

Estabilidad del papel en las obras de arte



fundación
MAPFRE

Ruth Viñas Lucas

Estabilidad del papel en las obras de arte



fundación
MAPFRE

RUTH VIÑAS LUCAS

«Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del *copyright*, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares con ella mediante alquiler o préstamo público.»

© 1996, Ruth Viñas Lucas

© 1996, Fundación MAPFRE

Editorial MAPFRE, S. A.
P.º de Recoletos, 25
28004 MADRID

I.S.B.N.: 84-7100-912-9
Depósito legal: M. 21.228/1996

Fotocomposición e impresión: Fernández Ciudad, S. L.

*Impreso en España
Printed in Spain*

A Juan Carlos Burgos Estrada, mi marido.

ÍNDICE

	<i>Pág.</i>
Prólogo	XI
Introducción	XV
1. ¿Qué es el papel? Características según su fabricación y materias primas	1
Antecedentes	1
Materias primas	6
Las fibras	6
Los aditivos	21
La fabricación	24
El papel «a mano»	24
El papel continuo	30
Diferencias entre el papel a mano y el papel continuo	34
2. ¿Por qué se deteriora el papel? Patología de los papeles de uso artístico	41
Las causas internas de alteración y sus efectos	43
Las fibras	43
Los encolantes	46
Los blanqueadores	47
Otros aditivos	47
El agua	49
El papel teóricamente óptimo	50
Las causas externas de alteración y sus efectos	51

	<i>Pág.</i>
Causas físico-mecánicas	52
Temperatura-humedad	56
La luz	58
Vibraciones	62
Contaminación ambiental	63
Causas biológicas	66
Causas catastróficas	73
3. ¿Qué es el papel permanente? El papel permanente y su normalización	75
La estabilidad del papel: permanencia y durabilidad	75
Problemática actual	75
Hacia una definición de papel permanente	77
Propuestas para un papel estable: la normalización relativa a la permanencia del papel.	84
La normalización en Asia	92
La normalización en América	92
La normalización en Europa: individualismos y proyectos en común.	97
Normativa internacional: la búsqueda de un acuerdo global.	
The International Organization for Standardization (ISO) ...	104
Reflexiones sobre la situación actual	106
4. ¿Son permanentes los papeles para uso artístico? Estudio analítico	109
Justificación de criterios	109
Determinación de la muestra	112
Análisis y resultados	114
Ensayos preparatorios y determinación del gramaje	114
Análisis químicos	116
Análisis físicos	122
Envejecimiento acelerado con calor húmedo	126
Análisis de resultados y conclusiones	132
Permanencia y relación entre los criterios	133
Permanencia de papeles especiales	142
5. ¿Cómo podemos aumentar la permanencia de nuestros papeles? La desacidificación	149
Justificación de la desacidificación	149
La desacidificación como tratamiento	152

	<i>Pág.</i>
Descripción del método de desacidificación	152
Modificación de las características químicas del papel	156
Modificación de la permanencia de los papeles desacidificados	157
Permanencia de los papeles desacidificados según las normas ISO y ANSI/NISO	157
Permanencia de los papeles desacidificados tras el envejecimiento acelerado	158
Conclusiones	164
6. Reflexiones finales	167
Recapitulaciones	167
Reflexiones sobre las normas que evalúan la permanencia ...	168
Reflexiones sobre la permanencia de los papeles analizados.	169
Reflexiones sobre el método propuesto para prolongar la permanencia de los papeles artísticos	170
Recomendaciones generales para la salvaguarda de obras de arte sobre papel	171
 APÉNDICES	
Apéndice 1. Bibliografía	177
Apéndice 2. Catálogos. Muestrarios. Información del fabricante	193
Apéndice 3. Normas consultadas	197
Apéndice 4. Directorio de organismos de normalización	201
Apéndice 5. Fichas con las características de los papeles analizados	205

PRÓLOGO

La conservación y preservación de todo patrimonio artístico es una de las mayores preocupaciones para todos los que, de una forma u otra, trabajamos dentro del campo de la cultura. Una preocupación que se hace más acuciante cuando nos adentramos en el arte contemporáneo, que, en buena parte, ha ido desdeñando los procedimientos tradicionales que garantizaban la permanencia de la obra artística.

Es cierto que el problema no puede reducirse a una mera cuestión técnica; el menor afán de inmortalidad de la obra de arte no se puede achacar sólo a un desconocimiento técnico por parte de los artistas, sino que responde también a un nuevo planteamiento del artista ante la sociedad, ante la historia. Con el paso del Antiguo Régimen a este nuevo, que marca nuestra modernidad, son muchas las cuestiones de principio que quedan relegadas, cuando no son claramente atacadas. Una de ellas, y no la menos baladí, es aquella por la que se tenía una visión estática del mundo y de las cosas.

No en vano el tiempo concebido no como algo externo a nosotros mismos, sino como una parte decisiva de nuestra esencia, marca profundamente nuestra vida de hombres modernos. De alguna forma somos tiempo y el tiempo pasa y nunca se recupera.

Todo ello nos ha llevado a convivir en un mundo fundamentado en la continua necesidad de cambio y que poblamos de objetos y materiales que no sólo han contemplado su posible caducidad, sino que son fabri-

cados partiendo del principio de una necesaria finitud, de su casi imprescindible obsolescencia.

Algo tan cotidiano como la fecha de caducidad en el envoltorio de un producto no deja de ser casi una petición de principio y algo que nos sitúa en una concepción muy concreta del mundo y de la vida.

Cuando nos acercamos a la obra de arte, estas consideraciones generales y que, por obvias, pueden parecer de mero sentido común, adquieren un especialísimo interés. El arte contemporáneo, y muy especialmente lo que entendemos como arte de vanguardia, parece haberse construido sobre una serie de paradojas de fondo, lo que propicia que periódicamente y con fuerza creciente se levanten voces profetizando su fin.

Porque, al margen de otras consideraciones, la obra de arte contemporánea parece no resignarse a perder los más importantes atributos conquistados durante el Antiguo Régimen: su inmortalidad y cierta sacralización. Y casar el afán de inmortalidad con una época marcada por una vivísima conciencia del paso del tiempo no es sólo asunto de reflexión, sino que, en la práctica más directa, hace muchas veces incompatible la voluntad artística con los medios de los que el artista dispone para realizarla.

Hay quien ha tirado, en esta dolorosa paradoja, por la calle del medio estableciendo una teoría y una praxis de un arte efímero, hecho para no durar. Pero no por ello se puede calificar de arte efímero todo el arte contemporáneo.

Por todo esto, un trabajo como este de Ruth Viñas, dirigido en un principio a artistas y empeñado en valorar y estudiar, precisamente, la estabilidad del papel como soporte de la obra de arte, tiene una especial importancia, tanto mayor cuanto que este tipo de estudios resultan realmente escasos dentro incluso de cualquier bibliografía más o menos especializada.

Gracias a obras como ésta, el artista puede reencontrarse con el que es el segundo axioma de esta época moderna: el de la libertad. Decidir si una obra debe o no perdurar, dentro de lo razonable, resulta, tras las consideraciones que hemos visto, un problema de estilo, de voluntad, frente al que el artista debe poder decidir, por anacrónico o contradictorio que pueda parecer su planteamiento.

Este trabajo se enfoca, precisamente, como una investigación que facilita, dentro de unos límites razonables (nadie puede del todo negar su época), una toma de posición del artista, que lógicamente se apoyará en un estilo, en una concepción global de la obra. Y esto es especialmente importante, porque no sólo se trata de una guía para la conservación —lo que en sí mismo ya es importante—, sino que además se plantea la situación con anterioridad incluso a que el artista realice su trabajo.

Para la Fundación Cultural MAPFRE Vida es una gran satisfacción el haber apoyado, junto a la Fundación MAPFRE, este trabajo de investigación que da ahora sus primeros frutos bajo la forma de este libro, que no es sólo un manual de apreciación de las cualidades del papel, sino que, además, sirve de llamada de atención sobre algunos de los aspectos más fascinantes, más contradictorios también, de una reflexión sobre el arte contemporáneo y su contexto social.

PABLO JIMÉNEZ BURILLO
Director de la Fundación Cultural MAPFRE Vida

INTRODUCCIÓN

La presente obra va dirigida principalmente a los artistas que trabajan sobre papel, aunque también puede interesar a conservadores, restauradores, responsables de archivos, bibliotecas y museos, fabricantes de papel o cualquier otra persona que tenga interés en la preservación de este soporte.

Como restauradora de documentos estoy acostumbrada a constatar el continuo deterioro al que se ven sometidas muchas de las obras de arte actuales, con la certidumbre de que el problema, en gran medida, no hubiera aparecido si el artista hubiese elegido los materiales adecuados. Los papeles modernos pueden gozar de una estupenda estabilidad frente al paso del tiempo, pero esto no suele ser así, y muchas de las obras artísticas que se pretende nos perduren están condenadas a un rápido envejecimiento ante el que poco podremos hacer los restauradores.

Con este trabajo he intentado exponer «el porqué» de este deterioro y los remedios con los que afrontar el problema. Estos pasan por la elección —de la que es responsable el artista— de papeles que puedan resistir el paso del tiempo —de cuya comercialización son responsables los fabricantes—; pero este dato, desgraciadamente, no suele ser accesible al consumidor, o lo es de una manera equívoca. De ahí el hincapié en la normalización sobre los papeles permanentes, y en la necesidad de símbolos que permitan identificar y certificar esta calidad.

Se pone de manifiesto la necesidad de una norma específica para papeles permanentes de uso artístico, debido a la escasa adecuación a este

respecto de la normativa actual. El artista no puede conocer *a priori* las cualidades de un papel y, como veremos, va a encontrar en el mercado un alto porcentaje de soportes de permanencia insuficiente. Como muestra se presentan, a modo de fichas, los resultados obtenidos tras analizar medio centenar de papeles.

Pero la aportación que entiendo más interesante de este trabajo es la propuesta de desacidificación como alternativa a la elección de un papel de escasa o desconocida idoneidad. La desacidificación es un tratamiento empleado por los restauradores que por su eficacia y sencillez bien podría ser llevado a cabo por el propio artista antes de la elaboración de su obra, como «preparación» del soporte ante el paso del tiempo. Queda la sugerencia abierta, con la esperanza de que los artistas sensibles al problema, la apliquen prolongando la vida de lo que en un futuro cercano será nuestro patrimonio.

Este libro es una síntesis de la tesis doctoral *Estabilidad de los papeles para estampas y dibujos. El papel como soporte de dibujos y grabados: Conservación*, dirigida por don Álvaro Paricio Latasa y defendida ante el tribunal presidido por doña Rosa María Basante Pol, en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid, el día 17 de febrero de 1995. También han contribuido dos investigaciones realizadas durante los años 1993 y 1994: por un lado, con el patrocinio y ayuda de la Fundación MAPFRE y de la Fundación MAPFRE Vida, el estudio «Prevención de alteraciones en dibujos y estampas: la conservación del papel y el control del medio», y, por otro, el Grupo de Trabajo del Proyecto CEP, «Análisis del papel reciclado como componente de obras del Patrimonio Histórico», ambas realizadas con la colaboración de la Escuela Superior de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Madrid, del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (Departamento de Industrias Forestales, Sección Celulosas) y del Instituto Tecnológico de Seguridad MAPFRE (ITSEMAP).

Mi agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posibles estos trabajos, a don Jose María Tagle —mi profunda gratitud por sus enseñanzas y por tanto tiempo dedicado—, a doña Carmen Hidalgo y a mis padres por las sugerencias que contribuyeron a la mejora de este libro y, muy especialmente, a mi marido y a mis amigos por su apoyo.

1

¿Qué es el papel? Características según su fabricación y materias primas

ANTECEDENTES

Dibujos y estampaciones se han realizado sobre soportes de todo tipo, generalmente en concordancia con la grafía de cada época. A través del tiempo, obras de arte y escritura han compartido desde materiales inorgánicos (soportes de piedra y metal) hasta los modernos materiales sintéticos («papel poliéster») aunque, desde hace siglos, el soporte casi exclusivo para la realización de estampas y dibujos es el papel.

El papel está compuesto por un conjunto de fibras, preferentemente de origen vegetal, que forman una superficie plana; a estas fibras pueden añadirse diversas materias (encolantes, colorantes, blanqueadores, cargas de relleno, etc.), capaces de proporcionar características acordes al uso al que vaya destinado.

La *invención del papel*, con su aspecto y consistencia característicos, se debe al pueblo chino¹. El *método tradicional de fabricación en Chi-*

¹ El invento se atribuye a Ts'ai Lun (105 d.C.). Quizás su mérito consistiera en añadir una sustancia encolante al fidaliz (soporte popular similar al papel —protopapel—, pero de poca consistencia, datado desde el 200 a.C.), aunque es posible que su aportación fuera ofrecer al emperador chino este soporte, ligeramente perfeccionado, como sustituto de los costosos rollos de seda y de las incómodas tabletas de bambú. No se sabe si el empleo de fibras no textiles, como la morera y el bambú, y el uso de bastidores para la formación de la hoja se deben atribuir a este inventor, o si se habían ido desarrollando mucho antes.

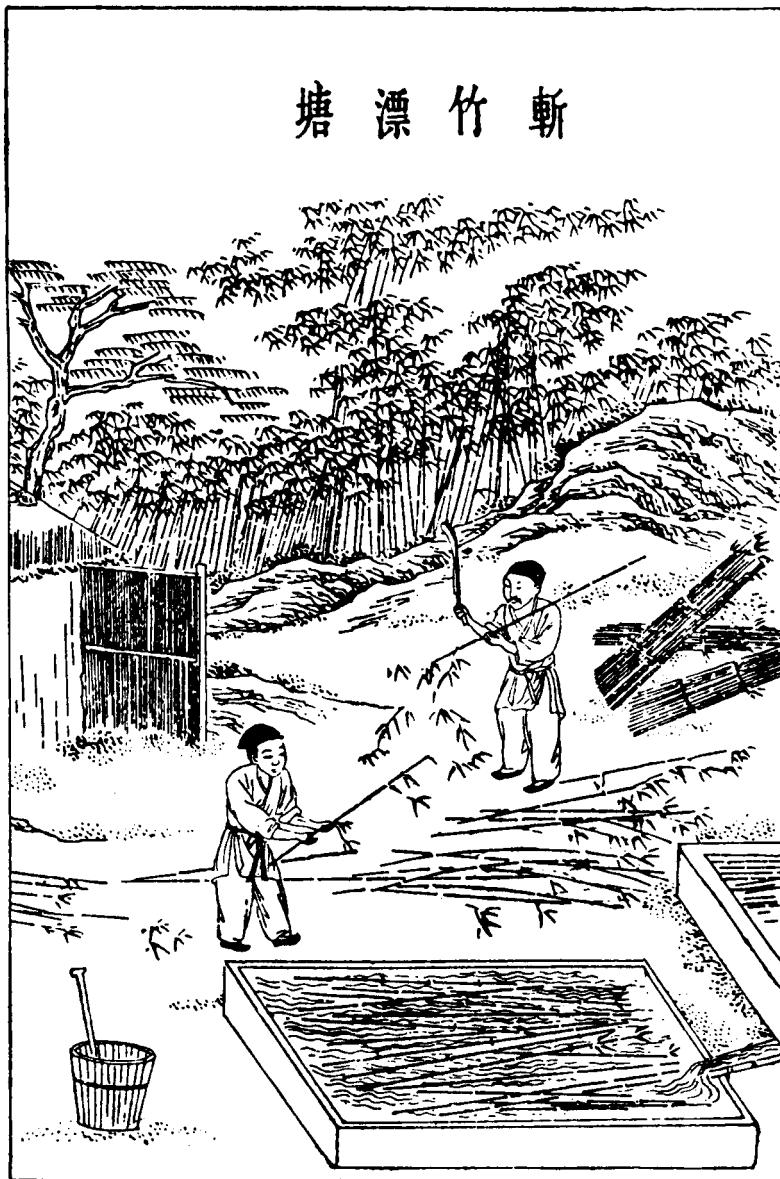


Figura 1. Fabricación tradicional del papel en China: Corte de renuevos de bambú y remojo en agua. De la obra de T'ien-kung k'ai-wu (China 1634) (Keim, 1966, p. 28).

na consistía en el remojo de vegetales y restos de tejidos (Figura 1) y, frecuentemente, su cocción con agua de cal (Figura 2) para obtener una pasta que se depositaba en tinas, de las que se extraía mediante un tamiz o formadora (Figura 3). El tamiz consistía en un bastidor con un entramado de juncos o fibras hiladas de bambú, que dejaban en el papel una marca frecuentemente visible al trasluz (Figura 4). Tras la formación de la hoja venía el prensado y el secado, al sol o pegando las hojas a las paredes calientes del exterior de un horno. Una vez seco el papel, y con ayuda de una brocha, se encolaba con compuestos vegetales obtenidos de algas, raíces o almidones, y se pulía con bruñidores de piedra o hueso (Figura 5).

El papel llegó al *mundo occidental* de manos del pueblo árabe, partiendo de España, donde su presencia está documentada desde el siglo x². A partir de este momento se difunde también por territorios cristianos, compitiendo con el pergamo, a la vez que se extienden, de forma lenta pero progresiva, los primeros molinos papeleros de Europa.

La fabricación del papel en Occidente se basaba en el proceso oriental aunque, en lugar de emplear directamente las fibras de las plantas, se realizaba con fibras textiles, principalmente de cáñamo y lino, obtenidas de *trapos* usados. En el siglo xix la escasez de trapos, junto a la gran demanda de este soporte, provocó la búsqueda de otras alternativas, originando así el empleo de la *madera* (1843) como principal materia prima.

La misma demanda, junto a la evolución técnica de la época, supuso el abandono del antiguo método de fabricación –hoja a hoja– y la aparición de las máquinas de papel continuo (1799), capaces de fabricar largas tiras de papel con un coste menor, tanto económico como de tiempo.

De esta manera, nos encontramos con dos tipos de papel muy distintos, según sea fabricado antes o desde el siglo xix: el *papel artesanal*, obtenido manualmente con *pasta de trapos*, y el papel fabricado en *máquina continua* con *pasta de madera*. Aun así, estas categorías no son excluyentes, y podemos encontrar papeles continuos elaborados con pasta de trapos, y papeles «a mano», fabricados con pasta de madera.

Es importante diferenciar cada uno de estos términos, ya que las características de la pasta –de trapos o de madera– y la forma de fabricación –artesanal o en máquina– serán responsables de las cualidades y diferencias que individualizan los distintos tipos de papel.

² El *Breviario Gótico*, o *Misal Mozárabe*, del Monasterio de Santo Domingo de Silos parece ser el códice de papel más antiguo de Europa (siglos x-xi).

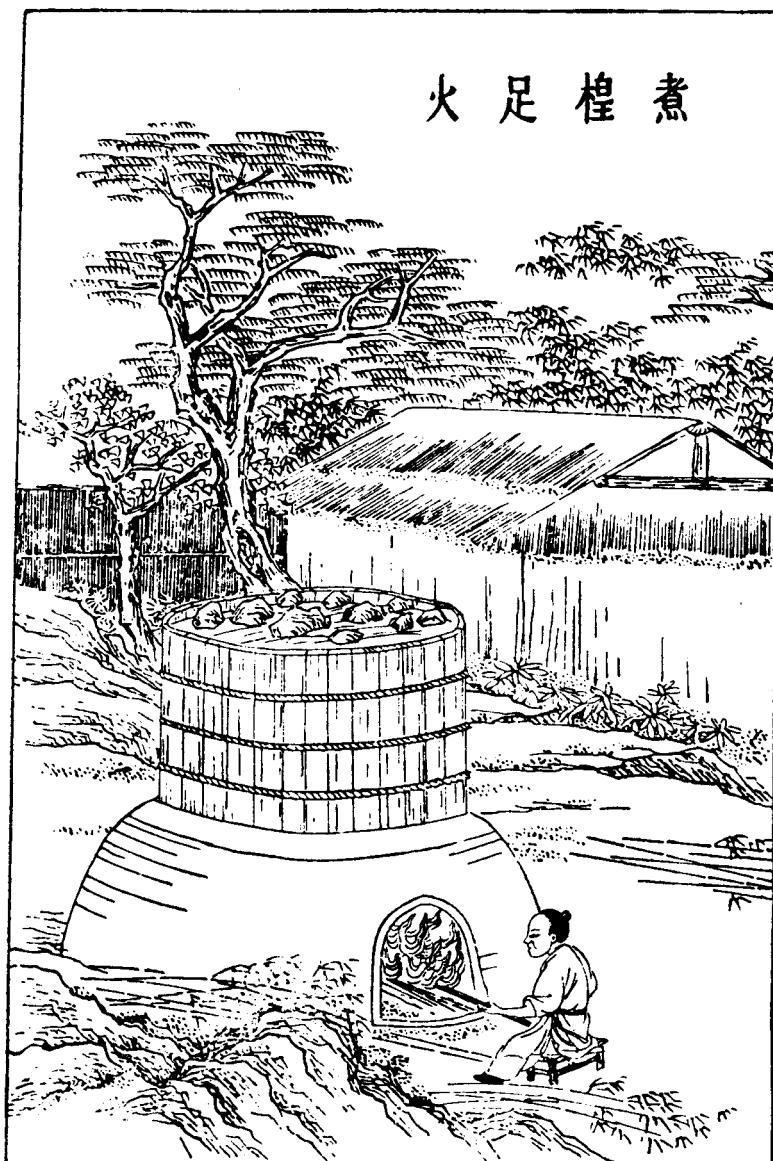


Figura 2. Cocción de tallos de bambú en mezcla de agua y cal. De la obra de T'ien-kung k'ai-wu (China 1634) (Keim, 1966, p. 29).

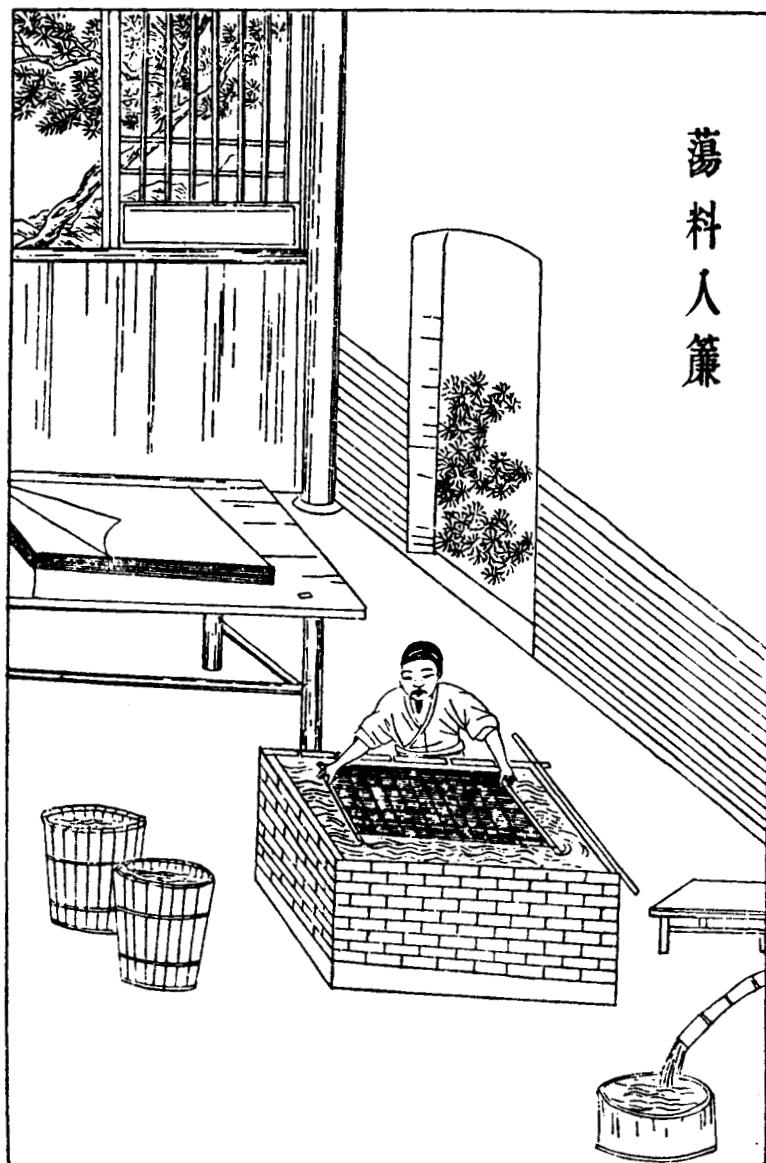


Figura 3. Extracción de la tinta de una hoja con formadora flexible. De la obra de T'ien-kung k'ai-wu (China 1634) (Keim, 1966, p. 30).

MATERIAS PRIMAS

La definición del papel según terminología papelera es una «hoja constituida esencialmente por fibras celulósicas de origen natural, afieltradas y entrelazadas» (UNE 57.003-78), e indica claramente que su principal materia prima o elemento constituyente son las fibras vegetales. De hecho, un papel puede estar fabricado exclusivamente de fibras —normalmente vegetales o «celulósicas»— y, según sea su origen y tratamiento, tener propiedades distintas³. La propia constitución de las fibras vegetales determina, en sí misma, el concepto de papel y lo que son sus principales características: higroscopidad, resistencia al paso del tiempo y a la manipulación, color...; pero estas cualidades iniciales pueden ser modificadas por aditivos (cargas, encolantes, colorantes, etc.), que serán los que terminen de definir el producto final. Obviamente, los aditivos modifican la configuración inicial del papel; el encolado, por ejemplo, deposita sobre las fibras materias hidrófobas que impiden la absorción, y las cargas, al intercalarse entre las fibras, aumentan la opacidad, disminuyendo la resistencia.

Así, al hablar de la constitución de un papel tenemos que referirnos a *dos elementos básicos*: por un lado, al componente principal, *las fibras*, junto al tratamiento que han recibido para convertirse en pasta y, por otro, a los componentes secundarios, o *aditivos*, que son los que terminarán de configurar sus propiedades.

Las fibras

En la composición fibrosa del papel, la diferencia más importante radica en la procedencia de las fibras, lo que implica una mayor o menor presencia de lignina⁴; las llamadas *fibras liberianas* —fibras de plantas de tallo no leñoso, como el lino—, y las fibras textiles —de telas de algodón, lino...—, tienen un alto contenido en celulosa y apenas poseen lignina, al contrario que las fibras de tallo leñoso o *fibras lignificadas* (madera).

³ En este caso, es importante resaltar la función del agua que, mediante los llamados «puentes de hidrógeno», ejerce una unión química intramolecular e intermolecular con la celulosa. Esto implica que, en la fabricación de papel, se puede prescindir de los encolantes, pues la simple unión de fibras celulósicas produce un soporte altamente resistente.

⁴ La lignina se encuentra en las plantas de tallo leñoso y actúa como ligante de las fibras de la madera; es muy inestable y propicia el amarilleamiento y la acidez, acortando la vida de los papeles.

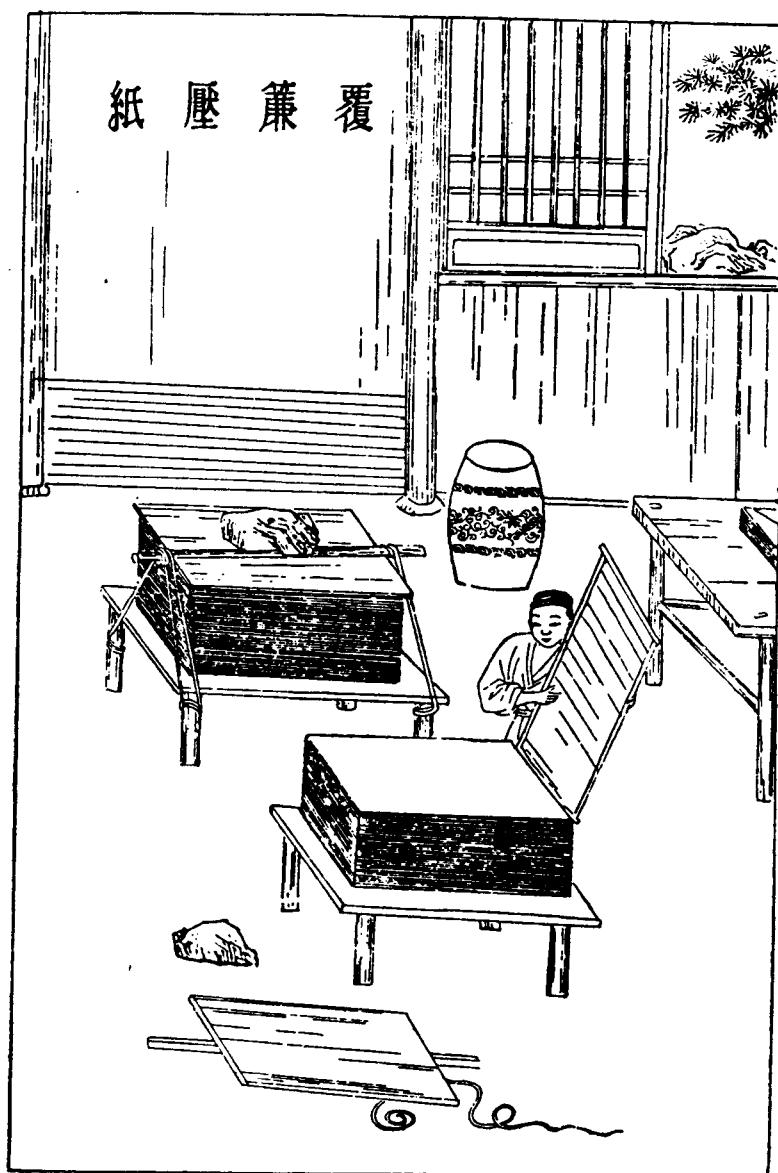


Figura 4. Prensado de hojas. De la obra de T'ien-kung k'ai-wu (China 1634) (Keim, 1966, p. 31).

Pero para fabricar un papel ha de transformarse la materia prima en pasta y refinar las fibras⁵. Estos tratamientos son determinantes, ya que influyen en características como la resistencia al paso del tiempo —la lignina puede eliminarse de las fibras lignificadas por medios químicos—, la absorción, suavidad, resistencia a la manipulación, etc.

De esta manera, según las fibras empleadas en la fabricación del papel, hablaremos de papeles de fibras lignificadas (leñosas o madera) y no lignificadas (no leñosas: textiles y liberianas) y, según el proceso de obtención de la pasta papelera, de papeles de *pasta mecánica, química o semiquímica*.

La pasta de fibras no lignificadas

La pasta de fibras no lignificadas es la materia prima más apreciada para la fabricación de los papeles de mejor calidad. La principal ventaja es su alto contenido en celulosa y escasa o nula presencia de lignina, lo que redunda en una mayor resistencia al tiempo, pues estas fibras envejecen de forma más lenta que las lignificadas, garantizando una mayor permanencia y durabilidad de la obra artística.

La pasta de papel de fibras no lignificadas puede provenir directamente de plantas herbáceas⁶ o de tejidos fabricados a partir de estas fibras. En principio, resultan más económicos los desechos textiles que, tanto en el caso de trapos viejos como nuevos, no tendrían una aplicación más ventajosa; además, para ser convertidos en pasta papelera precisan operaciones más simples, basadas principalmente en la limpieza, mientras que las fibras obtenidas directamente de vegetales suelen necesitar la cocción con productos químicos. El único inconveniente de los trapos es la escasez de esta materia prima en relación con la demanda, lo que contribuye a su encarecimiento y a la búsqueda de fibras sustitutivas.

El *papel oriental* se ha caracterizado por el empleo directo de vegetales; actualmente, los brotes de las plantas se ablandan con agua caliente

⁵ El refino elimina la pared primaria que recubre las fibras, permitiendo su hidratación y fomentando la capacidad de enlace. Para obtener un papel resistente se debe aumentar la superficie de contacto entre las fibras rompiendo su capa primaria (mediante procesos mecánicos como el refino) y liberando las fibrillas internas (fibrillación).

⁶ Aunque en principio se caractericen por su escaso contenido de lignina, no todas las plantas herbáceas tienen sus fibras no lignificadas, ya que en algunas, al envejecer, se lignifican los tallos convirtiéndose en lo que comúnmente se denominan cañas o pajas. Esta paja tendrá entonces una elevada cantidad de lignina, propia de las plantas de tallo leñoso, cuyas fibras siempre se hallan lignificadas.



Figura 5. Secado de la hoja en muro hueco caliente. De la obra de T'ien-kung k'ai-wu (China 1634) (Keim, 1966, p. 32).

y raspando se elimina la corteza fibrosa dejando el líber, que se cuece con cal o con lejía de cenizas o de sosa y una vez convertido en fibras, se machaca. Los papeles que se obtienen con estas fibras son muy apreciados para la estampación, por la suavidad y uniformidad de su superficie.

En el *mundo occidental* los trapos fueron el primer material empleado para la fabricación del papel. Su proceso de transformación en pasta papelera ha evolucionado considerablemente, gracias a complejos sistemas que reducen el tiempo y trabajo necesarios, pero, todavía, aunque en muy pocos lugares, se conservan los métodos tradicionales de obtención de la pasta⁷. Las materias primas más comunes son los trapos de cáñamo y lino, caracterizados por dar al papel cierta dureza, y los trapos de algodón, que lo dotan de esponjosidad y buena absorción.

Según el sistema tradicional de elaboración del papel en Occidente, tras la *recogida* de los trapos se eliminan, con un cuchillo, las costuras y los cuerpos extraños, y se lleva a cabo una *selección*, separándolos en varios compartimentos que diferencian tipos y calidad. Una vez seleccionados, los trapos se cortan en trozos pequeños —*troceado*— mediante una cuchilla vertical empotrada en una mesa, y se limpian de polvo —*expolsado* o desempolvado—, agitandolos dentro de un recipiente con paredes de rejilla metálica (*expolsador* o diablo) que gira al ser accionado por una manivela.

Para una mayor limpieza se procede al *lejiado*, mezclando los trapos con cenizas, greda o arcilla para desengrasarlos e igualar el color. De aquí se pasa al *pudridero*, una pila con agua para que, al fermentar por acción de las bacterias, se afloje el material fibroso y se destruyan cuerpos extraños y grasas (suciedad); en algunos casos los efectos de la fermentación se favorecen con la adición de *cal*, que contribuye a acelerar el proceso y a una limpieza antiséptica.

Los trapos, ya casi hilachas, se someten a una corriente de agua, *se lavan* y se eliminan los residuos de los productos empleados; finalmente, para que estas hilachas se conviertan en una pasta mínimamente uniforme, es necesaria su maceración.

La *maceración* consiste en machacar los fragmentos de trapo en los batanes con varios mazos de madera —martinetes—, movidos alternativamente por fuerza hidráulica (de ahí la ubicación de las antiguas fábricas de papel en molinos). La base de los mazos está provista de cuchillas o clavos —mazos de deshilachar—, de clavos romos para moler y triturar

⁷ Un ejemplo es el Molino Papelero de Capellades (Capellades-Barcelona), cuyo edificio actual data del siglo XVIII. Con fines de investigación y museo se sigue fabricando papel «a la antigua usanza» y se vende para obras de primera calidad (Valls, 1972).



Figura 6. Batanes del Museo Molino Papelero de Capellades

—mazos de afinar— o de superficie plana —mazos de desleír—, y suelen disponerse en seis pilas con tres mazos cada una: en las tres primeras se cortan los trapos, en las dos siguientes se afinan, y en la última se desleír (Figura 6).

Pero las calidades más regulares de refino se logran, desde el siglo XVIII, con la *pila holandesa*; consiste en una pila ovalada de metal, cemento o madera, dividida a lo largo en dos secciones por un tabique vertical que no llega a los extremos. En una de las secciones rueda un cilindro cubierto de cuchillas de acero que puede acercarse a voluntad a la base —según el grado de refino deseado— contra una pletina metálica dotada de otro sistema de cuchillas; la pasta, diluida en agua, al pasar entre los dos grupos de cuchillas se mezcla y desfibra. Con variaciones mínimas, esta máquina se sigue empleando actualmente en la industria papelera⁸ (Figura 7).

⁸ Al igual que en el caso de los mazos, hay pilas holandesas con cilindros para deshilachar, para afinar y para desleír. Los cilindros de deshilachar se colocan más lejos de la pletina que los de afinar, los cilindros de afinar tienen muescas en las cuchillas para poder atrapar los trapos por un mayor número de puntos, y los cilindros de desleír pueden ser totalmente de madera y sin cuchillas.

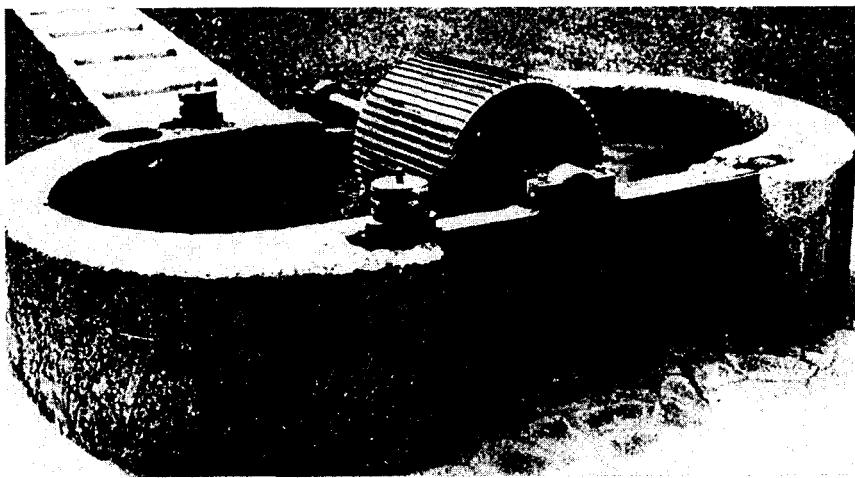


Figura 7. Pila holandesa (Escuela Gráfica Salesiana, p. 74).

Una vez obtenida la pasta, con los martinetes o con la pila holandesa, se bate la pulpa —*bateado*— con otro mazo de madera movido hidráulicamente y, si se fabrica el papel en el mismo molino, se mezcla con mayor o menor cantidad de agua para proceder a la formación de las hojas. De lo contrario, o si la pasta no se va a emplear en un corto espacio de tiempo (menos de una semana), se escurre y se almacena seca para evitar la putrefacción.

En la *industria moderna* los trapos se obtienen a partir de residuos de tejidos casi siempre nuevos, procedentes de fábricas textiles y de confección, y se transforman en pasta papelera con máquinas que mejoran y acortan el tiempo de producción.

Para el *desempolvado* se recurre al aire comprimido o a tambores provistos de mecanismos de aspiración; el *troceado* se realiza con máquinas cortadoras de trapos —de punzones o cuchillas—, y la maceración se sustituye por el *lejado* (cocción de los trapos en unas calderas rotatorias tipo autoclave —hervidores de trapos— con soluciones alcalinas)⁹. Después de la cocción, las fibras se *lavan* con agua dentro del mismo hervi-

⁹ Mediante la cocción con vapor a presión también se produce un efecto de limpieza, ya que la suciedad se separa de las fibras, los cuerpos grasos se saponifican y el jabón que se forma por la saponificación de las grasas absorbe la suciedad que podrá eliminarse con un simple enjuague. Las materias colorantes también se ven afectadas, por lo que luego se blanquean con más facilidad.

dor, se escurren sobre un tamiz y pasan a la pila holandesa, donde vuelven a lavarse con agua corriente gracias al movimiento de la pulpa.

La *trituración* se realiza en las pilas holandesas de media pasta que desprenden y disgregan los hilos hasta convertirlos en fibras sueltas o *media pasta*. La pasta de trapos, escurrida y seca (con piedras filtrantes, centrifugadores y prensapastas), se almacena para, si así se requiere, mezclarla posteriormente con otro tipo de fibras, pues, debido a la escasez de trapos, no suele emplearse pura, sino para mejorar otro tipo de pastas.

En cualquier caso, para formar un buen papel no basta con desfibrar los trapos, es necesario que las fibras se abran en sus extremos y se separen en fibrillas que, al entrelazarse entre sí, den cohesión al papel. Esta operación se consigue transformando la media pasta en *pasta entera* (*afinado*), mediante una nueva trituración de las fibras en la pila holandesa de pasta entera. Según el tipo de papel que se deseé fabricar, el grado de fibrilación deberá de ser mayor o menor, razón por la que se distingue la molienda basta o *refinado magro* de la molienda fina o *refinado graso*.

En el refinado magro las fibras no difieren tanto de la media pasta; se emplean rodillos con cuchillas, pues lo que se pretende con la pila holandesa es su corte. Con esta pulpa se obtienen papeles muy absorbentes, flexibles, blandos y opacos, como el papel secante o algún papel de imprenta o estampación.

En el refinado graso se aplastan las fibras para que se produzca el mayor número posible de fibrillas; para esto se utilizan cuchillas muy romas o de lava, pues no se busca cortar las fibras, sino machacarlas. Este sistema se usa para papeles con cierto aspecto transparente, resistentes y rígidos.

La pasta de fibras significadas

A mediados del siglo XVIII, debido a la paulatina escasez de trapos, se comenzó a experimentar con nuevas fibras para la obtención del papel (algas, plantas vellosas, virutas de serrín, ortigas, cardos, piñas, paja, etc.), aunque no se consiguieron resultados realmente satisfactorios hasta el empleo de la madera y la aparición de métodos de desfibrado capaces de convertirla en un elemento apto para la fabricación del papel¹⁰. La

¹⁰ Este avance revolucionario en la industria papelera data de 1843, cuando el alemán Keller patenta el desfibrado de la madera por medio de la abrasión de una muela y agua (pasta mecánica). Aunque en principio la pasta de madera sólo se empleará como carga de relleno para mezclarla con la pasta de trapos, poco a poco llegó a sustituirla como materia prima principal.

madera logró abaratar los costes; sin embargo, proporcionaba papeles de peor calidad que los de pasta de trapos.

Este problema se ha podido superar al eliminar, mediante procedimientos químicos, sustancias nocivas que acompañan a la celulosa de madera (lignina); el tipo de pulpa obtenida mediante estos sistemas se denomina *pasta química*, a diferencia de la *pasta mecánica*, que procede simplemente de troncos desfibrados por métodos abrasivos. Otro problema es la coloración oscura pues, aunque hay algunas maderas, como el falso abeto, con las que se consigue un papel bastante claro, la pasta de madera suele tener un tono más o menos pardo —*pasta cruda*—, por lo que para obtener papeles blancos ha de recurrirse al blanqueo —*pasta blanqueada*—.

Hoy en día *la madera es la materia prima más generalizada para la fabricación del papel* y los árboles más empleados son las coníferas —pícea, pino, abeto, etc.— y algunos de hoja caduca como el abedul, eucalipto, chopo o haya¹¹.

• La pasta de madera mecánica

La pasta mecánica apenas se emplea en la fabricación de soportes de dibujo y estampación, debido a su mínima resistencia al paso del tiempo, sobre todo en presencia de la luz. Pero hoy en día muchos artistas, en busca de nuevas formas de expresión, no dudan en emplear soportes como el cartón basto o el papel de prensa.

La *mala calidad de la pasta mecánica* se debe a dos factores. Por un lado, conserva todos los elementos naturales de la madera, entre los que se encuentran sustancias nocivas para la conservación del papel (hemicelulosas, resinas, y sobre todo lignina), por otro, los sistemas de desfibrado generan fibras cortas, irregulares y con un color crudo que, en muchos casos, exige el blanqueo. Pero el papel de pasta mecánica es muy barato (el rendimiento de la madera es cercano al 95%), es suave, voluminoso, de buena absorción y opacidad, y puede ser apto para la impresión y el dibujo; por esto puede emplearse para la toma de apuntes rápidos en los que no existe ánimo de una futura conservación, siempre que se tenga en cuenta que, aunque sus cualidades visibles sean buenas, su calidad se resentirá con el paso del tiempo.

¹¹ Para la fabricación de papeles fuertes se prefieren las coníferas, pues sus maderas blandas proporcionan fibras de mayor longitud. Generalmente las fibras de los árboles de hoja caduca son menos largas y resistentes; entre éstos, el chopo proporciona fibras cortas y blandas, y el haya fibras cortas y duras.

El proceso de obtención de la pasta mecánica comienza con la *limpieza* de los troncos mediante la eliminación de la corteza y nudos de la madera. Se *sierran* en trozos acordes al tamaño del desfibrador, se *lavan* con agua corriente y se *desfibran* por abrasión en presencia de agua contra una muela de arenisca, cemento, alúmina, carborundo, etc. Una vez desfibrados se *separan las astillas* más gruesas y los pequeños trozos de madera, que vuelven al desfibrador; en los *clasificadores* se termina de homogeneizar la pulpa, separando la materia más grosera, que no pasa a través de sus orificios.

