como manipulación.
- Definir una zona concreta, delimitada y señalizada, para realizar los transvases más importantes, tomando las medidas necesarias de protección y de actuación ante posibles incidencias.
- Señalizar los diversos conductos internos de líquidos o gases, de tal forma que pueda saberse inmediatamente cuál puede ser el problema en caso de que se produzca alguna fuga.

- Si se necesitan bidones con productos líquidos en algún otro lugar de la nave, deben ponerse en un espacio suficientemente amplio para evitar colisiones y sobre cubetas de retención adecuadas que permitan recoger, al menos, el volumen de uno de los depósitos que puedan encontrarse encima.

En cualquier caso, se trata de asegurar que ninguno de los líquidos que puedan derramarse dentro de la empresa lleguen al suelo y a la red de alcantarillado para evitar así el riesgo de contaminación del suelo.

Disminución de la superficie de contacto del solvente con el aire:

La evaporación de solventes en empresas que trabajan con impresión por flexografía o rotograbado puede llegar a alcanzar niveles importantes. Así, al trabajar con tintas líquidas y puesto que los tinteros normalmente están abiertos, hay que ir ajustando la viscosidad de las tintas porque el disolvente se va evaporando.

De hecho, es frecuente encontrar por toda la zona de trabajo envases de solventes abiertos que hacen más práctica la operación de utilizarlos, bien directamente en forma líquida, bien mediante trapos para la limpieza. Todo esto se traduce finalmente en la generación de vapores de solventes que quedan en la zona de impresión, de tal forma que pueden alcanzarse concentraciones considerables y suponer una pérdida importante de producto.

En este sentido, se propone la buena práctica de tapar los envases cada vez que estos hayan sido utilizados. Con esta actuación los ahorros alcanzables sólo en un menor consumo de solventes pueden ser considerables.

Controles sobre ciertos parámetros de producción:

Existen varios parámetros que hay que controlar con el fin de asegurar que el trabajo se realiza de la forma más eficiente posible. Estos parámetros pueden ser muchos y muy diferentes, según la forma de trabajar y las necesidades específicas de la empresa. Destacan especialmente tres, que hay que comentar por su importancia:

- *Control del consumo de disolventes:* uno de los productos que más se consume en las empresas dedicadas a la impresión es, además de los soportes y de las tintas, los disolventes para su disolución y limpieza. Este punto, que lógicamente es más importante en las empresas de rotograbado y flexografía, es importante ya que permite conocer los diferentes usos de los solventes y las cantidades destinadas a cada uno de estos usos y, a partir de aquí, fijar objetivos y/o medidas de reducción en su consumo.
- *Control de los costes de los tirajes:* estrechamente relacionado con el punto referente a la reducción de las mermas de producción, el hecho de conocer con más o menos exactitud

los costes de los tirajes tiene que permitir evaluar económicamente las pérdidas que se generan y, por lo tanto, poder definir sobre una base clara y real las posibles reducciones alcanzables. Las empresas que disponen de un sistema de gestión de la calidad ya controlan los costes de sus tirajes.

- *Control de los aspectos ambientales:* exactamente igual que en los casos anteriores, el conocimiento de los factores relativos a las diferentes tareas permite establecer objetivos de mejora. En este sentido, el conocimiento de los parámetros ambientales que afectan al tiraje tiene que permitir mejorarlos, siempre basándose en un conocimiento preciso del aspecto concreto que se quiere mejorar.

Buenas prácticas genéricas:

A continuación se describen, de forma genérica, una serie de buenas prácticas que pueden suponer también una reducción del consumo de materias primas, así como la minimización de la generación de corrientes residuales.

Estas recomendaciones se estructuran en secciones de trabajo en las que se describen buenas prácticas genéricas que pueden llevarse a cabo.

BUENAS PRÁCTICAS: COMPRAS - ALMACÉN

- Inspeccionar los materiales antes de su aceptación.
- Implantar sistemas de producción ágiles con reducción de stocks de productos que puedan caducar.
- A la hora de valorar el coste de una materia prima hay que tener presentes criterios ecológicos.
- Describir las normas de seguridad y actuación en caso de emergencia con hojas de seguridad para la manipulación, el transporte y el almacenaje correcto de las sustancias.
- Antes de comprar o alquilar maquinaria conviene comparar el consumo de energía de modelos similares de distintos fabricantes.

BUENAS PRÁCTICAS: DURANTE EL PROCESO

- Aprovechar la tinta utilizada en la etapa de impresión. Los restos de tinta pueden mezclarse para formar tintas negras que pueden utilizarse posteriormente en aplicaciones específicas.
- Separar y reciclar los restos de película fotográfica y papel procedentes de la fotomecánica.
- Tratar las aguas de aclarado que contienen reveladores, o en su defecto, recogerse por separado como aguas residuales y gestionarlas correctamente.
- Las planchas de impresión pueden reutilizarse o reciclarse
- Con el fin de minimizar las emisiones de compuestos orgánicos volátiles puede aislarse la máquina de impresión y combinar los procesos de depuración de aire.
- Para bajar el nivel de ruidos se recomienda cubrir las máquinas de impresión o parte de ellas.
- Disponer en las máquinas de impresión de depósitos de recogida de derrames de tintas.
- Segregar los residuos generados durante el proceso.
- Desarrollar guías o manuales de operación y utilización de materiales y equipos.
- Mantener un registro de datos sobre la generación de residuos, vertido de aguas y emisiones atmosféricas de cada operación y sus costes.
- Puede contribuirse a la reducción de residuos analizando la viabilidad de la utilización de subproductos y la posibilidad de reprocesar los productos que no han conseguido una calidad óptima.

BUENAS PRÁCTICAS: MANTENIMIENTO

- Utilizar hojas de instrucciones de operaciones y mantenimiento recomendadas por el fabricante de los equipos y aparatos.
- Realizar inspecciones frecuentes de la instalación de fontanería para detectar fugas y, por lo tanto, sobreconsumos por averías.
- Crear el historial de los equipos.
- Realizar un seguimiento de la evolución del coste de mantenimiento de cada equipo, incluyendo los residuos y emisiones generados.
- Verificar el cumplimiento de las instrucciones de seguridad.
- Separar residuos según puedan o no reciclarse.
- Utilizar medios mecánicos para limpiar las instalaciones (cepillos, escobas), de esta forma se minimiza el consumo de líquido asociado a las actividades de limpieza.
- Evitar el vertido de cualquier residuo o agua contaminada al sistema integral de saneamiento.
- Reutilizar los trapos de limpieza.

BUENAS PRÁCTICAS: OFICINAS - SERVICIOS GENERALES

- Establecer un balance de agua en la empresa que determine los caudales de entrada y salida, así como las necesidades.
- Minimizar el número de horas de funcionamiento de la calefacción y de la iluminación incorporando automatismos que controlen su puesta en marcha.
- El aislamiento térmico de los edificios, en particular de ventanas de oficinas, permite un ahorro de energía considerable ya que evitan las pérdidas de calor en invierno y de frío en verano.
- Realizar campañas de sensibilización de los trabajadores de manera que en la realización de sus trabajos intenten ahorrar energía.
- Utilizar el papel ecológico o reciclado para las cartas, facturas, papel de ordenador, cuadernos de notas, etc.
- En las oficinas puede utilizarse el papel por las dos caras y reutilizar los sobres para correo interno.
- Si determina qué papel se utiliza y qué porcentaje se recicla podrá establecer objetivos de reducción de los residuos generados en esta área.
- Si se colocan temporizadores que aseguren la desconexión de la iluminación después de un tiempo (servicios, vestuarios) o disponemos de un detector de presencia que active o desactive la luz en los pasillos, se reduce significativamente el consumo eléctrico.

6.2. ALTERNATIVAS DE RECICLAJE EN ORIGEN

Una vez se han aplicado las formas viables de reducción en origen se considera, como segunda opción, el reciclaje en origen; es decir, la reutilización de la corriente residual que inevitablemente se haya producido dentro del mismo proceso o establecimiento que lo haya generado. Veamos algunos ejemplos.

Disminución de los residuos líquidos generados en el procesamiento de las películas:

En la etapa de procesamiento de las películas, existen opciones de minimización que consisten en instalar equipos de recuperación y reciclaje de los baños utilizados para su posterior reutilización. El equipo principal sería el de minimización del fijador y recuperación de plata de las películas, pues la plata es el elemento más contaminante de los que se encuentran en las soluciones y además, al ser arrastrada hacia el agua de lavado, la contamina, por lo que es necesario su tratamiento posterior como residuo. Su funcionamiento es como

sigue: la unidad de recuperación se conecta en línea con el tanque del fijador, recupera la plata mediante un proceso de electrólisis y suministra el fijador tratado a la máquina para el procesamiento de las películas. Así se consigue una prolongación de la vida útil del fijador y, por lo tanto, se reduce la cantidad de residuo líquido generado, aproximadamente en un 50%, y además se evita la contaminación con plata del agua de lavado. Además de la electrólisis hay otras tecnologías de recuperación de plata que incluyen la precipitación, el intercambio iónico, la osmosis inversa, la evaporación, etc.