Cuando se desea un papel blanco se recurre al *blanqueo*, que suele hacerse con agentes reductores o con peróxidos, por lo que no se logra una blancura intensa sino sólo un aclarado. Finalmente, la pasta se *espesa* y se seca parcialmente en espesadores de tambor, y se transporta a la pila holandesa o mezclador para juntarla con otras pastas y elementos (cargas de relleno, encolantes, colorantes, etc.). Si se quiere almacenar, la pulpa pasa de los espesadores al *prensapastas*, y se transforma en cartones, mediante un mecanismo similar al de la fabricación del papel continuo.

- La pasta de madera química

Para paliar el problema de la lignina y mejorar los métodos de desfibrado, surgen las llamadas «pastas químicas»¹². Con este sistema se sustituye el desfibrado mecánico de la madera por su desintegración bajo presión y a elevadas temperaturas (140-180°C), con un licor de cocción que desfibra y ablanda la madera al disolver sus materias incrustantes o cementantes (lignina). *El papel de pasta química es de una calidad superior al papel de pasta mecánica* pues, al eliminar la lignina, se obtiene una celulosa bastante pura que aumenta la permanencia y durabilidad del papel.

El empleo de diversos productos químicos para el desfibrado da lugar a dos procesos diferentes en la obtención de la pulpa: *alcalino* —por ejemplo la pasta *kraft*, que es una «pasta cruda al sulfato»— y *ácido* —por ejemplo «pasta blanqueada Bond», que es un tipo de pasta al sulfato—. En general, aunque las pastas obtenidas por procesos ácidos tienen un mayor contenido en alfacelulosa¹³, suelen ofrecer menor resistencia al

¹² El primer sistema de desfibrado químico de la madera se realizó con soda cáustica (1854).

¹³ Celulosa de cadena larga.

tiempo que las pastas de proceso alcalino, debido a los efectos nocivos de los residuos de los productos químicos empleados en su manufactura.

Para obtener un pasta química los rollizos se *descortezan* y se cortan —*astillado*— en pequeños fragmentos (*chip*) fáciles de atravesar por los productos químicos. Los trozos de madera se *criban*, y pasan a los digestores (calderas de presión) donde se lleva a cabo el *lejiado* o cocción mediante los productos químicos. Desfibrada la madera, se *lava* con agua corriente para separar los residuos del licor de cocción y las impurezas y, opcionalmente, se *blanquea* la pulpa. El blanqueo, además de eliminar el tono pardo de la madera, elimina residuos de lignina y otras impurezas orgánicas, aunque a costa de deteriorar la resistencia del futuro papel al oxidar las fibras; se suele realizar con gas cloro, hipoclorito, peróxidos o bióxido de cloro. Finalmente, se lleva a cabo la *neutralización* de los productos químicos que puedan haber quedado en la celulosa (Figura 8).

- La pasta semiquímica

Con la conjunción de los procedimientos de pasta mecánica y química se obtiene la pulpa semiquímica. Generalmente se logra ablandando mínimamente la lignina con una solución de sulfito ligeramente alcalina —sulfito neutro— o de sulfato menos concentrada —*kraft* semiquímico—, hasta alcanzar un grado que permita el fácil desfibrado de la madera, para poder terminar el proceso con la separación mecánica de las fibras. Con este sistema, empleado a partir de 1925, la pasta obtenida es de mejor calidad que la pasta mecánica y más barata que la química, llegando a tener un rendimiento del 70-80% de la madera, frente al 40-50% que se consigue con las pastas químicas.

- La pasta de papel recuperado

El *papel recuperado* es aquel que proviene del aprovechamiento de otros papeles, ya sea de recortes o excedentes sin entintado —*papel reutilizado*— (por ejemplo, el procedente del guillotinado de libros) o de cualquier otro uso anterior en el que ha sido transformado industrialmente e impreso —*papel usado*— (por ejemplo impresos defectuosos). Cuando el papel usado ha llegado al consumidor final y se desecha se llama *papel de postconsumo* (por ejemplo, periódicos leídos o papel manuscrito); el *papel reciclado* es un tipo de papel recuperado que, en sentido

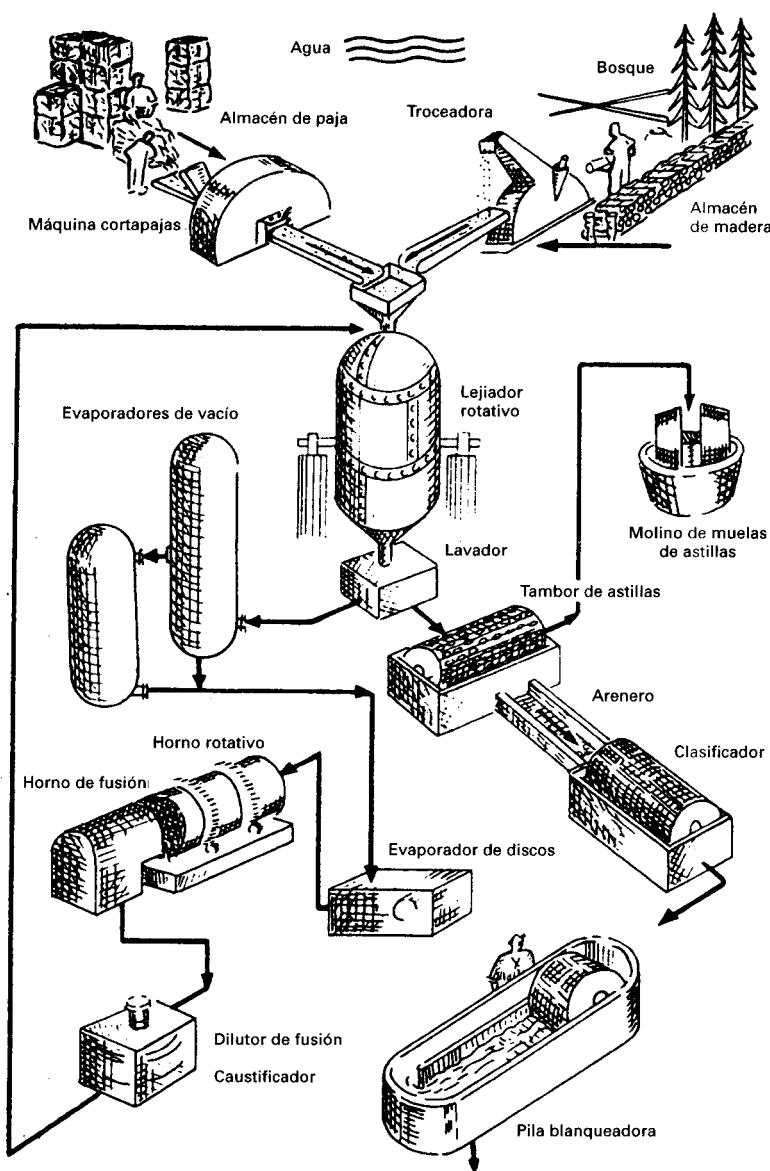


Figura 8. Procedimiento de fabricación de la celulosa de paja y de madera según el procedimiento a la sosa o al sulfato (Keim, 1966, p. 95).

estricto, debería estar compuesto por un 100% de fibras obtenidas de papel usado de las que al menos un 51% fuera de postconsumo.

La importancia del papel recuperado va aumentando día a día ante el encarecimiento de las materias primas y los problemas ecológicos, planteados por la contaminación de las industrias de pasta de madera y por el agotamiento de los recursos naturales. Tanto es así que, entre este tipo de papeles, el papel reciclado se ha convertido en bandera de muchos grupos ecologistas y está siendo empleado en la Administración Pública cada vez con más frecuencia. Sin embargo, aunque el papel reciclado sea apto como soporte de la escritura, de dibujos y de impresos, la verdad es que su resistencia al envejecimiento suele ser mínima, al llevar concentradas todas las sustancias nocivas de la pasta de madera, junto con unas fibras excesivamente cortas que, en ocasiones, han sido sometidas a fuertes tratamientos químicos para eliminar su coloración grisácea; es un papel inicialmente *válido sólo para fines que no requieran una permanencia y durabilidad mínima*, por lo que su empleo no resulta aconsejable en una obra artística.

También es verdad que la calidad de un papel recuperado depende en buena medida del origen de sus fibras: no habría nada que objetar a un papel obtenido de recortes de otro papel de pasta de trapos, y siempre será mejor un papel reciclado procedente de papeles sin pasta mecánica que un papel de pasta mecánica. El problema radica en controlar la procedencia y calidad de los papeles usados y de postconsumo.

En general, para reutilizar el papel sólo es necesario *ablandarlo*, procurando no aumentar el refino, en molinos de muelas, normalmente de granito o lava, o en desfibradores, que realizan una acción parecida a las máquinas amasadoras; para papeles muy duros y encolados no basta con el ablandamiento, es necesaria la *cocción* en hervidores. Una vez desintegrado, la pasta se depura o tamiza para eliminar cuerpos extraños (por ejemplo, grapas) y finalmente se puede optar por refinara mezclada con agua.

Para fabricar papel reciclado de baja calidad se emplea el papel de periódico que, como no lleva apresto, se trata en una batidora industrial o repulpadora que lo convierte en pulpa y, sin desentintarlo, sirve para fabricar cartón barato. Para papeles reciclados que requieren una cierta blancura hay que eliminar la tinta; el sistema más moderno de *destintado* de papeles impresos, efectivo y poco contaminante, es el de flotación: con la adición de un mínimo de productos químicos y la inyección de burbujas de aire a la pasta diluida se logra que la tinta se desprenda y suba a la superficie, de donde es retirada. El rendimiento de la pulpa de papel reciclado impreso suele ser de un 92% del peso de los papeles empleados en el reciclaje.

Tratamiento especial para papeles translúcidos

Los papeles translúcidos han sido y son ampliamente utilizados en el campo del dibujo técnico, principalmente por la facilidad de realizar el calco desde un original, o de visualizar varios dibujos superpuestos¹⁴. Hay varios tipos de papeles translúcidos según su manufactura: los papeles que después de su fabricación logran la transparencia por la *adición de sustancias grasas* (papel de calco artificial), los que obtienen la transparencia por el *elevado refino* de la pasta papelera (papel de calco natural, papel cristal o *glassine* y papel similsulfurizado), los que se vuelven translúcidos por un *tratamiento con ácido sulfúrico* (papel sulfurizado o «papel vegetal») y los *papeles sintéticos* (plásticos) o con adición de este tipo de fibras.

Los papeles de *calco artificial* se impregnán con aceites, resinas o ceras, por lo que suelen tener una alta tendencia al amarilleamiento y friabilidad por la oxidación de estas sustancias grasas. El papel de *calco natural* y el *similsulfurizado* se logran con el refino graso de las fibras; en el caso del papel de calco natural lo que se busca con este tratamiento es la transparencia, mientras que en el papel similsulfurizado se pretende la resistencia a la absorción de grasas pues, aunque también se emplee como papel de dibujo, su aplicación principal se encuentra en la industria del embalaje. El *papel cristal* es un papel como los anteriores, pero más liso, transparente y lustroso; se diferencia por tener un menor gramaje y haber sido humectado y satinado intensamente con calandrias de rodillos de acero caliente. Los *papeles de alto refino* son más fuertes que los de *calco artificial*, amarillean menos y reciben mejor las tintas, pero tienen poca permanencia y durabilidad por la escasa longitud de sus fibras, prácticamente «gelatinizadas» por exceso de refino, y por la adición de suavizantes que, además de disminuir la resistencia, pueden ocasionar amarilleamiento, oxidación o friabilidad por la pérdida de sus cualidades.

Finalmente, los *papeles sulfurizados* son aquellos originariamente porosos y sin encolado, que han sido tratados mediante baños con ácido sulfúrico u otras sustancias; el tratamiento con ácido hace que las fibras se hinchen, pierdan su estructura y se modifiquen químicamente, pudiendo llegar a la gelatinización. Por medio de la sulfurización, el papel adquiere una alta resistencia a las grasas y a la humedad (incluso en ebulli-

¹⁴ Otra ventaja importante es la de poder ser reproducido instantáneamente sobre papeles con emulsiones fotosensibles, como el papel Marión o al ferroprusiato: el dibujo sobre papel translúcido se expone a la luz con el papel fotosensible, que posteriormente se revela mediante lavado o con vapores.

ción) y se vuelve transparente, rígido y córneo, por lo que, para su uso como documento, debe flexibilizarse. Un buen papel sulfurizado debería ser bastante estable, pues resiste el ataque de microorganismos e insectos y no se altera ni pierde sus cualidades aunque se trate con agua hirviendo, soluciones salinas, cáusticas o ácido en frío; sin embargo, su conservación *plantea inconvenientes*, por las *deformaciones que se originan cuando se humedece localmente y por deficiencias de manufactura*. Con frecuencia contiene residuos de ácido, perjudiciales para su permanencia, y los aditivos que se añaden para la flexibilización son una potencial fuente de problemas.

El papel sintético

La progresiva escasez de fibras vegetales para pasta de papel ha impulsado la búsqueda de nuevas materias primas sustitutivas y de métodos alternativos de fabricación. Junto a la respuesta de los papeles recuperados, otra alternativa ha sido sustituir parcialmente la celulosa por fibras sintéticas obtenidas de desperdicios de la industria textil (viscosas, poliamidas y poliésteres) o fabricar soportes completamente plásticos.

Los primeros papeles con fibras sintéticas aparecieron hacia 1957, precisamente con el fin de mejorar las cualidades requeridas por algunos papeles especiales de uso industrial (papeles filtros, papeles aislantes, etc.). Las fibras sintéticas se emplean solas o mezcladas con fibras de celulosa y, en este último caso, se pueden añadir todos los productos habituales en la fabricación de los papeles normales (cargas, adhesivos, etc.). Hoy en día, y en múltiples aplicaciones, encontramos todas las composiciones, desde el papel tradicional a la lámina continua de material plástico, pasando por soportes realizados totalmente con fibras sintéticas («telas no tejidas»).

En el campo del papel como soporte artístico, el *dibujo técnico* está siendo responsable de la entrada de estos nuevos materiales; la inestabilidad de los papeles transparentes (celofán y papel vegetal) ha dado la mano primero a los acetatos, y hoy a los poliésteres, en un intento de sustituir papeles frágiles e inestables por otros de mayor resistencia mecánica. En el ámbito del dibujo cartográfico también está siendo determinante su alta estabilidad dimensional.

El más extendido es el *papel de poliéster*, soporte que estrictamente hablando no podría denominarse «papel», ya que es una lámina plástica en la que no interviene ningún tipo de fibra. Una de sus principales cualidades es *la gran permanencia y durabilidad frente a los agentes físicos*,

químicos y biológicos que agreden y destruyen el papel celulósico. Soporta los 200° C, es hidrófugo, inerte ante agentes externos y de gran fortaleza mecánica; se le ha llegado a augurar, en condiciones normales, una estabilidad superior a los 500 años. Con todo, presenta dos importantes «inconvenientes»: la *falta de absorbencia*, que obliga al empleo de tintas especiales de rápido secado, y el ser un producto de *problemático reciclado*; pero ambas circunstancias no han sido óbice para propiciar el irreversible retroceso de algunos productos celulósicos, como es el caso del «papel vegetal»¹⁵.

En la nueva tecnología, documental y artística (cine, vídeo, informática —el llamado arte por ordenador—, y también en la ya casi tradicional fotografía) es donde las resinas sintéticas, y sobre todo el poliéster, están teniendo su verdadero «papel» como «soporte del arte».

Los aditivos

Muchas de las cualidades de un papel, como la absorbencia, textura, color o resistencia, están determinadas por productos que se añaden a las fibras cuando están convertidas en pulpa, durante la formación de la hoja, o una vez que ésta ha finalizado. Encolantes, colorantes, blanqueadores, cargas de relleno, antisépticos, etc., reciben el nombre de aditivos.

Los encolantes

Un factor muy importante del papel, y concretamente de los de uso artístico, es el encolado, conseguido mediante sustancias hidrófobas que recubren las fibras evitando su excesiva absorbencia (resistencia a la penetración de líquidos o tintas). El encolado del papel, además de influir en el grado de esponjosidad y en la rigidez, es el responsable del «carteo», ruido característico de algunos papeles cuando se agitan.

Las materias encolantes pueden incorporarse al papel mezclándolas con la pasta papelera —*encolado en masa* o de máquina—, o ser aplicadas durante o después de la formación de la hoja —*encolado de superficie*—. El encolado en masa se caracteriza por impregnar todas las fibras del papel, mientras que el encolado de superficie sólo afecta a las

¹⁵ Como dato anecdótico cabe citar que en 1987 se publicó en Japón el primer libro sobre «papel de plástico», y que en este país, cuya industria petroquímica lanzó los primeros «papeles sintéticos», se editan publicaciones periódicas en este material.

fibras externas de una o ambas caras; esto implica que aunque los papeles encolados en superficie queden más impermeabilizados, cambian sus propiedades de absorbencia si se raspan las fibras superiores (papeles poco aptos para el borrado).

El encolante más común y de mayor aplicación es la *colofonia*, resina obtenida de la destilación de la trementina que proporciona resistencia a la absorción de líquidos y que, en compañía del alumbre, se aplica generalmente en masa. El *alumbre* (sulfato de aluminio) es una sal del ácido sulfúrico que facilita la precipitación de los encolantes sobre las fibras, permitiendo el encolado en máquina; diluido en agua ocasiona una reacción ácida nefasta para la conservación del papel, potenciada por la colofonia, ácido débil fácilmente oxidable que propicia el amarilleamiento. Por esta razón *el encolado con colofonia no es aconsejable para papeles de uso artístico* y, como sustitución, se está empleando el policloruro de aluminio en medio alcalino.

Uno de los encolantes más apreciados para papeles de dibujo es la *cola animal* o gelatina, obtenida por cocción de restos animales (piel, cartílagos y huesos); proporciona dureza al papel y mezclada con formaldehído actúa como impermeabilizante. Normalmente se aplica en superficie, pues su uso en máquina de batir es antieconómico ya que, al ser muy soluble en agua, apenas se fija a la pulpa; este problema puede corregirse si se mezcla con alumbre. Para un papel resistente al borrado se debe combinar el encolado superficial a la gelatina con un encolado en masa, por ejemplo, con resina.

El *almidón* o engrudo vegetal es otro encolante del papel; se obtiene mezclando harinas con agua y se aplica tanto en superficie como en máquina. En papeles de calidad se emplea la *caseína*, que proporciona suavidad y puede actuar como aglutinante de pigmentos y estabilizador del apresto de colofonia.

Cuando se busca una buena permanencia lo más aconsejable son las *resinas sintéticas*, que dotan a los papeles de impermeabilidad y de elevada resistencia, en estado húmedo y seco. Otros adhesivos sintéticos son los *polímeros orgánicos*, como el alcohol polivinílico, la celulosa metílica (metylcelulosa) y la carboximetílica (carboximetylcelulosa); aunque resultan caros, proporcionan óptimos resultados.

Los blanqueadores

La blancura del papel es una de las cualidades más apreciadas, sobre todo desde la perspectiva del soporte artístico, pues permite, a partir de

su tonalidad clara, llegar a todos los colores posibles sin interferencias y emplear el fondo para plasmar las luces. Tradicionalmente, las fibras que constituían el papel eran las responsables de su blancura: la pasta de trapos blancos y limpios, el algodón y muchas otras fibras vegetales, entre las que se encuentran algunas maderas, proporcionan un soporte blanco o ligeramente ahuesado. Pero la escasez de estas materias primas ha forzado el empleo de otras de coloración indeseable, obligando al blanqueo con sustancias químicas, capaces de eliminar los residuos coloreados de la pulpa.

La forma más común de blanqueo es la utilización de agentes oxidantes (peróxidos y derivados del cloro), que presentan el inconveniente de que, al decolorar por oxidación, también oxidan la celulosa de las fibras, potenciando el deterioro del papel. Por ello, a la exigencia de agentes de blanqueo económicamente rentables debe añadirse el requisito de que la acción degradante del papel sea mínima. Es importante destacar que aunque el blanqueo mejora la calidad estética de los papeles, lo que constituye calidad muy importante para la realización de obras artísticas, tiene el inconveniente de poder degradar las fibras; pero si el blanqueo se realiza de manera adecuada (control y neutralización de los productos clorados) no tiene por qué ser nocivo, incluso puede resultar beneficioso, ya que contribuye a eliminar la lignina.

Hoy en día se aboga por el empleo de papeles poco blanqueados o sin blanquear debido a necesidades ecológicas —*el blanqueo es un proceso muy contaminante*— y de salud —cansa menos la vista al reflejar menos la luz.

Los colorantes

Como acabamos de ver, la coloración del papel responde al empleo de fibras blancas o de tono crudo, blanqueadas o no; pero este aspecto puede ser alterado por sustancias colorantes que aumenten la blancura o proporcionen otro color.

La blancura de un papel puede acentuarse con el uso de pigmentos azules, rojos o violetas, que contrarrestan el tono amarillento. Este sistema, por el que se logra una apariencia de blancura mediante colorantes (o matizantes) y efectos de fluorescencia, recibe el nombre de *blanqueo óptico*. Suele ser insoluble en agua, pero puede perder su efectividad ante el envejecimiento por efecto de la luz.

En el ámbito del papel de uso artístico también son muy comunes los papeles de color, sobre todo en tonos cremas y grisáceos. Los tintes se

agregan a la pasta papelera —teñido en masa— o a la hoja durante su formación, haciendo pasar el papel a través de una solución de colorante —teñido por inmersión—, o aplicándolo mediante una calandria —coloración y satinado—; lo común en papeles de dibujo coloreados es el teñido en masa. Los colorantes pueden actuar tiñendo las fibras por medio de una reacción química con la celulosa —colorantes directos—, o pigmentándola, al quedar insolubles entre las fibras —colorantes ópticos—; en este caso el papel se colorea, aunque las fibras mantienen su tono original.

Cargas de relleno

La mayoría de los papeles contienen «cargas de relleno» (arcilla o caolín, talco, yeso, etc.), que aumentan la lisura de las hojas de papel, el brillo, opacidad, flexibilidad, suavidad, volumen y receptividad a la tinta.

Las cargas de relleno se agregan en forma de suspensión durante la preparación de la pasta papelera y se fijan a las fibras por la propia fuerza absorbente del material fibroso, aunque conviene añadir sustancias encolantes para evitar su arrastre por el agua.

Antisépticos y fungicidas

La aplicación de determinadas materias, sobre todo encolantes, y las propias características de la celulosa, hacen que el papel sea sensible al ataque de hongos, bacterias e insectos. Para prevenir este daño, especialmente el de microorganismos, muchos papeles vienen dotados de antisépticos y fungicidas, como el bórax, el naftol, carvacrol, timol, etc. La adición de estos productos es tan importante como cualquier otro elemento que potencie la duración del papel.

LA FABRICACIÓN

El papel «a mano»

La fabricación del papel a mano, también denominado de tina, se realizaba en los antiguos molinos papeleros, con pasta de trapos. Actualmente se está revalorizando este sistema para papeles de gran calidad, y han proliferado empresas, de mayor o menor envergadura, que se dedican a la manufactura de papeles según métodos artesanales. En este caso,

se suele emplear la pulpa de la industria papelera, y se sustituyen algunos de los tradicionales componentes del papel, por ejemplo, los encolantes, por otros de mejor calidad, a la vez que se experimenta con variedades de texturas, combinaciones de fibras de distintos colores y materias, grados de absorbencia, etc., con el fin de proporcionar al artista una gama de soportes cada vez más variada.

En el *proceso tradicional* de fabricación del papel a mano en Occidente, la pulpa, o pasta de papel recién preparada, se transporta a unas tinas donde se mezcla con más agua y se bate para desleírla y dispersarla —bateado— y una vez obtenida una buena mezcla de fibras en suspensión acuosa, de aspecto lechoso, se pasa a la *formación de la hoja*, en la que la pasta, más o menos diluida, según el espesor deseado del papel, se extrae de la tina con una especie de cedazo rectangular, llamado forma, formadora, formeta, costillada o molde.

La *formadora* es una rejilla de hilos muy finos, generalmente de cobre o latón, aunque hoy se están sustituyendo por alambre metálico galvanizado. Los hilos se disponen, transversal y longitudinalmente, sobre un marco de madera con unos fustes o travesaños que sostienen el entramado (Figura 9). La trama de la formadora artesanal queda marcada en el

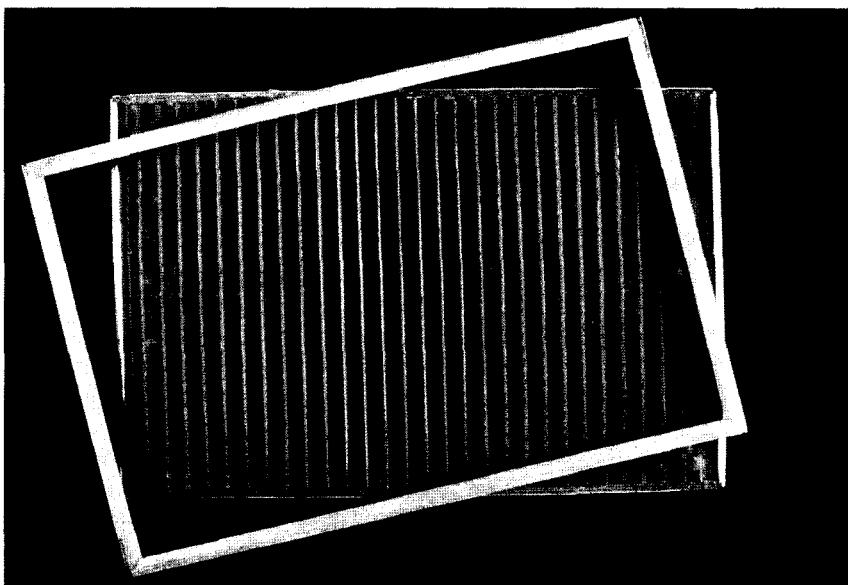


Figura 9. Formadora con marco

papel, al depositarse menos pulpa sobre el relieve; esta marca se denomina *verjura o vergé*, y el papel que la lleva *papel verjurado, vergé o vergueteado*. A esta señal de identidad del papel de tina, se une, a partir del siglo XIII en Italia, la *filigrana*; la filigrana se logra cosiendo en la formadora, generalmente con alambre, una figura identificativa del molino de procedencia. Al igual que la verjura, la señal de la filigrana queda marcada en la hoja, y es visible a simple vista o al trasluz.

La verjura, tenida como propia de los papeles de tina, no es una característica obligada, a pesar de que comúnmente se identifique el papel verjurado con el papel hecho a mano. A partir del año 1797 se realizan, en Alemania, papeles de tina llamados *papel vitela*, por semejanza a la superficie de esta piel. En contraposición al papel verjurado, el papel vitela se caracteriza por una superficie sin marcas, apreciada por artistas e impresores de libros que gustaban de un acabado cada vez más regular y perfecto, lo más liso posible (la ausencia de verjura se consigue con una formadora de tela tejida —tela de lienzo— o de tela metálica de trama muy fina).

La formadora se complementa con el *marco*, moldura interior de madera que se encaja sobre la forma, impidiendo el vertido de la pulpa por los laterales y regulando el grosor del papel. La formadora se sujetó con las dos manos sosteniendo su marco con los pulgares, se introduce en la tina verticalmente, a una profundidad determinada se coloca de manera horizontal, y se extrae; una vez extraída se mueve con un suave balanceo, de derecha a izquierda y de atrás a adelante, para que la pulpa quede bien distribuida y se entrelacen las fibras entre sí («pasear» la pulpa)¹⁶.

Cuando el agua ha escurrido suficientemente se levanta el marco y se vuelca la pulpa sobre un sayal húmedo —bayeta—¹⁷ (Figura 10). El primer contacto de cada cara del papel con la formadora o con el sayal ocasiona una diferencia, tanto de textura como de absorbencia; ambas superficies reciben respectivamente el nombre de *cara tela* y *cara bayeta* según hayan estado o no en contacto con la formadora.

Tras conseguir una altura determinada de hojas y sayales (normalmente 260 hojas, para que, al descartar las defectuosas, quede una posta —250 papeles—), el conjunto se coloca entre tableros y se prensa durante

¹⁶ Para evitar el inconveniente del peso e introducir la formadora a la misma profundidad, en algunos talleres se han ingeniado modelos de grandes formadoras colgadas del techo que descienden y ascienden mediante poleas.

¹⁷ Los *sayales* son paños generalmente de lana, aunque hoy se emplean también de materiales sintéticos. Para que no se peguen las hojas es necesario que no sean de tejidos vegetales.



Figura 10. Formación, ponado y prensado de la hoja

unos minutos para que pierda agua y se regularice el grosor de las hojas¹⁸. Escurridos los pliegos, se sacan de la prensa y se separa cada hoja del sayal, se colocan dos sayales encima, y el conjunto se prensa de nuevo; este *último prensado*, más suave, da cuerpo y uniformidad a la superficie del papel, de modo que, al extraer las hojas de la prensa, tienen suficiente consistencia para ser manejadas con las manos. En el *secadero* se separan y se orean sobre una superficie plana, y en el *tendedero* se secan al aire e incluso se blanquean por exposición al sol.

En el caso de papeles muy absorbentes el proceso finaliza tras el secado; estos papeles, *sin encolar, admiten lápiz, carbón, sanguina, etc., pero las tintas líquidas se emborronan*. Un papel apto para la grafía necesita ser encolado, el *encolado aumenta la consistencia y resta absorbencia*, haciéndolo suficientemente impermeable para evitar el embonamiento de las tintas.

El método tradicional es el encolado con cola animal o gelatina, mediante imprimación con brocha, o por baño. Las hojas encoladas se vuelven a prensar, con poca intensidad y durante un breve espacio de tiempo, para evitar que se peguen entre sí. Finalmente, es necesario que los pliegos terminen de secar, uno a uno, en el *tendedero*. Cuando las hojas quedan completamente secas vuelven a la *prensa* para eliminar pequeñas deformaciones (Figura 11).

El acabado final se logra con el *satinado*, que primitivamente se hacía frotando el papel con bruñidores de hueso o piedra (por ejemplo, ágata) sobre una placa de mármol o metal, pero este sistema quedó relegado a los papeles muy finos, pues se sustituyó por el de un mazo satinador con cabeza metálica movido por fuerza hidráulica (Figura 12). Modernamente para el satinado se emplean tórculos, donde se alisan lotes de hojas haciendo pasar entre cilindros de acero, que transmiten fuerza, brillo, regularidad y consistencia al papel.

Finalizado el proceso de fabricación, las hojas se *seleccionan* según la calidad o las deficiencias, y se *embalan* en resmas (500 hojas de papel). Antes del embalado se puede pasar una lija por los bordes de las resmas –*desbarbado*– para eliminar las barbas típicas del papel hecho a mano.

Actualmente la fabricación del papel a mano se ha visto muy reducida; no quedan fábricas con un número de operarios semejante al de los molinos papeleros de hace tres siglos, el proceso de fabricación está muy simplificado y ha desaparecido la especialización de los trabajadores, ya que raramente su número es superior a cinco. La excepción es el mundo

¹⁸ La prensa tradicional es la de tornillo o husillo, pero actualmente se usa, con muy buenos resultados, la *prensa hidráulica* que, si es termostatizada, seca las hojas con calor.



Figura 11. Encolado (Diderot y D'Alambert, pl. XI)

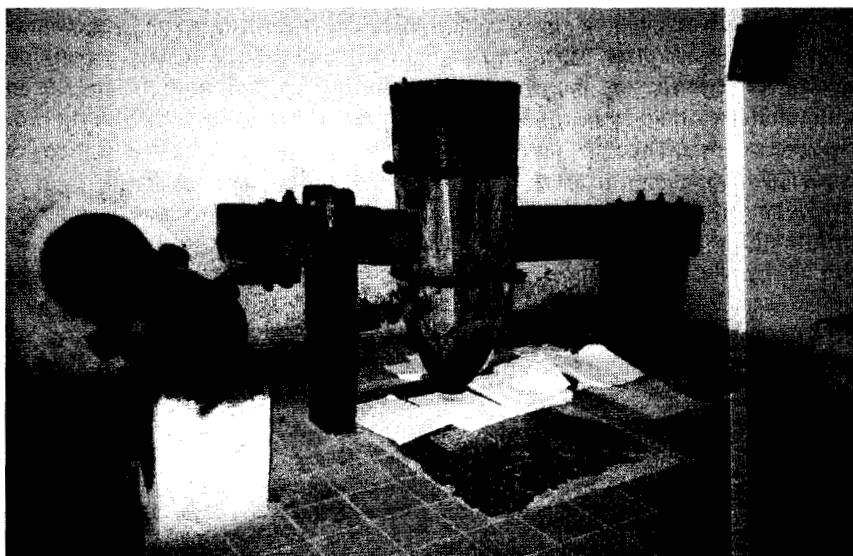


Figura 12. Mazo Satinador (Fot. tomada del Museo Molino Papelero de Capellades)

oriental, donde el coste de la mano de obra y de las materias primas no son tan problemáticos; el papel asiático, de larga tradición y con los mismos métodos de hace varios siglos, es un papel muy apreciado cuyas características no son fácilmente imitadas por la industria occidental¹⁹.

En comparación con el resto de la industria papelera la demanda del papel a mano es muy reducida, se limita a papeles con características especiales para artistas, y en muchas ocasiones se trabaja por encargo. Con todo, es preciso destacar *el intento de la mayoría de los fabricantes de papel artesanal por emplear materias primas de primera calidad, tanto tradicionales como modernas, buscando la permanencia y durabilidad de las que carecen muchos de los papeles continuos*. Desde hace unos 25 años, cuando comenzó a resurgir la fabricación del papel a mano, la demanda ha ido en aumento, fomentada por los artistas modernos, que comienzan a dar importancia a la calidad de los materiales sobre los que realizan sus obras, a la vez que solicitan nuevas características y texturas que no pueden ser satisfechas por la industria papelera convencional. La industria del papel a mano nunca volverá a ser mayoritaria, pero su auge es cada vez mayor.

El papel continuo

El papel continuo se remonta a finales del siglo XVIII, cuando aparecen los primeros sistemas mecanizados de formación de la hoja de papel²⁰. Recibe el nombre de papel continuo porque el *principio básico* de la maquinaria es una cinta sin fin sobre la que se deposita la pulpa, de modo que no se obtienen hojas sueltas, como en la fabricación del papel a mano, sino una larga tira que va siendo alisada mediante rodillos.

La primera máquina de papel, llamada «*máquina plana*», consistía en una banda de tela sin fin, de aproximadamente 1,50 cm. de largo por 40 cm. de ancho, que giraba entre dos rodillos, accionados manualmente con una manivela; la pulpa la vertía un operario, o una noria, desde una tina colocada al comienzo de la cinta transportadora. La fabricación de papel con la máquina plana era un trabajo irregular y lento en comparación a los actuales sistemas, pero supuso un gran avance, y la base de la moderna maquinaria (Figura 13).

¹⁹ La fabricación de este tipo de papel es fomentada y protegida por los Gobiernos de los propios países productores (en especial Japón) y cuenta con el apoyo de las Naciones Unidas.

²⁰ La primera «máquina de hacer papel», base de la maquinaria actual de la industria papelera, fue patentada por Nicolas Louis Robert en 1799 con el nombre de «máquina salvadadora de papel».

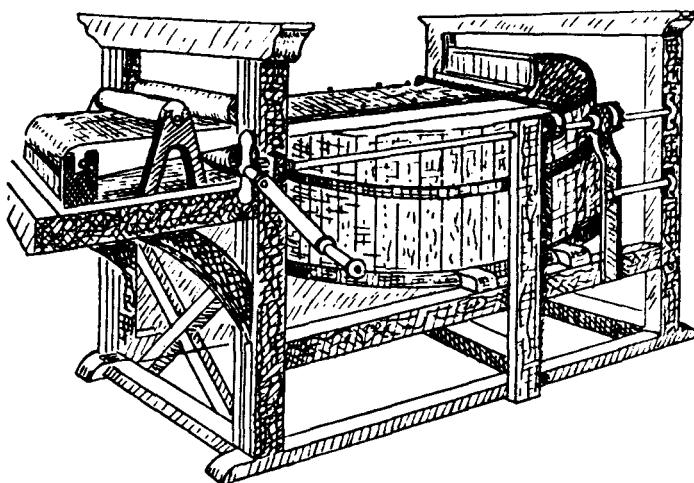


Figura 13. Máquina de Robert (Keim, 1966, p.120)

El grosor del papel fabricado con la máquina se puede regular graduando la distancia entre los dos rodillos, por lo que se pueden fabricar cartones o cartulinas directamente, y no como se hacía antes por medio de la superposición de capas de papel fino (cartón árabe). Esta máquina es la que, con modificaciones y tamaño mucho mayor, se emplea en la industria papelera actual; con ella se logra un acabado mucho más perfecto por la adición de cilindros alisadores y satinadores.

Una variante fue la *máquina redonda* (1805), que sustituyó la noria de transporte de la pulpa por un tambor colocado dentro de la tina y pegado a la cinta transportadora. El tambor está cubierto con una fina tela metálica o tamiz, y al girar dentro de la tina con pulpa la absorbe sobre su superficie, transmitiéndola a la cinta; actualmente se hace el vacío en este tambor para que recoja la pasta con más efectividad. El papel realizado en la máquina redonda es menos uniforme que el obtenido en la máquina plana y, en ocasiones, imita las irregularidades del papel manual²¹. *Se usa para producir cartón y cartulinas empleadas para dibujo*

²¹ Una característica importante de esta máquina es que el tambor se puede dividir mediante alambres según el formato de las hojas, y obtener hojas sueltas en lugar de una tira continua. En este caso el papel se asemeja al hecho a mano, pues, además de su aspecto barbado, imita la verjura mediante un rodillo «afiligranador» que deja sus marcas durante la formación del papel. Esta máquina se sigue empleando actualmente para fabricar cartulinas y papeles de calidad que imitan el papel artesanal.

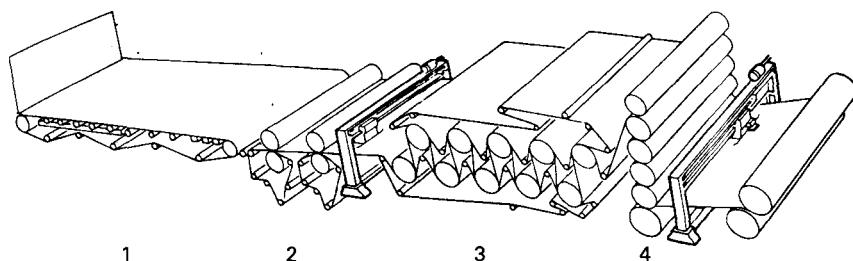


Figura 14. Esquema de máquina de papel

y pintura, pues incluyendo varios cilindros se pueden superponer distintas capas de material (normalmente de diferente calidad, según se trate o no de capas interiores) hasta conseguir un grosor apreciable.

La variación de la maquinaria para fabricar papel puede ser considerable según el tipo de papel elaborado pero, en términos generales, las actuales máquinas agrupan sus operaciones en tres tipos de procesos: primero se consigue la *sedimentación* de las fibras en forma de lámina húmeda en la mesa de fabricación (Figura 14-1), después se elimina parte del agua mediante presión —*presión húmeda*— en la sección de prensas (Figura 14-2), consiguiendo una lámina más compacta al haber comprimido sus fibras, y por último, en la batería de secadores, se termina de *secar* progresivamente el papel con calor (Figura 14-3) y se le dota del *acabado* final (Figura 14-4).

La suspensión de fibras diluidas en agua se vierte a la *tela transportadora* o móvil; una vez depositada la pulpa sobre la cinta comienza a escurrirse, y se potencia la pérdida de agua colocando bajo la cinta transportadora *rodillos desgotadores*, *reglas rascadoras* o *cajas aspirantes*, que constan de una bomba de vacío que absorbe el agua y fija la pasta a la cinta. Al final de la cinta, o entre las cajas de aspiración, se encuentra un primer rodillo superior, de fino tejido de bronce, llamado rodillo desgotador mataespumas, que pasa sobre la pulpa escurriendola e iguala la superficie de la cara superior e inferior. Este rodillo puede marcar en el papel una filigrana (marca de agua) y un verjurado, en cuyo caso recibe el nombre de «rodillo afiligranador».

Tras esta etapa, en la cual se ha formado una lámina por sedimentación de la pulpa, la tela llega a la *prensa manchón* y vuelve al punto de partida. La prensa manchón consta de dos rodillos afieltrados superpuestos, uno de ellos elástico, que expulsan el agua de la hoja. Al igual que en el caso del papel a mano, la hoja que se está formando adquiere unas

características distintas en cada uno de sus lados, según haya estado en contacto o no con la superficie de la tela de la máquina ²².

La lámina deja la tela transportadora y es recogida por un fielro que la conduce a las *prensas húmedas* (dos o tres series de pares de rodillos en los que el superior es de metal bruñido o piedra, para alisar, y el inferior de goma), donde se elimina el agua mediante presión sin calor; el papel gana así en densidad, queda más compacto y con una superficie más regular. El último paso es el secado total mediante calor, haciendo que el agua se evapore, gracias a los *cilindros secadores* (cilindros de fundición pulidos), calentados en su interior con vapor a presión; estos rodillos dan a la hoja cierto brillo, que puede aumentar con los cilindros alisadores y la calandria. Según el tipo de papel que se desee fabricar se emplea distinto número de cilindros secadores (en ocasiones más de 30), de diferente clase y con diversa presión. Cuando la hoja sale del último cilindro secador pasa entre los *rodillos alisadores*, unos rodillos metálicos muy pesados que alisan el papel con alta presión. Para obtener un papel fuertemente alisado en máquina se pasa por una lisa húmeda, que se encuentra en el último tercio de los rodillos alisadores.

Si se desea un alto grado de lisura no basta con el alisado de máquina, es necesario un *satinado* con la lisa seca o calandria, varios rodillos pulidos superpuestos que terminan de abrillantar y alisar ambas caras de la hoja, una vez enfriado el papel. Este mecanismo puede formar parte de la máquina de papel continuo, pero para elaborar papeles de buena calidad se prefiere una calandria independiente.

Tras los diversos sistemas de alisado, la tira de papel pasa a la cortadora y se divide a lo largo por medio de discos de acero, según el formato deseado. Finalmente, el papel se rebobina, a no ser que se haya cortado también transversalmente en forma de pliegos.

El *tipo de alisado* al que ha sido sometido un papel influye en sus *características*, haciéndolo más o menos apto para determinadas técnicas pictóricas. Los papeles pueden quedar sin prensar o satinar, obteniéndose un papel áspero y rugoso, de grano muy marcado; se pueden prensar sólo en húmedo —prensado en frío, «CP» o «no»— para obtener superficie

²² El lado que ha estado sobre la tela se llama *cara tela o inferior* (reverso), el otro *cara superior*, fielro o manchón (anverso), pues en su fabricación con lo primero que entra en contacto es con el fielro del rodillo superior de las prensas de manchón. La cara fielro es más uniforme y blanda que la cara tela; esto influye en el comportamiento de los materiales que se le adicionan a la pasta: suele tener mejor encolado, mayor proporción de carga y un teñido más intenso en el caso de los papeles coloreados; normalmente es el mejor lado para la impresión, aunque para offset se prefiere la cara tela. Cuanto más gramaje tenga un papel y esté más encolado y satinado menor será la diferencia entre ambas caras.

cies semi-ásperas, o prensarse en caliente, con mayor o menor uso de calandrias, para papeles muy lisos —satinado o «HP»—.

El grado de lisura del papel prensado *en caliente* depende del número de rodillos con que se calandre el papel y de la presión que se ejerza entre ellos; los tipos de papel según su grado de lisura son el satinado mate (alisado), el ligero (satinado), el normal (calandrado) y el fuerte (supercalandrado, haciéndolo pasar dos veces por la calandria).

Durante la fabricación del papel pueden incluirse diversos mecanismos que añaden a la hoja en formación determinados *revestimientos superficiales*, tales como encolado superficial, colorantes, estucados, etc. Estos mecanismos pueden formar parte de la máquina continua, o ser otras máquinas en las que se introducen las bobinas de papel.

Las máquinas para fabricar papel son cada día más complejas y de dimensiones mayores; llegan a medir 10,5 m. de ancho por 100 m. de largo y fabricar 1.100 metros de papel por minuto.

Diferencias entre el papel a mano y el papel continuo

Como se ha visto, la fabricación de un papel artesanal y un papel industrial es radicalmente distinta e influye, primordialmente, en resultados y costes de producción. Es importante que el artista conozca las cualidades de ambos tipos de papel para valorar las ventajas que le puede reportar cada uno, sobre todo teniendo en cuenta la diferencia de precios que lógicamente conllevan. También es necesario que sepa cómo diferenciarlos entre sí, ya que muchas de las características que identifican exteriormente el papel artesanal resultan engañosas y pueden imitarse con suma facilidad.

Desde el punto de vista de la calidad del papel, entendido como material estable, de alta permanencia y durabilidad, no existe preferencia entre un papel artesanal y otro industrial; lo que realmente resulta determinante son las materias primas empleadas. Precisamente por los altos costes del papel hecho a mano, la mayoría de los papeles artesanales son un auténtico lujo, por lo que suelen estar fabricados con materiales de primera calidad. Sin embargo, es importante no confundir el método de fabricación de la hoja con las materias primas empleadas, pues se encuentran en el mercado papeles continuos que pueden haber sido fabricados con los mismos componentes que un papel a mano, y viceversa.

Para un artista la mayor ventaja del papel a mano radica en la posibilidad de encargar soportes según sus gustos o necesidades, ya que la industria papelera no atiende la demanda minoritaria de intereses puntuales.

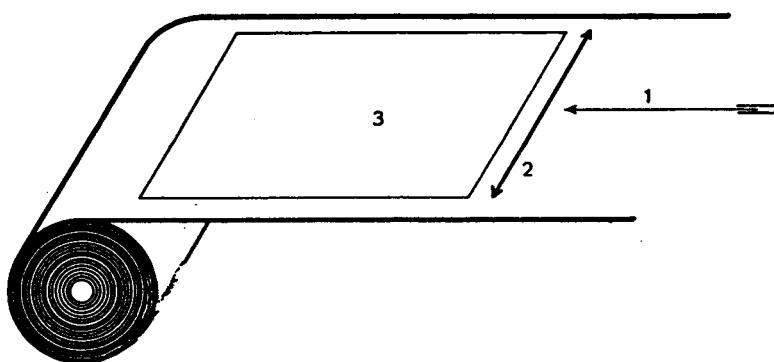


Figura 15. Sentido de fabricación (Keim, 1966,p. 509)

les. Sin embargo, los métodos artesanales no pueden lograr los acabados y la regularidad de los papeles industriales, por lo que según el uso al que vaya a ser destinado, el papel de tina puede ser inconveniente; a este respecto, hay que tener en cuenta que *el aspecto del papel artesanal y todas su características externas, excepto la dirección de fibras, pueden obtenerse con métodos o técnicas industriales.*

Así, la principal diferencia entre el papel manual y el continuo es la dirección de las fibras (isotropía). En la máquina de fabricar papel la tela metálica sobre la que se deposita la pulpa circula a gran velocidad, por lo que las fibras tienden a orientarse en sentido longitudinal al movimiento de la tela transportadora sobre la que han sido vertidas. Los papeles a mano carecen de esta característica, pues el movimiento de extracción de la formadora de la tina es ascendente, y el ligero zarandeo distribuye las fibras en todos los sentidos, produciendo el afiltrimiento sin un alineamiento preferencial. Esta circunstancia explica que el papel hecho a mano tenga un comportamiento idéntico en todas las direcciones (Figura 15).

La peculiar disposición de las fibras en el papel fabricado a máquina tiene dos consecuencias fundamentales: la dilatación del papel continuo en una dirección preferente y la diferente resistencia según el sentido de las fibras. El papel artesanal, al carecer de dirección de fibras, ante un aumento de humedad se dilata por igual en todas sus direcciones; este comportamiento puede ser importante, sobre todo cuando se trabaja con papeles porosos de fibras largas, de especial uso en determinadas técnicas artísticas (aguadas), que son los más propensos a la dilatación. Mientras que un papel continuo forma arrugas transversales al dilatarse, uno

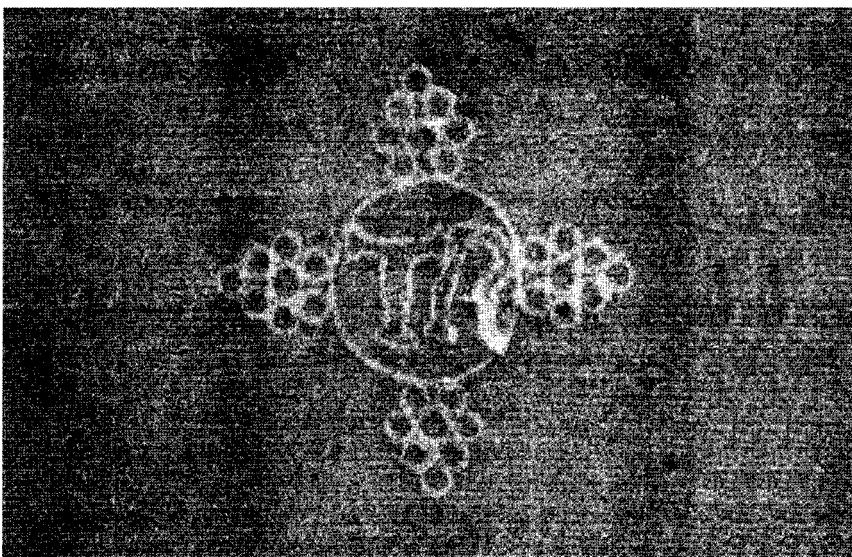


Figura 16. Marca de verjura con acumulación de pasta entre los corondeles
(Fotografía con iluminación transmitida)

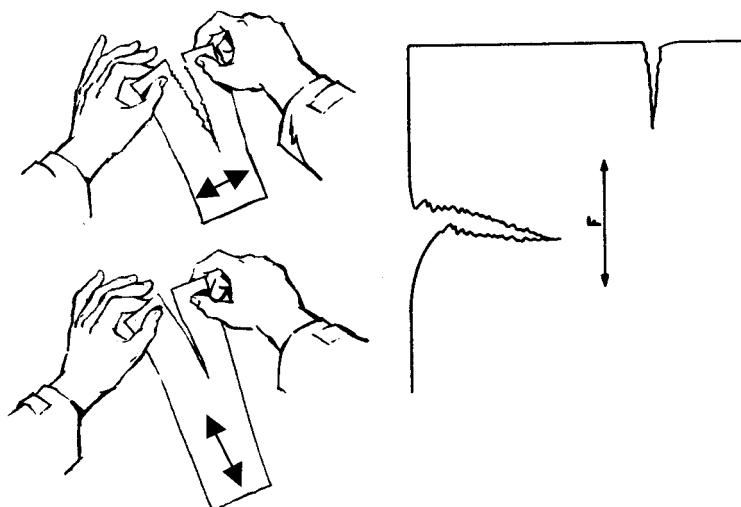


Figura 17. Dirección de fibras-desgarro (Escuela Gráfica Salesiana, p. 47)

hecho a mano se dilata más uniformemente, provocando un menor alabeamiento²³.

Excepto la *dirección de fibras*²⁴, el resto de propiedades externas del papel artesano pueden ser imitadas con mayor o menor acierto: un *papel hecho a mano se distingue por tener un acabado bastante irregular*, sobre todo en lo que respecta al grosor, pero esta característica, en la actualidad, depende del esmero con que haya sido fabricada y prensada la hoja y del grado de refino de la pasta papelera. La *verjura* y la *filigrana* son marcas visibles que tópicamente *identifican el papel hecho a mano*, tanto que el término «papel verjurado» se suele emplear, incorrectamente, como sinónimo de papel artesanal; sin embargo, ya se vio que existen papeles hechos a mano que no tienen filigrana (por ejemplo, todo papel anterior a 1282) ni verjura (por ejemplo el papel vitela), y cómo estos elementos se pueden imitar en el papel continuo²⁵; aunque lo inimitable es el oscurecimiento a modo de franjas que aparece en algunos papeles a mano, según grosor y antigüedad, por oxidación de la pasta acumulada entre los corondeles (Figura 16). Otra característica que se tiene como propia del papel de tina son las *barbas* —papel barbado—, pero además de que el papel a mano puede haber sido desbarbado o guillotinado, se logran hojas de papel continuo barbadas mediante la máquina redonda, descrita anteriormente, o disparando un chorro de agua sobre los bordes de la cinta transportadora en la máquina plana.

A no ser que se tenga gran experiencia, y en muchas ocasiones ni aun así, *la única manera fiable de determinar si un papel es o no continuo es mediante el análisis de la dirección de sus fibras*.

Para determinar la dirección de fibras del papel puede rasgarse una hoja en ambos sentidos (Figura 17) y si uno de ellos ofrece más resis-

²³ Sin embargo, no hay que confundir la *dilatación de las fibras* en todos los sentidos con la estabilidad dimensional del papel, muy buscada para trabajos donde es necesaria una gran precisión (por ejemplo, planos); el papel sin dirección de fibras aminora los problemas de variación dimensional pero también se dilata. Para evitar la dilatación lo que se precisa es disminuir la higroscopidad de las fibras; esto se consigue modernamente con el empleo de fibras sintéticas, cuyo poder de dilatación en húmedo es nulo.

²⁴ La dirección preferencial de fibras de los papeles continuos se puede disminuir durante el proceso de fabricación —aunque no eliminar—, manteniendo la caída de la pasta papelera sobre la cinta transportadora a un ritmo casi igual al de ésta, y agitando al máximo la cinta en dirección transversal, para contrarrestar el movimiento longitudinal.

²⁵ Cuando la filigrana se logra en la tela transportadora por un rodillo se llama *filigrana al agua*, legítima o natural, y puede ser clara (si la marca se suelda al rodillo) u oscura (si en el rodillo aparece en hueco). Pero estas marcas, además de con la huella de cilindros, también pueden lograrse con diferentes sistemas: haciendo pasar el papel entre un rodillo de goma dura contra otro de acero grabado (*filigrana a la goma* o *similfiligrana*), empleando una calandria o con una plancha grabada sobre el papel ya fabricado (*falsa filigrana* o *filigrana artificial*) o imprimiendo la filigrana con una grasa especial (*filigrana impresa*).

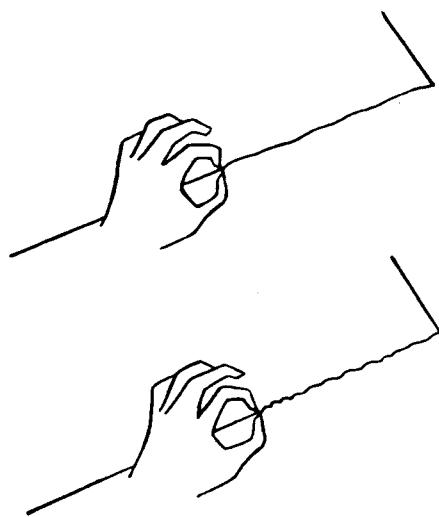


Figura 18. Dirección de fibras-estiramiento (Keim, 1966, p. 512)

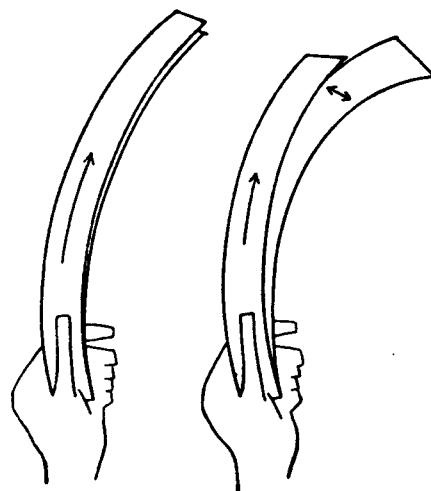


Figura 19. Dirección de fibras-inclinación (Keim, 1966, p. 512)

cia o el desgarro tiende a torcerse con mayor facilidad, estará indicando el sentido opuesto a la dirección de las fibras. Si no queremos realizar una prueba destructiva, se puede estirar cuidadosamente con las uñas de los dedos índice y pulgar los bordes de una esquina (Figura 18); si uno de ellos tiende a ondularse en mayor grado que el otro indicará que las fibras se disponen perpendicularmente a él. Mucho más claramente se evidencia si tomamos dos tiras de igual anchura y longitud de un mismo papel, pero cada una cortada en sentido distinto (Figura 19): sujetándolas perpendicularmente y manteniéndolas paralelas entre sí podremos ver si al soltar una de ellas se curva más que la otra, que tiende a quedarse recta, en cuyo caso la dirección de las fibras es la misma que la de esta última tira de papel. Humedeciendo un trozo de papel cuadrado y midiendo la dilatación sufrida en cada uno de los lados también podremos averiguar si hay una dirección de fibras preferente: éstas irán perpendiculares al lado que más aumente de longitud. Si simplemente se humedece un papel también se podrá ver cómo tiende a enrollarse en el sentido de la dirección de sus fibras, si es que se trata de un papel continuo. En ocasiones, y con un poco de experiencia, basta tomar el papel con una mano y doblarlo suavemente en ambos sentidos, para determinar si uno de ellos ofrece más resistencia que el otro.

2

¿Por qué se deteriora el papel? Patología de los papeles de uso artístico

Para abordar el tema de la estabilidad de los papeles de uso artístico, al igual que en el caso de cualquier otro material, es necesario conocer previamente cuáles son sus posibles causas de deterioro, así como los efectos provocados por cada uno de los factores de degradación; sólo conociendo estas causas y efectos seremos capaces de evitar o prevenir alteraciones y daños.

Como punto de partida, debemos tener en cuenta que toda sustancia, orgánica e inorgánica, está sometida a un constante proceso de transformación que concluye, antes o después, con su extinción material. Pero a pesar de este irremisible fin, determinados condicionamientos aceleran o frenan la llamada «ley de la caducidad».

La relación causa de deterioro/efecto de alteración es compleja y múltiple: varias causas pueden generar el mismo efecto (un papel puede amarillear por elevada acidez intrínseca o por exposiciones prolongadas a una fuente lumínica o calorífica) y, a su vez, una misma causa da lugar a distintos efectos (la misma fuente lumínica amarillea o decolora un papel según la composición de éste). Un efecto puede convertirse en causa de otro y la combinación de unos y otras occasionar distintas alteraciones. Es más, muchas veces un determinado efecto lo será de la interacción de varias causas y el resultado diferirá de la mera suma de todas ellas; así, la relación entre causas y efectos depende de diversos factores que permiten combinaciones con resultados distintos.

A pesar de esta complejidad, los estudiosos no se resisten a clasificar las causas de alteración como si de entidades independientes se tratara, pero aunque no deja de resultar una simplificación del problema, la taxonomía, en principio, es la única forma posible de entendimiento. No debemos olvidar que, aunque separemos en espacios acotados las distintas causas de alteración con sus efectos, la individualización sólo supone una aproximación para abordar su estudio, ya que la realidad es mucho más compleja de lo que nosotros podamos representar.

Aclarado este punto, y conscientes de las limitaciones implicadas en cualquier reduccionismo, podemos clasificar las causas de alteración según distintos criterios: en función de que sean de origen natural o accidental, que provengan de agentes bióticos o abióticos, que actúen de forma habitual u ocasional, que provoquen efectos locales o generalizados, que provengan del propio objeto o de su medio, que sean de carácter físico, químico o biológico, etc.

Para nuestros objetivos, entendiendo que estudiamos las causas de alteración del soporte de las obras artísticas (el papel), y no la obra al completo (papel y tintas) la más adecuada sería la siguiente división:

1. *Causas de origen intrínseco* (aquellas que forman parte de la propia constitución del papel):

- Pastas y fibras.
- Encolantes.
- Blanqueadores.
- Otros aditivos.

2. *Causas de origen extrínseco* (las que provienen del medio que rodea al papel):

- Físico-mecánicas.
- Ambientales.
 - Físico-ambientales.
 - Temperatura/humedad.
 - Luz.
 - Vibraciones.
 - Químico-ambientales.
 - Contaminación.
- Biológicas.
- Catastróficas.

LAS CAUSAS INTERNAS DE ALTERACIÓN Y SUS EFECTOS

Las causas internas de la alteración del papel son las que se encuentran en la naturaleza de los elementos que lo constituyen, es decir, en su materia prima. El responsable de su aparición será el fabricante.

Como elementos intrínsecos de alteración podemos considerar los que provienen de las fibras y pastas con que se fabrica el papel, los encolantes, los blanqueadores y otros aditivos.

Las fibras

Como vimos en el capítulo anterior, los papeles están formados principalmente por fibras, y éstas por celulosa. La *celulosa*, principal componente del papel, es el elemento que lo conforma como soporte, por lo que su deterioro puede llegar a suponer el derrumbamiento de su estructura, y aunque la estabilidad de la celulosa sea alta, como toda materia orgánica es susceptible de degradación.

Aunque podamos entender esta «predisposición» al deterioro como causa intríseca de alteración, para que se lleve a cabo es necesaria la acción de agentes externos (causas extrínsecas). Luz, temperatura, humedad, agentes químicos y biológicos alteran la estructura de la celulosa, provocando el debilitamiento y amarilleamiento del papel, a partir de fenómenos como la oxidación y la hidrólisis.

Así, los daños más graves del papel son los que provienen de la alteración química de la celulosa, debido, principalmente, a dos fenómenos químicos:

— *Hidrólisis*, que forma parte de las reacciones ácido-base (reacciones ácido-base de hidrólisis).

— *Oxidación*, que forma parte de las reacciones de oxidación-reducción.

La *hidrólisis* se define como el «desdoblamiento de la molécula de ciertos compuestos orgánicos, ya sea por exceso de agua, ya por la presencia de una corta cantidad de fermento o de ácido» (RAE). En efecto, reacciones ácidas (principalmente), la humedad (de modo indirecto) y los fermentos de algunos microorganismos son capaces de descomponer la molécula de la celulosa, ocasionando el desmoronamiento del papel.

La *oxidación* es la transformación de un cuerpo por la acción del oxígeno o de un oxidante (RAE, voz *oxidar*). En el caso de la celulosa, la



Figura 20. Desintegración del papel ácido

oxidación rompe la cadena de glucosa por hidrólisis, transformándola en «oxicelulosa», molécula degradada con peores cualidades. La oxidación de la celulosa se produce por el oxígeno y contaminantes del ambiente y por elementos que pueden encontrarse dentro del papel, como residuos clorados, partículas metálicas, etc.; estas últimas son catalizadores¹ que pueden dar lugar a un aumento de reacciones químicas, que revierten de nuevo en fenómenos de hidrólisis y oxidación.

Los productos de degradación de la celulosa, y de los otros elementos de las fibras (hemicelulosa y lignina), causados por la oxidación, pueden ser productos ácidos que contribuirán, a su vez, a la mayor degradación del papel.

Como vemos, los fenómenos de hidrólisis y oxidación están relacionados con lo que se considera como el *principal enemigo de las obras artísticas sobre papel: la acidez*, capaz de destruir las cadenas moleculares que componen las fibras hasta la total desintegración y deterioro del soporte (Figura 20). Un ácido en presencia de humedad puede descom-

¹ Catalísis es la «transformación química motivada por cuerpos que al finalizar la reacción aparecen inalterados» (RAE).

poner la celulosa, y entonces el fenómeno se denomina hidrólisis ácida; pero la acidez puede provenir de la propia constitución del papel o de agentes externos, como las tintas o la contaminación ambiental².

La ruptura de la celulosa, ocasionada por la penetración del ácido entre las fibras, supone el deterioro de la resistencia mecánica del papel. Cuando la celulosa se queda con 200-250 monómeros, el papel se descompone al tacto; como punto de comparación el grado de polimerización mínimo recomendado es de 1000 a 1200 (Colom y García, 1994, 148)³.

Otro problema de la celulosa como causa de alteración es su propensión a ser atacada por agentes que, en el campo de la restauración del documento gráfico, llamamos *bibliófagos*: la celulosa, por ser un hidrato de carbono termina siendo un buen sustrato para muchos microorganismos y fuente de alimentación de bastantes insectos.

A pesar de lo dicho hasta ahora, debemos reiterar que la celulosa, por sí misma, es un elemento bastante estable, que precisa de agentes externos para su descomposición. El deterioro intrínseco del papel suele provenir de otros componentes, que no sólo se «autodegradan», sino que fomentan o propician la alteración de los demás.

Dentro de las fibras vegetales el elemento más dañino para la conservación es la lignina. La *lignina* se encuentra en bastante cantidad en la madera, y es uno de los componentes que más contribuye a la acidificación y oxidación, manifestadas posteriormente en el amarilleamiento del papel⁴. El motivo por el que se considera a la lignina como la mayor causa del amarilleamiento de los papeles de pasta mecánica de madera es por su gran sensibilidad a los efectos de oxidación derivados de las radiaciones lumínicas.

La pasta mecánica de madera mantiene la lignina dentro de su estructura; por esta razón, y por sus fibras cortas, irregulares, quebradizas, duras y de fácil amarilleamiento, es nefasta para la conservación del papel.

² Los ácidos reaccionan con la celulosa; en un principio se forma una unión compleja y rápida entre un ión de hidrógeno y un átomo de oxígeno de la cadena polimérica. Después se terminan produciendo, lentamente, las reacciones de ruptura de la cadena molecular.

³ Para comprender el alcance de estas cifras, debemos tener en cuenta que en la celulosa del pelo de algodón el grado de polimerización es de 8000, mientras que en el papel lo normal son cadenas de celulosa con 800-1600 monómeros (Kraemer, 1973, 15 y Tabla 2) o, en un sentido más amplio, de 500 a 2000 (Peterson, 1989, 165).

⁴ La degradación de la lignina genera ácidos responsables de la hidrólisis de la celulosa. La lignina, material fácilmente oxidable, también produce peróxidos que en presencia de catalizadores dan lugar a radicales libres que rompen los enlaces carbono-carbono (Williams, 1979, 82 y 86).

La pasta química de madera puede llegar a tener muy buenas propiedades, pues ya vimos cómo en su manufactura se consigue la eliminación de la lignina. A pesar de todo, algunos procesos industriales de obtención de la pasta de celulosa pueden originar efectos degradantes e inestables, principalmente cuando por un mal lavado permanecen en el papel residuos químicos empleados en la manufactura, sobre todo en el caso de procesos de signo ácido. Pese a ello, algunos autores establecen una mayor estabilidad para las pastas al sulfito (proceso ácido) que para las pastas al sulfato (proceso alcalino) quizás por el alto contenido en alfa-celulosa de las primeras frente a la mayor permanencia de hemicelulosa en los procesos alcalinos.

Los encolantes

El encolado del papel contribuye en sí a su permanencia, ya que lo hace más resistente a los efectos de la humedad; otra cuestión es si los encolantes empleados son o no adecuados.

Los *encolantes naturales* (colas, engrudos y almidones) no ocasionan graves problemas. El mayor inconveniente es su sensibilidad a las condiciones climáticas (peligro de alteración por humedad) y la propensión al ataque de insectos y microorganismos.

Algunos tipos baratos de colas caseínicas y derivadas de almidones pueden producir reacciones ácidas, pero este problema no tiene incidencia en la actualidad. Los verdaderos problemas los plantea el encolado con *alumbre colofonia*, considerado por muchos autores como «el principal agente del proceso de acidificación del papel» (Cunha, 1988, 4; Kraemer, 1973, 72).

Como ya se ha señalado, la colofonia aumenta la resistencia del papel al agua y facilita el empleo de tintas fluidas, pero por su gran tendencia a la oxidación y acidez es causa de amarilleamiento y pérdida de resistencia, sobre todo al plegado. Estos problemas se acrecientan cuando se combina con el alumbre, sal ácida que con el agua puede llegar a formar ácido sulfúrico y provocar el deterioro de la celulosa mediante hidrólisis. Cuando el alumbre se diluye en el agua, comienza a causar una reacción ácida capaz de destruir la reserva alcalina del papel, y atacar las fibras antes de que se haya formado la hoja.

El alumbre también puede transformar los contaminantes atmosféricos en ácidos fuertes y motiva, por ejemplo, reacciones nefastas con los cloruros, formando cloruro de aluminio, que, junto con humedad y calor, se transforma en ácido clorhídrico.

La única ventaja del empleo del encolado con alumbre-colofonia para la conservación del papel es que ambos elementos actúan como germicidas.

La alternativa actual son las *colas sintéticas*, generalmente de buen comportamiento; las de urea-formol, las de melanina-formol y las poliamidas hacen al papel muy resistente a la humedad. Por su gran estabilidad, se han recomendado las resinas sintéticas neutras, entre ellas el Kymene, el Acuapel y el Resicart. Los ligantes artificiales derivados de la celulosa, como la carboximetilcelulosa y la metilcelulosa, también suponen una buena opción por su buena permanencia.

Los blanqueadores

La mayoría de los productos blanqueadores decoloran mediante procesos químicos de oxidación, por lo que al blanquear las pastas, generalmente de madera, oxidan las fibras, potenciando el futuro amarilleamiento y desintegración del papel; los reactivos residuales del blanqueo también propician la acidificación. En cualquier caso, estos efectos nocivos pueden ser neutralizados, por lo que la inadecuación del blanqueo dependerá de la calidad y cuidado de los procedimientos empleados.

El blanqueo con *derivados del cloro* es el más perjudicial: es el proceso con mayor poder de oxidación, y genera residuos que muchas veces no son eliminados; estos residuos son los que con el tiempo deterioran la celulosa al dar lugar, por ejemplo, a la formación de ácido clorhídrico. En términos generales, las pastas blanqueadas con bióxido de cloro resultan más permanentes que las blanqueadas con hipoclorito.

Si se controla la buena neutralización de los oxidantes resulta beneficioso un ligero blanqueo de las pastas, ya que estos productos contribuyen a la eliminación de la lignina. Esto concuerda con el criterio de que las pastas de madera ligeramente blanqueadas son mejores que las pastas sin blanquear (ANSI, 1984, 8) y que las completamente blanqueadas (Colum y García, 1994, 249).

Otros aditivos

Las cargas de los papeles tienen poca importancia como elementos de degradación; por el contrario, muchas de ellas (las alcalinas) prolongan la vida del papel.

Efectivamente, algunos *elementos alcalinos* resultan beneficiosos al contrarrestar los problemas de la acidez⁵, y así ocurre, por ejemplo, con los residuos de carbonato cálcico, que permanecen en los papeles antiguos cuyas fibras fueron maceradas con cal. Hoy en día el carbonato cálcico se emplea como carga en los papeles permanentes para neutralizar los ácidos generados por el papel durante su degradación. Estos componentes del papel capaces de neutralizar los ácidos procedentes del envejecimiento natural y de la polución atmosférica reciben el nombre de «reserva alcalina» (ANSI/NISO Z39.48-1992, p. 1).

Otros aditivos que se añaden para favorecer el papel son fungicidas e insecticidas, absorbentes de radiaciones ultravioletas, etc. Algunos elementos, como el sulfuro de cinc, tienen la capacidad de absorber determinadas radiaciones, evitando su acción sobre la celulosa.

Los tipos de cargas que pueden estar presentes en un papel son tan numerosos que, para describir sus posibles alteraciones, tendríamos que estudiar por separado cada una de ellas.

En cualquier caso, destacan los problemas planteados por los *blanqueantes ópticos*, que con el tiempo resultan nocivos al adolecer de estabilidad ante la luz, hasta el punto de que algunos colectivos limitan su uso en papeles que deban estar dotados de una buena estabilidad⁶ (ASTM D3290-1986, p.3). En términos generales, estos elementos, aunque aumentan inicialmente la blancura del papel, pueden ser muy sensibles al calor y a la luz, y alterar la celulosa por termodegradación o por fotosensibilización.

Un caso especial, en cuanto a cargas se refiere, es el *papel estucado* o papel cuché; este papel posee un recubrimiento superficial elaborado con una arcilla blanca y fina, generalmente caolín, que proporciona una superficie muy compacta y satinada con vistas a mejorar las impresiones mecánicas. Aunque la arcilla es muy estable, el papel resulta sumamente sensible a la humedad, capaz de disolver y aglutinar esta carga.

Respecto a los *colorantes*, los de tipo ácido son perjudiciales por su naturaleza y por precisar de un mordiente, como el alumbré, que los une a la celulosa. Los colorantes básicos, aunque en términos generales son poco sólidos, no suelen ocasionar problemas y los directos pueden incluso proteger la celulosa.

Una causa de deterioro, muchas veces accidental, es la inclusión entre las fibras del papel de pequeñas *partículas metálicas* (hierro, cobre, co-

⁵ Williams (1979) demostró cómo los ácidos generados por el papel podían ser neutralizados mediante una reserva alcalina, sobre todo si el papel carecía de trazas metálicas.

⁶ También pueden resultar perjudiciales para la salud humana, como agente cancerígeno; por ésto su empleo está prohibido en papeles para uso alimentario.



Figura 21. Detalle de papel alterado por oxidación de partículas metálicas

balto, manganeso, etc.), que pueden proceder del agua empleada (aguas ferruginosas) o del desgaste de la propia maquinaria. Las partículas de metal se incrustan entre las fibras del papel y, con el tiempo y en presencia de humedad, se oxidan, dando lugar a pequeñas manchitas caracterizadas por contener un pequeño núcleo metálico en su centro⁷ (Figura 21). Estas partículas metálicas, además de los efectos de oxidación, fomentan la acidificación del papel al actuar como catalizadoras del dióxido de azufre.

El contacto continuo de la pasta de papel con pilas y mazos de madera también puede influir en una mala coloración y calidad.

El agua

El agua, imprescindible en el proceso de fabricación, no suele considerarse nociva en términos generales, pero no faltan investigadores que

⁷ Aunque como se verá más adelante, el efecto de estos residuos metálicos (causa intrínseca) se relaciona, según algunas teorías, con la aparición del *foxing* (causa extrínseca), se trata de procesos distintos.

llaman la atención sobre los requisitos que debe cumplir este elemento para que no constituya una causa más de degradación endógena: para que el papel sea un producto de buena calidad, el agua ha de ser muy limpia (preferentemente de manantiales), no tener materias en suspensión ni sedimentos (impurezas metálicas), carecer de hierro, manganeso o materias orgánicas y debe tener la menor dureza posible (Keim, 1966, 53).

En efecto, la dureza del agua potencia el amarilleamiento, disminuye la velocidad de refino de las semipastas, dificulta el encolado y conlleva un mayor consumo de alumbre, influyendo en los colorantes (enturbia el color de los ácidos y, en los básicos los deja con un aspecto untuoso). Hierro y manganeso aumentan asimismo el amarilleamiento, descomponen la celulosa durante el blanqueo por efecto catalítico y colorean al papel con tonos suaves. Por otra parte, las sustancias orgánicas dificultan el blanqueo, aumentando el consumo de cloro; y las inorgánicas (minerales y metales en suspensión) también influyen negativamente en la coloración del papel.

El papel teóricamente óptimo

Tras lo expuesto, y teniendo en cuenta los requisitos sobre el agua y otras impurezas, se puede concluir que el papel con menos propensión al deterioro es el fabricado con fibras sin lignina, de alto contenido en celulosa (por ejemplo, algodón y lino), *con encolado neutro o alcalino y reserva alcalina*. Estas características son las de un soporte de muy buen comportamiento físico/químico, cuyos principales problemas derivan de ataques biológicos, que, como ya vimos, pueden ser contrarrestados con la adición de fungicidas, bactericidas o insecticidas.

Los antiguos papeles de trapos se acercaban bastante a este modelo, con fibras textiles (de algodón y lino), reserva alcalina por la maceración con cal, y encolado de almidón o gelatina, químicamente aceptable.

Los papeles modernos de pasta de madera pueden tener idénticas cualidades si se fabrican con pastas químicas de madera (sin lignina), se encolan con resinas sintéticas o con polímeros orgánicos, y se adiciona carbonato cálcico como reserva alcalina. Pero muchos papeles actuales poseen elevados niveles de lignina (pasta mecánica de madera) y están encolados con alumbre/colofonia.

LAS CAUSAS EXTERNAS DE ALTERACIÓN Y SUS EFECTOS

Hemos visto cómo la materia que compone el papel empleado para la elaboración de estampas y dibujos es, como toda materia orgánica, sensible a la alteración. Pero si este aserto es correcto, no es menos cierto que si mantuviéramos las obras completamente aisladas de los agentes externos causantes del deterioro, no aparecerían muchos problemas de conservación a los que están predispuestas⁸.



Figura 22. Alteración por oxidación de tinta metaloácida (Verdigrís)

Las causas de deterioro externas, llamadas exógenas o extrínsecas, son las que provienen del medio ambiente en que se encuentra la obra; producen efectos nocivos cuando confluyen con las causas intrínsecas de alteración, consustanciales a la materia. Su origen se puede controlar y, por tanto, la responsabilidad de estas alteraciones suele corresponder al «usuario».

⁸ Un claro ejemplo de cómo se pueden llegar a controlar prácticamente todos los factores de degradación, inmunizando al paso del tiempo una obra sobre papel, es la instalación, en una cámara hermética con gas helio (gas inerte en el que no se producen reacciones químicas) de la Declaración de Independencia y de la Constitución de los Estados Unidos de Norteamérica, y de la Declaración de Derechos en los Archivos Nacionales de los Estados Unidos, en Washington.

En la mayoría de los casos acarrean problemas perfectamente previsibles, subsanables con sólo modificar el microclima que rodea la obra. Por esta razón los tratamientos de *prevención* y los controles periódicos se dirigen a las causas externas, con el fin de lograr una instalación adecuada.

Las principales causas extrínsecas de alteración son las *ambientales* (binomio temperatura-humedad, la luz, la contaminación atmosférica, y las vibraciones), *biológicas* (insectos y microorganismos) y *físico-mecánicas* (derivadas del mal uso e instalación).

Otro grupo de causas son las llamadas catastróficas o *accidentales*, como incendios, inundaciones, vandalismo, terremotos, etc. Aunque no son previsibles, se puede disminuir la probabilidad de daños tomando las debidas precauciones en la instalación y/o disponiendo de medios de actuación rápida.

Causas físico-mecánicas

Son aquellas derivadas de una manipulación, uso e instalación incorrecta y descuidada; provocan efectos de alteración física, como roturas y manchas. Estas «manipulaciones mecánicas», llevadas a cabo normalmente por el artista o usuario, pueden también convertirse en daños «químicos»; así ocurre cuando se adicionan elementos inestables, como pueden ser algunos tipos de pigmentos.

Dentro de las causas debidas al mal empleo del soporte, incluimos la utilización de *tintas* o materiales corrosivos, así como cualquier técnica artística o manipulación inadecuada para la estabilidad del papel, y por tanto de la obra de arte⁹.

Como componentes de algunas tintas, los *pigmentos metálicos* deterioran el papel mediante fenómenos de oxidación y catálisis, provocando efectos similares, pero de mayor magnitud, a los mencionados en el caso de las partículas metálicas incrustadas entre las fibras. Este efecto se mag-

⁹ Las tintas, junto con otros elementos sustentados, son parte intrínseca de la obra, aunque en nuestro caso (estudio del soporte) nos referimos a ellas como elemento extrínseco al papel. Desde este punto de vista sólo nos interesa abordar las alteraciones de las tintas que derivan en el deterioro del soporte, ya que algunas tintas degradan la base que las sustenta. Recordamos que este trabajo sólo contempla una parte fundamental de lo que es la totalidad de la obra artística: el papel. Las tintas quedan fuera de nuestros objetivos, no porque olvidemos su importancia, sino por la necesidad de acotar los temas de investigación. No debemos dejar de insistir en que este estudio sólo supone un primer paso hacia la comprensión de la estabilidad de la obra artística como un todo, en la que están actuando el soporte (papel), las tintas, las técnicas empleadas y la relación entre cada uno de estos tres elementos.

nifica cuando, para la mejor adhesión de la tinta, se emplean «mordientes», elementos ácidos que fijan químicamente los pigmentos metálicos a las fibras del papel; son las llamadas «tintas metaloácidas», compuestas por un metal (colorante) adherido químicamente por un mordiente (ácido) que actúa como agente de oxidación.

En este caso, el deterioro proviene no sólo del metal que, además de oxidarse, actúa como catalizador del dióxido de azufre de la atmósfera transformándolo en ácido sulfúrico dentro del papel, sino también del mordiente, que acidifica el soporte y refuerza aún más la acción corrosiva del ácido; el efecto es una auténtica carbonización del papel. Ejemplos de este problema son las tintas de verdigrís y las tintas ferrogálicas, por fortuna poco empleadas en nuestros días¹⁰ (Figura 22).

Otro problema distinto, que también genera alteraciones químicas, es el de algunas *tintas de impresión* de mala calidad; cuando el aceite que emplean como barniz está mal polimerizado pueden oxidarse dentro del papel y deteriorarlo, produciendo una mancha parda que rebordea los trazos y resta nitidez al conjunto (Figura 23).

También las *técnicas artísticas* realizadas mediante materiales incompatibles entre sí o con comportamiento distinto ante la humedad (con diferente estabilidad dimensional) propician las grietas, deformaciones, desprendimientos, etc., tal como ocurre con una capa de pintura acrílica espesa sobre un cartón laminado, con un dibujo al pastel sobre un soporte muy satinado, o con un «collage» realizado con materiales de hidroscopiedad tan diversa como maderas y plásticos.

Por otro lado, algunos *adhesivos* y *barnices* amarillean y dejan manchas cuando se oxidan o, si son de origen orgánico, atraen microorganismos e insectos (Figura 24).

El deterioro puede provenir también de *montajes e intentos de restauración* inadecuados: parches que originan tensiones que rasgan la obra, manchas irreversibles de adhesivos, como ocurre en algunas reparaciones con cinta autoadhesiva (Figura 25), manchas de óxido por la corrosión de *piezas metálicas* inadecuadas, como chinchetas y grapas, que además perforan el soporte, etc.

Otro ejemplo común de manchas son las provocadas por los *sellos de propiedad*, impresos con tintas de tampón en los lugares más inadecuados de grabados y dibujos, dañando seriamente la estética de la obra. En ocasiones, teniendo en cuenta este factor, se han colocado al reverso, precisamente en lugares centrales por creerse no visibles, pero un exceso

¹⁰ Fueron utilizadas principalmente durante los siglos XVI-XVIII para dibujos a pluma e ilustraciones.

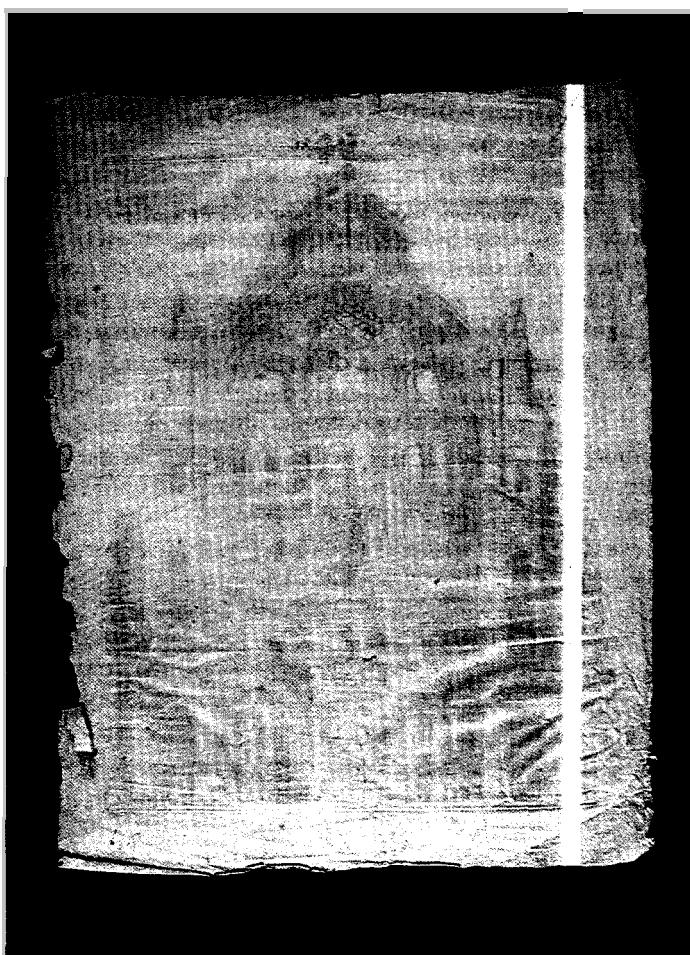


Figura 23. Reverso de estampa manchada por la oxidación de la tinta de impresión (Fototeca del Patrimonio Histórico, Archivo de Obras Restauradas, I.C.R.B.C. Ministerio de Cultura)

de tinta, su disolución u oxidación, favorece con el paso del tiempo su traspaso al anverso.

Respecto al *mal uso y manipulación*, valga cualquiera de los múltiples ejemplos que uno pueda imaginar, incluida la salvaje costumbre de arrancar las ilustraciones que forman parte de un libro.



Figura 24. Alteraciones causadas por oxidación del Barniz, tensiones con el entelado y almacenamiento incorrecto (Fototeca del Patrimonio Histórico, Archivo de Obras Restauradas, I.C.R.B.C. Ministerio de Cultura)



Figura 25. Alteración causada por oxidación de la autoadhesiva (Fototeca del Patrimonio Histórico, Archivo de Obras Restauradas, I.C.R.B.C. Ministerio de Cultura)

Temperatura-humedad

Temperatura y humedad deben estudiarse conjuntamente, pues son variables interdependientes. El porcentaje de humedad relativa (H-R) en un ambiente (relación entre humedad absoluta y humedad necesaria para la saturación) varía sensiblemente en función de la temperatura. A mayor calor, mayor será la proporción de agua necesaria para saturar una atmósfera. En caso de descenso fuerte de la temperatura, el aumento de la humedad relativa provoca la condensación de agua en el aire, cubriendo las superficies con líquido.

Este factor es de gran importancia para el control climático, ya que una tasa alta de humedad favorece el *desarrollo de microorganismos* y se sabe que, a una temperatura de 25°C, basta un descenso de sólo 4°C para llegar desde 65% H-R (extremo mínimo para el desarrollo de microorganismos) al 83% H-R (óptimo para su desarrollo) (Kraemer, 1973, 537).

Según sean los autores consultados, encontraremos distintos límites de temperatura y humedad recomendados para la conservación del papel; no obstante, se entiende que el límite mínimo de H-R permisible es el 45% (establecido en función de la respuesta general de cualquier material orgánico) y el máximo el 65% (punto a partir del cual empieza la proliferación de microorganismos). *Un rango climático recomendable es el situado entre $55 \pm 5\%$ H-R y $18 \pm 2^\circ C$, siempre y cuando sea acorde o mínimamente similar a las condiciones climáticas naturales de la zona.*

El papel es un material muy higroscópico que absorbe o cede agua según la temperatura y humedad ambiental; necesita un porcentaje mínimo de agua entre sus fibras para conservar la flexibilidad ya que, como vimos, el agua actúa como enlace fibrilar (puentes de hidrógeno). La sequedad continuada termina aumentando la rigidez del papel haciéndolo quebradizo, ya que el *calor* es capaz de eliminar parte de la humedad interna necesaria, provocando la desintegración. Asimismo, las altas temperaturas favorecen las reacciones químicas; como dato, (Dereau y Clements, 1988, 18) cada aumento de temperatura de 10° C hace que aproximadamente se dupliquen los procesos de hidrólisis y oxidación. Es por todo esto por lo que el calor moderado durante largos períodos provoca efectos fatales de envejecimiento en el papel (amarilleamiento y agrietamiento) que se producen en muy poco tiempo con una corta exposición a elevada temperatura.

El *exceso de agua* también es nocivo, ya que puede reblanecer el material de apresto y las tintas y favorecer el crecimiento de microorganismos. También fomenta cualquier reacción química por efectos de hi-

drólisis, pudiendo dar lugar a la descomposición del soporte y la gráfia¹¹.

En todo caso, *el papel es un material higroscópico que termina adaptándose lentamente a las condiciones ambientales* en que se encuentra, por lo que los cambios bruscos de temperatura y humedad son mucho más nocivos que una temperatura o una humedad inadecuada pero estable. Las variaciones climáticas continuadas provocan a no muy largo plazo, por cambios de tensión (contracción-dilatación), toda clase de deformaciones y agrietamientos en los soportes, capas pictóricas y adhesivos, hasta quebrantar los enlaces estructurales de la materia.

Este peligro ha hecho que muchos autores consideren los límites de temperatura y humedad óptimos como una teoría tan difícil de lograr y mantener que recomiendan ambientes sometidos a la menor variación climática respecto a la climatología natural de la zona (Viñas, V., 1991, 68). Es muy importante tener en cuenta que cualquier cambio brusco o variación diaria de más de 1,5°C y de 2% de H.R. o como mucho 5% H.R., comienza a resultar nociva (Herráez y Rodríguez, 1989, 9)¹².

La combinación de diferentes niveles de temperatura y humedad da lugar a *distintos tipos de alteración*:

En ambientes con *mucho calor y poca humedad* los materiales higroscópicos pierden agua, se contraen y ocasionan fragilidad en el papel por deshidratación de las fibras y endurecimiento y cristalización de los adhesivos naturales. Por el contrario, los materiales hidrófugos (adhesivos termoplásticos) se dilatan y reblandecen por pérdida de cohesión de sus moléculas. La diferencia de tensión entre ambos tipos de elementos ocasiona deformaciones y agrietamientos. El calor acelera las reacciones químicas, aumentando la acidez y la tendencia al amarilleamiento, pero apenas aparecen alteraciones biológicas. Otro efecto nocivo es el aumento de cargas electrostáticas, con la consiguiente atracción del polvo.