También existen en el mercado equipos para la recuperación de revelador de las películas y sistemas de recirculación y tratamiento del agua de lavado, pero su instalación tiene que efectuarse cuando la instalación del equipo de minimización de fijador y recuperación de plata no permita, por sí sola, el mantenimiento de los parámetros de vertido de aguas residuales por debajo de los máximos legales establecidos. La unidad de filtración se conecta al tanque de revelado del procesador automático, con el objetivo de alargar la vida útil del revelador y disminuir la cantidad de productos químicos que se consumen para mantener estable la concentración. En este caso, la reducción de costes vendría dada por las reducciones de consumo del revelador y de los costes de gestión del baño agotado.

Sistema de filtraje de los baños utilizados en el procesamiento de las planchas offset: Igual que sucede en el caso del procesamiento de las películas, en el de las planchas también se utiliza una procesadora que, en este caso, contiene un baño de revelado, un aclarado o lavado con agua fresca y un baño de goma para proteger la plancha hasta el momento de ser utilizada.

Existen, pues, varias posibilidades para minimizar la generación de residuos líquidos en el procesamiento de planchas. Por una parte, puede minimizarse la cantidad de revelador utilizado en la procesadora mediante un sistema de filtraje. El funcionamiento es muy sencillo, pues en lugar de recoger el revelador en un depósito para su posterior gestión se envía al depósito de reciclaje, donde sólo hace falta hacer pasar el químico de revelado utilizado por un tratamiento de filtraje. A la vez se va regenerando una parte del líquido revelador. Mediante este sistema puede ahorrarse un 50% del revelador.

Por otra parte, también existe una opción muy clara de minimización del agua utilizada para el aclarado, que generalmente se trata de agua fresca que se utiliza una sola vez, básicamente para asegurarse de que esté bien limpia y de que, por lo tanto, haga su función lo más correctamente posible.

En esta operación de aclarado hay la posibilidad de minimizar el consumo de agua con la instalación de un sistema de filtraje y de recirculación de esta agua. La instalación de un equipo de estas características supondría un ahorro del 90% del agua utilizada en el proceso.

El funcionamiento de este sistema es muy simple; se basa en la recogida, el filtraje y la posterior recirculación del agua utilizada. La unidad está formada por un depósito que lleva una bomba que recircula el agua y unos filtros de carbón activo y resinas para depurarla, permitiendo así su reutilización. Sin embargo, no siempre se trabaja con la misma agua, pues suele haber una pequeña entrada de agua fresca así como una pequeña salida de agua ya utilizada, que permite realizar el trabajo en condiciones ideales.

Fabricación de tintas negras a partir de los sobrantes:

Aunque, en términos generales, el residuo de tinta no supone una corriente residual de volumen elevado, sí que conlleva un problema de gestión a largo plazo. En este sentido, y de acuerdo con el concepto de reciclaje, es interesante la opción de fabricar tintas negras a partir de los sobrantes de otras tintas y de utilizarlas de nuevo en el proceso de impresión.

En referencia a su fabricación, el proceso es muy simple, por lo que la realización de pruebas en este sentido o bien el establecimiento de un período de control en el que se analice su viabilidad no debería suponer ningún problema.

Por tanto, basta con destinar cerca de las máquinas, en la zona de impresión, un depósito o bidón específico, correctamente señalado y etiquetado, para verter los restos de tintas y realizar la mezcla teniendo en cuenta que para producir tintas negras hay que evitar los colores muy claros o muy vistosos ya que podrían alterar el color final resultante y el resultado de la mezcla de las diferentes tintas no daría lugar exactamente a un negro, sino que más bien un marrón muy oscuro.

En resumen, la reutilización de estas tintas supone una minimización en la gestión de residuos.

Minimización de los residuos líquidos de producción mediante la instalación de un evaporador:

La reducción de los residuos líquidos base agua generados en el proceso productivo y en las operaciones de limpieza, y que a menudo conllevan la generación de volúmenes importantes de aguas sucias, puede suponer una oportunidad de reciclaje importante.

En cuanto a la gestión de estas aguas sucias, las empresas tienen la opción de gestionarlas externamente o bien de hacerlo internamente, instalando un equipo de evaporación.

Este sistema está compuesto por un evaporador y una cámara de condensación posterior que recoge el vapor de agua en fase líquida. Es un sistema completamente cerrado que utiliza una bomba de calefacción y un sistema de vacío, con el que se consigue la evaporación a baja temperatura, ahorrando energía y reduciendo costes.

Funciona, pues, según el principio de la destilación por vacío: la energía térmica necesaria para hacer hervir el agua residual se obtiene mediante una bomba de calor. La temperatura de la solución aumenta suficientemente para provocar la ebullición en el vacío creado. El vapor de agua sube desde la cámara de ebullición y se condensa en los serpentines de la cámara de condensación. Al condensarse, el agua baja por el serpentín y se recoge en el fondo de un depósito de condensación, de donde es aspirada por un eyector y transportada a un depósito.

Por lo tanto, además de los equipos principales hay que instalar dos depósitos, uno para las aguas de entrada y otro para las aguas de salida, que permitan al evaporador disponer de un caudal constante para su mejor funcionamiento. En estos dos depósitos puede ir controlándose la calidad del agua de entrada y de salida.

Como consecuencia de este proceso, sin embargo, hay que tener en cuenta que se generarán unos lodos concentrados que tendrán que tratarse como residuo. No obstante, tener que gestionar los lodos en lugar del agua residual conlleva beneficios, pues además de reutilizarse un agua en la misma empresa, el residuo que hay que gestionar es muy inferior en volumen y tiene una consistencia pastosa, más fácil de almacenar y transportar, de manera que disminuyen notablemente los riesgos ambientales asociados a estas operaciones.

En general, los suministradores de estos sistemas garantizan la recuperación de hasta un 90% del agua tratada, aunque, por razones técnicas y económicas, se recomienda situarse a unos niveles de recuperación del 80%. Para el correcto funcionamiento de la instalación hay que tener en cuenta que no pueden introducirse solventes volátiles, pues en este caso podría alterarse el funcionamiento normal del aparato, a parte de que el agua tratada no sería apta para su reutilización posterior.

En consecuencia, la instalación de un equipo de estas características supone la reducción del consumo de agua como materia prima, pues las aguas tratadas mediante el evaporador pueden reutilizarse en la misma empresa como aguas de limpieza, sanitarias, etc., y también la reducción de los residuos líquidos generados que hace falta tratar externamente, que pasaría a ser, aproximadamente, un 20% de los iniciales.

Minimización de los disolventes sucios residuales mediante la instalación de un destilador:

Otra de las corrientes residuales que se genera de forma más o menos habitual en las empresas gráficas es la de los disolventes sucios de tintas utilizadas en la limpieza de las máquinas. Aunque a menudo estos disolventes sucios se van con los trapos (sobre todo cuando las limpiezas se hacen manualmente) en algunas empresas se recogen de forma separada y se gestionan como residuo líquido. Estos disolventes pueden generarse también

en el túnel automático de lavado, utilizado en algunas empresas para la limpieza de bandejas de tintas y otros utensilios con restos de tinta.

Para su minimización, existe la posibilidad de instalar un destilador que permita su tratamiento interno, minimizando así la cantidad de este residuo que hay que gestionar externamente.

En líneas generales, el equipo del destilador es prácticamente el mismo que el evaporador, con las mismas características, aunque la temperatura de trabajo es más baja, pues los solventes se evaporan con más facilidad que el agua.

Además, como que se trabaja con solventes el sistema tiene que estar totalmente estanco y proveído de sistemas de seguridad antiexplosión.

Con la instalación de un equipo de destilación, puede conseguirse la recuperación de hasta un 90% de los solventes sucios tratados, reduciéndose el volumen de residuos a tratar por este motivo hasta un 10% del inicial. Sin embargo, por otra parte, se obtiene un nuevo residuo: los lodos fruto de la destilación de los disolventes, que hará falta gestionar.

Por lo tanto, la utilización de este equipo supone tanto la disminución en la necesidad de compras de solventes, pues estos pueden reutilizarse, como la disminución en la generación de solventes sucios residuales.

7. MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN*

Una vez implantadas las acciones que permiten prevenir y reducir en origen la generación de corrientes residuales, se produce, inevitablemente, una fracción de rechazo que debe gestionarse y/o tratarse de tal forma que no suponga ningún riesgo para la salud de las personas ni para el medio ambiente.

En cuanto a los métodos de tratamiento para el control de la contaminación, se utilizan varias tecnologías para las diferentes corrientes residuales obtenidas en las empresas de artes gráficas, tecnologías que se exponen a continuación.

7.1. TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES ATMOSFÉRICOS

Existen dos alternativas para conseguir una correcta emisión de los parámetros contaminantes atmosféricos. La primera consiste en una medida preventiva, mediante una reducción en origen (medidas desarrolladas en el capítulo 6) y la segunda implica la instalación de equipamientos que capturen y traten las emisiones, como la oxidación térmica, la oxidación catalítica, equipos de absorción, sistemas de adsorción o depuración biológica, entre otros.