La *elevada humedad* da lugar a la dilatación de los materiales higroscópicos por absorción de agua, al reblandecimiento de colas y tintas, y a

¹¹ La tendencia a la mayor lentitud para desprender agua que para absorberla se explica por la gran retención de humedad de los microporos formados en las cadenas macromoleculares de la celulosa, de modo que resulta entre 1,5 y 12 veces más lento desprender que absorber humedad (Kraemer, 1973, 532). Una explicación más precisa es la predisposición a la formación de puentes de hidrógeno (unión química) con las partículas de agua, que de esta manera se separan con mayor dificultad.

¹² Como punto de comparación, una variación de un 10% en la humedad relativa del ambiente puede hacer disminuir o aumentar en 0,6% las dimensiones de un papel normal en el sentido transversal y en 0,1% en el longitudinal (Navarro, 1972, 127 y 128).

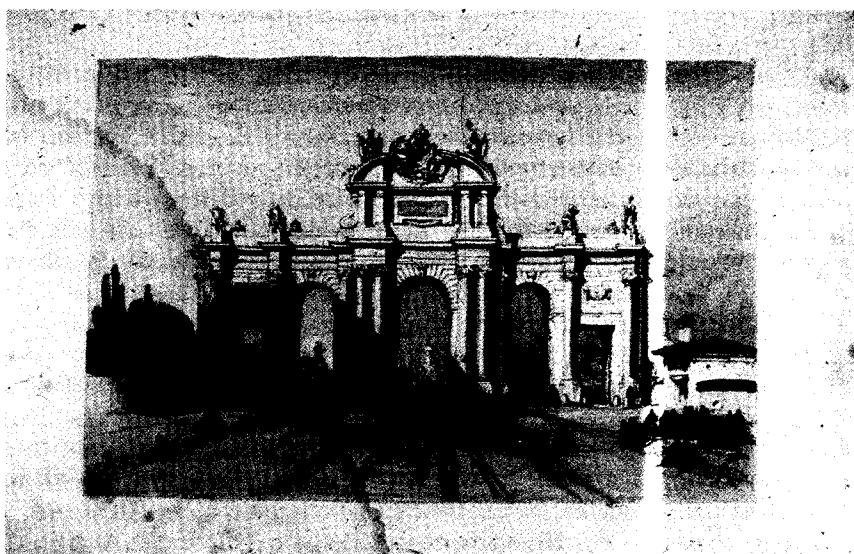


Figura 26. Estampa afectada por humedad (Fototeca del Patrimonio Histórico, Archivo de Obras Restauradas, I.C.R.B.C. Ministerio de Cultura)

manchas de humedad por la suciedad arrastrada en la absorción (Figura 26), lo que también ocasiona mayor penetración de agentes contaminantes en el soporte. Químicamente destacan los fenómenos de hidrólisis por formación de ácidos y oxidación y también son patentes las alteraciones biológicas.

Pero la peor situación es la combinación de un *exceso de temperatura y humedad*, pues se potencian las causas de deterioro y, a todas las alteraciones anteriores, hay que sumar los graves efectos por la alternancia de contracción-dilatación en los materiales. Los daños químicos se multiplican y los biológicos resultan devastadores.

En conclusión, un ambiente frío, con defecto de temperatura y de humedad, es el más idóneo, pues las alteraciones físicas, químicas y biológicas son prácticamente nulas. El mayor problema para la implantación de estas condiciones ambientales es que no se adecua a las exigencias de confort humano.

La luz

La luz, siempre y cuando sea de intensidad controlada, no es necesariamente nociva para la conservación del papel; más aún, puede ser be-



Figura 27. Amarilleamiento ocasionado por incorrecta iluminación durante una exposición prolongada. La zona inferior no ha sufrido alteración por quedar protegida (oculta) por otro dibujo (Fototeca del Patrimonio Histórico, Archivo de Obras Restauradas, I.C.R.B.C. Ministerio de Cultura)

neficiosa al afectar negativamente al desarrollo de muchos microorganismos e insectos. Pero un exceso, tanto de tiempo de exposición, como de distancia e intensidad (nivel de luminosidad), sobre todo en el caso de algunas radiaciones (características espectrales de la radiación), provocará efectos muy graves que continuarán propagándose irreversiblemente, incluso una vez eliminado el foco luminoso (Figuras 27 y 28).

La luz solar es la más peligrosa de todas porque posee todo tipo de radiaciones lumínicas (ondas electromagnéticas con longitud de onda entre 290 y 2.400 nm); a pesar de ello, apenas tiene incidencia en los papeles que no permanecen en la intemperie, como es normalmente el caso de grabados y dibujos. De hecho, la atmósfera (nubes, polvo, agua, oxí-

geno, etc.) absorbe la mayoría de la luz solar y al suelo sólo llega un 47%, formado por radiaciones difusas (25%) y directas (22%). Del total de radiaciones ultravioletas emitidas por el sol, sólo llega un 9% que, si tienen que atravesar un cristal, queda transformado en un 5%¹³.

De todas las radiaciones existentes, el ojo humano percibe sólo la llamada «región visible», situada entre 400 y 700 nm. Por debajo de la región visible se encuentran las radiaciones ultravioletas (longitud de onda menor de 400 nm) y por encima las infrarrojas (más de 700 nm); la energía de las radiaciones depende de su longitud de onda: a menor longitud de onda mayor energía, y a mayor energía mayor poder de penetrabilidad.

La energía lumínica, al incidir sobre los objetos, se transforma en energía química o en energía calorífica, según el poder de penetración de las radiaciones. Las radiaciones de poca longitud de onda (alto poder de penetración) provocan daños químicos en el papel, mientras que las de mucha longitud de onda (bajo poder de penetración) generan daños físicos derivados del aumento de temperatura.

En la *iluminación artificial*, además de emitirse radiaciones visibles también actúa el resto de radiaciones, en mayor o menor proporción según la fuente lumínica. La luz incandescente es más rica en radiaciones infrarrojas y la fluorescente en ultravioletas.

Las *radiaciones infrarrojas* tienen mucha longitud de onda y poca energía y penetrabilidad; producen *alteraciones físicas* derivadas del calor que generan sus radiaciones térmicas. Estas alteraciones físicas son poco peligrosas excepto en casos de exposiciones muy prolongadas. Aparecen cuando la energía radiante que incide sobre un objeto se transforma en energía térmica: el choque de fotones produce una vibración intermolecular y propicia el aumento de temperatura. La vibración, junto con el desequilibrio térmico, ocasiona agrietamientos, exfoliación y, en último término, desintegración. A su vez, el calor tiende a fomentar cualquier reacción química (entre ellas las reacciones fotoquímicas), causando amarilleamiento, sobre todo en papeles de pasta de madera.

Pero los efectos más nocivos de la energía radiante se explican por el hecho de que algunas porciones de la radiación electromagnética (radiaciones de poca longitud de onda), provocan *reacciones fotoquímicas en los materiales*, por sí mismas o en presencia de agentes como la humedad y el oxígeno. Este tipo de alteración se debe principalmente a las ra-

¹³ Un cristal corriente es capaz de filtrar las radiaciones ultravioletas con una longitud de onda menor de 320 nm. Los rayos ultravioletas entre 290 y 330 nm no pueden atravesar los vidrios de las ventanas (Flexes, 1977, 20).

diaciones ultravioletas, pero éstas no son necesarias para activar muchas de las reacciones fotoquímicas, ya que también pueden originarse con las radiaciones visibles cercanas al azul-verde.

La radiación ultravioleta tiene poca longitud de onda y mucha energía, por lo que su poder de penetrabilidad en el papel es alto, razón que provoca *daños químicos* y genera una acción fotoquímica muy destructiva. Los efectos fotoquímicos de la luz sobre el papel se traducen principalmente en daños derivados de la fotólisis (desdoblamiento de una sustancia por acción de la luz) y de la fotooxidación (oxidación por efecto de la luz)¹⁴.

La fotólisis afecta especialmente a los enlaces de carbono, y se potencia con el calor, la humedad y la acidez. La luz visible próxima a la ultravioleta rompe los enlaces carbono-carbono; la luz ultravioleta de onda cercana los del carbono con el oxígeno, y la de onda media y lejana los del carbono con el hidrógeno. Si tenemos en cuenta que el papel está formado por celulosa, la cual se compone exclusivamente de carbono, hidrógeno y oxígeno ($C_6 H_{10}O_5$), podrá entenderse fácilmente su fragilidad hasta la total desintegración, a causa de la luz. Muchas de las impurezas del papel (lignina, productos de degradación coloreados, etc.) absorben mejor las radiaciones ultravioletas que la celulosa, y de este modo la protegen del efecto de la luz, aunque contribuyen a la degradación general del soporte.

El otro efecto químico de la luz es la *fotooxidación*. Se produce, bien cuando la energía radiante afecta a un compuesto que dispone de oxígeno y lo libera, bien cuando se oxidan, por efecto de este oxígeno o del oxígeno ambiental, las agrupaciones moleculares originadas en la fotólisis (radicales). El oxígeno aislado que se desprende actúa como elemento decolorante (por ejemplo, de las tintas) y en combinación con otras moléculas puede dar lugar a óxidos, ácidos (óxido más agua) y otros elementos químicos nocivos como el peróxido de hidrógeno, degradatorio y decolorante (oxígeno más agua y calor). Esto afecta al polímero de celulosa, convirtiéndolo en oxicelulosa y provocando la desintegración y amarilleamiento del papel que, como vimos, puede ocaisionarse por distintos medios (hidrólisis de la celulosa).

Longitudes de onda menores de 385 nm ya tienen capacidad para alterar la lignina, ocasionando el amarilleamiento de la pasta mecánica. Los

¹⁴ Mediante la *fotólisis*, la luz causa la descomposición química de la celulosa al romper los enlaces que agrupan sus átomos. Por otro lado, los átomos y moléculas separadas tienden a reunirse formando elementos con características distintas a las de las moléculas primitivas; estas moléculas resultantes de la descomposición fotolítica se combinan consigo mismas o reaccionan con otras moléculas. Al final, como productos de degradación, se generan compuestos muy complejos que pueden causar graves alteraciones.

papeles de buena calidad, no ácidos, tienden a alterarse mucho menos que los papeles modernos de pasta mecánica, ya que la degradación se potencia por la acidez. Los papeles de celulosa poco purificada, con partículas de hierro y encolados con colofonia, amarillean muy fácilmente por efecto de la luz. En general el *amarilleamiento* se potencia en presencia de metales, alumbre y colas, pues estos elementos actúan a modo de sensibilizadores de los procesos de degradación química.

Para los grabados y dibujos el peor daño causado por la luz es el amarilleamiento; a este respecto, Almela apunta (1956, 49):

Los grabados, por ejemplo, se oscurecen de tal modo que quedan ocultos los trazos finos que labró el buril, apareciendo a la vista nada más los rasgos fuertes, con lo que una obra que tiene múltiples medias tintas y suaves desvanecidos aparece con un lamentable conjunto de contrastes que despertarían la cólera del artista que grabó la estampa.

En cualquier caso, el amarilleamiento depende del tipo de papel; los papeles con lignina tienen una mayor tendencia a oscurecer por su gran sensibilidad a la luz; los papeles de pasta de madera blanqueada también amarillean según su contenido de hemicelulosas y de celulosa degradada, mientras que los papeles de pasta de trapos se blanquean.

Vibraciones

La vibración más o menos continua origina en la materia un movimiento intermolecular que da lugar al agrietamiento, desprendimiento (por ejemplo, de pigmentos) y desintegración. Estos fenómenos se relacionan con la cohesión molecular de los materiales y los daños son más graves cuanto más rígidos y menos flexibles sean los cuerpos.

Aunque sea infrecuente, la vibración nociva también puede causarse durante la estampación industrial, cuando se usan máquinas de impresión muy rápidas.

De origen ambiental son los movimientos sísmicos más o menos imperceptibles en zonas propensas al microseísmo, la agitación originada en un medio de transporte incorrecto, el tráfico rodado (autopista cercana, tren subterráneo, etc.) o aéreo, y las ondas sonoras como ruidos continuos (micromartilleo) y ultrasonidos. Paradójicamente, las vibraciones pueden resultar positivas, ya que evitan la presencia de insectos.



Figura 28. Oscurecimiento del soporte por efecto de la luz (antes y después de la restauración) (Fototeca del Patrimonio Histórico, Archivo de Obras Restauradas, I.C.R.B.C. Ministerio de Cultura)

Contaminación ambiental

La atmósfera que nos rodea, sobre todo en ciudades y zonas industrializadas, está cargada de una serie de productos de desecho arrastrados por el aire.

Estos agentes contaminantes pueden ser aerosoles o vapores. Los *aerosoles* son partículas sólidas o líquidas en suspensión aérea (polvo, humos y niebla) que actúan como esponjas absorbiendo y reteniendo elementos químicos, esporas, carbón, metales, sal, etc. También contienen sustancias grasas que provocan *suciedad* y *abrasión*¹⁵.

Por su capacidad de absorción, los aerosoles también actúan como medio de transmisión de *elementos químicos* que, al aglutinarse, pueden

¹⁵ Los efectos son evidentes cuando colocamos en una pared sobre la calefacción, por ejemplo, un grabado: el aire al circular asciende y desciende por cambio de temperatura, y arrastra las partículas ambientales, que terminan manchando el papel.

dar lugar a un agente agresivo. Concretamente, el polvo suele poseer radicales ácidos e iones metálicos que, al humedecerse, se convertirán en elementos oxidantes y acidificadores, proceso fomentado por la gran higroscopidad de los aerosoles.

En efecto, el polvo está constituido por partículas higroscópicas que al llevar agua son fuente de *contaminación microbiológica*¹⁶; además, muchos componentes del polvo actúan como materia nutritiva. Aparte de potenciar los problemas biológicos y dar lugar a suciedad y abrasión, genera daños químicos, ya que muchas partículas son de carácter ácido por absorción del dióxido de azufre.

Pero el mayor problema lo constituyen los *gases contaminantes* (vapores), sobre todo los procedentes de la combustión industrial, que actúan como elementos oxidantes y de acidificación. El ozono y los gases derivados del azufre y del nitrógeno son los más corrosivos, pues por hidrólisis y catalización degradan el papel, sobre todo en presencia de humedad y calor.

Algunos gases nocivos son de *origen natural*, como el *oxígeno* (O_2) que con otros elementos forma óxidos que, al reaccionar con el agua del propio papel o del ambiente, dan lugar a ácidos; en ambos casos actúa por degradación cáustica y decoloración.

Otros elementos nocivos de origen natural son el ozono, el vapor de agua, el peróxido de hidrógeno y el amoníaco. El *ozono* (O_3) se deriva del oxígeno atmosférico al ser transformado por la luz ultravioleta de onda corta (200 nm); su acción oxidante y decolorante es mayor que la del propio oxígeno. Rompe los enlaces de los átomos de carbono y altera gravemente barnices, colas y gelatinas. Las copiadoras electrostáticas y otra maquinaria, como los precipitadores de flujo electrostático, también pueden generar ozono.

El *vapor de agua* es dañino por fomentar la hidrólisis y otras alteraciones químicas. El *peróxido de hidrógeno* (H_2O_2) se forma por oxidación de sustancias orgánicas (por ejemplo, pinturas recientes) y también es oxidante y decolorante. El *amoníaco* (NH_3), se produce por descomposición de la materia orgánica (por ejemplo, la transpiración humana) y, aunque es de naturaleza muy alcalina, si se oxida y se une a la humedad ambiental forma ácido nítrico, muy corrosivo y peligroso para el papel.

¹⁶ Plenderleith (1967) destaca la acción del aire marino, cargado de partículas salinas que, por su gran higroscopidad, fomentan la humedad y, por lo tanto, el desarrollo de microorganismos. El aire del mar está formado por finas nubes de rocío cargadas con elementos minerales ricos en halógenos (cloruros y bromuros), que, además de ser sustancias muy higroscópicas, son corrosivas.

Entre los *contaminantes industriales* cabe destacar los gases derivados del nitrógeno y los gases sulfurosos. Los primeros dan lugar, en general, a alteraciones químicas y manchas. El *dióxido de nitrógeno* se forma cuando el óxido de nitrógeno, derivado de toda combustión a altas temperaturas, se combina con el oxígeno y nitrógeno naturales; la acción de las bacterias sobre nitratos y nitritas también genera dióxido de nitrógeno, al igual que la luz, rayos solares y cósmicos, vuelos estratosféricos, etc. En principio no es negativo, pero se descompone con la luz, dando lugar a la formación de óxido nítrico y oxígeno atómico.

El *óxido nítrico*, que, además, puede formarse directamente por la combustión incompleta de hidrocarburos, llega a transformarse en ácido nítrico, de poder tan corrosivo para el papel como el ácido sulfúrico. El *oxígeno atómico*, que afecta gravemente a la composición de la materia orgánica, también origina la formación de compuestos corrosivos.

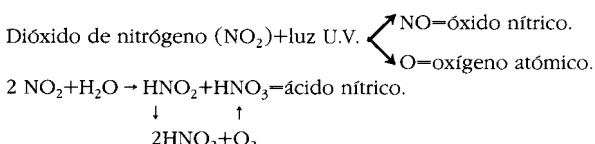
El dióxido de nitrógeno es soluble en agua, produciendo ácido nitroso y ácido nítrico; el ácido nitroso es débil e inestable, y se disocia en ácido nítrico y óxido de nitrógeno. El *ácido nítrico* es un ácido muy fuerte y altamente corrosivo¹⁷.

Entre los gases sulfurosos destaca el *dióxido de azufre*, producido por la combustión de hidrocarburos como el carbón de cok y el fuel-oil; la mayor parte del deterioro actual del papel, desde hace un siglo, es por causa de los componentes ácidos de la atmósfera, sobre todo del dióxido de azufre. Aunque el dióxido de azufre no es nocivo por sí mismo, sus reacciones hacen que sea el contaminante más peligroso, ya que, por hidrólisis, y en presencia de un catalizador (partículas de metal del papel o tinta), se transforma en *ácido sulfúrico*, de gran poder corrosivo¹⁸.

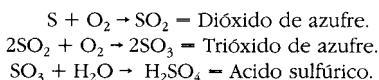
Los gases sulfurosos también se generan de forma natural, pues las bacterias pueden producir ácido sulfhídrico, que se oxida fácilmente transformándose en dióxido de azufre.

La acción de los contaminantes ácidos y corrosivos se pone de manifiesto en los cantos de las hojas de muchos libros, que al estar expuestos directamente al aire se vuelven extremadamente frágiles y amarillentos.

17



18



El factor acidez, que tanta importancia tiene para la preservación de estampas y dibujos, puede provenir de la propia materia que constituye la obra artística o del medio ambiente que la rodea; en este último caso no sólo influye el aire de una determinada atmósfera, ya que *la acidez es contagiosa* y se traslada, por ejemplo, desde un soporte ácido añadido en el montaje de la obra, o por simple contacto con cualquier otro material que contenga acidez intrínseca.

Causas biológicas

Son las provocadas por seres vivos, desde animales más o menos grandes hasta hongos y bacterias.

Entre los *mamíferos* destaca el ataque de roedores que devoran y ocasionan la destrucción del papel para obtener material a partir del cual fabricar sus nidos. Aparte de los daños físicos por pérdida del soporte, sus excrementos ocasionan manchas ácidas. Estos mismos efectos también son originados por las aves.

Los *insectos* son un factor de alteración aún más peligroso, con el agravante de que muchas veces apenas son perceptibles. Cuando están en fase larvada pueden destrozar completamente un papel llenándolo de perforaciones; tal es el caso de soportes de buena calidad (pasta de trapos con grado de acidez neutro) y encolados con aprestos naturales, atractivos para la nutrición de estas plagas.

En nuestro país, los insectos celulósicos que más frecuentemente causan el deterioro del papel son los anobios (comúnmente llamados carcoma y «gusanos del libro»), lepismas (pececillo de plata), blátidos (cucarrachas) y, de manera ocasional pero devastadora, las termitas o termes. La mayoría de estos insectos, al igual que casi todas las «especies bibliófagas», prefieren ambientes cálidos y húmedos y zonas oscuras.

En el caso de *anobios*, los responsables del ataque a los papeles son larvas, que con su potente aparato masticador son capaces de devorar libros enteros. Aunque pueden digerir bien la celulosa, muestran predilección por las zonas atacadas previamente por hongos y rehuyen los espacios con tintas metaloácidas y de impresión. La mayoría de especies son xilófagas, comienzan el deterioro a partir de la madera que suele formar parte de los marcos, estuches y estanterías. El ataque de los anobios se caracteriza por unos orificios típicos; cuando muchas hojas de papel están juntas van perforando túneles cuyos bordes quedan adheridos por una sustancia gomosa, a la vez que provocan un fino polvillo con sus detritus. Tras empuparse, abandonan el papel o la madera, dejando el capu-

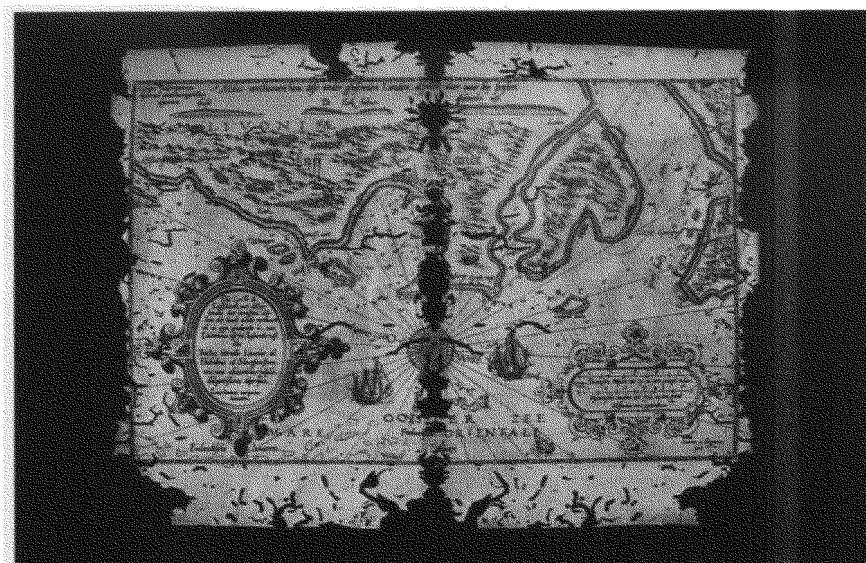


Figura 29. Ataque de anóbidos (Fototeca del Patrimonio Histórico, Archivo de Obras Restauradas, I.C.R.B.C. Ministerio de Cultura)

llo, y culminan el ciclo metamórfico convirtiéndose en un insecto alado (escarabajo) que, a veces, depositará los huevos en el mismo papel (Figuras 29 y 30).

Los *lepismas* atacan el papel superficialmente, de manera irregular, perforándolo a modo de estratos; en este caso su aparato masticador es poco potente, prefieren las zonas encoladas y no les gusta el papel con más de 50% de pasta mecánica. Son lucifugos y su ambiente óptimo se sitúa entre 22-27°C y 75-97% H.R. (Figura 31).

Las *cucarachas* son omnívoras y también atacan la superficie de los papeles, pero de una forma más extensa que en el caso del lepisma debido a sus fuertes mandíbulas. Provocan manchas negruzcas con sus excrementos que, además de ensuciar, atraen a otras cucarachas y a microorganismos. Prefieren vivir en temperaturas entre 15 y 30°C; a menos de 10°C se adormecen y a más de 40°C se deshidratan.

Las *termitas* son prioritariamente xilófagas, pero también pueden atacar los papeles, aunque sólo si se encuentran en bloques o en zonas oscuras ya que son extremadamente lucifugas. Por esta razón su ataque suele pasar desapercibido, pues nunca se manifiestan al exterior; como ejemplo de las alteraciones causadas, baste pensar en libros completa-

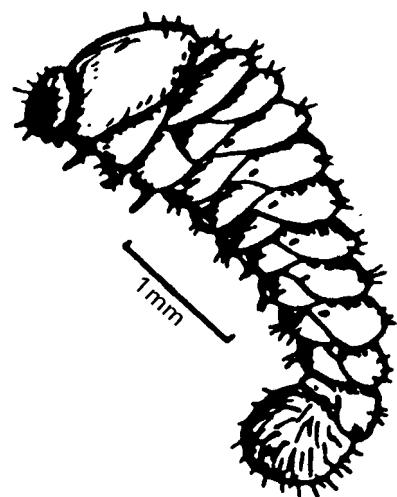


Figura 30. *Anobium punctatum* (Kraemer, 1973, L. XLV)

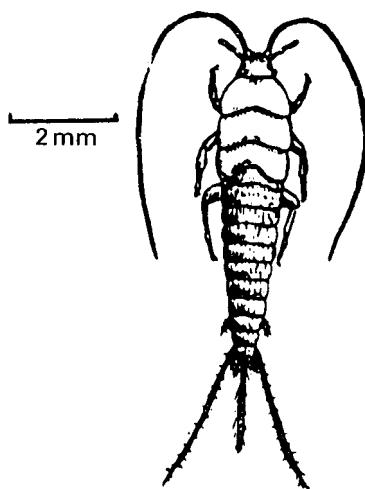


Figura 31. *Lepisma* (Kraemer, 1973, L. XXXIII)

mente perforados en su interior, a modo de caja, sin que se aprecie el ataque por los cantos. Además de realizar perforaciones alejadas de las zonas que reciben luz (huecos extensos alejados de los bordes) manchan el perímetro con una sustancia pardo-negruzca muy característica¹⁹.

Aunque de menor gravedad, también son de destacar las manchas de detritus causadas generalmente por *insectos voladores* como moscas, polillas y avispas.

Los *microorganismos*, hongos y bacterias, alteran gravemente el papel; los daños más importantes son la destrucción de su estructura y las manchas provocadas por sus pigmentos. Se desarrollan con preferencia en ambientes húmedos y cálidos y, como los insectos, también gustan de las sustancias adhesivas de origen natural.

Unos y otros actúan químicamente al descomponer la celulosa (polímero), transformándola en glucosa (monómero), por lo que el papel se debilita y adquiere un aspecto blando y algodonoso; al consumir la celulosa excretan productos nocivos, entre ellos elementos ácidos que hacen desaparecer el apresto superficial (papel poroso), fomentando otras degradaciones derivadas de la acidez. Ocasionalmente fuertes manchas producidas por pigmentos cuya coloración varía según la especie, y fomentan el ataque de la celulosa por los insectos al dejarla «parcialmente digerida» (Figura 32).

Un proceso normal de degradación del papel por el ataque de microorganismos comienza con la debilitación química de la celulosa, seguida de la destrucción del encolado por los ácidos generados, para finalizar con un ataque de anobios: el papel queda muy débil y poroso, manchado de pigmentaciones, perforado y sucio por la nociva acción de los insectos.

Aún hoy se desconoce el motivo de la fuerte coloración que ocasionan muchos *hongos*; lamentablemente, el color no permite identificar la especie, ya que un mismo microorganismo causa pigmentaciones distintas. Hay hongos que generan por sí mismos modificaciones del color (cromóforos) pero en algunos casos la coloración se debe a los ácidos procedentes de la hidrólisis de la celulosa o a los productos residuales segregados por el microorganismo. Las manchas con relieve pueden estar formadas por restos orgánicos (lignina) e inorgánicos (hierro), generados mediante la descomposición del papel.

¹⁹ Las obreras son las únicas que digieren la celulosa, así que la regurgitan para alimentar al resto de la colonia; algunas especies no pueden degradar directamente la celulosa, en cuyo caso la emplean a modo de abono de hongos que crían y consumen. Las termitas viven en colonias y su ambiente predilecto son zonas cálidas y húmedas; son muy sensibles respecto a las condiciones climáticas y difíciles de erradicar.



Figura 32. Estampa con manchas de humedad y descomposición del papel ocasionada por microorganismos (Fototeca del Patrimonio Histórico, Archivo de Obras Restauradas, I.C.R.B.C. Ministerio de Cultura)

Se sabe que al menos 180 especies de *moho*²⁰ destruyen la celulosa; de ellos los más corrientes son el *Aspergillus* y el *Penicillium*. El moho se reproduce mediante esporas, presentes en cualquier ambiente a la espera de hallar las condiciones climáticas óptimas para desarrollarse. Como método de supervivencia, los hongos tienen dos tipos de esporas, unas que se reproducen rápidamente pero que son muy sensibles a los factores climáticos (son las responsables del rápido crecimiento de las colonias en circunstancias favorables), y otras muy resistentes en condiciones poco propicias, que se mantienen durante largos períodos de tiempo.

Las esporas, para reproducirse, necesitan tres requisitos: alimento (papel) calor y humedad. Cuando encuentran estas condiciones (por ejem-

²⁰ Palabra comúnmente empleada para designar a los hongos criptogámicos (los que se propagan mediante esporas).

plo, estampas húmedas enmarcadas entre cristales) las esporas introducen sus raíces (hifas) en las fibras del papel y la proliferación de hifas comienza a consumir y desintegrar las fibras.

La mayoría de los hongos se desarrollan, principalmente, en temperaturas que oscilan entre 15 y 35 °C (mejor aún entre 24 y 30°C) y en condiciones de humedad de 65-80% H.R.; también prefieren sustratos ligeramente ácidos (pH 4,8-5,6). Con todo, estos valores son muy variables según sea la especie, pues algunos hongos crecen en condiciones de casi congelación y otros se multiplican a partir de 60°C.

Aunque se piensa que la congelación destruye a los microorganismos, muchos de ellos (hongos y bacterias) sobreviven durante largo tiempo en condiciones adversas. Lo que realmente les afecta son las radiaciones ultravioletas y temperaturas superiores a los 100°C. En el caso concreto de las bacterias, se puede decir que su humedad óptima es del 100% H.R.; cuando desciende del 65% su metabolismo tiende a interrumpirse.

La gran mayoría de las *bacterias* capaces de degradar el papel son aerobias (necesitan oxígeno para sobrevivir); dentro de este grupo se hallan las bacterias mesófilas, que se desarrollan preferentemente entre 30 y



Figura 33. Detalle de estampa con daños de «foxing».

40°C, y las termófilas (temperatura óptima entre 50 y 60°C). Aunque en general prefieren medios ligeramente alcalinos (pH 7,5) los requisitos varían según la especie.

El efecto de las bacterias es muy parecido al de los hongos; actúan produciendo una enzima que rompe las cadenas moleculares que forman la celulosa, convirtiéndola en glucosa, la cual, a su vez, es fácilmente digerible por muchos insectos que de otro modo no podrían devorar el papel. Al igual que la celulosa, descomponen la hemicelulosa, el almidón, el colágeno, etc. Sus efectos son aparentemente invisibles, pero pueden producir manchas amarillentas que terminan transformándose en tonos del pardo al azul, pasando por el negro.

A los microorganismos también se atribuye la causa del *foxing*, moteado de color sepia que aparece distribuido irregularmente por la superficie de algunos papeles. El origen del *foxing* es un tema lleno de controversias y está inmerso en una inagotable polémica sin acuerdo total entre los investigadores (Figura 33).

Se ha observado cómo esta alteración no suele encontrarse en los papeles anteriores al siglo XVI y por ello se relaciona su presencia con descuidos en la fabricación ocasionados por la reducción del agua y del tiempo necesario para la limpieza de las fibras, dada la gran demanda de papel que se origina a partir de esta época (Hunter, 1978, 154); también se atribuye el moteado a la acción del hierro, haciendo coincidir su aparición con el empleo de la pila holandesa. Otros investigadores indican que es una forma de crecimiento biológico (Arai, 1987) y, en este sentido, se ha demostrado que en la mayoría de ocasiones el *foxing* está provocado por hongos inferiores. En cualquier caso, lo que parece comprobado es que su probabilidad de aparición aumenta con las elevadas temperaturas, la humedad y los materiales de mala calidad.

Una opinión bastante generalizada, y que pone concordia entre las diferentes teorías, es la atribución de estas manchas a la presencia de un microorganismo «... cuyos ácidos orgánicos reaccionan químicamente con las impurezas de origen metálico (hierro, cobre, etc.) que pueden existir en el papel» (Crespo y Viñas, 1984, 24); al reaccionar con el hierro se forman sales que terminan descomponiéndose en oxígeno y en hidróxido de hierro (Flexes, 1977, 26). Las últimas teorías (ICOM, 1990, 801-803) proceden de investigaciones realizadas en Japón, en las que se relaciona la aparición del *foxing* con celulosa degradada por radiaciones ultravioletas e infrarrojas y atacada posteriormente por hongos inferiores (por ejemplo, *Aspergillus Niger*) que producen cristales de ácido cítrico. A su vez, se indica que el moteado aparece a partir de 35°C y con una humedad relativa preferente superior al 75%.

Causas catastróficas

En esta categoría de causas se agrupan sucesos extraordinarios e imprevisibles como inundaciones, incendios, vandalismo, guerras, etc. Las consecuencias se potencian al unirse a lo inesperado del hecho, el desconcierto y las formas inadecuadas de actuación. A pesar de su difícil previsión, deben ponerse todos los medios al alcance para que no sucedan y, en caso de ocurrir, estar preparados para afrontar con serenidad sus consecuencias.

En las *inundaciones*, fuertes trombas de agua pueden rasgar y deformar los papeles que quedarán extremadamente frágiles tras haber sido humedecidos, amén de la consiguiente disolución de muchas tintas y de la aparición de manchas de barro o de otras materias en suspensión acuosa.

Cuando ocurre un *incendio*, al factor nocivo del fuego, que prende con extrema facilidad en soportes celulósicos, hay que añadir los daños provocados al intentar sofocarlo con medios inadecuados, como las mangueras de agua que, aunque sean lo único eficaz en incendios de graves proporciones, ocasionan los mismos efectos que una inundación, añadida a la alteración causada por las llamas y a la presión con que se evacua el agua.

En ambos casos, inundación y fuego apagado con agua, las obras correrán el riesgo de ser atacadas por microorganismos si, a la espera de ser tratadas, se almacenan húmedas y en malas condiciones.

En casos de *guerra* o temor al vandalismo, el ubicar las obras más o menos precipitadamente para salvaguardarlas puede ser desastroso por incumplir las condiciones mínimas ambientales para su buena conservación. Un buen ejemplo es la colocación indiscriminada de obras de papel en *cajas de seguridad*, en las que la acidez de los documentos, condensaciones de humedad, ataque de bibliófagos, etc., actúan como factores letales con total impunidad hasta la destrucción de todo el material almacenado, sin que nadie repare en ello hasta que se produce su apertura al cabo de muchos años.

3

¿Qué es el papel permanente? El papel permanente y su normalización

LA ESTABILIDAD DEL PAPEL: PERMANENCIA Y DURABILIDAD

Problemática actual

Cualquier persona familiarizada con el mundo de la documentación gráfica ha podido constatar el rápido deterioro a que se ven sometidos muchos de los papeles modernos frente a la gran permanencia que muestran, a pesar de su antiguedad, la mayoría de las obras anteriores a la segunda mitad del siglo XIX. Es claro que, hoy en día, causa mayor preocupación la conservación del papel actual (siglos XIX-XX), que la de aquellos que vienen perdurando desde siglos atrás (siglos XI-XVIII).

Como se ha comentado en páginas anteriores, las causas de este gran desastre para nuestra cultura son bien conocidas y se deben principalmente a las materias primas empleadas para la fabricación del papel. Determinadas pastas papeleras, obtenidas a partir de la madera, y los sistemas ácidos de apresto (como el encolado con alumbre-colofonia) son básicamente los responsables del amarilleamiento y fragilidad que ocasionan el envejecimiento prematuro de los papeles modernos, provocado por procesos de acidez y oxidación.

En este sentido hay que dar la voz de alarma, pues la realidad es que papeles de muy mala calidad están siendo empleados como soporte de parte de nuestro patrimonio histórico, tanto artístico como documental,

lo que significará su total deterioro en menos de un centenar de años, con la consiguiente pérdida de una importante parcela de nuestra cultura. Incluso, desde el punto de vista crematístico, resulta paradójico cómo en muchas ocasiones se realizan compras de obras artísticas sobre papel como medio de inversión a largo plazo, ignorando el hecho de que muchas de ellas, si no se pone remedio a tiempo, están condenadas a un rápido deterioro por culpa de los componentes que constituyen el soporte. Los propios artistas, concienciados de la futura conservación de su obra, se preocupan de la calidad de los pigmentos que emplean, pero rara vez se plantean el hecho de que los problemas puedan venir del papel que los soporta.

Según la *European Foundation for Library Cooperation*, órgano de la Comisión Europea, de los libros que existen en las bibliotecas de Europa un 25% de los impresos sobre papel ácido, fechados desde 1850, han amarilleado, están frágiles y quebradizos y muestran diferentes grados de desintegración (EFLC, 1994a). Como dato orientativo del problema en España cabe indicar que, en nuestro país, sólo se puede considerar de buena calidad, desde el punto de vista de la conservación, menos del 10% del papel fabricado, por lo que no puede garantizarse una permanencia mayor de 75 o 100 años para más del 90% de la producción (CNC, 1992, 67-68). Obviamente esta permanencia es más que suficiente en términos de consumo doméstico, pero referida a «documentación cultural y artística» supone unos límites de vida intolerables.

Situados en este punto, conviene clarificar una serie de términos. En el ámbito de la conservación, el buen comportamiento de un objeto frente al paso del tiempo se define desde dos aspectos fundamentales: la permanencia y la durabilidad. La *permanencia* se refiere a la cualidad de un objeto para mantener sus características originales con el paso del tiempo, y la *durabilidad* a su resistencia ante el deterioro por uso. La permanencia afecta a la materia y la durabilidad a la función.

Cuando el soporte de documentos gráficos y obras de arte tiene como materia el papel, la permanencia como tal es una característica coincidente en ambos, pero no la durabilidad, ya que la finalidad es distinta: en los *documentos gráficos* prima el manejo e importa su capacidad para transmitir información (han de ser leídos y manipulados) mientras que en la *obra artística* es esencial la estética, la contemplación de lo creado por el autor. El cumplimiento de la finalidad de los documentos implica trasiego por lo que la durabilidad depende principalmente de la resistencia mecánica del papel, mientras que las obras de arte requieren exposición y no importan tanto sus propiedades mecánicas como la resistencia de las cualidades ópticas.

En cualquiera de estos sentidos, la escasa vida de los papeles modernos ha llamado la atención de los responsables de la salvaguarda de nuestro patrimonio cultural. A nivel internacional, y gracias al grito de alerta lanzado principalmente por conservadores, archiveros y bibliotecarios¹, se ha ido tomando conciencia del problema a instancias cada vez más elevadas², de manera que ya son muchos los países que han dictado normas relativas a las características que entienden como imprescindibles para que los papeles perduren. Incluso, en lo que se refiere a documentación oficial de determinada importancia, se obliga al empleo de papeles que reúnan unos mínimos requisitos de permanencia³.

Así, es patente el hecho de que el movimiento de concienciación sobre la permanencia del papel proviene del mundo de archivos y bibliotecas, pero es lógico que desde allí también se haga extensivo al ámbito de los museos. Precisamente en este punto radica la limitación de la mayoría de las normas actuales sobre papel permanente: sólo van dirigidas al campo de la documentación de archivos y bibliotecas, y prácticamente se olvidan, o posponen para estudios futuros, la normalización de las exigencias para papeles de uso artístico. Dichos papeles precisan unos requisitos o normas específicas; su finalidad y uso no son los mismos que los de la obra documental, por lo que las causas de deterioro y la trascendencia de sus efectos es distinta (como, por ejemplo, la importancia del amarilleamiento ante la iluminación en las exposiciones). Pero a pesar de que las normas dictadas hasta el momento no se adecuen a las características de los papeles artísticos, sirven de precedente frente a la asunción del problema y de guía ante la falta de una reglamentación particularizada.

Hacia una definición de papel permanente

Antecedentes

La gravedad del problema de la permanencia del papel ha alcanzado tales proporciones que ha puesto en alerta a responsables de todo el mundo, y podemos asegurar que hoy en día asistimos a una toma de

¹ Valga como ejemplo el conjunto de resoluciones sobre el papel permanente tomadas en 1989 por la *International Federation of Library Association* (IFLA, 1989, 346-356) y por la *International Publisher Association* (IPA), recomendando encarecidamente su uso.

² En el ámbito europeo, en 1989 los ministros de Cultura comunitarios decidieron reforzar la cooperación en este sentido. Uno de los frutos de esta decisión fue la primera reunión de las Comunidades Europeas dedicada a «la conservación del papel ácido y el uso del papel permanente», celebrada en La Haya en 1991.

³ Entre los países que ya cuentan con normas al respecto destacan los Estados Unidos de América, Alemania, Países Bajos, Finlandia, Suecia y Dinamarca.

conciencia generalizada sobre la necesidad de prolongar la vida de nuestro patrimonio cultural a través de la protección de su soporte material.

Muchos científicos, preocupados por la permanencia del papel, han estudiado sus causas de deterioro y han establecido las características que según ellos debían definir a un papel como permanente. Estos estudios han generado una terminología (*v. gr.* papel libre de acido, papel con reserva alcalina, encolado neutro, papel con cualidades de conservación, etc.) extendida al entorno de la manufactura y comercialización del papel, muchas veces con significados equívocos y propagandísticos, creando confusión en los usuarios y haciendo necesario establecer una uniformidad de criterios.

Por otra parte, esta cuestión también ha sido abordada por entidades profesionales de la industria papelera y por los órganos nacionales de normalización⁴, que han comenzado a generar «normas» sobre lo que debe entenderse como «papel permanente».

Acorde con estas premisas, la lucha contra el problema se bifurca en dos frentes, diferentes pero absolutamente complementarios, el frente «institucional» (la formación de una normativa reguladora) y el de la investigación científica y desarrollo tecnológico. Un estudio sobre la permanencia del papel sólo puede ser abordado desde esta perspectiva fundamental: la respuesta normativa surgida de la inquietud generada por las investigaciones científicas.

No obstante, estas consideraciones que nos parecen obvias son tributarias de un largo camino de intensa preocupación y cooperación. Cuando en los años sesenta comienza a darse la voz de alarma y se difunden las investigaciones sobre permanencia del papel, asistimos también al nacimiento de cierta normativa reguladora a nivel nacional (subcontinente indio), aunque tendrán que pasar algunos años para que la corriente reglamentadora comience a desarrollarse plenamente en los países de ámbito occidental y Estados Unidos lidere el proceso.

La *preocupación científica* por la degradación del papel mostró sus primeros indicios en 1829, cuando *John Murray* empleó la tintura de tor nasol (método para evaluar la acidez) para identificar los papeles estables. Estas primeras investigaciones se consolidaron hacia finales del siglo XIX con el nacimiento en Londres del *Committee on the Deterioration of Paper*. A partir de este momento, y entrados en nuestro siglo, los estu-

⁴ Únicamente las normas nacionales e internacionales emitidas por estos órganos (UNE, AFNOR, DIN, ISO, etc.) tienen carácter oficial.

dios se intensificaron, destacando en la década de los veinte las aportaciones de *Kohler y Gall*, de la Oficina de Ensayos del Gobierno de Suecia.

La completa *difusión de la problemática* del papel permanente proviene de los años cincuenta, con *William J. Barrow*, uno de los principales estudiosos de los problemas de la acidificación y uno de los primeros promotores del papel «libre de ácido»; en 1957-58 dirigió, bajo el patrocinio de la *Virginia State Library*, una investigación en la que se abordaban las causas y posibles soluciones al problema del deterioro de los libros contemporáneos de las bibliotecas estadounidenses. Se inauguraba así una vía de trabajo, continuada en una serie de investigaciones en la década de los sesenta, como el proyecto de investigación *Cotton fiber Group of the writing Paper Manufacturers Association* en el *Institute of Paper Chemistry*, con la finalidad de establecer la permanencia y durabilidad de papeles del momento, validar procedimientos de envejecimiento acelerado para predecir la permanencia y establecer los factores más importantes que influían en el deterioro del papel. El conjunto de estas investigaciones son ahora una valiosa ayuda para abordar los conceptos sobre la permanencia del papel.

Será también en Estados Unidos donde, en la década de los ochenta, adquiera caracteres de actualidad la *preocupación reglamentadora*, a la que más tarde se une el ámbito europeo.

Aunque la manifestación particular de la normalización sobre papel permanente cuenta con pocos años (de hecho, la norma internacional sobre papel permanente –ISO 9706– ha sido publicada en junio de 1994), se enmarca en un fenómeno general decantado desde la primera mitad de este siglo, que surge con fines industriales y económicos⁵. Pero

⁵ En efecto, la estandarización y la creación de organismos acordes surge paralela al desarrollo industrial. Su origen se encuentra en la industria eléctrica de principios de siglo con la creación, en 1906, de la Comisión Electrotécnica Internacional (en España, también a partir de la industria eléctrica, surge la Comisión Permanente de Electricidad –R.D. 22/11/1912–), aunque su extensión no se produce hasta el conflicto bélico de 1914-18, cuando se crea el Comité Interaliado (Francia, Inglaterra, Estados Unidos e Italia) para unificar las condiciones de ciertas materias primas.