La selección de la tecnología a utilizar depende del tipo y concentración de contaminantes en el flujo de emisión, y su elección, aunque compleja, debe resolver los problemas planteados para cada caso en particular.

Por tanto, para que la tecnología elegida se considere adecuada debe proporcionar el rendimiento suficiente para reducir los niveles de emisión por debajo de los límites máximos admisibles de una forma constante y con costes operativos alcanzables.

Los métodos que se desarrollan para el tratamiento de los contaminantes de los efluentes atmosféricos pueden dividirse en dos grupos. El primero engloba los que implican una separación de los COV y el segundo reúne los métodos de destrucción de los contaminantes (principalmente los COV). Veamos las diferentes tecnologías.

* La información de algunas de las tecnologías presentadas en este capítulo se ha basado en la página web siguiente: <http://www.wk-gmbh.com/español.html>. Igualmente puede encontrar otras tecnologías apropiadas en la red.

7.1.1. Tecnologías de separación

7.1.1.1. Adsorción con filtros de carbón activado

La técnica de adsorción aplica un proceso según el cual las moléculas de un gas se adhieren a una superficie sólida. Los sólidos adsorbentes son materiales con una estructura interna que contiene un gran número de poros muy pequeños. El medio adsorbente característico para el tratamiento de los compuestos orgánicos volátiles es el carbón activo.

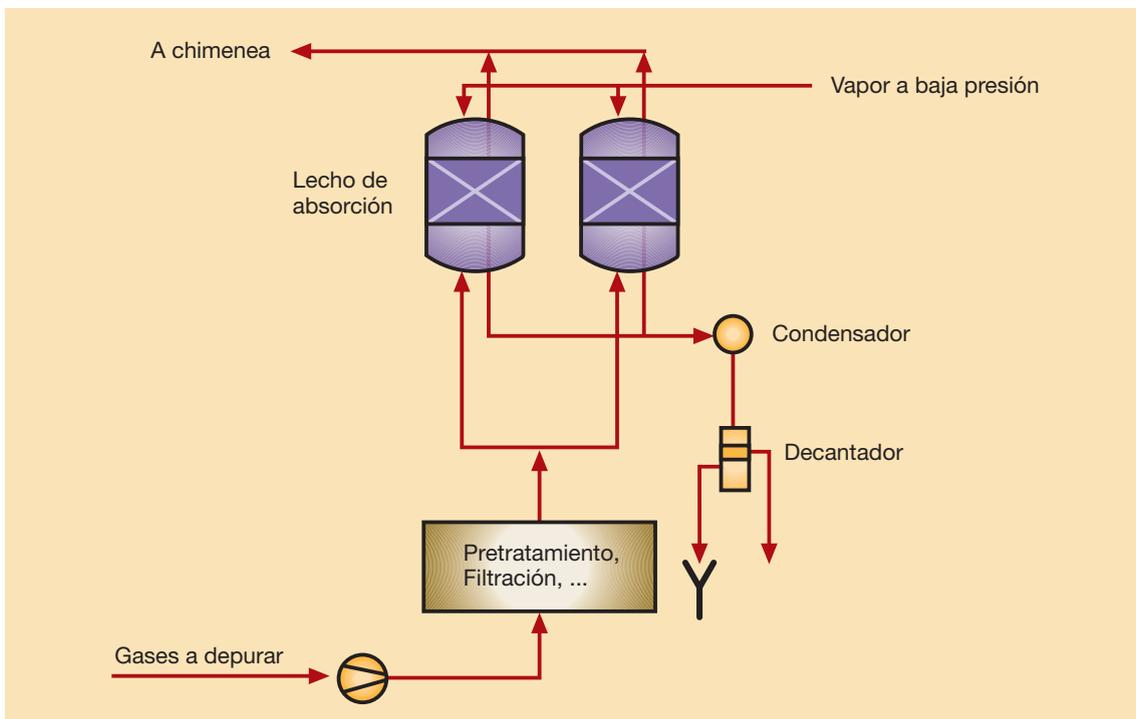
Debido al comportamiento hidrófobo de su superficie, el carbón activo adsorbe preferentemente las sustancias orgánicas y otros compuestos no polares presentes en fases líquida o gaseosa.

La separación del disolvente en fase líquida se obtiene por la regeneración del lecho agotado de carbón activo; puede realizarse mediante su calentamiento o con una corriente de nitrógeno o vapor de agua. Por motivos de economía y simplicidad, la técnica más utilizada de regeneración es la inyección directa de vapor de agua. El vapor de agua permite calentar rápidamente el lecho adsorbente, de tal forma que los compuestos adsorbidos se evaporan. Con la condensación posterior puede separarse el disolvente utilizado.

La reutilización del líquido separado depende principalmente de que tenga las propiedades necesarias. Si no puede reutilizarse en el proceso de impresión, quizás pueda reutilizarse en otros procesos o bien en otras industrias.

La eficiencia depende tanto del contaminante como del adsorbente utilizado, además de la concentración, temperatura y humedad de trabajo.

Este sistema se utiliza para grandes volúmenes de aire a tratar y bajas o moderadas concentraciones de COV.



Esquema funcionamiento adsorción

7.1.1.2. Condensación

Esta técnica se basa en el enfriamiento de la mezcla de gases hasta conseguir una temperatura en la que los compuestos orgánicos volátiles se encuentran en estado líquido o incluso sólido. Las temperaturas de congelación de estos compuestos son extremadamente bajas, razón por la que se utilizan técnicas criogénicas. El agente que se utiliza para producir este enfriamiento es el nitrógeno, ya que su temperatura de liquefacción es de -196°C .

En general, la presión de vapor de los componentes presentes en una corriente de compuestos orgánicos volátiles disminuye en proporción a su temperatura, alcanzando valores muy cercanos a cero cuando se encuentran a temperaturas como la del nitrógeno líquido. Esto implica que la cantidad de compuestos orgánicos volátiles en la corriente gaseosa se reduce al mínimo debido a su eliminación por el cambio de estado.

La separación de los COV se va realizando a medida que el contaminante se va condensando sobre las paredes de los tubos, por cuyo interior circula el nitrógeno líquido, ya que el condensado cae por gravedad a un depósito en el que se almacenan los COV licuados.

La reutilización del líquido obtenido depende principalmente de que tenga las propiedades necesarias. Si no puede reutilizarse en el proceso de impresión, quizás pueda en otros procesos o bien en otras industrias.

La eficacia obtenida con gran parte de la recuperación de los COV cuando se trabaja a unos -50°C es muy elevada.

El sistema de separación de compuestos orgánicos volátiles mediante criogenia está especialmente indicado para las corrientes que presenten una concentración alta de compuestos orgánicos volátiles y un caudal bajo. Estos parámetros están motivados por motivos económicos (coste de inversión más coste de explotación), aunque técnicamente es aplicable a cualquier caudal y concentración de compuestos orgánicos volátiles.

7.1.1.3. Separación por membranas

Esta técnica se basa en la diferente permeabilidad que tienen las membranas poliméricas densas respecto a los compuestos orgánicos volátiles y los gases inertes como el aire. Permite separar ciertos compuestos orgánicos como el TCE, MTBE, acetona, cloruro de vinilo, entre otros.

La separación de los COV consiste en establecer un contacto eficiente entre el gas contaminante y una membrana constituida por un polímero denso. La aplicación de una diferencia de presión provoca que algunos compuestos atraviesen la membrana. De esta forma se generan dos efluentes: uno de aire y otro de aire enriquecido con los contaminantes.

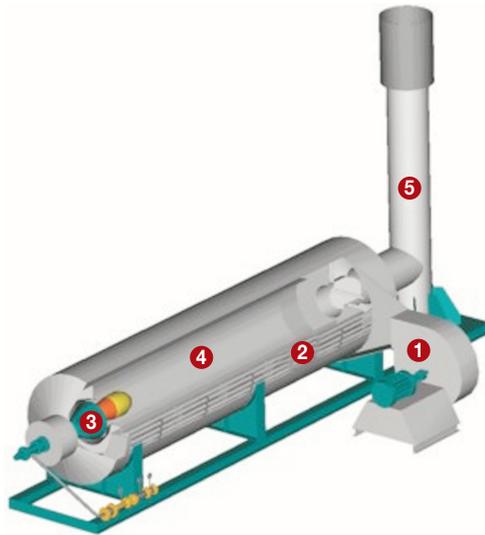
La eficiencia de la depuración es baja para unos costes de explotación razonables. Si el objetivo es exclusivamente la depuración de la emisión, será preciso combinar esta tecnología con otras de mayor rendimiento.

El sistema de separación de compuestos orgánicos volátiles mediante membranas está especialmente indicado para las corrientes que presenten una concentración alta de compuestos orgánicos volátiles y un caudal bajo. Estos parámetros están motivados por razones económicas (coste de inversión + coste de explotación).

7.1.2. Tecnologías de destrucción

7.1.2.1. Oxidación térmica

Básicamente este sistema convierte las emisiones de COV en agua y dióxido de carbono. El procedimiento de oxidación térmica se inicia con la impulsión (1) de los gases contaminantes hacia un precalentamiento mediante un intercambiador de calor (2) continuo con la oxidación en la cámara de combustión (3) a una temperatura de reacción aproximada de unos $750-850^{\circ}\text{C}$ con un combustible adicional. El gas sucio se mantiene en esta cámara entre 0,6 y 1,5 segundos, y de esta forma puede asegurarse que los valores de gas limpio permanecerán por debajo de un límite máximo de emisión.