En las décadas de los treinta y los cuarenta parece haber un consenso internacional sobre la necesidad, fundamentalmente orientada por cuestiones económicas, de generalizar el fenómeno de la «standardización» o normalización; lo que se pretende es «...la unificación de los medios de producción: métodos y material... suprimir las variedades inútiles y generalizar en cuanto sea posible las mismas concepciones, iguales aplicaciones e idénticos procedimientos técnicos» (ESPASA-CALPE, Enciclopedia, Tomo 57, 967). En este sentido podemos asumir el concepto que, a propósito de la creación de la Comisión Española de Normalización Textil (UNE-TEX), nos da la Enciclopedia Espasa-Calpe : «...la acción de adaptar a normas, es decir, a leyes o reglas, los tipos de materias determinadas e instrumentos empleados para la fabricación de productos varios...» (Suplemento 1942-44, 1181).

aunque el concepto de norma o *standard* quede delimitado por su contenido mercantilista, resulta necesario adaptarlo a modernas concepciones que, alejándose del purismo económico, se acercan a la de la *fiabilidad técnica e investigadora*. Resulta hoy claro que la normalización presenta una serie de ventajas, entre las que destacan, por una parte, el hecho de someter a un *patrón de calidad* determinados productos, y por otra, reconducir a una actuación reglada, sometida a *modelos contrastados*, un determinado trabajo de investigación, valorable bajo unos *criterios* más o menos objetivos y universales. Este último aspecto resulta de vital importancia, ya que el acatamiento de determinadas normas nos permitirá medir variables sometidas a un proceso más o menos internacional de uniformidad y bajo métodos contrastables.

El reconocimiento de la normalización como proceso fundamental para la elaboración de un concepto unánime sobre el papel permanente queda suficientemente demostrado con el interés que manifiestan los países por alcanzar un cierto grado de generalización, ya sea a través del establecimiento de normas nacionales más o menos uniformes (en España normas UNE —Una Norma Española—, de AENOR —Asociación Española de NORmalización), de la adopción de normas de carácter supranacional (como ISO⁶), o con la elaboración de importantes proyectos en común (CEN⁷).

Por todos estos motivos, el eje de este estudio, tanto en el fondo como en la forma, lo constituye la «normalización» sobre la permanencia del papel.

Concepto de papel permanente

Como ya se ha señalado, junto a estos antecedentes debemos recurrir a otros factores para definir el concepto técnico de papel permanente, guía de este texto, sin olvidar el peso de la figura de Barrow y de otros investigadores que trabajan o han trabajado en este campo y, más en concreto, en la acidificación del papel, una de las causas más perniciosas de su deterioro y aniquilación.

Así, a la hora de definir un papel como permanente nos encontramos con dos tendencias:

A: Considerar que un papel es permanente o no según sus componentes (análisis químicos).

⁶ International Standard Organization.

⁷ Comité Europeo de Normalización.

B: Considerar que un papel es permanente o no según un máximo de pérdida de propiedades tras el envejecimiento acelerado (pruebas de envejecimiento artificial, acompañadas generalmente de ensayos físico-mecánicos).

A) Importancia de las materias primas.

Sabiendo que el papel se degrada a causa de ciertos componentes empleados en su proceso de manufactura, está claro que la solución es eliminar estos agentes nocivos o sustituirlos por otros que resulten inocuos. Si, además, se añaden al papel determinadas sustancias que lo «vacúnen» o actúen como elemento preventivo de la degradación, potenciada por situaciones ambientales no favorables, tendríamos un soporte muy adecuado desde el punto de vista de la conservación.

En este caso, y resumiendo lo visto en anteriores capítulos, los principales elementos a tener en cuenta son los siguientes:

1) *La pasta de madera*: La madera contiene *lignina*, materia que propicia la degradación química del papel; cualquier pasta con alto contenido en lignina resulta claramente nefasta para la conservación. La sustitución de la pasta de madera por pasta de fibras textiles (trapos, algodón, lino, etc.) o de fibras liberianas eliminaría completamente el problema derivado de la lignina, pero esto supondría un alto coste, difícil de asumir en muchas circunstancias. Sin embargo, cuando la pulpa de madera se obtiene mediante métodos químicos de desintegración (pastas químicas) frente a métodos de desintegración mecánicos (pasta mecánica), la mayoría de la lignina desaparece, máxime si se efectúan procesos de blanqueo. En este caso es factible obtener papeles de pasta de madera con un contenido nulo de lignina: son los llamados *papeles de pasta química blanqueados*.

2) *El apresto ácido*: El método de encolado en masa más empleado a partir del siglo XIX es el apresto con *alumbre/colofonia*, que provoca una reacción ácida en el papel ocasionando fragilidad y amarilleamiento. Este sistema puede ser perfectamente sustituido por un *sistema de encolado neutro*.

3) *Otros elementos susceptibles de oxidación o de acidificación*: Elementos como residuos en forma de partículas metálicas, sistemas de blanqueo excesivamente oxidativos, etc., dañan en mayor o menor grado la celulosa, y por ello son perniciosos para una buena conservación, que sólo quedará garantizada en un papel *libre de ácido y exento de materiales oxidables*.

Por otra parte, debido a que las causas de alteración del papel repercuten en el problema de la acidificación, la inclusión de un elemento alcalino entre sus fibras ayudará a contrarrestar tanto los problemas que provengan de su propia constitución como aquellos que resulten de un ambiente contaminado. La adición de estas cargas alcalinas (generalmente carbonato cálcico) es lo que recibe el nombre de *reserva alcalina*.

4) Un último punto a tener en cuenta es la *resistencia del papel a la manipulación*; el tipo de fibras y su tratamiento posterior (contenido en celulosa, longitud de fibra, refino, etc.) influirá claramente en la «durabilidad» del futuro documento.

5) Si somos muy exigentes, podemos tener en cuenta un mayor número de factores, pues la técnica ha evolucionado lo suficiente como para poder solucionar problemas que afectan al papel desde un *medio hostil*. Un papel puede ser tratado con insecticidas, fungicidas o bactericidas que prevengan el ataque biológico, con materiales ignífugos para que sea resistente al fuego, con elementos hidrofugantes que lo inmunicen en mayor o menor grado frente a la humedad, etc.

Basándonos en todas estas características, un papel con buenas cualidades, desde el punto de vista de la conservación, sería aquel cuya fabricación se ha hecho en determinadas condiciones y empleando o no determinadas materias que influyen en su permanencia y durabilidad.

Por tanto, los *criterios que definen un papel como permanente* están en función del cumplimiento de unos requisitos de manufactura. El grado de adecuación ante estos requisitos puede ser valorado mediante una serie de análisis químicos y físicos, que son los que determinan finalmente la bondad del papel. Éste fue el sistema propuesto por Barrow (1969a), basado en la determinación mediante test «de toque», de la presencia o no de pasta de madera, acidez (pH), alumbre y resinas.

B) Reacción ante el envejecimiento

Por otro lado, se puede partir del hecho de que son tantas y tan desconocidas las variables intrínsecas que afectan a la pervivencia de un papel, que la mejor manera de evaluar su comportamiento frente al paso del tiempo es dejando que éste transcurra. Evidentemente esta proposición es inviable y, para determinar la aceptación o no de un papel, se recurre a las pruebas de envejecimiento acelerado, aun sabiendo que su correlación con el envejecimiento natural no es satisfactoria. En este caso podríamos considerar como *papel permanente* aquel capaz de no perder

un porcentaje determinado de sus cualidades después de someterse a una simulación de *envejecimiento*.

Los sistemas de envejecimiento acelerado se han empleado tradicionalmente para evaluar la resistencia de los materiales. En el campo de la investigación química de la industria papelera fueron desarrollados a finales del siglo XIX, cuando se estableció el uso del calor y la luz como fuente de envejecimiento y se realizaron experimentos para correlacionar los datos experimentales con los de envejecimiento natural.

Tanto para verificar la importancia de las características químicas y de los componentes del papel como causa de envejecimiento, como para predecir directamente sus posibilidades de permanencia, muchos investigadores emplearon el envejecimiento acelerado y, dentro de él, los cambios en la resistencia mecánica (plegado y desgarro). Así, considerar la permanencia según el análisis químico de los elementos del papel supone unos conocimientos más avanzados que la mera comprobación de su comportamiento ante el envejecimiento, ya que para llegar a estas conclusiones se ha tenido que recurrir anteriormente a los estudios de envejecimiento natural y acelerado.

Ante la divergencia de opiniones, para identificar la permanencia de un papel es necesaria una normativa que especifique claramente qué es lo que se entiende como tal y cómo puede ser *comprobado y certificado*. Si estudiamos las dos posturas anteriormente expuestas —la exigencia acerca de la composición y propiedades del papel, y la resistencia tras el envejecimiento acelerado—, podemos llegar a la conclusión de que ambos puntos de vista tienen un fuerte fundamento avalado por serias investigaciones y ninguno de ellos debe ser descartado *a priori*. Es más, como ya se ha dicho, una visión completa del tema debería incluir uno y otro método. Pero es obvio que si se desea tener una norma factible se deben *acotar las exigencias* requeridas respecto al número de ensayos y su facilidad de ejecución; una acepción de permanencia excesivamente restrictiva, que precisase un elevado y complejo nivel de pruebas experimentales podría hacerla impracticable.

Otro problema adicional se presenta al definir el *término permanencia*. Podemos tomar el concepto en un sentido amplio, entendido como capacidad para soportar el paso del tiempo, o, de una forma más restrictiva pero de mayor exactitud, diferenciando permanencia, como resistencia en condiciones de almacenamiento (que incluso podemos entender desde un ambiente de conservación normal a otro extremo u hostil) frente a durabilidad, referida a la aptitud para soportar el uso. En el primer caso predomina la influencia de las características físico-químicas de los componentes del papel y en el segundo las mecánicas o funcionales.

Una última cuestión a la hora de especificar lo que entendemos por «papel permanente» es el *nivel de permanencia* deseado. Podría establecerse un grado de permanencia máximo según el desarrollo técnico actual, un grado de permanencia suficiente hasta el límite de no suponer un coste económico adicional, o distintos niveles de permanencia según el documento al que fuera dirigido el soporte.

Hechas estas aclaraciones, veamos cómo se han desarrollado las normas sobre papel permanente en distintos ámbitos.

PROPUESTAS PARA UN PAPEL ESTABLE: LA NORMALIZACIÓN RELATIVA A LA PERMANENCIA DEL PAPEL

A pesar de la existencia de varias normas nacionales sobre papel permanente, e incluso de una de carácter internacional, aún no se ha desarrollado ninguna específica sobre papeles de uso artístico. Intentando paliar este vacío, en este trabajo se ha realizado una recopilación de todas las normas al respecto en distintos países⁸, para hacer hincapié en aquellos casos en los que al menos se menciona el tema de la permanencia de algún tipo de papel para arte.

Como esquema de este estudio se ha elaborado un cuadro donde aparecen todas las normas vigentes de las que se ha podido recabar información, haciendo referencia a sus características principales. Tras el cuadro se comentan los aspectos más relevantes de la normativa.

La división es por continentes y, dentro de ellos, los países se han ordenado, en principio, alfabéticamente. Aunque las referencias son desiguales en información y aplicación, creemos que resulta importante mencionar todos los ámbitos donde tenemos noticias de la existencia de normas relativas al tema que nos ocupa, ya que a partir de este estudio se justificará la elección del sistema escogido para determinar la permanencia de los papeles analizados.

En el cuadro de normas para papeles permanentes aparece la *denominación* de cada una de ellas tras su *país* de pertenencia, seguida, entre paréntesis, del año desde el cual está vigente. La siguiente casilla indica, cuando éste existe, el *símbolo* que propone cada norma para certificar el cumplimiento de sus requisitos; este símbolo puede ir marcado en los pliegos de papel a modo de filigrana o figurar en catálogos y embalajes.

⁸ En España el organismo encargado de la normalización es AENOR (Asociación Española de Normalización) en cuya sede se puede consultar y adquirir la mayoría de las normas citadas. (Véase el Apéndice 4: «Directorio de organismos de normalización»).

El *ámbito* de la norma hace referencia al tipo de papeles al que está dirigida su aplicación que, como podemos observar, generalmente se circunscribe al mundo de archivos y bibliotecas. En algunas ocasiones las normas indican el margen temporal de *permanencia* en buenas condiciones que se espera de los papeles ajustados a sus requisitos, e incluso pueden establecer distintas clases de papel según el *grado* de permanencia obtenido; ambos aspectos también quedan reflejados en la tabla, incluyendo en el apartado de «grados» los nombres que reciben.

Cada norma establece unas características específicas que deben cumplir los papeles a los que hace referencia, pero además de indicar estos requisitos también suele determinar la forma de evaluarlos, siguiendo a su vez otras normas para el análisis del papel. En estos casos se ha colocado en cada casilla el nombre de la norma que rige los ensayos.

La exigencia de un determinado *gramaje* –peso del papel– suele estar condicionada por un mínimo exigible para soportes que deben ser manipulados como documento, y por un máximo determinado por limitaciones en la forma de evaluar la resistencia del papel, que generalmente no contempla los soportes gruesos, escasamente empleados en el ámbito de la documentación escrita. Pero esta casuística, a la que hacen referencia bastantes normas, excluye papeles perfectamente aptos como soporte artístico. En este mismo sentido, existen otras cualidades de distinta relevancia para los papeles de uso artístico, como la *blancura* (B) y la *opacidad* (O), que dependen de los gustos y técnicas aplicados por el artista.

El *contenido fibroso*, o el tipo de pastas para la fabricación del papel, es un elemento a tener muy en cuenta respecto a la permanencia, pero aunque sea determinante para la mayoría de las normas, podemos observar cómo las más modernas renuncian a este requisito, debido a las dificultades de su evaluación, y prefieren emplear el grado de *oxidación*, medido según el índice Kappa, para detectar simplemente el contenido de lignina de un papel.

Donde hay un acuerdo prácticamente total es en la exigencia de unos niveles determinados de *acidez*, evaluados en términos de pH y/o del contenido de *reserva alcalina*, referida en la mayoría de las ocasiones a la existencia de un porcentaje mínimo de carbonato cálcico entre las fibras del papel.

Algunas normas también ponen limitaciones a la aparición de residuos metálicos que podrían deteriorar las fibras, por lo que establecen los mínimos requeridos para ciertos *metales*.

Ya que el *ámbito* de acción de la mayoría de estas normas son los documentos escritos, un requisito al que hacen referencia prácticamente

ESQUEMA DE NORMATIVAS SOBRE PAPEL PERMANENTE SEGÚN PAÍSES Y CARACTERÍSTICAS (1)

PAÍS	NORMA	SÍMBOLO	ÁMBITO	PERMANENCIA	GRADOS	GRAMAJE (g/m ²)	BLANCURA OPACIDAD
Internacional	ISO-9706 (1994)	∞ ISO 9706	Documentos Permanentes	Varios cientos de años		de 25 a 225 (ISO 536)	
E.E.U.U.	ANSI/NISO Z39.48 (1992)	∞	Papel Permanente con y sin estucado (también artístico)	Varios cientos de años			
E.E.U.U.	ASTM D-3290 (1986)		Documentos permanentes de escritura e impresión	1. Varios cientos 2. Más de 100 años 3. Más de 50 años	1. (A y B)* 2. (A y B) 3. (A y B)	de 50 a 135 (ASTM D646)	B>75%TAPPI T452 O:(gr./m ²)ASTMD589
E.E.U.U.	JPC A270 (1988)		Impresos Permanentes				Brillantez ≥80% Opacidad
Canadá	CGSB-9-GP-41M (1979)		Contabilidad y Documentos				
Alemania	DIN 6738 (1992)	DIN6738 LDK ...	Papel y cartón coloreado o no	1. Máxima 2. Varios cientos 3. Más de 100 años 4. Más de 50 años	LDK 24-85 LDK 11-80 LDK 6-70 LDK 6-40	de 40 a 400	
Austria	ÖNORM A 119 (1987)		Papel y cartón sin estucar				
Francia	NFQ 15-013 (1993)	∞ ISO 9706	Documentos Permanentes	Varios cientos de años		de 25 a 225 (ISO 536)	

Italia	D.M. 2/8/83 (1983)	Durevole per la conservazione	Papel y cartón de conservación	
Países Bajos	NEN 2728 (1993)	∞ NEN 2728	Documentos Permanentes	Varios cientos de años
Dinamarca	Oficina compras del Estado (1983)		Papeles de Archivo	>80 o >115
Finlandia	SFS 4465-5 (1980)		Papel y cartón para Archivo	A, B y C
Suecia	Archivos Nacionales (1991)		Papel Permanente y de Archivo	A y B
Reino Unido	Recomendaciones LIBTRAD (1991)		Publicaciones no efímeras	
España	UNE 57048 (1971)		Cartografía	De 63 a 112
India	IS 1774 (1961)		Documentos Permanentes	Blancura >80 % Opacidad (gr.)
Pakistán	Ps 776 (1970)		Documentos Permanentes	

* A y B son grados referidos a la durabilidad (resistencia a la manipulación)

ESQUEMA DE NORMATIVAS SOBRE PAPEL PERMANENTE SEGÚN PAÍSES Y CARACTERÍSTICAS (2)

NORMA	CONTENIDO FIBROSO	N.º KAPPA (LIGNIA)	ACIDEZ (pH)	RESERVA ALCALINA	METALES
ISO-9707 (1994)		<5, (ISO 302)	Entre 7,5 y 10 (en frío, ISO 6588)	Mínimo 2% (ISO 10716)	
ANSI/NISO Z39.48 (1992)		<7, (TAPPI T 236)	7,5-10 (no estucado) 7-10 (estuc.) Superf.	Mínimo 2% (ASTM D 4988)	
ASTM D-3290 (1986)	Blanqueada sin pasta mecánica (TAPPI T 401-ASTM D1030)		1-7,5-9,5. 2-6,5-8,5 3-Mínimo 5,5	En caliente (ASTM D778)	1-Mínimo 2% (ASTM D 3290)
JPC A270 (1998)	Blanqueada sin pasta mecánica			Mínimo: 7,5	Mínimo 2%
CGSB-9-GP-41M (1979)	Blanqueada sin pasta mecánica			Mínimo: 4,8	
DIN 6738 (1992)					
ÖNORM A 119 (1987)	100% Células blanqueada		Entre 7,5 y 9,5	Mínimo 2%	
NFQ 15-013 (1993)		<5, (ISO 302)	Entre 7,5 y 9,5 (en frío, ISO 6588)	Mínimo 2% (ISO 10716)	
D.M. 2/8/83 (1983)	Algodón, sin lignina ni pasta química. Polimerización >900		Entre 6,5 y 11 (en frío)	Mínimo 1,5%	Control de Al, Fe, Ca, Mg, Cr, Ti, Ba, Zn, Cu y K.

NEN 2728 (1993) ^b	Entre 7,5 y 9,5 (en frío, NEN 2151)	Mínimo 2% (ASTM D 4988)
Oficina de Compras del Estado (1983)	pH 7,5	Indice Cobre=0,3%
SFS 4465-5 (1980)	Se tiene en cuenta (dato no disponible)	Mínimo: A=7,5 B=6,5 y C=5,5 Se tiene en cuenta (dato no disponible)
Archivos Nacionales (1991)	95% algodón o pasta química blanqueada	<5 Entre 7 y 10 Mínimo 2%
Recomendaciones LIBTRAD (1991)	100% pasta química blanqueada, sin lignina	Libre de ácido Mínimo 2%
UNE 57048 (1971)	Sin pasta mecánica ni semiquímica	Mínimo: 5
IS 1774 (1961)	100% algodón, hilo o mezcla contenido mínimo alfa-celulosa	Mínimo: 5,5 Indice Cobre <2%
Ps 776 (1970)	100% algodón, hilo o mezcla, 85% mínimo de alfacelulosa	Entre 6,5 y 8 Indice Cobre <2%

ESQUEMA DE NORMATIVAS SOBRE PAPEL PERMANENTE SEGÚN PAÍSES Y CARACTERÍSTICAS (3)

NORMA	RESISTENCIA MECÁNICA	ENVEJECIMIENTO ACCELERADO	RETENCIÓN TRAS ENVEJECIMIENTO	OTRAS CARACTERÍSTICAS
ISO-9706 (1994)	Desgarro mínimo=350 mN* (ISO 1974)			
ANSI/NISO Z39.48 (1992)	Desg > 5,25 mNm ² /g, y 3,5 el estucado. (TAPPI T414)			
ASTM D-3290 (1986)	Desgarro; 2 grados-A y B- según gramaje (ASTM 689)			Variación gramaje, espesor y dimensión, 1 y 2 apresto neutro
JPC A270 (1988)	Desg.>40g. (para gramaje > 74) Plegado > 30 (1K) MIT			
CGSB-9-GP41M (1979)	Desgarro y Plegado	Durante 72 horas a 100°C.	Plegado	Curvatura, superficie, borrado, espesor, resistencia al aire y al agua y arranque.
DIN 6738 (1992)	Trac. y Alarg. (DIN 53112) y Desgarro (DIN 53128)	80°C y 65% H. R. durante 6,12 y 24 días (ISO 5630/3)	RE mínimo: MA+f _L (AE-MA)** MA=Tracción (5N). Alargamien. (>5%) y desgarro (50 mN)	
ÖNORM A 119 (1987)	Desgarro (ISO 1974) y Plegado			
NFQ 15-013 (1993)	Desgarro mínimo=350 mN* (ISO 1974)			
D.M. 2/8/83 (1983)		9 días a 105°C.	60% Reflectancia al azul 50% Polimerización	Migración color cenizas, <2%, control de sílice y sulfato.

NEN 2728 (1993)	Desg.>5,25 mNm /g (NEN 1760) 50 dobles pliegues (ISO5626)	80 C y 65% H.R. durante 12 días (ISO 5630/3)	80% Resistencia al desgarro y plegado	
Oficina Compras del Estado (1983)	Desgarro y plegado	Durante 72 horas a 100°C.	Resistencia al desgarro y plegado	Masa y absorción de humedad
SFS 4465-5 (1980)	Desgarro y plegado	Durante 72 horas a 105°C.	Resistencia al plegado, brillo y pH (A:7, B:6, y C:5)	Apresto alcalino; sin recubrimientos ni colorantes
Archivos Nacionales (1991)	B: Plegado mínimo = 150			
Recomendaciones LIBTRAD (1991)				
UNE 57048 (1971)	I. Estallido>21, I. Desgarro>70 Doble Pliegue, 1 K: 35-100/55-150 Long. Rot.>2800-3200/5200-5800			Estabilidad Dimensional. Lisura, Absorción, 7% humedad y cenizas <5%.
IS 1774 (1961)	Plegado y estallido	Durante 72 horas a 103°C	98% alfacelulosa: 50% Resist. al plegado: Índice de cobre sin aumento mayor de 0,5	Escritura, Cenizas <2%, Resina Trementina <1,5%
Ps 776 (1970)	Plegado y estallido	Durante 72 horas a 103°C.	98% alfacelulosa; 50% Resist. al plegado: Índice de cobre sin aumento mayor de 0,5	Calidad Fabricación Cenizas <2 Resina trementina <1,5%

* Para papeles con gramaje (g) entre 25 y 70 el límite es 6g-70 mN

** MA=Exigencias Mínimas

AE=Propiedades iniciales (antes del envejecimiento)

RE=Propiedades tras el envejecimiento acelerado

todas es a la *resistencia mecánica*, evaluada según la fuerza del papel ante el estallido, la tracción, el alargamiento, el plegado, y sobre todo el desgarro, medido en mili-Newtons (mN), o en mNm^2/g cuando se realiza en función del gramaje.

Un grupo de normas evalúa entre las características del papel —algunas incluso como requisito único— la resistencia ante el *envejecimiento acelerado*; en estos casos se describe tanto el método de envejecimiento (realizado durante un tiempo determinado a una elevada temperatura —°C— y humedad —H.R.—, o sólo mediante calor) como los ensayos que se realizarán para comparar las características de un papel antes y después de someterlo a esta prueba (*retención tras envejecimiento*). Lo común es evaluar la resistencia mecánica, pero también se pueden tener en cuenta las propiedades ópticas (las más importantes para el papel como obra de arte) o características químicas, como el grado de acidez, polimerización de las fibras, índice de cobre, etc.

Para aquellas exigencias que no tienen cabida en los apartados anteriores se ha abierto en la tabla una casilla final, denominada «*otras características*».

La normalización en Asia

La consideración del continente asiático es importante por cuanto demuestra que el problema que tratamos no afecta únicamente a la cultura de Occidente, aunque sea aquí donde se dé el mayor desarrollo.

Nuestras referencias al respecto se limitan únicamente a *India* —IS 1774 1961⁹: papel para documentos permanentes— y *Pakistán* —PS 776 1970¹⁰: papel para documentos permanentes— (Thomas, 1987a), destacando el hecho de que la India ha sido el primer país (1961) con una norma nacional emitida por un organismo oficial de estandarización.

La normalización en América

Aunque al referirnos a América no olvidemos su división en amplias áreas geográficas, el tema que nos ocupa se circunscribe únicamente a Norteamérica, estableciendo una diferencia neta entre Canadá y Estados Unidos.

⁹ *Indian Standards Institution*. Norma no disponible en España.

¹⁰ *Pakistan Standards Institution*. Norma no disponible en España.

La normativa estadounidense

Los Estados Unidos de América han desempeñado un papel muy importante en el desarrollo de la normativa moderna, ya que han sido los abanderados en la difusión del papel permanente y el punto de mira hacia el que se han dirigido el resto de las naciones para elaborar su propia normativa; también es el país donde, en todos los niveles, la conciencia sobre el tema es mayor. La complejidad administrativa y la contribución de organismos no gubernamentales obligan a diferenciar distintos órganos y comités que han intervenido e intervienen en la normalización del papel:

- The American Society for Testing and Materials (ASTM): —ASTM D 3290-86 *Standard Specifications for Bond and Ledger papers for permanents records*—

La Asociación ASTM ha tenido una labor decisiva en cuanto respecta a la normalización sobre la permanencia del papel, pues además de haber publicado el grupo más importante de normas relativas al papel permanente, éstas, como pioneras, han servido de base a otras muchas elaboradas con posterioridad por otros organismos¹¹.

La norma ASTM D 3290-86 está indicada para papeles de escritura e impresión (tipo *bond* y *ledger*). Es una norma de niveles, basados en el principio de que la permanencia es una función aproximada del grado de acidez del papel, a partir del cual establece tres tipos de permanencia (1-Máxima, 2-Media y 3-Alta), subdivididos cada uno de ellos en dos grados relativos a la durabilidad, que aparecen con arreglo a la intensidad de manipulación que se prevea para cada tipo de documento (Grado 1 para uso normal y Grado 2 para fuerte manipulación). Según información de la propia norma (Apéndice), la esperanza de vida de los diferentes tipos de papel ha sido establecida partiendo de estudios previos de envejeci-

¹¹ Junto a la norma de nuestro interés, ASTM D 3290-86 - «*Standard Specifications for Bond and Ledger papers for permanents records*» (Especificaciones normalizadas para papeles de impresión, escritura y registro para documentos permanentes), hay que tener en cuenta las siguientes normas: ASTM 3208-86 (desde 1981) «*Manifold papers for permanent records*» (Papeles de copia para documentos permanentes), ASTM 3458-85 (desde 1975) «*Copies from office copying machines for permanents records*» (Copias de máquina copiadora de oficina para documentos permanentes) y ASTM 3301-85 (desde 1974) «*File folders for storage of permanent records*» (Carpetas de archivadores para almacenamiento de documentos permanentes).

miento natural y acelerado, mediante los que se ha demostrado que la expectativa de vida de un papel está en función de su pH.

ASTM también ha estado elaborando una propuesta para *papeles de uso artístico*, revisada en febrero de 1989 (ASTM Z08162: *Proposed Standard Specification for Performance of Artist Papers*) que, aunque hasta el momento no se ha hecho pública, parece establecer los mismos tres tipos de papel en función del pH que ASTM D3290-86, añadiendo exigencias respecto a la retención de resistencia al desgarro tras pruebas de envejecimiento artificial y de pérdida de blancura. Esta propuesta sería muy importante como *primer intento para normalizar la permanencia de papeles de uso artístico*¹².

- The American National Standards Institute (ANSI) y National Information Standards Organization (NISO): ANSI/NISO Z 39.48-1992 «*Permanence of paper for publications and documents in libraries and archives*»¹³.

¹² Actualmente el Comité D-6 (papel y productos de papel) de ASTM, a través del *Institute for Standards Research (ISR)* está realizando una investigación para adecuar las normas relativas a la permanencia del papel (*«Research project to study the effects of aging on printing & writing papers»*) (ISO, 1994b). La propuesta de ASTM es realizar una investigación sobre los cambios químicos, físicos y ópticos que se producen durante el envejecimiento del papel, estudiando el envejecimiento natural y artificial ante factores como la temperatura/humedad, la iluminación natural a través del cristal y la contaminación atmosférica, para proponer métodos de envejecimiento acelerado altamente relacionados con el envejecimiento natural, mediante los cuales se pueda predecir razonablemente la esperanza de vida de los papeles. Si se logra conseguir este objetivo, las normas actuales sobre permanencia del papel deberían replantearse, sustituyendo las exigencias sobre composición del papel por requerimientos funcionales y de los usuarios finales, basadas en los estudios de envejecimiento artificial. Por otro lado, ASTM también ha estado elaborando una *Guía sobre papeles estucados y sin estucar* (*«Standard Guide for the Selection of Permanent and Durable Offset and Book Papers»*) que incluye tablas de tests de envejecimiento sobre papeles actuales (Abbey Newsletter, 1993, V.17.5, 32).

¹³ Los requisitos de permanencia de la norma ANSI/NISO Z39.48-1992 (Permanencia del papel para publicaciones de documentos de bibliotecas y archivos) son:

- Grado de acidez para papeles sin recubrimiento comprendido dentro del rango pH 7.5-pH 10 según medida tomada de la zona interna del papel mediante un indicador de pH (por ejemplo, rojo de clorofenol) o medida superficial según TAPPI T529 om-88. En el caso de papeles con recubrimiento los límites se sitúan entre 7.0 y 10.0; para su constatación puede bastar la certificación del fabricante, o aplicar las medidas de pH indicadas en el caso de papeles sin recubrimiento.

- Reserva alcalina: Se requiere un mínimo de reserva alcalina equivalente a un 2% de carbonato cálcico, según ASTM D 4988-89.

- Composición del papel: con un contenido de lignina inferior al 1%, indicado al obtener un número Kappa máximo de 7, según TAPPI T236 cm-85.

A diferencia de la Asociación ASTM, ANSI y NISO son organizaciones oficiales de normalización y certificación; a este respecto, se considera que la primera norma con rango nacional estadounidense relativa a papel permanente ha sido la norma ANSI Z 39.48, cuya primera versión fue adoptada en 1984. Su contenido es primordial, ya que ha sido punto de referencia para la elaboración de la normativa internacional sobre papel permanente (ISO 9706) y de muchas normas nacionales. A falta de la norma ISO, ha sido la más utilizada en el mundo.

La última versión de ANSI/NISO (Z 39.48-1992) es considerada la norma sobre papel permanente de mayor ámbito de aplicación, pues está referida a todo tipo de documentación de archivos y bibliotecas, *incluyendo obras de carácter artístico*. Con ella se pretende la identificación de aquellos papeles, con y sin recubrimiento (incluye papeles estucados), que en condiciones normales de almacenamiento y uso pueden tener una vida de varios cientos de años. En este caso queda claro que no contempla la exhibición de las obras de arte sino sólo su almacenamiento, aunque la exposición sea el destino normal en un museo¹⁴.

Los papeles que cumplen con la norma ANSI/NISO Z39.48-1992 pueden llevar el símbolo matemático de infinito (∞) dentro de un círculo; esta marca, generalizada hoy en día como signo de papel permanente y adoptada por otras muchas normas, ha sido una contribución de NISO (Figura 34).

- La normativa gubernamental

En los Estados Unidos de América el organismo encargado de realizar las indicaciones sobre temas relativos al papel empleado en los impresos del Gobierno es el *Joint Committee on Printing (JCP)*. El JCP es un Comité del Congreso de los Estados Unidos de América y sus especificaciones se entienden como norma de uso interno¹⁵. En mayo de 1988 se emitió la normativa *JCP A270 «Uncoated Permanent Printing Paper»*,

— Resistencia al desgarro: se exige un índice de resistencia al desgarro en dirección a la máquina de un mínimo de 5.25 mNm²/g o de 3.50 mNm²/g según se refiera a papeles sin o con recubrimiento respectivamente (TAPPI T414 om-88).

¹⁴ Existe la determinación por parte de ANSI/NISO de estudiar otros factores que influyen en la permanencia del documento, como pueden ser las tintas, encuadernación y medio ambiente.

¹⁵ Entre este tipo de normas, una de las más difundidas ha sido «Especificaciones que recomienda el Negociado Nacional de Normas para el papel de escribir de pureza máxima usado en documentos permanentes» (Minogue, (s.f.), 50).

considerada como la primera norma moderna del Gobierno de los Estados Unidos de América sobre papel permanente.

Pero el mayor avance respecto al desarrollo de la normativa sobre permanencia en los Estados Unidos se registró cuando el 12 de octubre de 1990 el Presidente Bush firmó, en el marco de la Ley Pública 101-423, la Resolución 57 en la que se establecía una *política nacional* sobre el tema del papel permanente (*Public Law 101-423, «Joint Resolution to Establish a National Policy on Permanent Papers»*). En la Ley se indicaba que las agencias federales debían emplear papel permanente en las publicaciones de importancia emitidas por el *Government Printing Office* o relativas a contratos federales. A partir de esta Ley muchos Estados comenzaron a imprimir sus documentos de mayor importancia sobre papel permanente, aunque en algunos casos esta obligación ya existía desde hacía tiempo. Pero frente a la Ley Pública 101-423, el presidente Clinton firmó, el 20 de octubre de 1993, la *«Executive Order 12873: Federal Acquisition, Recycling, and Waste Prevention»* (Adquisiciones Federales, Reciclado y Previsión de Desechos), donde obliga al empleo del *papel reciclado* en las agencias ejecutivas del Gobierno Federal, incluida la *Government Printing Office*; todos los papeles para escritura e impresión deberán contener un mínimo del 20% de material de postconsumo a partir del 31 de diciembre de 1994 y del 30% desde el mismo día de 1998¹⁶.

Además de la normativa gubernamental hay otras instituciones que, preocupadas por el tema, han elaborado unas normas propias, como es el caso de los *National Archives and Records Administration* (Washington) y el *Council on Library Resources*.

Como puede verse, el impulso para el uso del papel permanente es muy importante en los Estados Unidos; como ejemplo, los agentes de algunos escritores imponen que la primera tirada de sus obras sea impresa con este tipo de papel. En referencia a este tema, el *Council on Library Resources*, a través del *Committee on Production Guidelines for Book*

¹⁶ Esta norma resulta claramente negativa al no contemplar el problema de la permanencia del papel; incluso, en la Sección 505, habla de la revisión de normas que «...presenten una barrera a la compra de papeles o productos de papel obtenidos mediante procesos que minimicen la emisión de productos dañinos», y a estos efectos indica como algunos de los posibles requerimientos a revisar, aquellos que hacen referencia al contenido de lignina. Aparentemente esta Ley es un paso atrás respecto a todo lo que se había avanzado en los Estados Unidos en el asunto del papel permanente. Lo ideal sería poder compaginar los requisitos de un papel permanente con las exigencias ecológicas.

Longevity dictó, en 1981, unas directrices para el papel que debía emplearse en los libros¹⁷.

La normativa en Canadá

Aunque en Canadá no existe una norma específica para papel permanente, de alguna manera el problema está previsto en la norma «CGSB-9-GP-41M 1979: Papel de Contabilidad»¹⁸ cuyo ámbito se extiende a documentos permanentes, semipermanentes y de otros tipos, basándose en las exigencias relativas a la permanencia del papel (Thomas, 1987a).

La normalización en Europa: Individualismos y proyectos en común

El Comité Europeo de Normalización (CEN)

La institución responsable de la normalización a nivel europeo es el Comité Europeo de Normalización (CEN); se trata de una asociación formada por todos los organismos nacionales de normalización de los países miembros de la Unión Europea y de la Asociación Europea de Libre Cambio¹⁹.

Aunque en la actualidad no existe ninguna norma CEN relativa a la permanencia del papel, esto no significa que el Comité no se haya preocupado por el asunto. De hecho, el Comité Europeo de Normalización tiene, desde 1990, un grupo de trabajo cuya misión es estudiar los temas relacionados con la permanencia del papel, pero para conseguir un mayor consenso el CEN ha decidido detener sus trabajos y esperar a las resoluciones de la organización internacional ISO; a estos efectos, es muy probable que, dados los avances de la Organización Internacional de Normalización, el Comité Europeo decida someter a voto formal la norma internacional sobre papel permanente (ISO 9706) y adoptarla como

¹⁷ Council on Library Resources, Committee on Production. *Guidelines for Book Longevity*. Informe provisional en *Restaurator* 4, 239-247.

¹⁸ Canadian Government Publishing Centre. *Supply and Services*. Ottawa. Ontario. Canadá.

¹⁹ Fue fundada en 1961 en París, y en julio de 1975 trasladó su secretaría a Bruselas, constituyéndose como asociación técnica y científica internacional. Los países a los que afecta, y que tienen obligación de aceptar sus normas, son: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Francia, Finlandia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, Suecia y Suiza.

suya (CNC, 1992, 104). Esta sería la mejor solución para la unificación de criterios a nivel internacional, pues está claro que cuanto mayor sea el acuerdo sobre lo que se entiende por papel permanente, más fácil será su difusión, y ello implica, paradójicamente, el interés en frenar la aparición de normas nacionales diferentes entre sí.

Pese a todo, algunos países europeos cuentan con normas propias o con proyectos de norma sobre papel permanente. Unos, como Alemania, porque quisieron adelantarse a la creación de la norma CEN con una propuesta propia; otros, como Italia, porque participaron muy activamente en la elaboración de la norma ISO y se han anticipado con la proposición de una norma más específica, que a su vez pretende convertirse en una segunda fase de la norma internacional, y, por último, otros como Suecia, Países Bajos y Finlandia, que por su gran producción papelera tenían, desde tiempos atrás, reglas relativas al tema y que, en colaboración con ISO y CEN, han elaborado normas más restrictivas, aunque quizás más cercanas a los trabajos de ISO sobre papeles de archivo (permanencia y durabilidad), en los que también ha sido muy importante su aportación.

Alemania: DIN²⁰ 6738: «*Papier und Karton. Lebensdauer-Klassen/ Paper and board; Lifespan Classes*»

La norma DIN 6738 (Papel y cartón; clases de duración de vida) es muy diferente en concepción de todas las normas de permanencia de los demás países, pues se basa en la cuantificación de la duración de vida del papel partiendo exclusivamente de su resistencia mecánica después del envejecimiento acelerado²¹. Clasifica en cuatro grados la duración de vida de un papel o cartón²², según la previsión de su comportamiento

²⁰ Deutsche Institut für Normung.

²¹ Se basa en el cálculo matemático de la duración de vida de un papel (*Factor de duración de vida: f_L*), computado a partir de su grado de resistencia física inicial (propiedades anteriores al envejecimiento: AE) y de la resistencia obtenida tras el envejecimiento acelerado (propiedades restantes: RE), siempre y cuando ésta se encuentre dentro de unos límites mínimos (exigencias mínimas: MA, vid. requisitos en tabla).

La fórmula para el cálculo de las *clases de duración de vida (Lebensdauer-Klassen: LDK)* es:

$$f_L = \frac{(RE-MA)}{(AE-MA)}$$

²² El factor de duración de vida (f_L) sirve para expresar 4 clases de duración de vida

en el caso de almacenamiento en habitaciones no climatizadas. Es válida para papeles y cartones, coloreados y sin colorear, y está indicada para papeles de imprenta, escritura, oficina y *dibujo*. El papel que según esta norma cumpla unos determinados requisitos de permanencia se puede *marcar* con su clase de duración de vida y la especificación de la norma, junto con el símbolo del fabricante.

Esta norma, a diferencia de todas las demás, tiene el atractivo de «cuantificar» la esperanza de vida del papel, pero basándose exclusivamente en la resistencia física tras el envejecimiento acelerado en húmedo. Esto se justifica aduciendo que en la actualidad no se puede predecir el comportamiento de un papel sólo por su composición química. Pero aunque esto no deja de ser cierto también es verdad que el envejecimiento acelerado, aun teniendo en cuenta la humedad, supone una gran simplificación del proceso de envejecimiento natural, en el que, por ejemplo, también influyen otros factores muy importantes, como el deterioro químico causado por la contaminación y por la luz²³.

(LDK) al combinarse con el tiempo de envejecimiento requerido (6, 12 o 24 días) para obtener 4 niveles mínimos de duración de vida. LDK se expresa mediante dos números, el primero referido al tiempo de envejecimiento (6, 12 y 24) y el segundo al factor de duración de vida obtenido tras él (f_L : 85, 80, 70 y 40). Así tendríamos papeles con LDK 24-85, 12-80, 6-70 y 6-40.

²³ Esta concepción ha hecho que la norma DIN 6738 reciba numerosas críticas. Según Zappala (1991b, 143), con esta norma podrían considerarse adecuados papeles con un bajo pH y alto contenido en lignina, en los cuales está claramente demostrada su escasa resistencia ante el envejecimiento natural. En su intervención en el encuentro de expertos sobre papel ácido organizado por la Comisión de las Comunidades Europea (La Haya, 1991), el representante alemán, el doctor Hartmut Weber, también exponía cómo, según esta norma, podrían considerarse permanentes papeles con elevada acidez y fabricados con un alto grado de pasta mecánica. A su vez, indicaba cómo bibliotecarios, archiveros y algunas ramas industriales están en desacuerdo con ella, y él mismo opinaba que la elaboración de normas nacionales que difieran de la internacional no tiene ningún sentido (CNC, 1992, 38).

Es posible que la gran importancia de los aspectos medio-ambientales junto con los intereses de la importante industria del papel reciclado hayan influido en la elaboración de esta norma; de hecho, Colom y García (1994, 267) indican, en un estudio sobre los papeles reciclados y su permanencia, cómo la norma alemana podría aplicarse en el caso de los papeles reciclados, sobre todo en el punto correspondiente a una duración de vida mínima de 50 años (DIN LDK 6.40).

En defensa de los conceptos que dieron lugar a la redacción de DIN 6738, han de recordarse las últimas investigaciones promovidas por ASTM a través del *Institute for Standards Research* para adecuar las normas relativas a la permanencia del papel («Research project to study the effects of aging on printing & writing papers» comentado en ISO 1994b N80). La adecuación se basa precisamente en la predicción a partir del envejecimiento acelerado, pero no sólo mediante calor y humedad, sino teniendo también en cuenta iluminación y contaminación atmosférica y abordando, además de las propiedades mecánicas del

Austria: ÖNORM ²⁴ A 119 - 1987 «Resistencia al envejecimiento del papel y cartón no estucado».

Es una norma prácticamente similar a la primera versión de la norma estadounidense de ANSI/NISO: ANSI Z 39.48-1984 «*Permanence of paper for printed Library Material*».

Francia: AFNOR (NFQ 15-013)

La preocupación de Francia por el problema de la permanencia del papel es evidente; en 1989 el *Centre National des Lettres* inició un estudio sobre las posibilidades del uso e impacto del papel permanente en Francia ²⁵, a la vez que pretendía sensibilizar a editores y papeleros; asimismo, el Gobierno francés está estimando la obligación del empleo de papel libre de ácido en el caso de documentos de importancia especial. Por su parte, la *Association Française de Normalisation (AFNOR)* participa en los trabajos de ISO y CEN sobre papel permanente y, a este respecto, desde agosto de 1993, existe una norma experimental de AFNOR (NFQ 15-013) equivalente a ISO 9706-1992. Los papeles que cumplan sus requisitos pueden llevar el símbolo ISO de papel permanente.

Italia: *Decreti Ministeriali* 2/8/1983

La norma italiana vigente, que indirectamente podría aplicarse a la permanencia del papel, es el Decreto Ministerial del 2 de agosto de 1983 «*Normativa in materia di cartoni destinati al restauro ed alla conservazione del materiale soggetto a tutela*», dictado por el *Ministero per i Beni Culturali e Ambientali*²⁶. Este Decreto fue elaborado por el *Instituto Centrale per la Patologia del Libro*, al cual le había sido encargado pre-

papel, los cambios químicos y ópticos. Quizás sea cierto que para adelantarse a los avances de la industria papelera, cuyo devenir nos puede traer innovaciones tanto beneficiosas como perjudiciales, no contempladas de antemano, la única manera posible de predecir la permanencia sea mediante las técnicas de envejecimiento artificial que, eso sí, todavía necesitan perfeccionarse.