Esquema funcionamiento oxidación térmica recuperativa

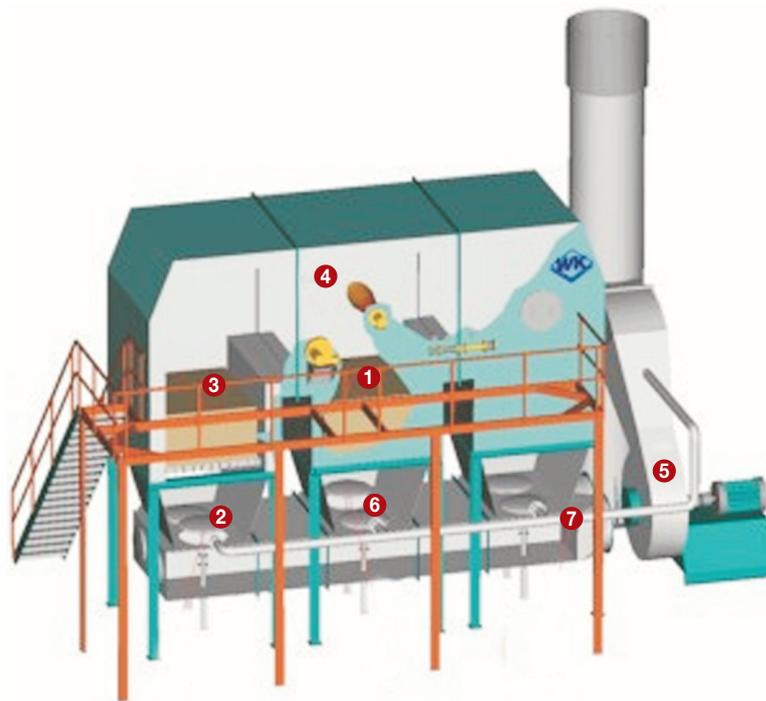
Posteriormente el aire tratado se enfría en este mismo intercambiador de calor (2) y cede su calor a los gases de entrada.

En líneas generales, los sistemas de oxidación térmica alcanzan una alta eficacia en la eliminación de los contaminantes, con bajos costes de mantenimiento y de inversión, pero con altos costes operativos cuando no existe la recuperación energética.

Esta recuperación energética puede ser recuperativa o regenerativa.

- La recuperativa utiliza un intercambiador de calor aire-aire, mediante tubos o placas metálicas, y puede recuperarse hasta el 70% del calor disponible en el gas de salida. La implantación de este sistema es recomendable para bajos caudales y concentraciones altas y medias, porque como que se genera más calor en la oxidación, se requiere un nivel inferior de recuperación de calor.
- La regenerativa utiliza un intercambiador de calor compuesto por un lecho estático de piezas normalmente cerámicas. La totalidad de este relleno está subdividido en diferentes segmentos, en los que alternativamente una parte calienta los gases de entrada y la otra calienta los de salida. La recuperación de calor puede alcanzar hasta el 95% de la energía de salida, por lo que los costes en combustible son bajos o inexistentes. Generalmente, son un poco más caros de instalar que los sistemas recuperativos.

Se utiliza para caudales con concentraciones bajas o medias que requieren una recuperación de calor eficiente para eliminar la necesidad de combustible suplementario.



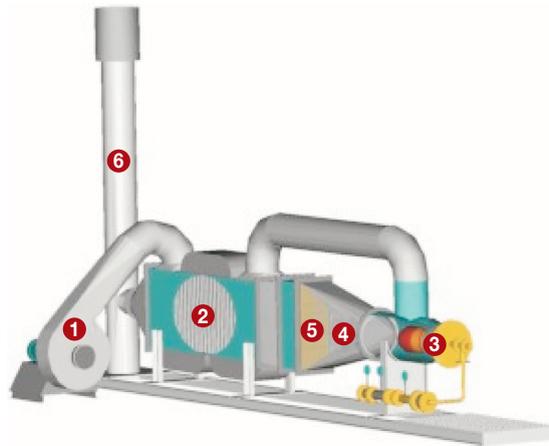
Esquema de funcionamiento oxidación térmica regenerativa

7.1.2.2. Oxidación catalítica

Como en el caso anterior, se trata de un sistema destructivo de la contaminación gaseosa en agua y dióxido de carbono, la diferencia radica en la temperatura a la que se alcanza esta destrucción, ya que en la oxidación catalítica es inferior.

En líneas generales, el funcionamiento empieza primero con el impulso (1) de los gases contaminantes hacia un intercambiador de calor (2) en el que se realiza el precalentamiento. Sigue con cámara de combustión (3) que trabaja a una temperatura de unos 250-450°C, y posteriormente pasa al lecho del catalizador posconectado en el que se oxidan los componentes orgánicos de la corriente gaseosa (4).

No es aconsejable instalar este sistema cuando los COV contengan compuestos como los halógenos, la silicona, el fósforo, el arsénico, u otros metales pesados que pueden encontrarse en algunas tintas, ya que pueden provocar el envenenamiento del catalizador. La vida útil del catalizador en condiciones normales es de 3-5 años.



Esquema de funcionamiento de oxidación catalítica

Generalmente, el sistema de oxidación catalítica permite oxidar completamente una amplia gama de COV. Sin embargo, es una tecnología poco útil con presencia de material particulado, y con un coste de mantenimiento elevado. Los equipos de oxidación catalítica se recomiendan para concentraciones y caudales bajos. Justamente en estas condiciones consiguen eficiencias más altas junto con requerimientos energéticos bajos.

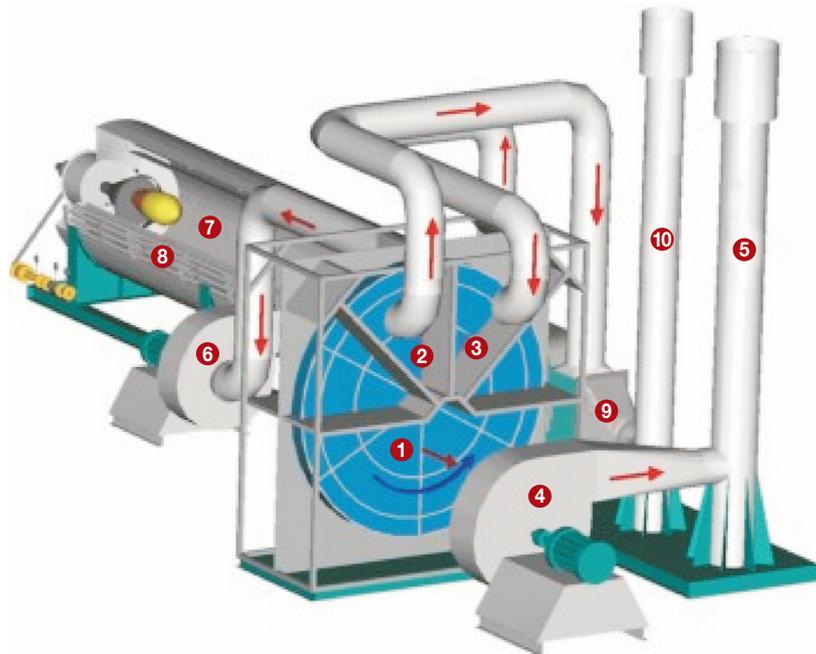
Al igual que en la oxidación térmica, la recuperación de calor de la oxidación catalítica puede ser recuperativa o regenerativa. La regenerativa puede permitirse prescindir de la utilización de combustible adicional.

7.1.2.3. Sistema rotativo de concentración de COV

Se trata de un sistema que convierte un caudal y una concentración determinada en un caudal inferior con una concentración más elevada.

Generalmente, el funcionamiento empieza impulsando (4) un caudal de gases hacia un sistema de adsorción (1) en el que se retiene el contaminante y se envían los gases depurados a la atmósfera. Paralelamente, existe un ventilador (6) secundario que introduce un caudal controlado de aire contaminado a través de la zona (2) de enfriamiento del adsorbente y a continuación a través del intercambiador (9), porque se calienta hasta la temperatura de desorción. Esta corriente de gas atraviesa el material absorbente (3) y arrastra los COV inicialmente retenidos. Esta segunda corriente de aire con carga orgánica elevada se calienta en el intercambiador (8) hasta alcanzar la máxima temperatura posible mediante el calor que ceden los gases ya tratados en la oxidación (7).

Al concentrarse, el sistema de depuración trata un caudal muy inferior al inicial y, por tanto, resulta más económico y eficiente. La última etapa puede ser una oxidación (como en este caso), o también sería posible un sistema de condensación.



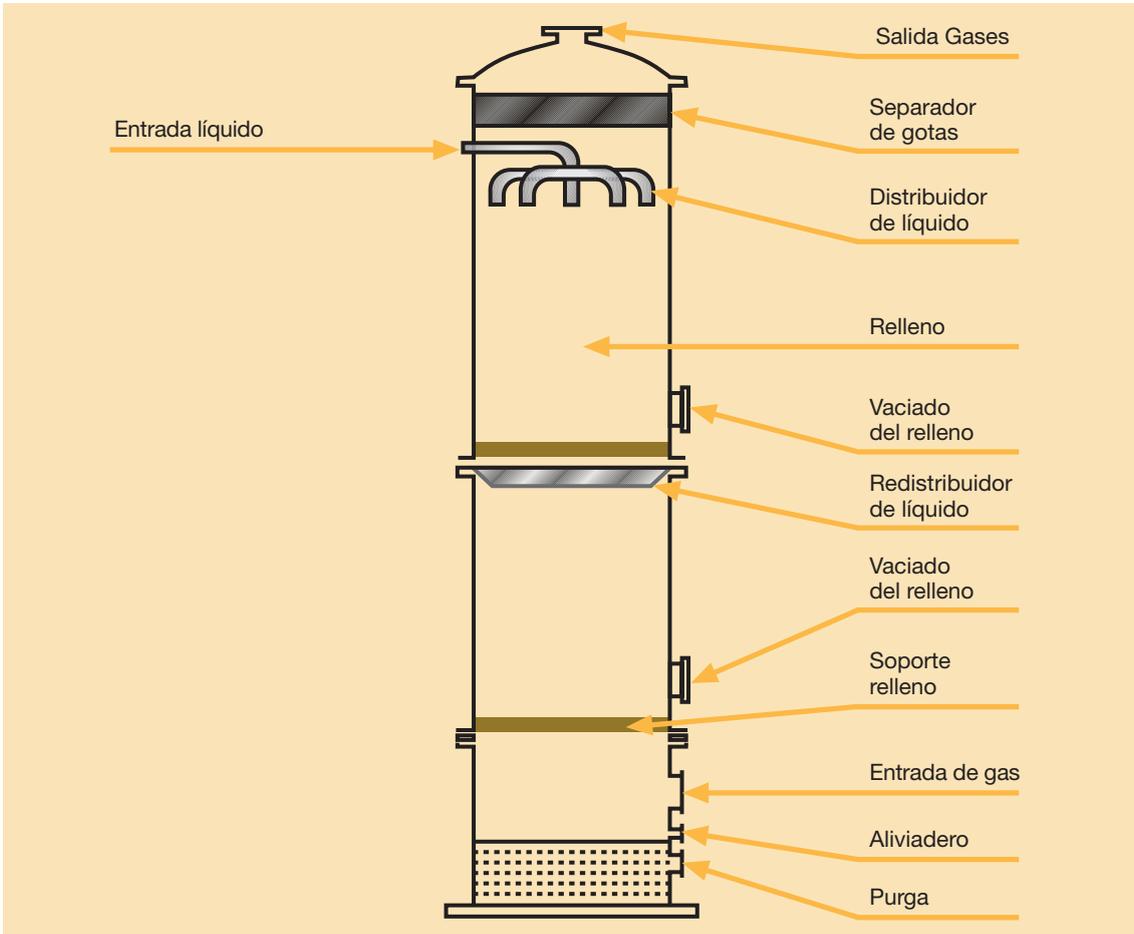
Esquema de funcionamiento del sistema rotativo de concentración

7.1.2.4. Absorción

Es un sistema en el que uno o más componentes de la mezcla gaseosa se transfieren de forma selectiva a un líquido no volátil. La absorción de un componente gaseoso por un líquido sólo se realizará si el líquido contiene menos concentración en parámetros contaminantes que la de saturación de los componentes de los gases a extraer. De esta forma la diferencia entre las concentraciones reales en el líquido y de equilibrio se convierte en la fuerza de absorción.

La absorción puede ser realizada mediante varios lavadores (scrubbers). La torre de absorción es la más utilizada; consiste en una columna vertical con relleno para incrementar el tiempo y la superficie de contacto entre el gas y el líquido, en la que el primero pasa a través del relleno a contracorriente del segundo.

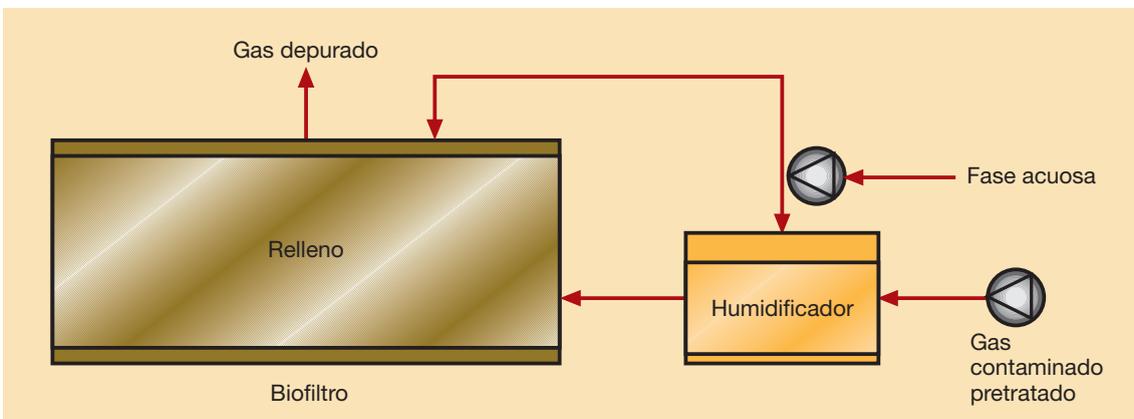
Con compuestos solubles pueden alcanzarse altos rendimientos para concentraciones elevadas y caudales variables, pero el aire debe estar libre de partículas y además se requiere un tratamiento posterior de las aguas.



Esquema del funcionamiento de una torre de absorción.

7.1.2.5. Depuración biológica

Consiste en hacer pasar el aire a través de un lecho con bacterias u otros microorganismos, eliminando los compuestos orgánicos por biodegradación.



Esquema del funcionamiento de la depuración biológica

Normalmente el aire se pretrata por la eliminación del polvo y aerosoles grasos que pueda contener, se humecta y se lleva al biofiltro en el que los contaminantes contenidos en el flujo de aire se transfieren a una película de agua que cubre el medio biológicamente activo.

Los microorganismos presentes en esta película oxidan los contaminantes generando compuestos inocuos como dióxido de carbono, agua y sales comunes.

Su eficacia depende del tipo de contaminantes a tratar, de sus concentraciones y de la temperatura. La biofiltración es un sistema adecuado cuando las condiciones de concentración y composición son muy homogéneas, que obtiene buenos rendimientos con concentraciones bajas y problemas asociados de mal olor y que, en cuanto a caudal, no presenta ninguna restricción.

Para sintetizar la información facilitada se añade un cuadro que, de forma genérica, expone las características principales de las diferentes tecnologías de tratamiento de efluentes atmosféricos.

TECNOLOGÍA	RECUPERACIÓN CONTAMINANTE	CAUDAL ²²	CONCENTRACIÓN ²³	EFICIENCIA (%)
Adsorción	Posible	Alto	Media Baja	80-95 95-99
Condensación	Posible	Bajo	Alta	50-95
Membranas	Posible	Bajo	Alta	90
Oxidación térmica recuperativa	No	Bajo	Alta Media	>95
Oxidación térmica regenerativa	No	Bajo y medio	Baja	>95
Oxidación catalítica recuperativa	No	Bajo	Media Baja	80-95 >95
Oxidación catalítica regenerativa	No	Bajo y medio	Baja	>95
Sistema de concentración	Posible	Alto Medio	Baja Muy baja	Variable ²⁴
Adsorción	No	Medio Bajo	Media Alta	95-98
Biofiltración	No	Cualquiera	Baja	>99

Tabla comparativa de tecnologías de tratamiento de compuestos orgánicos volátiles en efluentes gaseosos

²² Caudales (Nm³/h): altos >200.000; medios 30.000-200.000; bajos < 30.000

²³ Concentración (ppm): muy baja <1000; baja 1.000-5.000; media 5.000-10.000; alta >10.000

²⁴ Depende del sistema de tratamiento posterior (térmico, condensación)

7.2. TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS

Una vez agotadas las posibilidades de minimización de los residuos generados expuestas anteriormente (capítulo 6), sólo queda gestionarlos correctamente como residuos.

8. DOCUMENTO DE SÍNTESIS

En general, las etapas que conforman el proceso de producción de la industria de las artes gráficas son las siguientes:

- **Preimpresión:** comprende los trabajos necesarios para obtener la plancha de impresión o forma impresora.
- **Impresión:** técnica para reproducir la forma impresora en el soporte gráfico deseado.
- **Postimpresión:** comprende los trabajos necesarios para obtener el producto gráfico finalizado.