²⁴ *Osterreichisches Normungsinstitut*.

²⁵ Publicado en *Du papier pour l'éternité...*, Prass y Marmonier, 1990.

²⁶ *Ministero per i Beni Culturali e Ambientali. Decreti Ministeriali* 2/8/1983. *Aprovazione della normativa in materia di cartoni destinati al restauro ed alla conservazione del materiale soggetto a tutela* (Ley italiana de 1983 - Decreto ministerial del 2 de Agosto). *Gazzetta Ufficiale Della Repubblica Italiana* n.º 257 (17/9/83), 7593-7598 «*Normativa in materia di cartoni destinati al restauro ed alla conservazione del materiale soggetto a tutela*».

parar una normativa sobre las características de los cartones para conservación y restauración (artículo 16 del Decreto del presidente de la República de 3/12/75, n. 805). Esta normativa, de carácter obligatorio en el ámbito de los museos, es considerada una de las primeras iniciativas gubernamentales al respecto²⁷.

Los papeles que cumplan con todos los requisitos exigidos para poder ser empleados en el ámbito de la conservación y restauración, deberán llevar una *filigrana* con la indicación «*durevole per la conservazione*».

Pero la aportación más reciente a la normalización sobre papel permanente por parte de Italia ha sido la realizada por el *Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI)* que ha elaborado una propuesta para papel permanente con calidad de archivo (libros y documentos de importancia esencial, excluyendo grabados y dibujos) más restrictiva que la actual norma de ISO («*Italian proposal to ISO/TC 46/SC 10/wg 1. Paper for the longest-life documents, records and publications. Specifications for permanence and durability*». 10/5/91), con la idea de que se convierta en norma italiana en caso de no desarrollarse una normativa al respecto por parte del CEN.

Países Bajos: NEN 2728²⁸: «*Permanent houdbaar papier. Esen en Beprœvings mettoden*» (*Papel permanente-Requerimientos y métodos de ensayo*). Enero de 1993.

En 1985 el Instituto de Normalización de los Países Bajos (NNI) formó un grupo de trabajo sobre «documentos permanentes» para la elaboración de una norma holandesa basándose en las normas de ASTM y en las reglamentaciones escandinavas sobre documentos permanentes. Se decidió tener muy en cuenta las normas existentes en otros países y la opinión de los consumidores y productores de papel, con la idea de que con ella quedara cubierta una gran parte del mercado de los Países Bajos. Para la elaboración definitiva de la norma NEN 2728 se trabajó en estrecha conexión con CEN y con ISO, que en esos momentos estaban realizando estudios sobre los mismos temas; para afrontar las críticas que se estaban vertiendo sobre la norma ISO se incluyeron los tests de enve-

²⁷ Aunque en esta normativa nunca se menciona el término «papel permanente», ni se refiere directamente al soporte con el que se elaboran documentos u obras de arte, al indicar lo que entiende como materiales adecuados para su conservación está marcando unas directrices y métodos de análisis para probar la bondad de un papel o cartón. Es una norma pionera en el campo de la restauración y conservación, sobre todo si tenemos en cuenta que se trata de un Decreto Ministerial.

²⁸ *Nederlandse Normatisatie Instituut*.

jecimiento acelerado y de resistencia al plegado (Hofenk de Graaff, 1991). La norma holandesa se ha convertido en un «*Koninklijk Besluit*» (Real Decreto) y tiene carácter de *obligatoriedad* para los papeles usados por el gobierno. Los papeles que cumplen con sus requisitos pueden llevar indicado el signo de infinito (∞) dentro de un círculo con el nombre de la norma debajo (NEN 2728: 1993).²⁹

Países Escandinavos

Los Países Escandinavos (Dinamarca, Finlandia y Suecia) suelen emplear las mismas normas, sobre todo Suecia y Finlandia, que, en el ámbito que nos afecta, tienen una reglamentación gubernamental referida al papel, materiales de escritura y maquinas copiadoras. Los tres países han estado trabajando en colaboración para las tareas de ISO.³⁰

En *Dinamarca*, desde el punto de vista legal, los Archivos Nacionales junto con la Oficina de Compras del Estado (*State Purchasing Department*) publican directrices acerca del papel que debe emplearse en las instituciones gubernamentales. A este respecto, desde su publicación en 1983, está la normativa establecida según instrucciones de la Oficina de Compras del Estado (*Dansk Standardiseringsraad*), que distingue un papel de uso ordinario (donde se admite el papel reciclado) y dos tipos de papel de archivo.

Finlandia se atiene a la norma SFS 4465.5-1980³¹: *Papel y cartulina sin satinar para el depósito de archivo*, que, en 1983, ligeramente modificada, se convirtió en la norma administrativa del Estado 1009³², *obligatoria* en los ámbitos estatales y municipales, según la reglamentación establecida por los Archivos Nacionales. En 1988, como mayor refuerzo, los

²⁹ El NNI, junto con el «*Central Research Laboratory for Objects of Art and Science*» (Laboratorio Central de Investigación sobre Objetos de Arte y Ciencia de los Países Bajos), sigue ampliando sus estudios sobre la conservación y ha creado otro grupo de trabajo, con representación de archiveros, conservadores y científicos, llamado «*Archival Conservation*» con el objetivo de elaborar normas sobre almacenamiento de documentos.

³⁰ Dinamarca, Finlandia y Suecia están implicados en un proyecto conjunto de investigación financiado por *NORDINFO* (Fondo Industrial Nórdico) para estudiar los métodos de test y las especificaciones para elaborar una norma sobre papel permanente; también se están abordando las causas de alteración generadas por distintos elementos y sistemas de fabricación. Con este proyecto se pretende involucrar a la industria papelera y por tanto beneficiar a todo el mercado que se abastece del papel fabricado en los países escandinavos.

³¹ *Suomen Standardisoimisliitto. Finnish Standards Association (SFS)*.

³² *Technical Research Centre. Graphics Arts Laboratory*, Finlandia.

Archivos Nacionales Finlandeses hicieron votar otra ley para imponer el uso del papel permanente para todos los documentos municipales o estatales destinados a ser conservados. En este caso se contemplan dos tipos de permanencia mínima: 50 años y 100 años³³.

En Suecia el Gobierno controla directamente los proyectos sobre papel permanente, y existe una norma en vigor al respecto, aunque su texto no está disponible en España. Dentro de la ordenanza referida a los materiales que deben utilizarse por parte de los órganos oficiales hay especificaciones o normas técnicas para papel desde hace mucho tiempo, con la intención principal de impedir el empleo de la pasta mecánica de madera en el caso de documentación de archivo. En 1991 la legislación de archivos sueca se derogó y fue sustituida por una nueva regulación; para cubrir el vacío hasta la aparición de la normativa ISO, se elaboraron especificaciones propias que han sido desplazadas por *normas técnicas de los Archivos Nacionales* para papeles permanentes y de archivo.

Cada año, el *Statens Provnings-anstalt* (Oficina de Ensayos, Inspección y Metrología de Suecia) publica una lista de materiales que pueden emplearse para uso de archivo³⁴.

Reino Unido

El organismo encargado de la normalización en el Reino Unido es el *British Standards Institution*, pero a pesar del interés que existe en este país sobre la permanencia del papel, no hay ninguna norma al respecto, aunque se cuenta con las «Recomendaciones de *Her Majesty's Stationery Office*» (HMSO) y de la Asociación Pública de Editores LIBTRAL. En el Reino Unido algunos editores producen todo su material en papel permanente y la Asociación de Editores del Reino Unido (*UK Publisher Association*) intenta potenciar entre sus miembros el empleo de papeles de buena calidad.

³³ Para poder determinar claramente qué papeles cumplen con las normas relativas a permanencia, el Centro Estatal de Investigación Técnica realiza tests de cualidades de conservación y comunica los resultados a los Archivos Nacionales que publican cada año una lista de materiales permanentes. En Finlandia todos los proyectos concernientes al papel permanente están bajo control gubernamental.

³⁴ Esta lista puede solicitarse en Riksarkivet, Box 12541, 102 29 Stockholm. Suecia.

España³⁵

Por desgracia, en nuestro país la problemática de la permanencia del papel es prácticamente ignorada a nivel institucional, y ni siquiera en el ámbito documental la Administración central o las autonómicas y locales han tomado cartas en el asunto; lo que es peor, arrastrados por un falso entendimiento de la protección medio-ambiental, cuando algunas instituciones han intervenido en el tipo de papel que debe ser empleado en sus ámbitos, han optado por el papel reciclado para todo uso, sin exceptuar la documentación de relevancia histórica, cultural o administrativa. Este mismo hecho se constata en el campo de los consumidores de papel artístico, pues junto a la oferta de productos con características de permanencia (papel libre de ácido, encolado neutro, etc.) se extiende la demanda de papeles reciclados y ecológicos como faceta alternativa. Por otra parte, aunque en nuestro país no haya ninguna norma específica sobre papel permanente nos alcanzan las especificaciones de la normativa ISO.

Rastreando entre las normas UNE relativas al papel, la mínimamente relacionada con el tema de permanencia de papeles de uso artístico es la norma UNE 57 048 (Febrero de 1971): Papel cartográfico para usos generales.

Normativa internacional: la búsqueda de un acuerdo global. The International Organization for Standardization (ISO).

ISO 9706 «Information and documentation - Paper for documents - Requirements for permanence».

El organismo encargado de la normalización a nivel internacional es la Organización Internacional de Estandarización (ISO); al ser su labor la de mayor implantación geográfica, es de gran importancia la existencia de una norma ISO referida a la permanencia del papel. Esta norma, de reciente aparición, fue adoptada en junio de 1993 como proyecto de norma (ISO/DIS 9706) y se publicó en junio de 1994; en su elaboración se pretendió conseguir un papel con una buena permanencia y durabilidad a un coste asequible, entendiendo como *papel permanente* «aquel que du-

³⁵ En España, el organismo encargado de la elaboración y difusión de las Normas Españolas (UNE) es la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), donde se pueden adquirir y consultar la mayoría de las normas citadas.

rante largos periodos de almacenamiento en bibliotecas, archivos y otros ambientes protegidos sufre escaso o nulo cambio en las propiedades que afectan a su uso» (principalmente referidas a la legibilidad y manipulación). Además de buscar la aplicación práctica desde el punto de vista comercial, se seleccionaron pruebas fácilmente reproducibles y de precisión razonable, siguiendo métodos comunes en los laboratorios de análisis de papel sin necesidad de personal especialmente cualificado.

La norma ISO 9706 pretende identificar el papel con alto grado de permanencia que sufre escaso o ningún cambio en las propiedades relativas a la legibilidad y manipulación, cuando se almacena en ambientes protegidos durante largos períodos de tiempo. Está principalmente indicada para papeles de escritura, impresión y reprografía³⁶ y es destacable cómo en la misma norma se indica que «algunos papeles para própositos especializados pueden fallar en el cumplimiento de alguno de los requerimientos aunque tengan un alto grado de permanencia»; así ocurre en papeles de impresión fuertemente encolados y en algunos papeles usados por artistas. Los papeles certificados por un laboratorio reconocido que cumplan los requerimientos de la norma pueden llevar el símbolo matemático de infinito (∞) dentro de un círculo indicando bajo éste ISO 9706³⁷ (Figura. 13).

En la misma norma se incluyen unas «notas sobre envejecimiento

³⁶ Según Zappala (1991b, 139), la norma no está pensada para documentos y libros de importancia histórica fundamental, sino para la mayoría de libros y documentos que se guardan en archivos y bibliotecas; además cita a Olof Bethge, integrante de los grupos de trabajo para la elaboración de la Norma, según quien «...the standard that the group has to develop shall not specify a paper that must be as good as a paper ever could be» («la norma establecida por el grupo no especifica un papel tan bueno como debería ser»). Es claro que en la norma se han combinado las exigencias de un papel de buena durabilidad con unas condiciones de asequibilidad, para tener una norma viable y práctica. Unas mayores exigencias habrían supuesto unos costes en la elaboración del papel que la hubieran hecho impracticable o hubiesen implicado serios problemas de producción.

³⁷ Según ISO 9706, las *características* que debe tener un papel para ser considerado permanente serían las siguientes:

- Grado de acidez del papel. Valorado mediante la medición del pH por extracción acuosa en frío (según ISO 6588). Se admiten valores de pH comprendidos entre 7.5 y 10.
- Resistencia a la oxidación. Obtenida a partir de la valoración del número Kappa, que debe ser menor de 5 (según ISO 302).
- Reserva alcalina. Contenido de sustancias capaces de neutralizar 0.4 mol de ácido por kilo (según ISO 10716).
- Resistencia al desgarro (según ISO 1974). Se admite una resistencia de más de 350 mN en cualquier dirección de fibras, para papeles con un gramaje mínimo de 70; en papeles menos pesados la resistencia permitida se calcula restando 70 de la multiplicación del gramaje por seis.

acelerado³⁸ y propiedades ópticas» (Anexo C) donde se aclara que la resistencia al desgarro sería la medida más adecuada de resistencia como indicador del envejecimiento, recomendando una disminución de no más del 20%. También se añade que no se incluyen tests para garantizar la retención de propiedades ópticas, ya que en los documentos la pérdida de estas características es poco importante, y cierto grado de decoloración puede ser tolerado sin que los impresos se vuelvan ilegibles. A pesar de ello, si se considera que el papel debe mantener sus características ópticas, se puede acordar con el fabricante la definición de las propiedades y su medida.

ISO tiene pendiente una norma más restrictiva sobre papel para documentos durables o *papel de archivo*. Su ámbito estaría circunscrito a papeles sin imprimir que precisan una alta permanencia y durabilidad³⁹ (destinado a documentos trascendentales que vayan a sufrir un alto grado de manipulación)⁴⁰.

REFLEXIONES SOBRE LA SITUACIÓN ACTUAL

Como ha podido comprobarse, las distintas normas sobre papel permanente, y más concretamente la norma ISO, han supuesto un gran esfuerzo de elaboración que todavía continúa, y que se corresponde con la necesidad de disponer de una normativa de carácter internacional. Ahora resta que este impulso no se pierda, que partiendo de las normas existentes se desarrollem otras específicas para papeles artísticos y que cada país adopte una reglamentación acorde, en la que al menos se obligue al empleo de papel permanente para los documentos de relevancia. Tal exigencia no es sólo responsabilidad de las autoridades gubernamentales, sino también de cada uno de los responsables de archivos, bibliotecas y

³⁸ Según la norma, se mostró mediante ensayos interlaboratorios que los papeles considerados permanentes según ISO 9706 no fallarían en el envejecimiento acelerado durante 24 días a 80°C y 65% H.R. (ISO 5630/3), reteniendo el 80% del valor inicial con test de resistencia al desgarro en ambas direcciones.

³⁹ «ISO/CD 11108. Information and Documentation-Archival papers-Requirements for Permanence and durability». Entre sus definiciones destaca el término de *durabilidad*, «la capacidad de resistir los efectos del tiempo y hacerlo en situaciones extremas».

⁴⁰ La permanencia de un papel no sólo depende de sus propias características sino de las condiciones en que haya estado almacenado; por esto, como complemento a esta norma, ISO ha encargado la elaboración de otra referida a las *condiciones de almacenamiento* de documentos. Otros puntos importantes sobre los que también se está trabajando es la encuadernación de los documentos permanentes y la permanencia de los *cartones*, ya que la norma ISO 9706 excluye los documentos con un gramaje mayor de 225 g/m².

museos, de los editores, de los artistas que emplean papel, hasta llegar incluso a los propios consumidores, que deberían exigir una mínima calidad para las obras que adquieren.

No existen impedimentos lógicos para la difusión del papel permanente, pues son muchos los que se beneficiarán de sus características sin un coste adicional. Hay *posturas ecológistas* que se han lanzado en contra de su uso, al querer potenciar el papel reciclado como alternativa a los problemas medioambientales⁴¹, pero ni un papel reciclado necesariamente será «ecológico» ni uno permanente tiene que no serlo, además es obvio que el empleo del papel permanente debe ser selectivo y habrá documentos que requieran este papel especial frente a otros en los que esté claramente indicado el papel reciclado.

En efecto, la Comisión de las Comunidades Europeas ha dejado bien claro que «el uso del papel permanente se ha visto como la medida preventiva más importante, a condición de que su coste sea más o menos similar a los tipos de papel no permanentes»⁴² y, afortunadamente, hoy en día podemos afirmar que la producción de un papel permanente no tiene por qué ir reñida ni con unos costes razonables ni, por otro lado, con una política medioambiental sensata; ejemplo de ello es el camino tomado por Suecia en la adaptación de sus molinos papeleros. El mayor escollo frente a la propagación del papel permanente es la ignorancia y la indiferencia.

Para los *artistas*, la aparición de una normativa internacional sobre papel permanente resulta muy importante, pues sólo así podrán quedar «certificados» muchos de los papeles y cartones empleados por ellos. Algunas empresas papeleras ofrecen en sus muestrarios papeles «permanentes», «de archivo», «para conservación», «libres de ácido», «con reserva alcalina», etc., e incluso marcan en sus filigranas el símbolo de infinito. Esto es muy loable y nos ayuda en nuestras labores cotidianas, pero puede llevar a confusiones. Sólo la indicación de la *marca ISO 9706* será garantía del cumplimiento de unos determinados requisitos, ya que, como hemos podido comprobar, hay maneras muy diferentes de entender «la permanencia» de un papel.

Esperamos que a lo largo de este capítulo haya quedado clara la importancia de la *existencia de una normativa* sobre papel permanente,

⁴¹ Un ejemplo ilustrativo de este problema lo constituye el informe «*Paper deterioration*» del *Federal Task Group* de la República Federal de Alemania (15/junio/1992), en el cual se dedica todo un apartado a analizar las diferencias de opinión entre el Ministerio responsable del medio ambiente y el resto de los Ministerios implicados en el grupo de trabajo, en lo que respecta al uso de papeles permanentes/papeles reciclados. Similar problema se pone de manifiesto en varios países, según reflejan las actas del CNC ya citadas.

⁴² Nota Informativa 17 de diciembre de 1991. CNC (1992), Anexo A, 101-107.

aunque desalienta comprobar cómo en el ámbito de la obra de arte los avances al respecto son escasos. En el campo de la documentación escrita el problema queda parcialmente solucionado con la norma ISO 9706 y sólo falta esperar que los responsables gubernamentales establezcan las medidas necesarias para el empleo del papel permanente en los organismos de carácter público o, de lo contrario, que sean los mismos profesionales, conservadores, archiveros, bibliotecarios, editores, etc., los que vayan imponiendo este tipo de papel en el ámbito de su responsabilidad.

Respecto a los papeles que se emplean para realizar obras de arte, hemos de pensar que el camino ya está iniciado; la simple existencia de una norma internacional para documentación gráfica ya supone un gran avance, en un campo en el que queda mucho por investigar y, ante todo, *difundir*. Quizás, en un futuro no muy lejano, los artistas sean conscientes de la importancia del tema y demanden a los fabricantes de papel una calidad óptima y, del mismo modo, los coleccionistas exijan la ejecución de las obras de arte con materiales que garanticen una mínima resistencia al paso del tiempo a la vez que ellos mismos propicien su conservación al mantenerlas en un ambiente idóneo.

El problema de la conservación de la obra de arte sobre papel tampoco está completamente solucionado con el empleo de papel permanente; no debemos olvidar la importancia de las tintas y que, en cuanto respecta al soporte, es preciso actuar en tres ámbitos:

- el uso de papeles que cumplan con unos mínimos requisitos de estabilidad,
- la protección de aquellos que no los cumplen con métodos paliativos como la desacidificación,
- el control de las condiciones medio-ambientales que propician el deterioro.



Figura 34. Símbolo identificativo de la permanencia del papel según ANSI/NISO Z39.48 (A) e ISO 9706 (b)

4

¿Son permanentes los papeles para uso artístico? Estudio analítico

JUSTIFICACIÓN DE CRITERIOS

En los capítulos anteriores se ha insistido en la gravedad de los problemas de conservación que afectan a los papeles actuales y en los efectos negativos para conservar la obra de los artistas que confían en soportes poco duraderos: muchas obras modernas están condenadas a una corta vida por pérdida de propiedades tan importantes como la consistencia, además de tener asegurada la desvirtualización de sus características estéticas iniciales al quedar alteradas por el cambio de coloración de los soportes (amarilleamiento).

También se ha podido constatar la preocupación, de ámbito internacional, por el problema de la estabilidad del papel, y cómo han surgido diferentes normativas que indican las características que debe tener un papel denominado *a priori* permanente.

Como consecuencia, cabe ahora preguntarnos hasta qué punto son permanentes los papeles que se están empleando para la elaboración de obras de arte. Como respuesta se ha estudiado la estabilidad de una selección de papeles de uso habitual por los artistas actuales, con el fin de determinar su grado de adecuación a los requisitos de permanencia. Dada la existencia de una amplia normativa al respecto, lo ideal sería atenernos a ella en lo que se refiere a este «control de calidad».

No obstante, es preciso partir, tal y como se habrá podido constatar en el capítulo anterior, del hecho de que todas las normas vigentes han sido concebidas en el ámbito de la «documentación gráfica» y, por el momento, no existe ninguna norma específica sobre papeles artísticos. Este dato es importante, ya que, aunque se trate de la misma materia y por tanto la vulnerabilidad ante el paso del tiempo sea idéntica tanto en los papeles de uso documental como en los artísticos, la importancia de los factores degradantes varía sustancialmente por el hecho de que la función de cada soporte es distinta¹. Como es de esperar, las normas sobre papel permanente para documentos inciden en las propiedades mecánicas y desatienden, por considerarlas irrelevantes, las propiedades ópticas.

Ante esta carencia, podríamos establecer nosotros mismos lo que entendemos como requisitos de permanencia para un papel de uso artístico y los métodos de análisis necesarios para su determinación, pero con esta decisión se correría el peligro de que los estudios no fueran extrapolables y quedasen circunscritos a una opinión personal. Por estas razones, es lógico que existiendo una normativa al respecto se haga uso de ella, aunque intentando adaptarla al máximo a nuestros objetivos particulares.

La *reglamentación ideal* para el análisis de los papeles artísticos debería cumplir dos condiciones: tener la mayor *implantación* posible (por ejemplo, ser de ámbito internacional, como las normas ISO) y estar adecuada a la permanencia de papeles de *uso artístico*. Pero, por desgracia, carecemos de una norma que satisfaga completamente ambos aspectos, esto es, una norma ISO sobre permanencia de papeles de uso artístico. Consecuentemente, estamos obligados a conocer todas las posibilidades relativas al tema para elegir la opción más adecuada.

Así, hemos concluido que interesa determinar la permanencia de los papeles en función de *ANSI/NISO Z39.48*, porque es la única norma que incluye a los papeles artísticos dentro de su campo de acción, y según ISO 9706, por ser de ámbito internacional. Es importante resaltar que ninguna de estas normas tiene en cuenta la retención de las propiedades ópticas que, por imprescindible para nuestro estudio, debe incluirse como uno más de los requisitos que se han de estudiar. Para ello es ne-

¹ Recordemos cómo, mientras en la *documentación gráfica* prima la estabilidad ante factores que afecten a la manipulación (resistencia mecánica), en los papeles de *uso artístico* adquiere un gran peso cuanto pueda alterar la apariencia externa y distorsionar los valores estéticos de una obra (resistencia al amarilleamiento).

cesario llevar a cabo ensayos de envejecimiento artificial, por lo que se ha considerado interesante tener en cuenta las *indicaciones de ISO 9706 respecto al envejecimiento acelerado*, y comprobar si el cumplimiento de las propiedades de permanencia de la norma implican una suficiente retención de la resistencia mecánica y de las cualidades ópticas.

A tenor de lo expuesto, los papeles se han analizado teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

1) *Permanencia según ANSI/NISO Z39.48:*

- Elementos oxidables: índice Kappa menor de 7
- Medición de la acidez interior por contacto: pH entre 7,5 y 10
- Índice de resistencia al desgarro según método Elmendorf mayor de $5.25 \text{ mNm}^2/\text{g}$

2) *Permanencia según ISO 9706:*

- Elementos oxidables: índice Kappa menor de 5
- Medición de la acidez por extracción acuosa en frío: pH entre 7,5 y 10
- Resistencia al desgarro según método Elmendorf, en función del gramaje

3) *Permanencia tras envejecimiento acelerado* (recomendaciones de ISO y blancura):

- Retención del 80% de resistencia al desgarro tras envejecimiento acelerado a 80°C y 60% H.R. durante 24 días
- Porcentaje de retención de blancura en circunstancias idénticas.

Todos estos análisis han llevado a determinar qué papeles pueden ser considerados permanentes según qué normas; por ello, a la vez que se establecen las cualidades de los soportes de la muestra, también se aprecia, de modo indirecto, la eficacia de las normas empleadas, según sea la concordancia de resultados y la facilidad de aplicación. Así, con este estudio se ha logrado contrastar si las normas existentes se adecuan a la determinación de permanencia para papeles artísticos o si, por el contrario, es necesaria la creación de una normativa específica.

Queda claro que el estudio de la permanencia que nos permite la normativa en vigor sólo hace referencia al comportamiento de la obra en ambientes no hostiles, con ausencia de iluminación. En nuestro caso esto nos limita al almacenamiento, pues para poder determinar cómo se comportarían los papeles durante su exposición tendríamos que haber realizado pruebas de envejecimiento acelerado que contemplaran, además de la temperatura y humedad, otras variables como la luz y la contaminación. De todos modos, será más probable que una obra artística se mantenga adecuadamente durante su exhibición si el papel que la constituye ha obtenido resultados positivos en las pruebas de laboratorio sobre permanencia.

La influencia de la contaminación y la luz, que hasta ahora no ha sido contemplada en ningún tipo de norma sobre la permanencia del papel, está siendo investigada por ASTM con vistas a la elaboración de una normativa más completa. Es un camino abierto a investigaciones complementarias.

DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA

Como en todo estudio de carácter experimental nos enfrentamos a un reto de suma relevancia: la determinación del soporte material del análisis; es decir, la selección de aquellos papeles sobre los cuales se realizarán los ensayos. En este sentido, el criterio de elección de los materiales de trabajo deberá estar orientado por los objetivos generales de la investigación. Si reflexionamos en torno a las razones por las cuales queremos determinar el grado de permanencia de los papeles empleados actualmente en el mundo artístico, responderemos que pretendemos orientar al artista sobre la importancia de la correcta selección del soporte de su obra y esbozar una guía sobre la mayor o menor adecuación de determinados papeles según criterios de permanencia.

Como es lógico, no podemos pretender que nuestra base de investigación la constituyan «todos» los papeles susceptibles de ser utilizados en las técnicas artísticas, por tanto resulta imprescindible la elaboración de la «muestra». La definición de esta muestra debe pasar por unos criterios de elección que nos acerque lo más posible a cierto grado de *representatividad*, de forma que las conclusiones elaboradas a partir de estos materiales resulten más o menos extrapolables a un conjunto de soportes de características análogas. Evidentemente, a mayor número y variedad de papeles seleccionados, más probable será encontrar entre ellos aquel empleado por una determinada persona; por esta razón se ha elegido una serie de papeles suficientemente amplia, en su mayoría de extendida comercialización.

Ya que la *amplitud* de la muestra ideal sería el máximo racionalmente abarcable, se ha considerado que una cifra próxima al medio centenar de papeles es suficientemente elevada, y corresponde al límite de las posibilidades para abordar todos los análisis, en función de unos medios técnicos determinados.

Otro punto importante que se ha de tener en cuenta es el referente, no ya a la selección de número y tipos de papel, sino a la *toma de muestras* de cada uno de los papeles elegidos. Es bien sabido dentro de la industria papelera que los papeles varían ligeramente sus características en cada tirada; de hecho, es imposible mantener constantes todas las variables que influyen en la fabricación de un papel, de manera que una bobina sea exactamente igual a otra, o que sean idénticos los papeles obtenidos de distintas partes de la misma, incluso dentro del mismo pliego de papel².

En este estudio, ante la imposibilidad de que las industrias papeleras nos suministraran una muestra representativa de sus bobinas, se ha entendido que el material adquirido aleatoriamente en el comercio al solicitar un determinado tipo de papel constituye por sí mismo un lote suficientemente representativo. Para llevar a cabo la selección de la muestra de papeles que se van a analizar, se recurrió a una conocida papelería madrileña especializada en la venta de papeles para uso artístico en la que se solicitó cierta cantidad de todos los papeles de color blanco en *stock*, habituales en estampación, pintura y dibujo. Mediante este sistema se recabó el grueso de la muestra (40 tipos de papel) tras desestimar aquellos papeles idénticos en composición y que diferían sólo en propiedades externas, como gramaje o acabado final (lisura).

A este primer conjunto de papeles se añadieron otros nueve que, considerados de interés por diversas circunstancias, se obtuvieron de otra prestigiosa papelería técnica y de una firma dedicada a la venta de papeles artísticos, de fabricación propia y de importación. Para no quedar cir-

² De hecho, cuando se aborda el análisis de cualquier característica, química o física, para determinar la calidad de un papel, hay que partir de que la muestra tomada es representativa de un lote. A estos efectos, el método que habría que seguir sería el reflejado en la norma internacional ISO 186-1985 «*Paper and board - Sampling to determine average quality*», equivalente a la española UNE 57-002-88 «Papel y cartón - Toma de muestra de un lote para determinar la calidad media». Pero, aun así, no se puede tomar una muestra representativa de un tipo de papel determinado; en todo caso podría hacerse, por ejemplo, de la producción anual de ese papel, si se tomaran lotes representativos de cada una de las bobinas fabricadas en ese período de tiempo, aunque lo común es hacerlo de una bobina, un fardo, el contenido de un embalaje, etc.

cunscritos al área madrileña, conscientes de la importancia que está tomando el consumo de *papel elaborado a mano*, se recabó información entre una decena de fabricantes españoles de este tipo de papel; cinco respondieron a la consulta sobre las materias primas que componían sus papeles, y se incluyó un tipo de papel manufacturado por cada uno de ellos. Finalmente, la última muestra es un *papel empleado para análisis químicos* cuya composición es exclusivamente de fibras de algodón, útil, por tanto, como muestra patrón para realizar comparaciones futuras.

En resumen, se han seleccionado un total de 55 tipos de papel, y la *forma de recopilación* ha sido aceptar los pliegos suministrados aleatoriamente en el momento de la compra en cada establecimiento.

Si tenemos en cuenta que este grupo de papeles se amplía con aquellos de similares características pero de distinto acabado y gramaje, propios para técnicas artísticas diferentes, podemos estimar que la muestra seleccionada es lo suficientemente amplia como para satisfacer nuestros propósitos.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

Ensayos preparatorios y determinación del gramaje

Para llevar a cabo todos los ensayos previstos ha sido necesario acondicionar previamente las muestras en *atmósfera controlada*³, y determinar

³ El peso y la resistencia del papel varían considerablemente en función de la humedad que absorbe del ambiente, por esto es muy importante, si se pretenden efectuar medidas fiables, mantener las muestras en ambiente normalizado, mediante el control de temperatura y humedad. El método a seguir para el acondicionamiento de muestras ha sido el descrito en la norma ISO 187: 1990 «*Paper and board - Conditioning of samples*», que se corresponde totalmente con la norma UNE 57-001-86 «*Papel y cartón. Acondicionamiento de muestras*», empleando las condiciones descritas como preferentes (Atmósfera n.^o 1), es decir:

- temperatura de 23°C (con variaciones máximas de un grado),
- humedad relativa de 50% (con variaciones máximas de un 2%).

Tanto el acondicionamiento, como los ensayos de resistencia mecánica y la pesada de probetas necesarias para los análisis químicos y determinación del gramaje, han sido realizados en el Departamento de Celulosas del Área de Industrias Forestales del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria (INIA), en habitación climatizada según las condiciones anteriormente descritas.

nar el *peso en seco*⁴ de cada uno de los papeles y su *gramaje* (masa, o peso por metro cuadrado, en gramos)⁵.

La obtención del gramaje permite, por una parte, saber si el papel analizado se encuentra en los *límites* de peso establecidos en las normas (entre 25 y 225 g/m² según ISO 9706) y, por otra, el grado de adecuación a los requisitos de permanencia, ya que el cálculo del índice de desgarro, necesario según ANSI/NISO Z39.48, y de la resistencia mínima al desgarro, según ISO 9706, se establece en función de éste.

El gramaje obtenido para cada tipo de papel aparece en las fichas del apéndice 5 en términos generales podemos observar que los límites de los papeles que componen la muestra de estudio varían entre 25 y 365 g/m², por lo que alguno de ellos no queda contemplado en la norma ISO (los papeles de más de 225 g/m²)⁶.

Como ya adelantamos, la norma ISO 9706, al ir dirigida a papeles de escritura, no tiene en cuenta este tipo de soportes; sin embargo la norma se ha hecho extensible a todos ellos, ya que en los papeles artísticos no

¹ El peso del papel varía en función del agua absorbida del ambiente, por lo que, para obtener una mayor precisión, la mayoría de los análisis químicos emplean como medida de la masa de las probetas el *peso en seco*, entendiendo por tal la diferencia entre el peso del papel en ambiente normalizado y su contenido de humedad.

Para la *determinación* del contenido de humedad se han deseado las muestras de papel en estufa a 105°C (con variación no mayor a 2°C), según la norma ISO 287-1978 «*Paper and board - Determination of moisture content - Oven-drying method*», equivalente a UNE 57-005-90 «*Papel y cartón. Determinación del contenido de humedad. Método de secado en estufa*».

² El gramaje se calcula según la fórmula:

$$G = 10.000 \frac{m}{A}$$

donde:
 m = Masa de la probeta en gramos
 A = Superficie de la probeta en cm²
 G = Gramaje en g/m²

El *método* seguido para este ensayo ha sido el descrito en la norma ISO 536:1976 «*Paper and board - Determination of grammage*», equivalente a UNE 57-014-74 «*Papel y cartón. Determinación del gramaje*». En el caso de los papeles fabricados a mano se efectuaron varias mediciones, pues en algunos se evidenciaban diferencias considerables de grosor entre distintas hojas.

³ Veintidós tipos de papel sobrepasan el máximo establecido para la aplicación de la norma ISO que, como indica en su página primera, no es aplicable a *cartones* (más de 225 g/m², según ISO 4046: 1978 «*Paper, board, pulp and related terms - Vocabulary*»). Debido a las características de los papeles de uso artístico, sobre todo en el caso de los dedicados a la técnica de acuarela y a la estampación, es normal encontrar gramajes propios de lo que se denomina técnicamente como *cartulina* (papel grueso: de 150 a 250 g/m²) o *cartoncillo* (cartón delgado: de 250 a 450 o 650 g/m²).

existen límites de adecuación respecto al gramaje, aspecto que no afecta a los resultados químicos y físicos necesarios para determinar la permanencia.

Es de destacar el hecho de que en la mayoría de los *papeles fabricados a mano* se encontraron grandes *diferencias de peso* al repetir las determinaciones; este aspecto será muy importante a la hora de efectuar comparaciones de resistencia al desgarro, influidas por este factor. Si tenemos en cuenta la tolerancia admisible de variaciones de gramaje para un mismo papel según UNE⁷, en los papeles a mano encontramos variaciones óptimas (n.^º 52), pero también diferencias respecto al límite establecido superiores al 25% (n.^º 9). Así, los resultados, en función del gramaje medio de cada papel artesanal, son los siguientes:

TABLA 1:
Variaciones de gramaje en papeles de fabricación artesanal

Número	9	17	44	48	51	52	53	54
% variación	29,5	10	6	21	17,5	3,3	5,5	8
Tolerancia une	4	8	4	4	4	8	4	4
Diferencia (%)	26,5	2	2	17	13,5	—	1,5	4

Las grandes diferencias apreciadas en muchos de ellos no son un factor que influya en la permanencia, pero suponen una irregularidad frente al consumidor y, cuando ocurren dentro del mismo lote de papeles, son una fuente de error potencial a la hora de determinar la resistencia física.

Análisis químicos

Determinación de la acidez

La acidez es una de las causas más importantes del deterioro de los papeles, tanto que existen normas basadas casi exclusivamente en la determinación de la acidez para predecir la permanencia (por ejemplo ASTM D-3290).

⁷ La norma UNE 57-009-70 «Papel y cartón. Gramajes» indica que la tolerancia permitida es de un 4% para pesos comprendidos entre 40 y 224 g/m², y de un 8% para papeles con un peso superior.

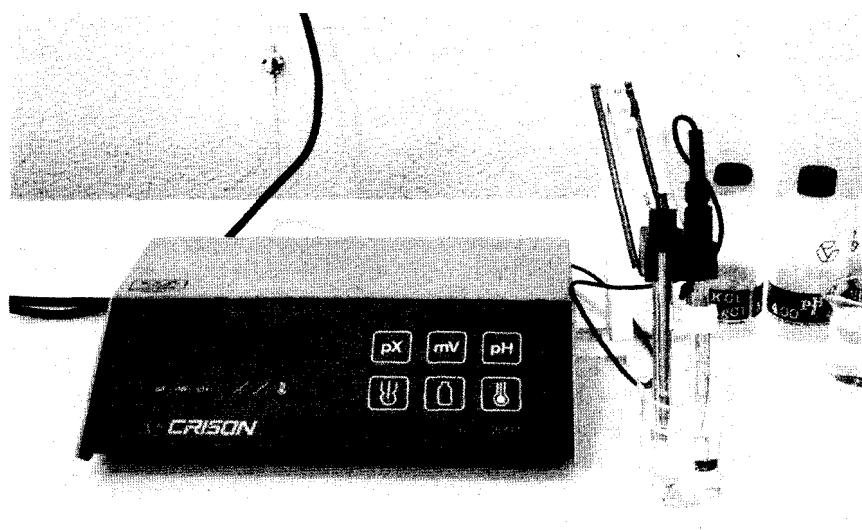


Figura 35. Modelo de pH-metro

Uno de los métodos más fiables para medir la acidez es la determinación del pH⁸, gracias a la *conductividad* que se genera en presencia de humedad por el hecho de que los iones hidrógeno (acidez) tienen carga positiva y los grupos hidróxilos (alcalinidad) negativa. Esto es lo que se logra mediante el pH-metro, aparato que consta de un electrodo capaz de medir dicha corriente eléctrica (Figura 35). La medición del pH de un papel se puede realizar directamente en la superficie, al aplicar el electrodo sobre una zona humedecida (*pH por contacto*) o mediante métodos de extracción, en los que una cantidad determinada de la muestra se deja reposar en agua destilada fría (*extracción acuosa en frío*) o se hierve (*extracción acuosa en caliente*).

⁸ Una *sustancia ácida* se caracteriza, entre otras cosas, por contener hidrógeno y, por tanto, dar lugar a iones hidrógeno positivos (H^+) al disolverse en agua; así, la acidez puede determinarse mediante la medición del *pH*, es decir, la concentración de iones hidrógeno. En este caso se puede establecer una escala desde pH -1 (máxima acidez: concentración de iones hidrógeno equivalente a 10^1 moles/litro) a pH 15 (máxima alcalinidad: concentración de iones hidrógeno equivalente a 10^{-15} moles/litro), pasando por pH 7, grado considerado como neutro (igual cantidad de iones hidrógeno e hidróxilo).

Otros métodos más rápidos pero menos exactos son los que obtienen la determinación a partir de *reactivos* que cambian de color en función de la acidez.

Según la norma ISO 9706, el ensayo más adecuado para determinar el pH de un papel es mediante su extracción acuosa en frío: según ANSI/NISO Z39.48, son los métodos por contacto aplicados en la zona interna de la muestra.

Ateniéndonos a la normativa de ISO, según el método de extracción acuosa en frío⁹ (resultados en Tabla Comparativa A: pH A), se observa que:

- el pH de los papeles analizados varía entre 4,2 y 9,4
- ningún papel excede los límites establecidos por la norma ($\text{pH} > 9,5$)
- *más del 50% –30 muestras–* tiene un pH menor de 7,5, por lo que carece de un nivel de alcalinidad óptimo.

Estos resultados, francamente negativos tomados desde un punto de vista estricto, pueden verse modificados si atendemos a un criterio más laxo, pues la mayoría de los soportes que no alcanzan un pH óptimo se encuentran dentro de los límites, o muy cerca, de un pH neutro; en este caso el total de papeles admisibles sería 39, es decir, 70% del conjunto analizado.

Según la norma ANSI/NISO Z39.48-1992, ni la medida superficial del pH ni los métodos de extracción acuosa son apropiados para determinar la acidez cuando el papel está encolado superficialmente o tiene cualquier tipo de recubrimiento externo. Como ambas características pueden no apreciarse a simple vista, se propone, para todo tipo de papel, la medida de la *acidez de la zona interna mediante sistemas de contacto*¹⁰.

Pensando en un ensayo fácil de llevar a cabo por los propios artistas se decidió efectuar la medición con un lápiz indicador de pH¹¹, aunque este método sólo permite una apreciación cualitativa, es decir, si el papel es o no ácido: con el lápiz se marca la zona interna del papel, determinando, según la coloración obtenida, si la muestra es ácida (tono amari-

⁹ Para la determinación del pH de extractos acuosos, se ha seguido la norma ISO 6588:1981 «*Paper, board and pulps - Determination of pH of aqueous extracts*», equivalente a UNE 57-032-91 «*Pastas, papel y cartón. Determinación del pH de extractos acuosos*».

¹⁰ En este caso los papeles deben deslaminarse en seco o desgarrarse para acceder a las fibras del interior. La medida se efectúa sobre esta zona mediante contacto, al igual que lo hubiéramos hecho en el caso de una medición superficial (pH-metro con electrodo de superficie). También se propone la aplicación de líquidos indicadores del pH, como el rojo de clorofenol, que pueden comercializarse *en forma de lápices*.

¹¹ Para nuestros propósitos hemos empleado un lápiz de rojo de clorofenol *Abbey pH Pen* (Abbey Publications 801/373-1598).

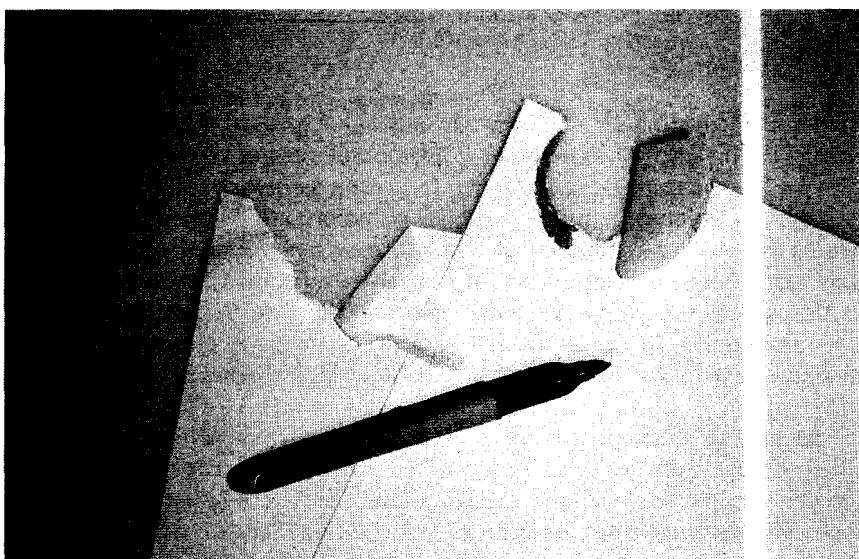


Figura 36. Medida interna por contacto (lápis indicador)

llo) o básica (tono púrpura) (Figura 36). Las medidas se tomaron por duplicado en dos esquinas exfoliadas mediante desgarro.

Según los resultados obtenidos (Tabla Comparativa A: Acidez A), 36 de los 55 tipos de papel analizados, es decir, el 65%, cumplen los requisitos de acidez señalados en ANSI/NISO, o lo que es lo mismo, el 35% de los papeles de la muestra son inadecuados.

Sin embargo, no debemos olvidar que aunque la medición de pH según este método es muy sencilla, *resulta inexacta* al no poder determinar si alguno de los papeles considerado adecuado se encuentra realmente dentro de los límites establecidos por la norma. Esto concuerda con los resultados obtenidos mediante la medición del pH por extracto acuoso¹².

¹² En este caso, debemos tener en cuenta que aunque la norma indica un *límite* entre 7,5 y 10 (idéntico a ISO), el método de análisis, tal como queda reflejado en las indicaciones del lápiz de clorofenol, sólo puede determinar si un papel es ácido (tono amarillo para pH < 7) o no ácido (tono púrpura: pH ≥ 7); a partir de esta variación de color, podemos estar seguros de los resultados negativos, pero es probable que algunas de las determinaciones positivas no se adecuen estrictamente a los límites de la norma, ya que pueden encontrarse entre 7 y 7,5 o ser superiores a 10. Aun así, la inexactitud de este sistema es

Determinación de la reserva alcalina: Contenido de carbonato cálcico en el papel

Según la norma ISO 9706 y ANSI/NISO Z39.48-1992, la *reserva alcalina* de un papel es cualquier componente, como el carbonato cálcico (CaCO_3), capaz de neutralizar la acidez generada como resultado del envejecimiento natural o de la polución atmosférica. Tanto una norma como otra entienden que la *mínima reserva alcalina* permitida para considerar permanente a un papel es el equivalente a un 2% de carbonato cálcico de su peso en seco (mínimo de 0,4 moles de ácido por kilogramo). La determinación del porcentaje del elemento alcalino que queda a modo de reserva se establece por medio de una volumetría¹³.