Durante la **preimpresión** se realizan los siguientes trabajos:

- **Diseño** del producto deseado.
- **Preparación de películas:** operaciones necesarias para obtener las películas:
 - fotocomposición y fotomecánica: obtención del texto y la imagen.
 - procesamiento de la película: incluye las operaciones de revelado, fijado, lavado y secado de la película.
 - trazado y montaje: se reúne el material fotográfico del texto y el material fotográfico de las ilustraciones para obtener un original para reproducir.
- **Computer-to-film (CTF):** obtención de la película directamente desde el ordenador, ahorrando las fases intermedias (preparación de películas).
- **Procesamiento de planchas:** preparación del portador de la imagen, que consiste en planchas de varios materiales y formas impresoras.
- **Computer-to-plate (CTP):** Obtención de la plancha de impresión directamente desde el ordenador, ahorrando las fases intermedias (procesamiento de planchas).

Mediante el conjunto de operaciones que conforman la preimpresión se obtiene la plancha portadora de la imagen.

Se diferencian las técnicas o tipos de **impresión** siguientes:

- Impresión **offset:** impresión indirecta, que se caracteriza porque la imagen se transmite desde la plancha de impresión hasta el papel mediante la mantilla.
- Impresión **tipográfica:** impresión directa que utiliza formas en relieve (planchas) realizadas con fotopolímeros. La transferencia de la imagen se realiza por impacto de la forma impregnada de tinta sobre el soporte de impresión.

- Impresión **flexográfica**: método de impresión en relieve, la tinta se transfiere por contacto al soporte a imprimir, que a la vez está presionado por el rodillo de impresión.
- Impresión por **rotograbado**: el soporte se imprime por contacto con un cilindro metálico en el que está grabado el motivo a imprimir en forma de celdas en las que se retiene la tinta.
- Impresión **serigráfica**: impresión sobre el material a través de la forma impresora (tejido) y no por transferencia de tinta desde la forma impresora.
- Impresión **digital**: impresión sin impacto, es decir, sin contacto entre el cabezal impresor y el soporte, realizada mediante dispositivos que permiten pasar directamente de información digital a papel.

El objetivo global de la etapa de impresión es obtener el texto y/o ilustraciones sobre el material o soporte deseado.

Postimpresión: Para obtener el producto acabado se realizan las operaciones siguientes:

- **Encuadernación:** unión de los cuadernos de una obra, de forma ordenada, para formar un volumen compacto mediante una costura sólida al que se añade una cobertura consistente para proteger el libro y facilitar su uso.
- **Corte:** operación para dejar el producto gráfico a las medidas deseadas.
- **Plegado:** obtención de un pliego de borde marcado obtenido bajo presión, con el objetivo de eliminar las fuerzas de recuperación del papel.
- **Alzado:** colocación de los pliegos que forman el libro uno al lado del otro hasta formar el bloque completo.
- **Fresado:** operación para rebajar la superficie del lomo del libro, con el fin de que quede preparado para la operación de encolado.
- **Encolado:** Operación para unir los diferentes elementos que deben encolarse (lomo del libro).
- **Estampación:** consiste en añadir a las tapas de los libros o cualquier impreso elementos metalizados que deseen destacarse.

Las principales corrientes residuales generados en la fase de **preimpresión** son las siguientes:

- **Emisiones atmosféricas**
 - Vapores de solventes de las colas en spray para el montaje de las películas.
 - Vapores de solventes generados en la limpieza de las hojas de montaje.
 - Vapores de solventes del proceso de termoendurecimiento de las planchas.
 - Vapores de amoníaco generados en las ozálidas.

- **Residuos líquidos**

- Químicos agotados con restos de plata de la procesadora de películas (revelador y fijador).
- Agua de lavado de la película durante su procesamiento, que puede contener restos de líquido fijador así como restos de plata.
- Soluciones alcalinas agotadas, con restos de resinas, colorantes y componentes diazo, de la procesadora de planchas offset (revelador).
- Agua de lavado de las planchas offset durante su procesamiento que puede incorporar productos químicos utilizados en el revelado.
- Agua del procesamiento de las planchas de flexografía y tipografía, con restos de fotopolímero sólidos o semisólidos.
- Mezcla de aguas y solventes de la preparación de las pantallas de serigrafía.

Las principales corrientes residuales generadas en la fase de **impresión** son las siguientes:

- **Emisiones atmosféricas**

- Vapores de solvente generados durante el proceso de preparación de las tintas y barnices.
- Emisiones de solvente generadas durante el proceso de secado de las tintas y barnices.
- Vapores procedentes de la solución de remojo.
- Emisiones generadas durante la impresión y el ajuste de la viscosidad.
- Emisiones generadas en las operaciones de limpieza con solventes.

- **Residuos líquidos**

- Solución de remojo con restos de tintas, solventes y productos con alguicidas, fungicidas, etc.
- Restos líquidos de tintas y barnices.
- Residuos de solventes procedentes de las operaciones de limpieza, de los utensilios utilizados durante la impresión (rodillos, tinteros, rasquetas, etc.).

Las principales corrientes residuales generadas en la fase de **postimpresión** son las siguientes:

- **Emisiones atmosféricas**

- Emisiones de COV procedentes de las colas base disolvente.

- **Residuos líquidos**

- Aceites residuales.

Los **residuos sólidos** no se clasifican según la etapa del proceso en la que se generan los mismos ya que el mismo residuo puede generarse en diferentes etapas.

<ul style="list-style-type: none">• Películas• Planchas de impresión• Trapos de limpieza• Hojas de montajes• Residuos sólidos de tinta• Film de plastificar• Cartuchos de tóner• Restos de cola solidificada• Residuos generales de fábrica	<ul style="list-style-type: none">• Papel para la impresión• Soportes plásticos• Embalajes de papel y cartón• Caucho (impresión offset)• Lodos tratamiento líquidos residuales• Filtros y cartuchos de filtraje• Envases metálicos y de plástico• Aceites residuales
---	---

Las **aguas residuales** generadas durante los procesos de preimpresión e impresión se han descrito en el presente manual en el apartado de residuos líquidos. Puesto que los volúmenes no son muy elevados, y dadas sus características principales y el potencial contaminante, existe una tendencia en el sector a recoger la corriente y a gestionarla mediante un gestor autorizado. Sin embargo, existen muchas empresas que tratan estas aguas mediante un tratamiento interno de depuración.

Se adjuntan tablas resumen de las principales **alternativas de reducción y reciclaje en origen** en las fases de preimpresión, impresión y postimpresión.

REDUCCIÓN Y RECICLAJE EN ORIGEN EN LA FASE DE PREIMPRESIÓN

Rediseño de productos

- Estudio del diseño gráfico

Cambios de tecnologías

- Programa para la recepción y control de los trabajos recibidos en soporte informático
- Instalación de un sistema computer-to-film (CTF) y computer-to-plate (CTP)

Buenas prácticas ambientales en el proceso de preimpresión

- Colocación de una tapa flotante de plástico para evitar la oxidación del revelador

Reciclaje en origen

- Instalación de equipos de recuperación y reciclaje de los baños utilizados en el procesamiento de las películas
- Sistema de filtraje de los baños utilizados en el procesamiento de las planchas offset

REDUCCIÓN Y RECICLAJE EN ORIGEN EN LA FASE DE IMPRESIÓN

Sustitución de materias primas

- Cambio de disolventes de limpieza en la impresión offset
 - Emulsiones de base acuosa
 - Soluciones de esteres vegetales
- Uso de tintas de aceites vegetales
- Uso de tintas ultravioletas (UV)
- Uso de tintas de rayos de electrones (EB)
- Uso de tintas en base agua
- Soluciones de remojo alternativas combinadas con aditivos

Cambios de tecnologías

- Uso de sistemas de impresión offset sin agua
- Sistema de filtraje de la solución de remojo en las máquinas offset
- Instalaciones para la eliminación del alcohol isopropílico en la solución de remojo
 - Sistema de remojo de nueva generación
 - Oxigenación del agua
- Instalaciones de medición del color: densitómetros, colorímetros o espectrodensitómetros
- Sistema automático de adicción de solventes en las máquinas de impresión por rotograbado y flexografía
- Instalación de tinteros de cámara cerrada en las máquinas de flexografía
- Sistema Dispensing de dosificación de tintas
- Sistemas de limpieza de utensilios con restos de tinta
 - Aparato de limpieza manual de envases de tinta
 - Instalación de limpieza automática de rasquetas
 - Túnel automatizado de lavado de tinteros y otros.

Buenas prácticas ambientales

- Control de la calidad de los procesos de producción para minimizar las mermas de impresión
 - Escalas de control en la preparación de planchas offset
 - Iluminación de la zona de preparación de planchas offset y de pantallas de serigrafía
 - Mejora de las cartas Pantone y de las tiras de control de color
 - Medición de la conductividad de la solución de remojo en la impresión offset
 - Acondicionamiento del soporte antes de la impresión
 - Eliminación de polvo de la superficie del soporte antes de la impresión
 - Reutilización de las máculas
 - Mejoras en la preparación del color
 - Realización del test de Ishihara a las personas implicadas en la preparación y el control del color
 - Planificación de los trabajos y creación de un registro de mermas

- Eliminación de los paros sistematizados
- Mantenimiento de la maquinaria y limpieza de la zona de impresión
- Cambios en la gestión de compras de las materias primas
- Medidas de protección ante posibles fugas y derrames
- Disminución de la superficie de contacto del solvente con el aire
- Control de ciertos parámetros de producción
 - Control del consumo de solventes
 - Control de los costes de los tirajes
 - Control de los aspectos ambientales

Reciclaje en origen

- Fabricación de tintas negras a partir de los sobrantes
- Instalación de un evaporador
- Instalación de un destilador

REDUCCIÓN Y RECICLAJE EN ORIGEN A LA FASE DE POSTIMPRESIÓN

Sustitución de materias primas

- Uso de colas de pegar en base agua o con menos disolventes

Se han descrito **métodos para el control de la contaminación** para gestionar y/o tratar, de forma que no suponga ningún riesgo para la salud de las personas ni para el medio ambiente, la fracción de rechazo que se produce inevitablemente una vez implantadas las acciones que permiten prevenir y reducir en origen.

TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES ATMOSFÉRICOS

- Adsorción con filtros de carbón activado
- Condensación
- Separación por membranas
- Oxidación térmica
- Oxidación catalítica
- Sistema rotativo de concentración de COV
- Absorción
- Depuración biológica

9. ALGUNOS EJEMPLOS DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

INSTALACIÓN DE UN SISTEMA *COMPUTER-TO-PLATE*

Una empresa dedicada a realizar varios productos, como trabajos comerciales, formularios, y también revistas o embalajes, utiliza prensas de impresión offset con alimentación por hojas de papel o cartón. Se trata de una PYME que ha sufrido una profunda transformación en los últimos años, ya que ha implantado la nueva maquinaria con el fin de seguir la evolución hacia la modernización del sector de las artes gráficas.

Consideraciones:

El proceso productivo de esta empresa comprende todas las etapas que conforman el proceso de producción de la industria de las artes gráficas. Empieza con la preimpresión, que comprende el diseño del producto, el procesamiento de las películas y el de las planchas; sigue con la etapa de impresión en la que se obtiene el producto deseado, y finaliza con el acabado del producto, en el que éste se deja en el formato adecuado. Es en la etapa de la preimpresión en la que se consideró que se requería una tecnología más avanzada con el fin de poder ofrecer un mejor servicio a los clientes y aumentar la capacidad de producción de obtención de las planchas.

Así pues, dentro del conjunto global que forman tanto los procesos de preimpresión como propiamente la impresión existe una opción que aporta beneficios tanto en lo que se refiere a la minimización de corrientes residuales como a la mejora tecnológica que comporta. Esta opción es la implantación de un sistema *computer-to-plate* (CTP).

Resumen de la actuación:

El sistema *computer-to-plate* permite pasar directamente la imagen de la información digitalizada a una plancha de impresión offset, lo que evita la realización de las películas y su trazado y montaje manuales necesarios para obtener posteriormente la plancha de impresión. Así, una vez obtenida la plancha hay que llevarla a la procesadora para revelarla y, a continuación, ya puede disponerse de la misma para empezar la impresión.

Con la instalación del CTP se alcanzan unas mejoras técnicas y ambientales significativas, entre las que debemos destacar:

- Supresión o disminución muy importante del consumo de película y de todos los productos químicos asociados a su procesamiento, así como de las corrientes residuales generadas.

- Acortamiento del ciclo productivo y ahorro en mano de obra, ya que se reduce el tiempo para la obtención de la plancha.
- Menor consumo de materias primas.
- Mejora de la calidad: con el CTP, la calidad de las planchas obtenidas mediante este procedimiento es mejor porque los puntos obtenidos sobre la plancha son mucho más precisos, nítidos y finos. Por tanto, su respuesta en el momento de la impresión es más fiable y constante.

La empresa de artes gráficas que ha adoptado esta tecnología del CTP con el sistema convencional tenía una capacidad de producción de planchas de 35 unidades en 8 horas mientras que con el sistema CTP la capacidad es de 105 planchas en las mismas horas de trabajo. Con este nuevo sistema la empresa produce actualmente 11.550 planchas, lo que corresponde al 50% de la nueva capacidad del equipo. El formato de las planchas es de 70x100 cm.

Balances:

BALANCE DE MATERIAS	ANTIGUO PROCESO	NUEVO PROCESO
Películas	5.390 m ² /a	-
Revelador de películas (0,15 l/m ²)	800 l/a	-
Fijador de películas (0,15 l/m ²)	800 l/a	-
Agua de lavado película (8,5 l/m ²)	46 m ³ /a	-
Revelador plancha (0,25 l/m ²)	1.347 l/a	2.021 l/a
Agua de lavado plancha (1 l/m ²)	5 m ³ /a	8 m ³ /a
Plancha	5.390 m ² /a (7.700 planchas/a)	-
Plancha CTP	-	8.085 m ² /a 11.550 planchas/a

BALANCE ECONÓMICO	ANTIGUO PROCESO	NUEVO PROCESO
Películas	21.000 €/a	-
Revelador de películas	2.400 €/a	-
Fijador de películas	2.300 €/a	-
Agua de lavado película	32,2 €/a	-
Planchas	26.500 €/a	75.000 €/a
Revelador plancha	3.950 €/a	9.933 €/a
Agua de lavado plancha	3,5 €/a	6,0 €/a
Gestión películas	175 €/a	-
Gestión del revelador de películas	450 €/a	-
Gestión del fijador de películas	225 €/a	-
Gestión revelador plancha	5.500 €/a	9.225 €/a
Gestión planchas	0 €/a	0 €/a
Coste total	62.535,70 €	90.164 €
Coste unitario	8,12 €/u	7,80 €/u

Aumento de gastos absolutos en preimpresión: 27.628,30 €/año

Ahorro de mano de obra en la preimpresión: 89.900,00 €/año

Ahorro total anual en preimpresión: 61.371,70 €

Inversión en instalaciones: 300.000,00 €

Retorno de la inversión: 4,8 años

Conclusiones:

Con esta actuación la empresa consigue ahorrar un 100% en el consumo de película, de productos asociados a su procesamiento (revelador, fijador y aguas de lavado) así como de las corrientes residuales de esta fase del proceso de preimpresión.

Es especialmente importante señalar que con esta automatización se consigue un importante acortamiento del ciclo productivo, sobre todo en cuanto a la eliminación de tareas manuales, lo que permite a la empresa recolocar los trabajadores en otras fases del proceso de impresión, y una mayor planificación y control del resto de procesos.

Se trata de un ejemplo claro de como una introducción de nuevas tecnologías supone, además de una mejora de la calidad y un aumento de la productividad, una mejora ambiental que justifica la inversión realizada.

INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE DISPENSING DE TINTAS

En este ejemplo se explicará el caso de una empresa dedicada básicamente a fabricar envases flexibles para la alimentación cuya actividad principal se centra en la impresión y laminado de varios tipos de soporte. La empresa cuenta con varias máquinas de impresión por rotograbado sobre soporte plástico, concretamente polipropileno y polietileno. Se trata de una PYME que ha experimentado grandes cambios en su proceso de actualización con las nuevas tecnologías emergentes del sector de las artes gráficas.

Consideraciones:

El proceso de preparación de las tintas es un proceso que la empresa realizaba de forma manual. Consistía en mezclar diferentes colores de tinta para conseguir el color deseado, siguiendo una serie de instrucciones prefijadas que indicaban la cantidad en peso de cada color básico, o bien en la adquisición del color directamente del proveedor, que se encontraba almacenado. La mezcla se realizaba en los mismos bidones en los que se suministraban las tintas con la ayuda de una báscula y transvasando la tinta con un cucharón. A continuación se ajustaba la viscosidad de la tinta con la adicción de acetato de etilo, lo cual es necesario para el buen funcionamiento de las máquinas de impresión, añadiendo un 40% de solvente de forma manual. Prácticamente todas las operaciones de preparación de las tintas se realizaban en un espacio de la nave de impresión destinado a tal efecto, y los bidones que contenían la tinta se trasladaban hasta los tinteros de las máquinas de impresión.

La variedad de colores con la que trabajaba la empresa comportaba una necesidad considerable de almacén de materias primas y, en consecuencia, un volumen importante de envases vacíos a gestionar como residuos.

Objetivo:

Los motivos que llevaron a la empresa a realizar la actuación son los siguientes:

- Reducción de la generación de residuos de envases.
- Reducción del stock de tintas gracias a un control óptimo de las existencias.
- Color uniforme e invariable con una reproducción perfecta.
- Reducción del coste final de la tinta ya que pueden adquirirse tintas base a granel.
- Posibilidades de evitar pérdidas de los remanentes de tintas con los envases gestionados como residuos.
- Posibilidad de obtener la cantidad exacta de tinta para cada tiraje, minimizando los sobrantes.
- Posibilidad de recuperar las tintas sobrantes de un tiraje y de reutilizarlas.
- Evitar al máximo las operaciones de manipulación manual de tintas, ya que son una fuente de errores y derrames importantes.

- Minimizar las emisiones atmosféricas de disolventes orgánicos originadas en los transvases y cuando se realizan mezclas manuales de las tintas.
- Disponibilidad de la tinta de una forma rápida y precisa.

Con este conjunto de objetivos, la empresa acordó instalar un sistema de *Dispensing* de tintas líquidas.

Resumen de la actuación:

El sistema *Dispensing* es un sistema para mezclar colores y diluir tintas para la impresión de soportes. Con el propio programa del sistema se preparan las tintas necesarias según el soporte a imprimir. Es preciso disponer de un número importante de concentrados monopigmentarios, envasados en depósitos que oscilan entre los 200 y los 1.000 kg, y mediante un sistema de bombas y conducciones controlados por ordenador se dosifican las tintas automáticamente en el envase deseado.

Con el fin de dosificar una cantidad de una muestra determinada, se requiere un espectrofotómetro de reconocimiento del color de la muestra y el programa de control de la formulación y calidad de color. Así, una vez reconocido el color, el programa indica la cantidad que se requiere de cada depósito para suministrar el color deseado, y mediante el juego de válvulas accionadas neumáticamente y la báscula donde se dosifica la tinta de impresión llega a obtenerse la petición procesada. El sistema es hermético y la transición desde la fase de mezcla de colores a la fase de dilución de tintas e impresión de soportes se realiza por inyección directa y sin utilizar bidones. De esta forma se reducen los vapores de solvente.

Los depósitos no se gestionan como residuos ya que se devuelven al proveedor, que los llena de nuevo. En este caso, se han instalado un total de 16 depósitos de materias primas necesarias.

El sistema también calcula la cantidad necesaria para una determinada tirada y, además, en caso de generar un sobrante de tintas en el tiraje, es capaz de reutilizarlas y producir otro color.

Balances:

BALANCE DE MATERIAS	ANTIGUO PROCESO	NUEVO PROCESO
Consumo tintas	100 t	80 t
Consumo disolvente	19,35 t/a	2,90 t/a
Generación de residuos de envases metálicos	2,5 t/a	0,625 t/a
Generación residuos de tintas	3 t	0

BALANCE ECONÓMICO	ANTIGUO PROCESO	NUEVO PROCESO
Coste tintas (3,31 €/kg)	330.556,66 €/a	264.445,33 €/a
Coste disolvente (0,9 €/kg)	17.444,38 €/a	2.614,40 €/a
Coste gestión envases metálicos (0,30 €/kg)	750 €/a	187,5 €/a
Coste gestión tintas (0,75 €/kg)	2.250 €/a	0 €/a
COSTE TOTAL	351.001,04 €/a	267.247,23 €/a

Ahorro total anual:	83.753,81 €
Inversión en instalaciones:	156.263,15 €
Retorno de la inversión:	1,86 años

Conclusiones:

Con esta actuación de automatización de la formulación y distribución de las tintas, la empresa ha conseguido regularizar la utilización de tintas líquidas para la impresión de los productos de embalaje que fabrica. Los principales beneficios ambientales obtenidos corresponden a:

- la eliminación de residuos sobrantes de tintas en un 100%
- la reducción de residuos de envases en un 80%
- la reducción total de emisiones de solvente a la atmósfera
- un ahorro de tiempo gracias a la automatización del sistema
- una reducción de inventarios estimada en un 35%
- la disponibilidad del color necesario de forma inmediata
- una mejora de la calidad del material impreso, gracias a la reproducción perfecta de los colores preparados

Con este ejemplo se demuestra que un cambio tecnológico conlleva, además de una mejora medioambiental, unos ahorros económicos importantes para la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

- CEMA, Departamento de Medio Ambiente, Generalitat de Catalunya. *Prevençió de la contaminació al sector d'arts gràfiques*. Manuals d'ecogestió, 12. Barcelona, mayo de 2003.
- CEMA. *Informe final dels grups de treball d'arts gràfiques a Catalunya*. Catalunya, enero de 2001.
- IHOBE. *Libro blanco para la minimización de residuos y emisiones*. País Vasco, 2000.
- EPA. *Office of Compliance Sector Notebook Project. Profile of the Printing and Publishing Industry*. Washington, agosto de 1995.
- THE WORLD BANK GROUP en colaboración con UNIDO. *Pollution prevention and abatement handbook, Towards Cleaner Production*. 1998.
- CAR/PL. *Estado de la producción más limpia en los países del Plan de Acción para el Mediterráneo*. Barcelona, 2001.
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA DE TÚNEZ. *Étude de positionnement stratégique de la branche imprimerie*. Túnez, diciembre de 2002.
- CONAMA RM-CENMA. *Guía para el control y la prevención de la contaminación industrial*. Santiago de Chile, agosto de 1999.
- GENERALITAT DE CATALUÑA. *Informe anual sobre la indústria a Catalunya l'any 2001*.
- CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE DE LA COMUNIDAD DE MADRID. *Manual de gestión ambiental y auditoría del sector de Artes Gráficas*. Madrid, octubre de 2000.
- WASTE MANAGEMENT & RESEARCH CENTER. *Common Pollution Prevention Practices in Printing Industry*. Illinois, 1997.
- ANCHOR. *Guía a la química en el área de prensa*. Florida, 1993.
- ANCHOR. *Guía de productos de limpieza para mantillas y rodillos de Impresión*. Florida, 1993.

- ANCHOR. *Haciendo el cambio a los productos que promueven el equilibrio con la naturaleza para la limpieza de mantillas y rodillos de impresión*. Florida, 1993.
- HEIDELBERG. *Impresión & Medio Ambiente* núm. 5 y 9. Alemania, abril de 2002.
- EPA. *Solutions for Lithographic Printers*. Washington, septiembre de 1997.
- IOWA WASTE REDUCTION CENTER. *Pollution Prevention Implementation Plan for Printing Industries*.
- IOWA WASTE REDUCTION CENTER. *Pollution Prevention Manual for Lithographic Printers*. Iowa, marzo de 1994.
- AGFA. *Equilibrio agua/tinta*. Abril de 1998.
- EPA. DfE. *Design for the environment*. Recoge varias publicaciones de minimización de la contaminación de las diferentes técnicas de impresión del sector de las artes gráficas.
- INGENIERÍA QUÍMICA. *Optimización de sistemas de destrucción de VOC*. Abril de 1998.

WEBS DE UTILIDAD RELACIONADAS CON EL PROYECTO:

www.tunisieindustrie.nat.tn

Agence de promotion de l'industrie (API), Túnez.

www.assografici.it

Associazione Nazionale Italiana Industrie Grafiche Cartotecniche e Transformatrici (Assografici), Italia.

www.ficg.fr

Fédération de l'imprimerie et de la communication graphique (FICG), Francia.

www.gzs.si/ENG/ccis/branch/publish/index.htm

Chamber of Commerce and Industry of Slovenia (CCIS) - Publishing and Printing Association.

<http://www.epa.gov/dfc/projects/index.htm>

US Environmental Protection Agency.

<http://www.asefapi.es/AreaPublica/AreaPublica.htm>

Asociación Española de Fabricantes de Pinturas y Tintas de Imprimir.

<http://www.iwrc.org>

Iowa Waste Reduction Center.

<http://www.pneac.org>

Printer's National Environmental Assistance Center.

<http://www.gencat.es>

Departamento de Medio Ambiente de la Generalitat de Cataluña.

<http://www.wmrc.uiuc.edu/manuals/printing/toc.htm>

Waste Management & Research Center.

<http://www.calitrol.com>

Información de varios consumibles.

<http://www.inelme.com>

Información de varios consumibles.

<http://www.coateslorilleux.com>

Información de varios consumibles.

<http://www.varn.com/kompacII.html>

Información de consumibles y sistemas de remojo automático.

<http://www.cambrescat.es>

Consejo General de Cámaras de Comercio de Cataluña.

<http://www.kodak.com/US/en/corp/hse/prodSearchMSDS.html>

Hojas de seguridad de varios productos.

<http://graphics.agfa.com>

Información diversa.

<http://www.artesgraficas.com>

Información técnica y de negocios para la industria gráfica en América Latina.

<http://www.flexography.org/welcome.cfm?CFID=1946748&CFTOKEN=40312198>

Flexographic Technical Association.

<http://junres.gencat.net/junta/publicacions/pdf/dissolvents.pdf>

Junta de Residuos de la Generalitat de Cataluña.

<http://www.wk-gmbh.com/espanol.html>

Control/tratamiento de gases residuales.

<http://www.envirolink.org>

Fuente de información ambiental.

<http://www.istas.net/ma/areas/residuos/caso08.pdf>

Información ambiental.

<http://www.waterless.org/NwaterWashable/default.htm>

Waterless Printing Association.

<http://www.infoserigrafia.com/>

Asociación serigráfica.

<http://www.tecnomaq.com.mx/articulos.html>

Artículos de información sobre los tipos de impresión.

<http://www.flexografia.com/portal/index.php>

Información - recursos - negocios.

<http://www.aad-andalucia.org/boletin/ficheros/GLOSARIOCPG.pdf>

Glosario Técnico de la Industria Gráfica.

http://www.mx.heidelberg.com/03_pro/frm_pro.htm

Información de prensas.

RÁNE

IA

**Centro de Actividad Regional
para la Producción Limpia (CAR/PL)**

París, 184, 3a planta - 08036 Barcelona (España)

Tel.: +34 93 415 11 12 - Fax: +34 93 237 02 86

E-mail: cleanpro@cema-sa.org

<http://www.cema-sa.org>