Se asume que toda la reserva alcalina corresponde al carbonato cálcico, cosa que no tiene por qué ser cierta, pero aunque otros materiales ácidos o alcalinos puedan influir en los resultados, éstos siguen manteniendo su sentido al considerarse como una equivalencia.

Los resultados aparecen en la Tabla Comparativa A (CaCO_3 A), donde se puede comprobar cómo:

asumida por la norma ANSI/NISO en el momento en que se establece este método de análisis, por lo que debemos entender que, a pesar de indicar unos límites, lo que se está teniendo en cuenta son valores aproximados.

Apoyando lo dicho anteriormente, si *comparamos los resultados* del análisis por *contacto* (rojo de clorofenol) con el pH obtenido mediante *extracción acuosa*, comprobaremos cómo las determinaciones negativas corresponden siempre a un $\text{pH} < 7$, y las positivas, con la única excepción de la muestra n.º 27 (pH 6,8), a un $\text{pH} \geq 7$ (6,8 es un valor límitrofe, por lo que la discrepancia de los datos obtenidos en el papel 27 es muy pequeña y puede ser debida al margen de error experimental; otra explicación es que posea una acidez mayor en las capas externas por haber sufrido algún tipo de contaminación o, por ejemplo, por un encolado superficial con un apresto ácido, de hecho, mediante la prueba con el lápiz indicador se aprecian valores amarillo/ocre en las dos caras externas mientras que en el interior se mantiene claramente el tono púrpura).

¹³ Para la determinación de la reserva alcalina ISO hace referencia a la norma ISO 10716 «*Paper and board - Determination of alkali reserve*», en fase de preparación en la época en que se realizaron los experimentos, y no disponible hasta la fecha. La norma ISO 10716 está basada en *ASTM D 4988-89 «Standard Test Method for Determination of Calcium Carbonate Content of Paper»*, adoptada por ANSI/NISO, y seguida en nuestras determinaciones. Básicamente, la evaluación de la reserva alcalina se consigue sometiendo la muestra de papel a una digestión mediante una cantidad conocida de ácido clorhídrico para calcular, a partir de una valoración de retroceso con hidróxido sódico, el ácido consumido durante la digestión. A mayor reserva alcalina, más consumo de ácido y menos hidróxido sódico necesario para neutralizar la muestra.

- Sólo 13 tipos de papel (algo menos del 24% de la muestra) tienen la suficiente reserva alcalina ($\geq 2\%$) para poder ser aceptados según ISO y ANSI/NISO¹⁴.
- 10 de las muestras restantes tienen una reserva $\geq 1\%$ (incluida muestra 52 con 0,9%).
- 14 tipos de papel no tienen ningún tipo de reserva alcalina, e incluso 8 de ellos podrían tener una pequeña «reserva ácida», ya que poseen valores negativos, aunque muy cercanos a 0 (mínimo -0,3%).

Resistencia a la oxidación: Determinación de número Kappa

Uno de los métodos empleados para determinar el *contenido de lignina en las pastas*, al cual hacen referencia las actuales normas ISO y ANSI/NISO, es el *número Kappa*, que consiste en precisar el grado de deslignificación de una pasta mediante un reactivo oxidante (permanganato) cuyo exceso se valora con tiosulfato sódico¹⁵.

Los *límites* de número Kappa aceptables para considerar un papel como permanente varían en ambas normas; para ANSI/NISO es suficiente un número Kappa < 7 (equivalente a un 1% de lignina), mientras que ISO admite como tope un número Kappa < 5 .

¹⁴ Son de destacar tres valores mayores del 10%, que se corresponden con las muestras número 47 (21%), 36 (19%) y 49 (11%). Los dos primeros casos son papeles reciclado/ecológicos de muy bajo precio, en los que es de suponer que una reserva alcalina tan elevada ayuda a disminuir los costes de materia prima (ahorro de cerca del 20% de las fibras). El papel 49 es un «papel sintético» blanco, por lo que es muy probable que la elevada «reserva alcalina» se corresponda con los elementos encargados de lograr la opacidad en este soporte.

¹⁵ El índice o número Kappa (I.K.), equivale a los mililitros de permanganato decímol-normal consumidos por un gramo de pasta; se relaciona con el contenido en lignina, aunque los valores de ésta varían según los procedimientos de deslignificación y la especie forestal (UNE 57-034-91, p. 1). En la norma ANSI/NISO Z39.48-1992 el índice Kappa se relaciona directamente con un porcentaje de lignina para establecer la composición del papel, pero en la norma ISO 9706 se entiende simplemente como un indicativo de la resistencia a la oxidación.

Como *método* para la determinación del índice Kappa la norma ANSI/NISO se refiere al descrito en TAPPI T236 cm-85 *«Kappa Number of Pulp»*, y la norma ISO a ISO 302:1981 *«Pulps - Determination of Kappa number»*, con las variaciones que se indican en el Anexo A de ISO 9706. Los análisis se realizaron según la norma ISO 302, pues además de ser de ámbito internacional, se corresponde completamente con la norma española UNE 57-034-91 *«Pastas. Determinación del número Kappa»*. Al resultar imposible desfibrar los «papeles sintéticos», se ha tenido que prescindir de este tipo de ensayo en las muestras 30 y 49.

Los resultados de este ensayo aparecen en la Tabla Comparativa A, donde podemos observar que a pesar de existir rangos distintos para cada norma ningún valor queda en el tramo entre ambas, de manera que los mismos resultados son válidos para ISO y para ANSI/NISO:

— El 92,5% de los papeles analizados presenta una resistencia a la oxidación o porcentaje de lignina adecuados.

— Sólo hay 4 tipos de papel que no mantienen una resistencia a la oxidación o contenido de lignina adecuado y todos ellos alcanzan el equivalente a más del 1% de lignina ($\text{índice Kappa} > 7$)¹⁶.

Análisis físicos

Resistencia al desgarro

Existen diversas formas de evaluar la resistencia mecánica de un papel; por ejemplo, la norma DIN 6738 sobre clases de duración de vida emplea la resistencia al desgarro, la resistencia a la tracción y el alargamiento a la rotura; otras normas hacen referencia a la resistencia al reventamiento o a la resistencia al plegado. Pero la medida empleada tradicionalmente, sobre todo para hacer comparaciones tras el envejecimiento acelerado, ha sido la resistencia al plegado, por ser la condición mecánica más afectada por el paso del tiempo; sin embargo, tanto la norma ISO como ANSI/NISO recogen como medida de la fuerza del papel la resistencia al desgarro secundario o interno¹⁷, por

¹⁶ El grado de oxidación inadecuado en el papel n.º 36 (denominado «ecológico») puede ser debido a que esté fabricado a partir de papel reciclado con pasta mecánica; en los otros tres, dado su tono oscuro, el motivo es que proceden de pastas sin blanquear. De estos últimos, uno corresponde a papel kraft (n.º 46), otro a un papel indio de fibras de yute (n.º 44), y el último (n.º 43) a un papel japonés de tono crudo con 50% de fibras de Kozo. Al contrario de lo que podfa esperarse, ninguno de los papeles denominados «reciclados» (n.º 47 y 48) presentan un elevado contenido en lignina, aunque el realizado artesanalmente (n.º 48) se acerca al límite de ISO, con un índice Kappa de 4.

¹⁷ El *desgarro interno* es la fuerza requerida para continuar el desgarro de una hoja previamente rasgada; como cualquier ensayo mecánico está determinado por el gramaje del papel, es decir, a mayor gramaje mayor resistencia. Es por esto por lo que se puede tomar como método de medición directamente la *resistencia al desgarro* (RD: gramos-fuerza necesarios para la rotura, generalmente expresado en mN), o el *índice de desgarro* (ID, normalmente en mNm^2/g), donde se obtiene una medida en función del gramaje, al representar la resistencia al desgarro equivalente a 100 g/m^2 :

$$ID = \frac{100 \times RD}{\text{gramaje}}$$

Si se pretende generalizar los resultados obtenidos mediante este análisis a papeles de la muestra que difieren sólo en su gramaje, tendremos que referirnos al índice de desgarro, que debería ser el mismo en ambos casos.

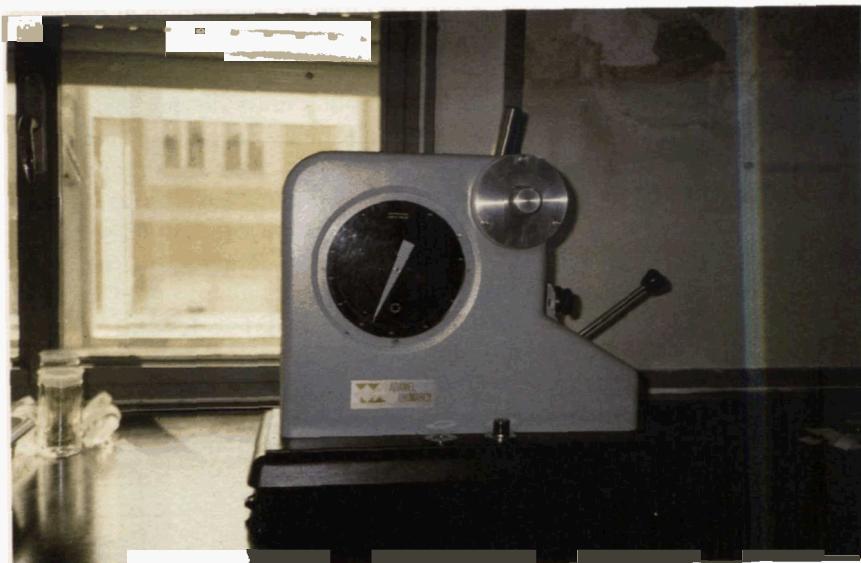


Figura 37. Modelo de desgarrómetro

ser un método cuyos resultados son lo suficientemente reproducibles¹⁸.

Para la determinación de la resistencia al desgarro ambas normas hacen referencia al *método Elmendorf*¹⁹ (Figura 37). Como sistema de medida, ANSI/NISO fija el índice de desgarro en mNm^2/g , con un límite ad-

¹⁸ El ensayo de resistencia al plegado es muy poco preciso, tiene un coeficiente de variación muy elevado; baste indicar cómo, según Navarro Sagristá (1972, 76 y 78), para conseguir un nivel de seguridad del 95%, son suficientes 10 lecturas en los ensayos de desgarro, frente a 200 en los de plegado.

¹⁹ ANSI/NISO según TAPPI T414 om-88 «Internal tearing resistance of paper», e ISO según ISO 1974:1990 «Paper - Determination of tearing resistance». La norma española UNE 57-033-86 «Papel, determinación de la resistencia al desgarro», es equivalente a la versión de ISO del año 1974 (ISO 1974:1974), y difiere ligeramente de la actual. Para nuestros propósitos hemos seguido el método descrito en la norma ISO 1974:1990, por ser de ámbito internacional.

Los papeles de cada muestra se agrupan en probetas de varias hojas con idéntico sentido de fibra y se colocan entre las mordazas de un aparato de desgarro tipo Elmendorf, en el que se practica un corte exacto mediante una cuchilla basculante. La probeta se desgARRA gracias a un péndulo que, al liberarse, desplaza a la mordaza móvil a la que está sujeto. En la escala del aparato aparece la medida de la energía consumida por el péndulo al desgARRAR las hojas.

misible de 5,25 mNm²/g, mientras que ISO toma la resistencia al desgarro en milinewtons, admitiendo un mínimo de 350 mN para papeles de 70 g/m² o más, o de [(6 × gramaje) - 70], para los comprendidos entre 25 y 70 g/m². Según las equivalencias entre ambos tipos de medida, la norma ANSI/NISO es más restrictiva para los papeles de gramaje inferior a 70, mientras que en el caso de gramajes mayores ocurre lo contrario.

Para medir la resistencia al desgarro hay que tener en cuenta la dirección de fibras de los papeles: la resistencia es mayor cuando se aplica transversalmente a las fibras (ST) que cuando es longitudinal, es decir, en el sentido de la máquina (SM)²⁰. Ambos valores aparecen en la Tabla Comparativa A (150: Des T > Des M; ANSI/NISO: IDT > IDM).

Según el resultado, el 100% de los papeles reúne los requisitos de resistencia al desgarro según ISO 9706 y el 93% lo hace según ANSI/NISO Z39.48 (sólo 4 muestras —29, 30, 31 y 38— no llegan a alcanzar un índice de desgarro superior a 5,25 en ambas direcciones de fibra²¹).

Determinación de la blancura

Como se ha comentado, ni la norma ISO 9706 ni la ANSI/NISO Z39.48 tienen en cuenta las variaciones de blancura para determinar la permanencia de un papel. Sin embargo, considerando la importancia de este aspecto para los papeles de uso artístico, se ha decidido efectuar esta medición con el fin de realizar comparaciones antes y después del envejecimiento acelerado. Para ello se empleó el *factor de reflectancia al azul*, o blancura UNE, que es un sistema de medición sencillo, frecuente-

²⁰ En los resultados de la medida del desgarro también puede afectar el espesor, la resistencia al cizallamiento y sobre todo, y en términos negativos, la rigidez a la flexión del papel, el encolado, el refino y el calandrado. En este último caso, si queremos generalizar los datos obtenidos mediante este análisis a papeles similares a los de la muestra que difieren solamente en el grado de lisura, tenemos que tener en cuenta que la resistencia al desgarro en papeles satinados puede ser menor a la de papeles idénticos sin alisar, pues el satinado disminuye la solidez del papel, sobre todo las primeras pasadas, que ejercen una sensible influencia en el sentido transversal de las fibras (Navarro, 1972, 63-66).

²¹ Los papeles 29 y 38 están en el límite de conseguir un índice de desgarro adecuado; de hecho sólo fallan en el sentido longitudinal, donde ambos tienen un valor próximo a 5,20. La muestra n.^o 29 presenta una escasa resistencia por tratarse de un papel sin encolar 100% trapo. De los dos papeles restantes, la muestra 31 es un papel vegetal, característico por su escasa resistencia, pero la número 30, curiosamente, se trata de un «papel sintético»; frente a la gran resistencia al desgarro inicial de estos soportes, prácticamente irrompibles, cuando se inicia un corte se parten con suma facilidad y es precisamente esta propiedad la que se ha medido en este análisis. A pesar de ello, el índice de desgarro de esta muestra (5,19) está cercano al límite de lo admisible (5,25).

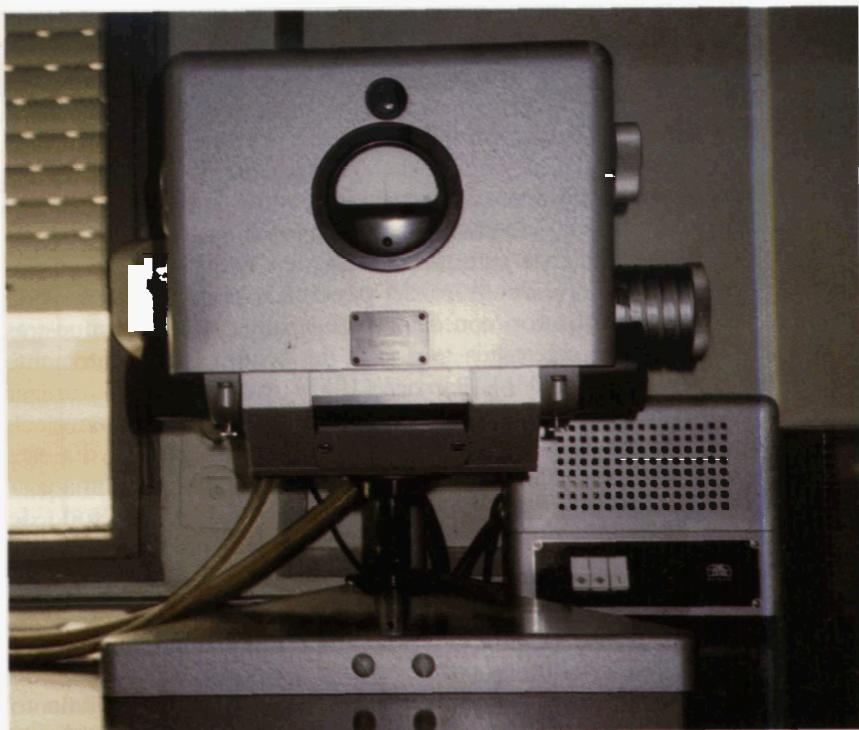


Figura 38. Modelo de espectrofotómetro Elrepho

mente utilizado en los controles de calidad de la industria papelera y en la determinación del amarilleamiento del papel durante el envejecimiento acelerado²².

El grado de blancura de un papel se determina midiendo, con un reflectómetro, su factor de reflectancia en la región del azul del espectro visible (a una longitud de onda de 457 nm). En términos de porcentaje, es la relación entre la radiación reflejada por el papel y la radiación reflejada por un difusor perfecto que actúa como patrón (óxido de magnesio puro) (Figura 38).

²² La única referencia para valorar la blancura, según las normas estudiadas sobre permanencia del papel, es la que aparece en la norma ASTM D-3290-1986, basada en TAPPI T452 «*Brightness of pulp, paper and paperboard*» (Recomendada por Browning —1977, 321— para la determinación del amarilleamiento durante el envejecimiento acelerado), o ASTM D985 «*Directional Reflectance for Blue Light of Paper*». Ambos métodos son similares a la «*Determinación del factor de reflectancia al azul (Grado de blancura UNE)*», descrito en la norma UNE 57-062 y utilizado en nuestro caso.

El grado de blancura de los papeles analizados se sitúa entre el 94% y el 31%, tonalidad parda propia de las pastas sin blanquear.

Envejecimiento acelerado con calor húmedo

Ya vimos cómo las primeras investigaciones sobre la permanencia del papel fueron acompañadas de ensayos de envejecimiento acelerado, gracias a los cuales se pudieron estudiar, y se siguen estudiando, las distintas variables que afectan al deterioro del papel. Los primeros ensayos de envejecimiento²³ se realizaron con calor seco, manteniendo las muestras a 100-105°C²⁴ durante diferentes períodos de tiempo, preferentemente 72 horas (Norma ISO 5630/1). Barrow (1963) incluso llegó a realizar equivalencias entre días de envejecimiento acelerado y años de envejecimiento natural (por ejemplo, 12 días = 100 años) pero hoy en día esta idea de equiparación temporal ha quedado completamente desestimada.

Aunque algunas normas sobre permanencia se refieren al método de envejecimiento con calor seco (normas de Canadá, Dinamarca, Finlandia, India, Pakistán y Decreto italiano) en los últimos años ha sido muy criticado, por suponer una excesiva simplificación de las variables que influyen en el envejecimiento natural. Aun así, es la única forma relativamente asequible de realizar este tipo de ensayos (UNE 57-092/2, 1991, 1).

Si se pretende equiparar el envejecimiento natural y el envejecimiento acelerado es imprescindible que este último se realice en presencia de humedad, ya que se ha demostrado que la degradación de la celulosa es sumamente sensible a esta variable (UNE 57-092/3, 1991, 1). También se recomienda que, para lograr una mayor representatividad en el caso de ambientes desfavorables se aplique el contenido de humedad natural. Por esta razón, dentro de las múltiples posibilidades existentes, el porcentaje de humedad relativa más recomendado para los ensayos de envejecimiento acelerado es el 65% (UNE 57-092/4, 1991, 1). Pese a todo, se ha demostrado que el simple control de temperatura y humedad en el envejecimiento acelerado es insuficiente, y que otros factores, como la luz y la contaminación ambiental, deberían ser tenidos en cuenta (ISO, 1994b; Daniel, Flieder y Leclerc, 1988 y 1991).

²³ Testing Institute del gobierno sueco y U.S. Bureau of Standards, entre 1925-35 (Browning, 1970, 18-38) y W. J. Barrow Research Laboratory (Barrow, 1960, 1963, 1964 y 1967).

²⁴ Esta es la temperatura máxima recomendable para un estudio de envejecimiento acelerado pues es el límite máximo a partir del cual la celulosa comienza a descomponerse (Kraemer, 1973, 719).

Ni la norma ISO 9706, ni la ANSI/NISO Z39.48 emplean los sistemas de envejecimiento artificial para determinar la permanencia de los papeles; ambas entienden que mediante los análisis que proponen se llega a idénticas conclusiones sin tener que recurrir al envejecimiento artificial, descartado por requerir un tipo de maquinaria muy compleja, no accesible en muchas circunstancias, y un tiempo de experimentación excesivamente largo²⁵. Aun así, y dada la importancia que ha tenido este tipo de ensayos en los estudios sobre la predicción de vida de los papeles, la norma ISO 9706, en su Anexo C (página 6), remite al envejecimiento acelerado en húmedo, a 80°C y 65% H.R., durante 24 días, estableciendo como indicio de permanencia la retención del 80% de la resistencia al desgarro, y suponiendo que los papeles que cumplen los requisitos indicados, cumplirán también con esta condición²⁶.

Para los ensayos de envejecimiento se introdujeron una docena de pliegos de cada muestra en una cámara climática²⁷, siguiendo la normativa de ISO (Figura 39). Una vez envejecidas las muestras, se volvió a determinar el grado de blancura UNE y la resistencia al desgarro en los papeles envejecidos, y se compararon los resultados obtenidos en las

²⁵ Esta dificultad se puso de manifiesto en el transcurso de esta investigación; el problema de más difícil solución fue disponer de una cámara de envejecimiento con control de temperatura y humedad durante el tiempo establecido por las normas.

²⁶ Como método de ensayo para el envejecimiento acelerado, ISO 9706 remite a la norma ISO 5630/3: 1985 «Paper and board; Accelerated ageing; part 3: Moist heat treatment at 80° C and 65% relative humidity», muy similar a la norma española UNE 57.092/4: 1991 «Papel y cartón. Envejecimiento acelerado. Parte 4: Tratamiento con calor húmedo a 80° C y 65% de Humedad Relativa», equivalente a la versión de ISO de 1983.

Como método para nuestros ensayos remitimos a esta norma (ISO 5630/3: 1985) por ser la más ampliamente aceptada para investigaciones similares, aun siendo conscientes de que los resultados obtenidos no son totalmente representativos del envejecimiento natural, en el que, como se ha indicado, influyen otros importantes factores, como la luz y la contaminación ambiental, que no han podido tenerse en cuenta en nuestro caso, pero que son vía abierta a futuras investigaciones; en esta línea, ASTM está realizando una importante investigación: «Research project to study the effects of aging on printing & writing papers» (ISO, 1994b), con ánimo de predecir razonablemente la esperanza de vida de los papeles mediante envejecimiento artificial.

²⁷ Se excluyeron los «papeles sintéticos» (muestras 31 y 49), en los que, por ser de composición no celulósica, esta forma de ensayo no era pertinente, y al realizar el envejecimiento conjunto podían contaminar al resto de las muestras. Dado el elevado número de probetas y la disponibilidad de la maquinaria, fue imposible realizar un ensayo de envejecimiento acelerado independiente para cada tipo de papel; en todo caso, el método empleado asegura idénticas condiciones de envejecimiento para todas las muestras analizadas.

Los ensayos de envejecimiento acelerado se llevaron a cabo en el laboratorio de ensayos de ITSEMAP (ITSEMAP Fuego - División de investigación y ensayos. Fundación Mapfre) y fueron supervisados por sus técnicos.



Figura 39. Cámara climática empleada en los ensayos de envejecimiento acelerado

muestras sin envejecer para estimar la retención de las propiedades ópticas y mecánicas.

Retención de la resistencia al desgarro

En función de las propiedades iniciales (A), y de las obtenidas tras el envejecimiento (B), se calcula el *porcentaje de retención* de resistencia al desgarro ($\frac{B}{A}$) o de pérdida ($1 - \frac{B}{A}$).

Para determinar si las diferencias entre los papeles envejecidos y sin envejecer son relevantes, se ha realizado un *estudio estadístico* de los resultados²⁸. Los datos de cada tipo de papel aparecen en la Tabla Comparativa A (% T 1-2 y % M 1-2), donde se han señalado las casillas de las muestras donde no aparecieron diferencias estadísticamente significativas.

²⁸ Para ello se ha llevado a cabo un análisis de varianza de los resultados de cada papel. A partir de estos datos, mediante el *método de diferencias significativas mínimas*, se ha calculado, con un *nivel de confianza del 95%*, si las variaciones que aparecen en las mediciones antes y después del envejecimiento acelerado son estadísticamente significativas.

Tras el análisis de varianza resulta que:

- El 66% de los papeles analizados —35 muestras— presentan pérdidas significativas de resistencia al desgarro tras el envejecimiento en alguna dirección.
- Un 32% —17 muestras— no presentan, para ambas direcciones de fibra, ninguna diferencia significativa entre la resistencia al desgarro antes y después del envejecimiento ²⁹.
- Una muestra (n.^o 50) aumenta su resistencia al desgarro tras el envejecimiento ³⁰.

La mayoría de los papeles se sitúan con una retención entre 94 y 80%, y sólo 10 (19% del total) pierden más de 20% de la resistencia inicial. Según lo anteriormente expuesto, cabría predecir una muy buena permanencia para el grueso de los papeles analizados, sin embargo, estos resultados deben interpretarse con precaución pues, como queda reconocido por los autores consultados, la retención de la resistencia al desgarro no es una de las medidas más sensibles al envejecimiento artificial.

Resistencia al amarilleamiento

Para determinar la variación de la blancura de un papel antes y después del envejecimiento se emplea como medida la *reversión de la blancura*, es decir, la diferencia, en puntos, entre la blancura inicial y posterior. Al ser ambas medidas, inicial y final, porcentajes (porcentaje de blancura respecto a un blanco patrón), su diferencia (reversión de blancura), también es un porcentaje.

La pérdida de blancura de los papeles analizados, a pesar de tratarse de un ensayo en el que no ha intervenido ninguna fuente lumínica, es

²⁹ El indicar que no existe diferencia significativa entre dos medias no implica que éstas sean necesariamente iguales; esto podría llevarnos a suponer que un 32% de los papeles no ha variado su resistencia al desgarro tras el envejecimiento, indicando unas excepcionales características. Sin embargo, es posible que en algunos casos no se haya podido comprobar estadísticamente la diferencia con un nivel de seguridad mínimo de 95% debido a la gran dispersión de datos, patente, por ejemplo, en el caso de los papeles hechos a mano, en los que la obtención de unos resultados de resistencia comparativamente fiables queda limitada ante la gran variación del gramaje entre las probetas.

³⁰ La muestra n.^o 50 es un «papel barrera», destinado a la conservación por su alta resistencia ante el envejecimiento. En este caso, la resistencia al desgarro, en contra de lo que cabría esperar, ha aumentado cerca de un 10% tras los ensayos de envejecimiento. Esta circunstancia, poco común, tampoco es completamente extraña, ya que los procesos de envejecimiento acelerado pueden provocar, por efecto del calor, una deshidratación de la celulosa que eleva la rigidez y, por tanto, la resistencia al desgarro (Smook, 1990, 81).

TABLA COMPARATIVA A

Características de permanencia de las muestras analizadas

N. ^o	Des T	Des M	pH A	CaCO ₃ A	Kappa	ID T	ID M	Acidez A	%T 1-2	%M 1-2	BL 1-2	N. ^o
1	1.216	1.048	8,2	4,4	<3	7,70	6,64	1	97,90	99,63	13,50	1
2	1.642	1.579	7,5	-0,2	<3	7,44	7,15	0	64,04	65,59	23,75	2
3	992	673	8,4	1,6	<3	10,85	7,37	1	90,51	94,87	11,41	3
4	1.678	1.132	8,2	1,6	<3	13,06	8,82	1	98,01	101,91	11,47	4
5	1.061	826	7,7	0,3	<3	6,77	5,27	1	93,54	105,21	5,41	5
6	961	844	8	5,3	<3	8,94	7,85	1	86,28	86,62	19,91	6
7	838	789	5,5	0,2	<3	9,13	8,59	0	61,68	58,70	25,26	7
8	1.268	1.114	7,8	1,4	<3	7,88	6,93	1	97,52	96,30	21,54	8
9	---	1.964	7,1	0,2	<3	---	12,81	1	---	96,76	16,41	9
10	2.247	1.921	8,1	1,6	<3	9,24	7,90	1	98,86	96,32	22,44	10
11	---	2.351	7,5	3,5	<3	---	7,04	1	---	98,00	20,10	11
12	3.292	2.676	7,7	5,3	<3	10,94	8,89	1	96,07	98,68	12,85	12
13	4.336	3.312	8,3	5,3	<3	11,89	9,08	1	89,86	83,65	16,63	13
14	2.468	1.676	7,6	0,2	<3	8,60	5,84	1	86,49	89,23	26,96	14
15	1.472	1.275	7,3	2,2	<3	7,89	6,84	1	92,80	96,15	26,87	15
16	1.752	1.299	8	3,8	<3	8,67	6,42	1	96,64	98,34	15,84	16
17	---	2.665	6,8	0,1	<3	---	8,68	0	---	94,06	12,34	17
18	1.766	1.636	6,4	0,1	4,1<5	7,19	6,67	0	90,22	89,21	22,18	18
19	1.827	1.603	5,2	0,1	<3	7,54	6,62	0	79,70	80,54	21,32	19
20	1.805	1.548	7,9	-0,1	<3	7,06	6,06	0	73,59	66,16	24,73	20
21	1.842	1.895	5,9	0	<3	6,37	6,55	0	92,23	83,75	27,70	21
22	2.388	2.099	5,4	-0,2	<3	10,32	9,07	0	73,13	70,56	13,86	22
23	1.960	1.740	7,6	1	<3	7,59	6,74	1	92,69	98,98	9,75	23
24	1.719	1.450	8,5	3,8	<3	6,84	5,77	1	98,86	92,42	3,74	24
25	2.443	2.160	7,3	0,6	<3	9,64	8,52	1	103,53	96,37	15,70	25
26	1.952	1.613	7	0,7	<3	8,22	6,79	1	91,86	90,87	18,58	26
27	1.887	1.442	6,8	0,5	<3	8,15	6,23	1	93,76	92,92	12,51	27
28	2.199	1.797	7	0,3	<3	9,01	7,36	1	91,79	94,10	18,31	28
29	1.872	1.566	7,6	0	<3	6,23	5,21	1	95,91	103,39	6,76	29
30	1.655	1.020	7,6	0,2	<3	7,59	6,74	1	98,86	92,42	3,74	30

	2.199	1.797	7	0,3	<3	9,01	7,36	1	91,79	94,10	18,31	28
28	---	465	6,3	0	---	---	5,19	0	---	---	---	30
30	491	403	5,3	-0,1	<3	4,51	3,70	0	82,52	83,86	33,97	31
31	1.705	1.611	5,6	0	<3	10,00	9,45	0	73,30	75,40	21,42	32
32	1.099	1.028	7,7	1	<3	8,57	8,02	0	88,40	87,60	17,55	33
33	1.334	1.293	4,8	-0,1	<3	7,65	7,41	0	70,44	68,44	25,77	34
34	2.368	2.404	6,2	0,2	<3	9,31	9,45	0	89,15	92,32	19,69	35
35	723	623	9,4	19	>7	7,57	6,52	1	98,92	100,63	11,68	36
36	2.613	2.233	6,2	0,1	<3	8,70	7,44	0	81,08	88,75	10,81	37
37	1.024	877	8,3	1,2	<3	6,07	5,20	1	100,96	99,11	20,70	38
38	1.203	1.154	5,8	-0,1	<3	7,56	7,25	0	72,10	70,92	24,19	39
39	3.312	2.570	7,4	1,5	<3	14,44	11,65	1	89,34	83,82	12,18	40
40	1.536	1.379	4,6	-0,3	<3	19,85	17,82	0	50,92	44,67	38,23	41
41	---	2.551	7,4	0,2	<3	0,00	40,81	1	---	82,00	17,11	42
42	752	601	6,8	0,2	>7	29,85	23,86	0	86,26	88,42	9,12	43
43	---	2.352	7,6	2,3	>7	---	11,69	1	---	87,52	1,35	44
44	485	434	4,2	-0,1	<3	6,07	5,43	0	92,31	93,89	19,10	45
45	2.037	1.695	6,9	0,2	>7	14,70	12,24	0	76,01	79,51	5,99	46
46	1.063	1.044	8,5	21	<3	7,15	7,02	1	90,77	92,85	18,34	47
47	---	1.314	7,7	1,5	4<5	---	6,49	1	---	84,17	28,33	48
48	488	8	11,1	---	---	5,27	1	---	---	---	---	49
49	551	533	7,8	2,8	<3	6,94	6,71	1	104,45	107,92	10,74	50
50	---	2.109	7,3	0,7	<3	---	9,78	1	---	101,02	8,85	51
51	---	3.498	7,2	0,9	<3	---	9,98	1	---	94,28	20,26	52
52	---	1.113	7	0	<3	---	10,71	1	---	92,23	19,37	53
53	---	2.518	6,7	0,1	<3	---	16,15	1	---	95,02	14,17	54
54	576	553	6,4	0	<3	6,29	6,05	0	81,43	81,92	13,55	0

Diferencias no significativas

Bueno

Basile
Límite

 **Emilia**
 Malo

Dos T/Dos M = Resistencia al desgarre

Transv /long (mN)

IDT / IDM = Índice de desgarro, trapax / long.

%T1-2 / %M1-2 - Retención resistencia transv./long.

BI 1-2 - Reversión de blancura

pH A = pH: extracción acuosa.

$\text{CaCO}_3 \text{ A} = \text{Reserva alcalina (\%)}$

Acidez A = pH: por contacto.

Kappa = fadiga Kappa

bastante alarmante: en la mayoría de las muestras se evidencia un alto grado de amarilleamiento.

– Más de 60% –32 muestras— manifiestan una reversión de la blancura muy perceptible, superior a 15 puntos (2 muestras llegan incluso a superar los 30 puntos)

– 25% –13 muestras— tienen una reversión entre 10 y 15 puntos (medianamente perceptible)

– En el 15% –8 muestras— la pérdida es menor de 10 puntos (poco o escasamente perceptible).

En la Tabla Comparativa A (BL 1-2) aparecen señalados los papeles con reversión menor a 10 los que se encuentran entre 10 y 15 puntos.

Un análisis visual de las muestras tras el envejecimiento acelerado, indica la aparición de un problema no tenido en cuenta en la medida de reversión del color: la existencia de *moteado* o *foxing* en algunas de las probetas. Cuatro de los 53 tipos de papel analizados presentan esta alteración (papeles n.^{os} 20, 21, 22 y 42).

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Para contrastar los datos obtenidos en los diferentes análisis y su grado de adecuación a los distintos criterios, se ha confeccionado un cuadro (Tabla Comparativa A) donde aparece cada tipo de papel con sus resultados, sombreados en verde cuando son acordes a la pauta de referencia, en amarillo cuando quedan en los límites y en azul cuando superan el rango previsto.

El sombreado en verde/azul a lo largo de toda una muestra indica su adecuación desde todos los puntos de vista estudiados y, por tanto, una buena permanencia. La coincidencia de resultados entre las diferentes pautas seguidas presenta el grado de concordancia de dichos criterios: aparecen los requisitos propuestos según ISO 9706 y ANSI/NISO Z39.48, coincidentes en el caso de los análisis de reserva alcalina e índice Kappa³¹; las indicaciones sobre retención de la resistencia mecánica tras el envejecimiento acelerado propuestas por ISO 9706 en su Anexo C, y la reversión de blancura tras el envejecimiento con calor húmedo.

³¹ Recordamos cómo aunque los límites de índice Kappa para ambas normas son distintos, ningún valor queda entre ellos, por lo que los resultados son coincidentes.

Permanencia y relación entre los criterios

Visión general de adecuación de los papeles analizados

Como resumen indicativo de la permanencia de los papeles analizados, se constata que sólo un 20% puede considerarse permanente según las normas ISO y ANSI/NISO (10 tipos de papel cumplen con los requisitos de ISO-9706, y 11 con los de *ANSI/NISO Z39.48*³², incluyendo los papeles sintéticos, en los que no se ha podido determinar el número Kappa) (Gráfico 1.1).

Frente a la escasa cantidad de papeles que pueden ser considerados permanentes según ISO y ANSI/NISO, se advierte que un número cuatro veces mayor (83%) supera las pruebas de envejecimiento según retención del desgarro: un 68 % de la muestra presenta una excelente retención de la resistencia al desgarro tras el envejecimiento en húmedo (retención de más de 85% de las propiedades iniciales³³), el 15 % se encuentra con valores adecuados, y sólo el 17% obtiene resultados negativos (Gráfico 1.2).

Frente a la generalizada buena retención de las propiedades mecánicas, cabe destacar los desalentadores resultados en el caso de la resistencia al *amarilleamiento*; pese a no haber intervenido en este ensayo ninguna fuente lumínica, en la mayoría de los papeles la pérdida de blancura es patente. Si tenemos en cuenta que no puede admitirse como adecuado un papel que desarrolle *foxing*, debemos entender que sólo un 15% de la muestra presenta buenos resultados, el 22,5% podría considerarse aceptable, el 57% malo y el 5,5% restante pésimo, ya que genera, además de una alta reversión, problemas de moteado (Gráfico 1.3).

Todos estos resultados empeoran en el momento en que realizamos una visión conjunta del cumplimiento de todos los requisitos abordados: sólo uno de los papeles es capaz de superar todos ellos (n.^o 24).

Permanencia según las normas ISO y ANSI/NISO

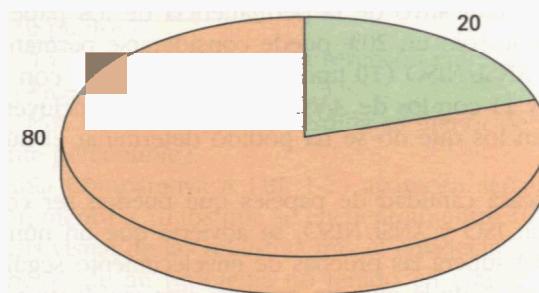
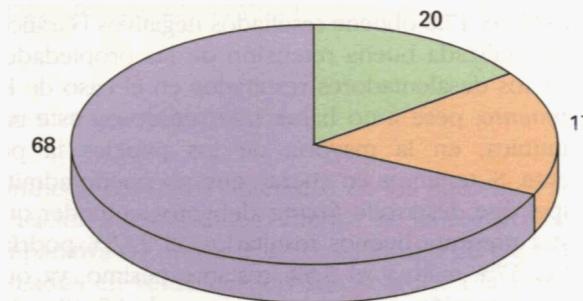
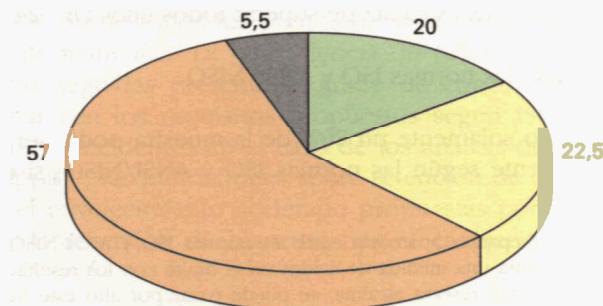
Ya vimos cómo solamente un 20% de la muestra podía ser considerado como permanente según las normas ISO y ANSI/NISO; si estudiamos

³² La pequeña discrepancia aparecida entre las normas ISO y ANSI/NISO es debida a una muestra que presenta una medida de acidez en el límite con los resultados positivos; dado que posee suficiente reserva alcalina, se puede pasar por alto este hecho y tomar como aceptable el resultado.

³³ Consideramos este valor como excelente (85%) ya que según la normativa alemana (DIN 6738-92) sería el límite a partir del cual podríamos esperar una «duración de vida máxima».

GRÁFICO 1

Adecuación de las muestras a distintos criterios de permanencia

1.1. ISO 9706 y ANSI/NISO Z 39.48**1.2. Retención desgarro tras V.A.H.****1.2. Retención desgarro tras V.A.H.**

Excelente

Adequado

Regular

Inadecuado

Pésimo

los resultados obtenidos por cada papel, se aprecia cómo el escaso grado de cumplimiento de ambas normas se debe, principalmente, a la inadecuación a los límites de *reserva alcalina*: de los 44 papeles que no se adaptan a las normas sólo 1 (2%) incumple todos los requisitos, 2 (4%) fallan exclusivamente por un porcentaje de lignina excesivo y 41 (74%) por incumplir, entre otros, los requerimientos de reserva alcalina.

Como cabría de esperar, los resultados de acidez y reserva alcalina van estrechamente ligados:

- Un pH inadecuado, obtenido por extracción acuosa, implica siempre una reserva alcalina insuficiente (los papeles con bajo pH no pueden tener una buena reserva alcalina).
- Una reserva alcalina óptima implica un pH adecuado (todos los papeles con reserva alcalina son alcalinos).
- Pero un pH adecuado no implica una reserva alcalina óptima (hay papeles ligeramente alcalinos que carecen de suficiente reserva).

Por lógica, poseer un 2% de carbonato cálcico o equivalente entre las fibras del papel, implica un pH mínimo de 7,5; si esto es así, podría prescindirse de la determinación de la acidez, al estar comprendida dentro de la valoración de la reserva alcalina.

La única salvedad está en los papeles con recubrimiento o fuertes cargas superficiales; estos papeles obtienen un elevado pH por disolución y una alta reserva alcalina, que no implica un grado de acidez óptimo en las fibras de la zona interior; de hecho, la medición del pH por extracto acuoso no resulta discriminativa y el problema sólo se detecta mediante la determinación de la *acidez interna* (según se refleja en la norma ANSI/NISO Z39.48).

En la medida del *índice Kappa* apenas ha habido resultados desfavorables; sólo en el caso de un papel reciclado y de tres papeles de tono crudo (pastas sin blanquear) se ha superado el límite de 7 (porcentaje de lignina mayor a 1%).

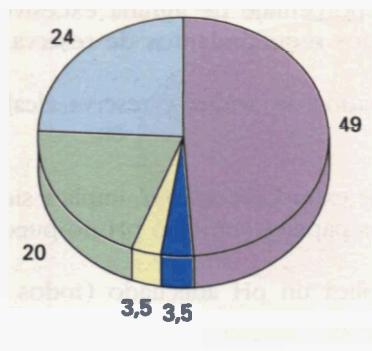
Respecto a las *propiedades mecánicas*, todos los papeles analizados cumplen con las especificaciones de resistencia al desgarro según ISO, y sólo cuatro no llegan a alcanzar el índice de desgarro superior a 5.25 en ambas direcciones de fibra, necesario para reunir los requisitos de ANSI/NISO.

Concluyendo, según ISO y ANSI/NISO, sólo 10 de los 55 tipos de papel reúnen los requisitos de permanencia (n.^{os}: 1, 6, 11, 12, 13, 15, 16, 24, 47 y 50);

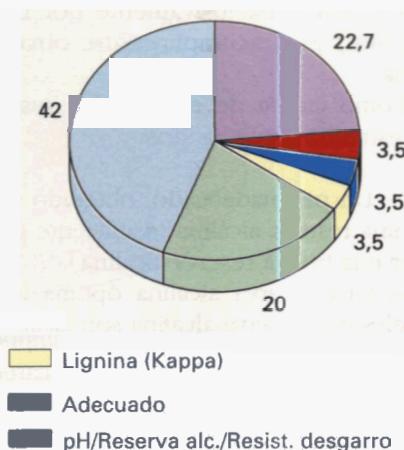
GRÁFICO 2

Adecuación a las exigencias ISO y ANSI/NISO según componentes

2.1. Inadecuación a ISO 9706



2.2. Inadecuación ANSI/NISO Z39.48



Según la norma ISO (Gráfico 2.1):

- el 20% de los papeles pueden considerarse permanentes.
- el 24% fallan por carecer de suficiente reserva alcalina.
- el 49% incumplen los requisitos de reserva alcalina y grado de acidez.
- el 3,5% no cumplen ninguna de las características químicas.
- el 3,5% sólo tienen un exceso de lignina.

Según la norma ANSI/NISO (Gráfico 2.2):

- el 20% de los papeles pueden considerarse permanentes.
- el 42% carecen de una reserva alcalina adecuada.
- el 27,5%, además de fallar en la reserva alcalina tampoco alcanzan los requisitos de acidez.
- el 3,5% **incumplen ambos** requisitos además de tener una insuficiente **resistencia al desgarro**.
- el 3,5% sólo fallan en el contenido de lignina.
- el 3,5% incumplen todas las características químicas.

Relación entre las diferentes formas de medir la permanencia

- Relación entre la norma ISO y ANSI/NISO

Ya vimos cómo se habían obtenido prácticamente los mismos resultados respecto a la permanencia o no de los papeles analizados según las normas ISO y ANSI/NISO; a pesar de ello, los resultados individualizados entre cada tipo de análisis y cada tipo de papel difieren en algunos aspectos.

La *equivalencia* entre ambas normas es total en los aspectos referentes a la *reserva alcalina* e *índice Kappa*. En el primer caso es evidente, ya que el método de análisis y los límites impuestos son los mismos; en el segundo, donde difería el grado de adecuación, no ha habido ningún valor que se sitúe entre los mínimos de ambas normas.

Las mayores discrepancias aparecen en los valores relativos a la *acidez*; en este caso, los límites impuestos por ambas normas son idénticos, pero el método de análisis es distinto. En la norma ISO se mide la acidez del papel por extracción acuosa en frío y, siguiendo ANSI/NISO se efectúa la medida del pH en la superficie de las fibras interiores por métodos de contacto. La toma de acidez por medidas de superficie con reactivos sólo permite realizar *apreciaciones cualitativas*; en este caso, los valores no se adecuan a los límites establecidos por la norma (7,5), ya que sólo se discrimina entre valores de pH superiores o inferiores a 7; este margen de error de 0,5 respecto al límite establecido es la clave para el resto de las discrepancias. De esto se infiere que no se han obtenido medidas distintas entre ambos métodos, sino que uno de ellos (la determinación por contacto) no ha sido capaz de discriminar el límite entre 7 y 7,5.

Esto podría hacernos pensar que es más válida la determinación del pH por extracto, pero recordamos que este tipo de medición era siempre concordante con la adecuación de la reserva alcalina, por lo que en lógica podríamos prescindir de ella. No ocurre lo mismo con la medida del pH por contacto de la superficie interna del papel, ya que ésta es la única forma de discriminar entre una «reserva alcalina» generada por un recubrimiento superficial y una reserva que realmente está afectando al interior de las fibras.

Consecuentemente, la norma ANSI/NISO, con la determinación del pH mediante medida de superficie, está aportando resultados más relevantes. Eso sí, establecer unos límites que no pueden ser apreciados por el método de análisis propuesto parece improcedente.

En cualquier caso no debemos olvidar que la norma ANSI/NISO hacía referencia a dos métodos para determinar el pH superficial: el empleo de

un reactivo (tal como hemos hecho nosotros) o la medición del pH con un *electrodo de contacto*; según este último método, sí se pueden discriminar los valores inferiores a 7,5 y superiores a 10.

La determinación del pH por contacto mediante electrodo es complementaria a la determinación de la reserva alcalina; esta última es suficiente para deducir un pH mínimo adecuado, pero pueden pasar por aceptables valores excesivamente alcalinos o disfrazar diferencias entre distintas capas.

Siguiendo las comparaciones entre ambas normas, comprobamos también las manifiestas discrepancias respecto a la *resistencia mecánica*; en ISO se toman los valores de desgarro en términos absolutos, excepto en el caso de gramajes menores de 70 donde se aplica una fórmula³⁴; en ANSI/NISO se refieren siempre al peso del papel, ya que toma como medida el índice de desgarro (resistencia al desgarro/gramaje). Estas diferencias hacen que los límites de ISO sean menos restrictivos que los de ANSI/NISO para valores mayores de 70, mientras que en valores inferiores ocurre lo contrario. Así, 4 valores de papeles de gramaje inferior a 70 obtienen resultados negativos según ANSI/NISO y positivos según ISO.

Dado que lo importante para la permanencia de un papel es su resistencia total, independientemente del gramaje, la norma ISO es más determinante en este aspecto.

Concluyendo, aunque se han obtenido resultados de permanencia similares mediante ambas normas, la norma ANSI/NISO es más adecuada respecto a las determinaciones de acidez, sobre todo en el caso de emplear como medida un electrodo de contacto, y la norma ISO es la más adecuada respecto a la resistencia mecánica.

- Relación entre las normas ISO y ANSI/NISO y la pérdida de propiedades tras el envejecimiento

La norma ISO en su página 6 indica que, según ensayos de laboratorio, los papeles que cumplen con los requisitos de permanencia por ella especificados retendrán al menos el 80% de sus propiedades mecánicas iniciales tras los ensayos de envejecimiento acelerado. En nuestro caso, confirmando dicha predicción, en todos los papeles permanentes según ISO y ANSI/NISO apenas se manifiestan diferencias de desgarro tras el envejecimiento artificial. Sin embargo, como veremos más adelante, el

³⁴ Para un gramaje (g) menor de 70 el límite se establece según 6 g-70.

porcentaje de pérdida de desgarro de un papel no está completamente relacionado con el grado de permanencia establecido en las normas³⁵.

Según ANSI/NISO (página 5), papeles con *niveles de lignina* mayores del 1% (*Kappa* > 7) que cumplen el resto de los requerimientos pueden tener una excelente retención de las *cualidades de resistencia mecánica* tras el envejecimiento. La norma ISO 9706 (página 6) también advierte la posibilidad de encontrar papeles con un índice *Kappa* inadecuado que presentan buen comportamiento en los ensayos de envejecimiento acelerado, puntualizando que dichos papeles no deberían tomarse como permanentes, porque en el envejecimiento natural intervienen otros factores, como la contaminación ambiental, que no están presentes en los ensayos y provocan el deterioro al reaccionar con las fibras lignificadas y formar residuos ácidos³⁶.

Esto mismo podría decirse respecto a la *reserva alcalina*: un papel puede tener un buen envejecimiento artificial sin que se requiera una reserva alcalina adecuada pero, en el caso del envejecimiento natural, será este mismo factor el que ayude a salvar al papel del efecto pernicioso de los agentes externos que se encuentran en el ambiente, y que no han formado parte del ensayo de envejecimiento acelerado³⁷.

El único tipo de medida de las normas ISO y ANSI/NISO que parece tener relación con el envejecimiento acelerado es la *acidez*; casi todos los papeles con pH no ácido tienen una retención de la resistencia al desgarro mayor del 80%, y en ellos se aprecia una clara tendencia a conservar la blancura inicial.

Ante esta realidad podemos esperar que, como la mayoría de los factores que implican una buena o mala permanencia no influyen en el envejecimiento artificial, éste puede dar valores favorables en el caso de papeles que no se comportarán adecuadamente en ambientes naturales. Pero aunque no consideremos un papel como permanente sólo por tener una buena resistencia en los ensayos de envejecimiento acelerado, no se invalida la adecuación de estas pruebas, ya que si un papel se comporta mal en estas circunstancias, también lo hará, y con toda probabilidad, en condiciones naturales.

³⁵ Esto queda parcialmente justificado por la advertencia de la norma ISO sobre el hecho de que algunos papeles especiales de buena permanencia (por ejemplo, papeles de uso artístico), pueden fallar en el cumplimiento de alguno de sus requisitos.

³⁶ De hecho, los cuatro papeles con número *Kappa* > 7 tienen buenos resultados de envejecimiento, tanto en el aspecto mecánico como óptico, y sólo uno de ellos falla en la retención de la resistencia al desgarro.

³⁷ Así, de los 42 papeles que fallan en los requisitos de reserva alcalina, 13 logran unos resultados adecuados en la retención de la resistencia al desgarro y blancura tras el envejecimiento.

Así, las pruebas de envejecimiento artificial resultan fiables cuando revelan resultados negativos, pero no cuando indican el buen comportamiento de un papel³⁸.

Respecto a la *pérdida de blancura* tras el envejecimiento acelerado en húmedo, no existe relación con la predicción de permanencia según las normas ISO y ANSI/NISO: el porcentaje de papeles con reversión de blancura inadecuada es el mismo (60%) para los papeles considerados permanentes y no permanentes según ISO y ANSI/NISO.

Desglosando los factores que constituyen las normas ISO y ANSI/NISO, hemos de destacar que sólo *la acidez* tiene una mínima relación con la pérdida de blancura; de hecho todos los papeles con reversión menor de 13 tienen un pH neutro o alcalino (6,8 máximo), aunque muchos papeles no ácidos alcanzan resultados deplorables.

Con lo que también muestra una mínima relación la reversión de blancura, es con la *pérdida de la resistencia al desgarro*, pero tampoco es suficiente para predecir el amarilleamiento de un papel, más bien al contrario, la escasa pérdida de blancura serviría para predecir un buen comportamiento mecánico. Prácticamente todos los papeles con poca pérdida de blancura tras el envejecimiento alcanzan una retención de la resistencia al desgarro adecuada.

Para constatar fehacientemente la presencia o ausencia de relación entre los datos obtenidos en los distintos ensayos y entre las diferentes maneras de determinar la permanencia se ha realizado un *estudio de la relación lineal* entre cada par de variables según los datos de regresión obtenidos mediante tratamiento informático. Así, afirmando las apreciaciones anteriores, sólo se ha encontrado relación entre la acidez y los resultados de las pruebas de envejecimiento acelerado, y dentro de ellas,

³⁸ Los datos obtenidos según ISO y ANSI/NISO respecto a la retención de las propiedades mecánicas se atienen a lo dicho anteriormente:

- Todos los resultados positivos según ISO y ANSI/NISO obtienen una buena retención de la resistencia mecánica tras el envejecimiento.
- Todos los papeles que no alcanzan dicha retención, incumplen en algún grado los requisitos de ISO y ANSI/NISO.

De esta manera queda explicada la aparente discrepancia entre los resultados obtenidos respecto a la retención de las propiedades mecánicas tras el envejecimiento artificial y la adecuación a las normas ISO y ANSI/NISO: de los 44 papeles que tenían una buena retención de la resistencia al desgarro tras el envejecimiento acelerado, sólo 10 cumplían los requisitos de ISO y ANSI/NISO. Esto es debido a los «*falsos positivos*» que pueden aparecer en los ensayos de envejecimiento acelerado; pero como era de esperar, según los razonamientos anteriores, aunque se aprecie un elevado porcentaje de «*falsos positivos*», no aparece ningún «*falso negativo*», es decir, todos los papeles que no retienen al menos el 80% de sus cualidades de resistencia al desgarro, tampoco pueden ser considerados permanentes.

entre la retención de la resistencia al desgarro y el amarilleamiento³⁹; según los datos obtenidos podemos aseverar que la acidez está relacionada con la retención de las propiedades mecánicas y ópticas tras el envejecimiento acelerado, propiedades a su vez relacionadas entre sí.

De todas las reflexiones anteriores, lo más importante es comprobar que la permanencia según ISO y ANSI/NISO no guarda relación con la retención o pérdida de blancura tras el envejecimiento acelerado. Este aserto es fundamental e indica la inadecuación de las normas existentes (ISO y ANSI/NISO) para determinar la permanencia de los papeles artísticos, y lógicamente denuncia la necesidad de elaborar una normativa específica para los papeles destinados a las obras de arte.

Eficacia de las normas en el ámbito de papeles para arte

Es importante recalcar que la adecuación a las normas de permanencia ISO 9706 y ANSI/NISO Z39.48 no supone una escasa pérdida de blancura de los papeles, de hecho muchos papeles permanentes según ISO o ANSI/NISO amarillearán con el paso del tiempo.

La retención de la blancura es primordial en el caso de papeles para uso artístico; es excusable que no se le haya dado importancia en normas dirigidas exclusivamente a documentos de archivo y biblioteca (ISO) pero no se entiende su olvido cuando la norma se indica válida para «obras de arte originales y reproducciones» (ANSI/NISO).

Aun reconociendo el avance que supone la existencia de normas relativas a la permanencia del papel, queda claro que en el campo de los papeles para artistas hay mucho por investigar. No obstante, a partir de

³⁹ Los coeficientes de correlación lineal (r), con un nivel de confianza del 95%, indican correlaciones positivas medias según:

- *Acidez / retención de la resistencia al desgarro: $r = 57\%$.*
- *Acidez / reversión de la blancura: $r = 42\%$*
- *Retención de la resistencia al desgarro / reversión de blancura: $r = 52\%$*

La relación entre la *reserva alcalina* y el resto de las variables era muy escasa, y resultó estadísticamente no significativa, con un nivel de confianza del 95%, aunque con un nivel de confianza de 90% se obtenía una correlación cercana a 2% entre la reserva alcalina y la retención de la resistencia al desgarro y el grado de blancura.

Respecto al *número Kappa*, o índice de oxidación, se optó por no realizar ningún análisis estadístico, dado el escaso número de muestra con índice Kappa elevado. A este respecto, Calabro *et al.* (1990, 48), en un estudio realizado con 20 muestras de papel, encontraron una correlación alta ($r=78\%$) entre el número Kappa y el amarilleamiento evaluado según el PCN (*Post Colour Number*) en condiciones de envejecimiento equivalente a las de nuestro estudio.

estas normas, que tienen una gran trascendencia como pioneras, podrían elaborarse otras más acordes con la finalidad de la obra de arte, cuyas exigencias difieren de las del resto de la obra documental, objetivo preferente de la normativa ya dictada.

Para la elaboración de una norma sobre la permanencia de los papeles de uso artístico debería tenerse muy en cuenta la resistencia al amarilleamiento no sólo mediante envejecimiento acelerado con calor y humedad sino también con iluminación y contaminación atmosférica. Tampoco habrán de olvidarse las especificaciones de ISO, pues aunque por sí solas no sean suficientes, numerosos estudios científicos elaborados han demostrado ya su pertinencia.

Permanencia de papeles especiales

A nivel comparativo es interesante resaltar las características de permanencia que muestran algunos grupos de papeles más especiales: el papel de referencia, muestra nº 0, compuesto exclusivamente por fibras de algodón; los papeles fabricados a mano; los reciclado/ecológicos; translúcidos para dibujo técnico, y soportes sintéticos. En algunos casos, un mismo papel forma parte de varios grupos.

Muestra de referencia (n.º 0): papel de algodón

El papel de referencia (n.º 0), papel para análisis químicos compuesto exclusivamente de fibras puras de algodón, debería tener, teóricamente, una buena permanencia frente al envejecimiento, dada la calidad de su materia prima y su similitud con la composición de los papeles más primitivos. Sin embargo, según las normas es imposible que alcance la categoría de papel permanente, pues no lleva ningún tipo de carga (entre ellas, reserva alcalina).

En efecto, los análisis indican que la muestra 0 no cumple los requisitos de permanencia según las normas ISO y ANSI/NISO, ya que carece de reserva alcalina (0%) y su pH no llega a ser neutro (pH 6,4); en la permanencia frente al envejecimiento, la retención de las propiedades mecánicas (81%) y ópticas (reversión de blancura de 14 puntos) se mantiene dentro de los límites adecuados, pero en la zona inferior de ambos rangos.

Estos resultados coinciden con la predicción apoyada ampliamente por la bibliografía, y reflejada en la norma DIN 6738 (Nota 1), según la cual un papel, a pesar de ser de celulosa pura, nunca podrá alcanzar una

esperanza de vida máxima, si no reúne los requisitos de acidez y reserva alcalina coincidentes con ISO y ANSI/NISO. Se reafirma la idea de que, aunque la calidad de las fibras sea importante para conseguir una buena permanencia, también son necesarias otras cualidades químicas para prevenir los efectos de la acidez. Las fibras de algodón no se han comportado excesivamente mal frente a la reversión del color, pero aún así papeles con fibras de madera han tenido mejores resultados, no sólo en este punto sino en todos los demás.

Sirva esta reflexión como advertencia para algunos fabricantes, sobre todo los de papel artesanal, que suelen hacer gala de emplear fibras textiles, y olvidan, al igual que en el caso que acabamos de estudiar, la adición de una reserva alcalina suficiente.

Papeles artesanales

En el Capítulo 1 ya se dijo que la permanencia del papel no depende tanto de su manufactura como de las materias empleadas, aunque lo común es que los papeles hechos a mano estén realizados a partir de fibras textiles o de buena calidad⁴⁰.

Un dato digno de destacar en el grupo de los papeles artesanales afecta a la gran diferencia de pesos que se aprecia dentro de un mismo papel y entre pliegos diferentes; en los papeles artesanales cierta falta de uniformidad es previsible, pero resulta excesiva en los papeles 9, 48 y 51, con una variación del 26,5%, 17% y 13,5%, respectivamente. Estas diferencias, además de suponer una irregularidad de cara al consumidor, conllevan un margen de error muy elevado al efectuar los ensayos de resistencia mecánica cuyos resultados no son equiparables desde el momento en que el gramaje de cada probeta es distinto⁴¹.

Aunque inferimos que dichos papeles manifestan una excelente retención de las cualidades mecánicas (cercana a 95% en la mayoría de los

⁴⁰ De hecho, la mayoría de los fabricantes de papel artesanal recalcan el tipo de fibra empleado: plantas textiles en los papeles 9 (lino), 44 (yute), 51 (80% algodón y 20% lino), 52 (trapo de lino y algodón), 53 (trapo) y 54 (lino), y papel usado en el n.º 48; el único papel en el que no se especifica el tipo de fibra (n.º 17) está realizado a partir de pasta química de madera, según comprobación en microscopio con tinción de fibras mediante reactivo Herzberg.

⁴¹ Exceptuando el caso del papel n.º 44, la diferencia entre los valores de resistencia mecánica obtenidos antes y después del envejecimiento acelerado no es estadísticamente significativa, a pesar de haber duplicado las determinaciones (20 en lugar de 10). Incluso aunque en estos papeles se alcancen niveles de retención cercanos al 100%, no podemos afirmar categóricamente que no haya existido variación entre ambas determinaciones.

casos), ninguno de los 8 papeles analizados cumple con los requisitos de ISO o ANSI/NISO, por lo que, comercialmente hablando, no pueden calificarse como permanentes. El principal motivo de su inadecuación es que, con excepción del número 44, no alcanzan los requisitos de reserva alcalina y, aunque todos los papeles manuales analizados se consideren neutros, casi ninguno alcanza los niveles de pH establecidos por las normas ISO y ANSI/NISO⁴².

En suma, pese a lo apreciado que resulta el papel artesanal, hay que reconocer que no implica una buena calidad desde el punto de vista de la permanencia; pero es seguro que ésta mejoraría en gran medida en el momento en que los fabricantes añadieran una reserva alcalina suficiente. La ventaja de este tipo de papel es la gran versatilidad que tiene el fabricante para adaptarse a las peticiones del consumidor, por lo que es fácil que bajo pedido puedan conseguirse papeles permanentes, ya que la adición de carbonato cálcico a las fibras no es perjudicial ni contraria a los métodos tradicionales de fabricación, ni tampoco agrava el coste final.

Papeles reciclados y ecológicos

Dado el interés creciente por los problemas medioambientales, dentro de la industria papelera están teniendo cada vez mayor peso los papeles reciclados y los ecológicos⁴³. Su uso en el campo artístico no está todavía muy generalizado, pero empiezan a venderse papeles de este tipo en el comercio especializado. Ya mencionamos la pugna entre papeles reciclados y permanentes y cómo, aunque sea alta la probabilidad de encontrar soportes con escasa esperanza de vida, la condición de recicla-

⁴² El papel 44, de fibras de yute, pese a tener buena reserva alcalina y acidez adecuada, al estar fabricado con yute y no haber sido blanqueado, tiene un contenido de lignina inaceptable.

Según los criterios de permanencia de ISO y ANSI/NISO, el papel que estaría más cercano al criterio de permanencia sería el papel artesanal reciclado (n.^o 48), pero es el papel con peor comportamiento respecto a la retención de las propiedades ópticas, con un *amarrilleamiento* patente, que le hace alcanzar una reversión de 28 puntos. Respecto a este parámetro hay que recalcar que todos los papeles artesanales se distribuyen en toda la franja de valores de reversión, entre la pérdida de un solo punto (n.^o 44, pérdida de color imperceptible) hasta el mencionado valor de 28 puntos. En principio el hecho no parece estar relacionado con ninguna de las características individuales, aunque exceptuando los números 52 y 48, la reversión desciende al aumentar la escasa reserva alcalina, circunstancia que ocurre también con el pH en los valores con reversión del color menor de 15 puntos.

⁴³ Recordamos que, aunque ecológico y reciclado suelan ser términos que se identifican mutuamente, un papel ecológico (de escaso impacto ambiental) no tiene por qué ser reciclado, y viceversa.

do no tiene por qué ser excluyente de permanencia, sobre todo ateniéndonos a las normas ISO y ANSI/NISO cuyos requerimientos pueden ser perfectamente asumidos por esta categoría de papeles (Colom y García, 1994 y Peinado, Viñas y Alonso, 1995).

Dentro de la muestra de papeles analizados tenemos tres tipos de papel que encajarían en este grupo, aunque por sus características quizás no sean representativos de la generalidad; de hecho, uno está fabricado a mano (el ya mencionado papel reciclado n.º 48), otro es un papel reciclado para dibujo (n.º 47) y el último, un papel ecológico que, por la información que de él da el fabricante, intenta, al menos comercialmente, romper la pugna entre permanencia y ecología, al denominarse «sin ácido» (n.º 36).

Analizados los tres papeles, sólo uno de ellos cumple los requisitos de permanencia según ISO y ANSI/NISO, precisamente aquel que por sus referencias y precio cabría esperar de peor calidad. Se trata del n.º 47, que, además de reunir crecidamente los requisitos necesarios para ser considerado como permanente, tiene una excelente retención de la resistencia al desgarro; donde los resultados no son tan favorables es en las propiedades ópticas, aquí se aprecia una fuerte tendencia al amarilleamiento, con una disminución de 18 puntos tras los ensayos de envejecimiento acelerado (pérdida cercana al 25% del tono original). Un dato que llama la atención en este papel es su elevada reserva alcalina (más del 20% de su peso), que debería suponer un detrimiento en la calidad, al repercutir negativamente en el porcentaje de fibras⁴⁴.

Vistos los resultados, podemos afirmar que algunos papeles reciclados pueden ser considerados como permanentes según las normas establecidas (ISO y ANSI/NISO), pero esta permanencia no indica su bondad respecto a las cualidades exigibles para un papel de uso artístico, porque pueden adolecer de una buena retención de las propiedades ópticas.

Hecha esta consideración, y haciendo justicia a los resultados, hemos de reconocer que, algunos de los papeles reciclados (n.ºs 36 y 47) poseen cualidades de permanencia superiores a las de varios papeles de otro tipo de pasta.

⁴⁴ Respecto al papel n.º 48, comentado en el punto anterior, hay que recordar su inadecuación por insuficiente reserva alcalina (1,5%) y elevado amarilleamiento, e indicar que su número Kappa, con un índice 4, implica un pequeño contenido de lignina aunque dentro de lo aceptable (0,6%). El papel ecológico (n.º 36) no puede considerarse como permanente, pues falla en el cumplimiento del número Kappa (contenido en lignina superior al 1%).

Sopportes sintéticos

Al igual que los papeles reciclados, los papeles sintéticos, aunque no puedan denominarse estrictamente papel, se están presentando como alternativa ante la disminución de la masa forestal y, en el caso de los «papeles de poliéster», como una opción de cara a la permanencia.

Son un soporte poco extendido, excepto en el ámbito del dibujo técnico, donde por su durabilidad prácticamente han sustituido a otro tipo de papeles más frágiles. No extrañaría que en breve periodo de tiempo, dada la tendencia al empleo de nuevas materias por los artistas modernos, se utilicen como un soporte más para la obra de arte.

Respecto a su permanencia, siempre y cuando se trate de poliéster, se ha augurado una buena esperanza de vida; de hecho, uno de sus problemas es su dificultad de destrucción. De todas formas, al tratarse de resinas sintéticas, las alteraciones, tanto intrínsecas como extrínsecas, no son completamente equiparables a las establecidas para la materia celulósica natural.

Las normas sobre permanencia no contemplan este tipo de soporte, ya que van dirigidas a papeles de fibras celulósicas. Aun así nos hemos planteado cómo se comportaría algún ejemplo de estos «plásticos» ante los análisis prescritos para la determinación de un papel y hasta qué punto se pueden incluir en la categoría de papeles permanentes; para ello se seleccionó un soporte translúcido de poliéster (n.º 30) y otro opaco de color blanco (n.º 49)⁴⁵.

A la hora de realizar los análisis nos encontramos ante la limitación de no poder llevar a cabo la determinación del *índice Kappa*, incompatible con estos soportes, dada la imposibilidad de desfibrado. Tampoco se pudieron realizar los *ensayos de envejecimiento artificial*⁴⁶.

A pesar de ello, y con los datos obtenidos, se puede decir que el papel sintético blanco (n.º 49) reúne los criterios de *acidez y reserva alcalina* (es probable que estos resultados hayan sido posibles gracias a los componentes que determinan la opacidad) mientras que la muestra de poliéster transparente (n.º 30), como era de esperar en el caso

⁴⁵ Es de destacar la facilidad con que se consiguió el primero, muy extendido en el ámbito de dibujo técnico, frente a la dificultad de adquirir el «papel sintético blanco», cuya comercialización en España es todavía novedosa.

⁴⁶ Hubiera sido interesante contrastar las pruebas de envejecimiento en condiciones similares a las llevadas a cabo en los papeles celulósicos, pero por limitaciones técnicas no fue posible un envejecimiento individualizado, y se decidió no hacerlo de manera conjunta con el total de la muestra, ante el riesgo de provocar algún tipo de contaminación con el resto de los papeles.

de un soporte 100% poliéster, incumple ambas medidas. Son destacables los datos relativos a la *resistencia al desgarro*, pues, a pesar de la gran resistencia mecánica de estos papeles y de la dificultad que supone su rotura, alcanzan resultados muy bajos, dado que lo que se mide es la continuación del desgarro; por esta razón ambos papeles obtienen un índice de desgarro que bordea los límites establecidos por las normas.

No hemos obtenido muchas conclusiones de este grupo de soportes, pero es importante subrayar la necesidad de tenerlos en cuenta, pues es posible que sean una alternativa para solucionar la permanencia de algunos dibujos con características documentales, tal como ya ha sucedido en el campo del dibujo técnico y científico.

Papeles translúcidos para dibujo técnico

Quizás, a primera vista, esta categoría de papeles quede un poco apartada de nuestros puntos de mira, pero dada la escasa permanencia de este tipo de soportes, y pensando en la importancia, tanto artística como documental, de algunos dibujos de arquitectura, arqueología o diseño, se ha creído conveniente incorporar a la muestra una pequeña representación de estos soportes. Así, el grupo de papeles translúcidos se ha representado por un papel vegetal (n.º 31), otro recomendado por algunos técnicos como alternativa de mejor calidad frente a este primero (n.º 45), y el papel de poliéster (n.º 30) mencionado en el apartado anterior.

Según los análisis realizados, tanto el papel vegetal como el n.º 45 incumplen en gran medida los requerimientos de permanencia ISO y ANSI/NISO. Ambos presentan un porcentaje de *reserva alcalina* negativo ($-0,1\%$), y tienen un *pH* claramente ácido⁴⁷. Ambos soportes ofrecen una escasa *resistencia al desgarro*, dentro de los límites de la norma ISO, pero fuera de ellos según la norma ANSI/NISO en el caso del papel vegetal. A pesar de todo, en la resistencia al desgarro tras el envejecimiento artificial presentan resultados francamente asombrosos; el papel 31, que sólo había reunido el requisito del índice kappa según ANSI/NISO, mantiene algo más del 80% de sus propiedades y el papel 45, a pesar de su elevada acidez, llega incluso a alcanzar una retención mayor del 90%. Las pruebas de *resistencia al amarilleamiento* son más concordantes con las

⁴⁷ La muestra 45, con un pH de 4,2 es la más ácida de todos los papeles analizados, la número 31 se encuentra entre las 5 peores, con un pH de apenas 5,3.

alcanzadas respecto a las características químicas, pues obtienen una revisión de 34 y 19 puntos respectivamente.

En resumen, es obvio que ninguno de los papeles translúcidos analizados se adecua a las exigencias de permanencia como soporte artístico, reforzando una vez más la conjectura de que los soportes de poliéster podrían ser una alternativa viable.

5

¿Cómo podemos aumentar la permanencia de nuestros papeles? La desacidificación

JUSTIFICACIÓN DE LA DESACIDIFICACIÓN

Desde que a mediados del siglo xix Faraday, Calvert y Letbely pusieron en evidencia los efectos nocivos de la acidez en los papeles, hasta finales de nuestro siglo, cuando se realizan sofisticadas investigaciones a la búsqueda de un método eficaz para la desacidificación en masa, ha transcurrido el suficiente tiempo y los avances necesarios para esclarecer los antiguos conceptos sobre restauración y preservación del papel.

La acidez es la mayor causa del deterioro de los papeles modernos; puede encontrarse en el medio ambiente, a modo de contaminación atmosférica, y pasar al papel en forma de ácido sulfúrico (oxidación catalítica del dióxido de azufre); puede provenir de las tintas (mordiente de las tintas metaloácidas), capaces de afectar al papel hasta perforarlo; puede deberse a la propia composición del papel, al haberse incorporado durante el proceso de fabricación elementos como el alumbre, impurezas metálicas, lignina, etc., y también puede provenir de la autodegradación de la celulosa, favorecida por causas naturales (temperatura, humedad y luz). Los daños de la acidez sobre la celulosa han sido ampliamente estudiados por diversos autores; es un hecho su influencia en los procesos de envejecimiento natural del papel, y actualmente nadie pone en duda sus efectos perniciosos¹.

¹ En el capítulo anterior quedó patente, mediante análisis estadístico, cómo la acidez está estrechamente relacionada con la permanencia de los papeles. Así, en términos generales, cuanto más ácido sea un papel más se deteriorará con el paso del tiempo.

Estos conocimientos, difundidos ampliamente a partir de 1940 con las investigaciones de Barrow, promovieron un cambio de conceptos en los tratamientos restauradores, propiciando las técnicas modernas de restauración del documento gráfico. Los criterios actuales exigen que las intervenciones vayan encaminadas a salvaguardar los valores intrínsecos de las obras a través de la conservación de la materia; es decir, se da mayor importancia los aspectos relativos a la permanencia y durabilidad de la pieza frente a los aspectos puramente estéticos o aparentes. De hecho, los tratamientos encaminados a corregir los problemas de acidez —la desacidificación— implican en sí este nuevo concepto: al desacidificar un papel la apariencia no se modifica, pero se prolonga su vida, al minimizar una de las principales causas de deterioro.

Para lograr esta prolongación de la vida en papeles deteriorados por causa de la acidez, es necesario realizar un tratamiento capaz de neutralizar los grupos ácidos de la celulosa, transformándolos en compuestos estables; este tratamiento de neutralización, normalmente a base de hidróxidos o sales básicas, es lo que en el mundo de la restauración del documento gráfico recibe el nombre de desacidificación. Un tratamiento desacidificador será más efectivo cuando, siendo inocuo, además de conseguir neutralizar la acidez intrínseca, sea capaz de dejar una «reserva alcalina» que, a modo «de vacuna», permanezca entre las fibras previniendo el efecto de alteraciones potenciales.

La influencia positiva de los tratamientos de desacidificación en la permanencia de los papeles también ha sido ampliamente probada; los papeles desacidificados aumentan su resistencia mecánica y disminuyen la pérdida de blancura tras los ensayos de envejecimiento artificial, tanto en seco (Barrow, 1963) como en húmedo (Pravilova e Istrubtsina, 1968; Kelly, 1972; Santucci, 1972), o en situaciones extremas como puede ser en presencia de contaminación (Daniel, Flieder y Leclerc, 1988 y 1991).

Existen varios métodos de desacidificación ampliamente aceptados, según se realicen en medio acuoso (carbonato cálcico, hidróxido cálcico, tetraborato sódico), en medio alcohólico (hidróxido bárico, metóxido de magnesio) o se apliquen en forma atomizada o mediante un gas (dietil de zinc, carbonato de metilmagnesio). Pero el sistema que ha demostrado mayor eficacia es la desacidificación en medio acuoso; esto requiere sumergir los papeles en un baño con el producto desacidificador².

² La desacidificación en medios no acuosos se emplea en el caso de documentos con tintas solubles en agua, y la desacidificación gaseosa es la vía en experimentación que supondrá, en un futuro cercano, un rápido y económico tratamiento, al evitar el desmontaje y posterior baño/secado/alisado de los papeles.

Para realizar un tratamiento de *desacidificación acuosa* se pueden emplear varios productos desacidificadores con probada eficacia, de todos ellos, los más comunes en los laboratorios españoles de restauración son el tetraborato sódico (bórax) y el hidróxido cálcico; este último es el más aconsejado por diferentes investigaciones realizadas por el Centro Nacional de Libros y Documentos, hoy en día Servicio de Libros y Documentos del Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales (Centro Nacional de Restauración de Libros y Documentos, 1977; Peinado, 1977 y 1980; Peinado, Martín y Grande, 1988)³.

Si los métodos desacidificadores son capaces de mejorar las cualidades de permanencia de los papeles ya degradados, también pueden hacerlo en los que aún no han comenzado su degradación. Ante un papel inadecuado, principalmente a causa de su acidez intrínseca, la desacidificación previene las alteraciones futuras³; en este caso, si los papeles de los que dispone o prefiere un artista no se adecuan a las exigencias de permanencia, la desacidificación del soporte, antes de iniciar su trabajo, aumentará la permanencia de la futura obra de arte. En artistas especialmente preocupados por la duración de su obra la desacidificación automática de todos los soportes empleados podría ser una buena rutina.

Este capítulo se dedica a comprobar la eficacia de la desacidificación como «prevención» de daños químicos, tanto en papeles permanentes como no permanentes, porque los «daños químicos», provocados en gran parte por problemas derivados de la acidez, son responsables del amarilleamiento y fragilidad a que están condenadas la mayoría de las obras modernas sobre papel.

³ El hidróxido cálcico $[(OH)_2Ca]$ o comúnmente agua de cal, es un polvo cristalino blanco poco soluble en agua. Se prepara por sobresaturación, dejando que se decante la mezcla (aproximadamente 1,5 g/l de agua); una vez posado en el fondo del recipiente se extrae el líquido sobrenadante, que es el empleado para bañar los documentos y realizar así la desacidificación. El hidróxido cálcico (soluble) se introduce en el papel por medio del agua, y durante el secado reacciona con el dióxido de carbono de la atmósfera, transformándose en carbonato cálcico (insoluble): $(OH)_2Ca + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$. Este carbonato cálcico constituye la reserva alcalina, capaz de preparar al soporte para resistir más fácilmente un futuro ataque ácido. El hidróxido cálcico es «el más práctico de los desacidificadores acuosos dado su bajo coste, facilidad de preparación y excelentes resultados» (Crespo y Viñas, 1984, 75).

⁴ Hay que recordar que, además de ser importante que los papeles sean neutros o sin ácido, también es necesario que posean una reserva alcalina.

LA DESACIDIFICACIÓN COMO TRATAMIENTO

Descripción del método de desacidificación

Para llevar a cabo la desacidificación de las muestras⁵ se procedió según el método más generalizado en los laboratorios de restauración: inmersión en disolución acuosa de hidróxido cálcico (Crespo y Viñas, 1984; Viñas y Viñas, 1988; etc.).

- La disolución de hidróxido cálcico $[(OH)_2Ca]$ se prepara por saturación (añadiendo entre 1 y 1,5 gramos por cada litro de agua).
- Se deja reposar (en nuestro caso durante 24 horas) en espera de que se pose el hidróxido en el fondo del contenedor, para emplear en el tratamiento solamente el líquido sobrenadante (el grado de alcalinidad de la disolución se puede medir con tiras indicadoras de pH; el líquido sobrenadante debe tener un pH de aproximadamente 11-12).
- Se vierte la disolución de hidróxido cálcico sobre una cubeta, procurando que caiga sólo el líquido limpio (sin posos).
- Se introducen las hojas de papel, protegiéndolas previamente con un soporte⁶: se coloca un *remay* sobre el fondo de la cubeta, se cubre su superficie con las hojas, sobre estas hojas se coloca otro *remay* y así sucesivamente hasta sumergir un número variable de papeles, dependiendo de su grosor, de manera que el total quede siempre suficientemente cubierto con el preparado de hidróxido cálcico.
- Se deja transcurrir el tiempo necesario para que los papeles se empapen completamente con el hidróxido cálcico. Normalmente basta con 15-20 minutos para conseguir una desacidificación adecuada, pero como el tiempo depende de la capacidad de absorción de cada papel, su gramaje, encolado y satinado, dejamos transcurrir una hora al considerar este tiempo suficiente en todos los casos.
- La extracción se efectúa sacando cada vez un *remay*; sobre el que quedan adheridas las hojas (Figura 40). El conjunto se deposita sobre un papel secante para que absorba el exceso de humedad e inmediatamente

⁵ Para este ensayo se descartaron, por razones evidentes, los papeles sintéticos (muestras 30 y 49)

⁶ Lo ideal es emplear «remay»: un *tejido no tejido* sintético (fibra de poliéster) parecido a la entretela. Se emplea frecuentemente por los restauradores de papel como soporte para evitar la manipulación directa del documento, sobre todo en el caso de tratamientos acuosos.



Figura 40. Extracción de las muestras del baño de desacidificación

se pasa a un secadero de rejillas metálicas donde permanece para que las hojas se oreen⁷.

— Una vez oreadas, sin que se llegue al secado total, se superpone otro *remay* sobre las hojas, y el conjunto se coloca entre dos secantes formando una pila con el resto. Sobre esta pila se colocan suficientes tableros para impedir que los papeles se deformen durante el secado definitivo⁸.

En nuestro caso, una vez desacidificado un número suficiente de papeles de cada muestra, se mantuvieron en atmósfera acondicionada a la

⁷ Es importante que el secado inicial se realice mediante oreo, pues en este momento el hidróxido cálcico se transforma en carbonato cálcico dentro del papel (reserva alcalina) gracias a la acción del dióxido de carbono presente en la atmósfera.

⁸ Para evitar que las muestras se contaminen con microorganismos cada día deben sustituirse los secantes húmedos por otros nuevos, hasta el secado final de los papeles.

TABLA COMPARATIVA B

Características de permanencia de las muestras analizadas tras la desacidificación

N. ^º	Des T	Des M	pH B	CaCO ₃ B	Kappa	ID T	ID M	Acidez B	%T 1-3	%M 1-3	BL 1-3	N. ^º
1	1.216	1.048	8,70	4,8	<3	7,70	6,64	1	95,81	96,82	11,61	1
2	1.642	1.579	8,10	0,6	<3	7,44	7,15	1	98,33	98,26	11,71	2
3	992	673	8,80	2,2	<3	10,85	7,37	1	99,36	97,20	11,50	3
4	1.678	1.132	8,80	2	<3	13,06	8,82	1	96,76	100,34	11,64	4
5	1.061	826	8,50	0,7	<3	6,77	5,27	1	93,16	98,58	5,27	5
6	961	844	8,60	5,8	<3	8,94	7,85	1	84,97	81,97	16,66	6
7	838	789	8,60	0,9	<3	9,13	8,59	1	94,14	94,72	11,90	7
8	1.268	1.114	8,20	1,9	<3	7,88	6,93	1	96,43	92,43	15,40	8
9	---	1.964	8,10	0,5	<3	---	12,81	1	---	94,52	13,36	9
10	2.247	1.921	8,1	2,1	<3	9,24	7,90	1	99,91	104,90	19,01	10
11	---	2.351	8,3	3,9	<3	---	7,04	1	---	96,83	18,84	11
12	3.292	2.676	8,1	5,5	<3	10,94	8,89	1	97,14	96,77	12,26	12
13	4.336	3.312	8,3	5,8	<3	11,89	9,08	1	97,11	94,08	16,76	13
14	2.468	1.676	8	0,5	<3	8,60	5,84	1	97,93	102,58	20,17	14
15	1.472	1.275	8,1	2,5	<3	7,89	6,84	1	94,80	94,77	18,29	15
16	1.752	1.299	8,7	4,2	<3	8,67	6,42	1	98,77	96,83	13,21	16
17	---	2.665	8,2	0,3	<3	---	8,68	1	---	99,91	12,33	17
18	1.766	1.636	8,1	0,5	4,1<5	7,19	6,67	1	99,11	94,84	17,74	18
19	1.827	1.603	7,7	0,5	<3	7,54	6,62	1	100,21	100,24	13,72	19
20	1.805	1.548	8,1	0,7	<3	7,06	6,06	1	94,24	86,82	16,04	20
21	1.842	1.895	7,8	0,5	<3	6,37	6,55	1	101,06	96,69	17,85	21
22	2.388	2.099	7,6	0,5	<3	10,32	9,07	1	101,64	105,24	4,90	22
23	1.960	1.740	8,2	3,2	<3	7,59	6,74	1	95,40	96,95	8,15	23
24	1.719	1.450	8,7	4,6	<3	6,84	5,77	1	96,12	94,05	2,66	24
25	2.443	2.160	8,4	0,8	<3	9,64	8,52	1	101,85	94,91	11,07	25
26	1.952	1.613	7,4	0,9	<3	8,22	6,79	1	101,61	98,29	13,98	26
27	1.887	1.442	8,1	0,7	<3	8,15	6,23	1	103,85	99,04	8,96	27
28	2.199	1.707	8,1	0,7	<3	9,01	7,36	1	98,84	93,01	13,28	28
29	1.872	1.566	7,6	0	<3	6,23	5,21	1	107,97	100,12	6,33	29

28	2.199	1.797	6,3	0,7	<3	9,01	7,36	1	98,84	93,01	13,26	28
30												29
31	491	403	5,3	-0,1	<3	4,51	3,70	1	117,37	109,00	21,75	31
32	1.705	1.611	5,6	0	<3	10,00	9,45	1	101,27	95,28	12,53	32
33	1.099	1.028	7,7	1	<3	8,57	8,02	1	94,11	84,47	12,75	33
34	1.334	1.293	4,8	-0,1	<3	7,65	7,41	1	98,09	101,21	10,44	34
35	2.368	2.404	6,2	0,2	<3	9,31	9,45	1	101,82	98,69	11,63	35
36	723	623	9,4	19	>7	7,57	6,52	1	101,63	99,16	10,35	36
37	2.613	2.233	6,2	0,1	<3	8,70	7,44	1	87,99	88,22	7,75	37
38	1.024	877	8,3	1,2	<3	6,07	5,20	1	99,80	96,64	21,20	38
39	1.203	1.154	5,8	-0,1	<3	7,56	7,25	1	98,05	99,14	11,56	39
40	3.312	2.570	7,4	1,5	<3	14,44	11,65	1	101,30	103,97	12,24	40
41	1.536	1.379	4,6	-0,3	<3	19,85	17,82	1	94,77	89,62	10,82	41
42	---	2.551	7,4	0,2	<3	0,00	40,81	1	---	97,23	13,65	42
43	752	601	6,8	0,2	>7	29,85	23,86	1	91,83	95,92	7,03	43
44	---	2.352	7,6	2,3	>7	---	11,69	1	---	88,19	1,54	44
45	485	434	4,2	-0,1	<3	6,07	5,43	1	111,74	112,22	17,20	45
46	2.037	1.695	6,9	0,2	>7	14,70	12,24	1	96,44	98,26	0,40	46
47	1.063	1.044	8,5	21	<3	7,15	7,02	1	85,61	87,22	5,50	47
48	---	1.314	7,7	1,5	4<5	---	6,49	1	---	90,96	26,98	48
49												49
50	551	533	7,8	2,8	<3	6,94	6,71	1	106,23	107,55	10,12	50
51	---	2.109	7,3	0,7	<3	---	9,78	1	---	102,97	9,27	51
52	---	3.498	7,2	0,9	<3	---	9,98	1	---	98,15	16,43	52
53	---	1.113	7	0	<3	---	10,71	1	---	88,88	14,92	53
54	---	2.518	6,7	0,1	<3	---	16,15	1	---	99,92	10,19	54
0	576	553	6,4	0	<3	6,29	6,05	1	95,74	92,20	7,99	0

Diferencias no significativas

Des T/Des M = Resistencia al desgarro
Transv./long. (mN)

pH B = pH tras desacidif.; extracc. acuosa

Bueno

IDT / IDM = Índice de desgarro, transv./long.

CaCO₃ B = Reserva alcalina tras desacidif. (%)

Límite

%T1-3 / %M1-3 = Retención resistencia transv./long.

Acidez B = pH tras desacidificación;

Malo

Tras desacidificación.

por contacto

BI 1-3 = Reversión de blancura tras desacidificación.

Kappa = Índice Kappa

espera de las realización de los ensayos necesarios para comprobar la eficacia del tratamiento. Los resultados obtenidos en las pruebas de los papeles desacidificados aparecen reflejados en la Tabla Comparativa B y se comentan a continuación.

Modificación de las características químicas del papel

Antes de evaluar la permanencia de los papeles sometidos al tratamiento, es imprescindible comprobar la eficacia del método empleado respondiendo a la siguiente pregunta: *¿el tratamiento de desacidificación ha sido capaz de disminuir la acidez y aumentar la reserva alcalina?*; la respuesta nos la da la repetición, en las muestras desacidificadas, de los mismos análisis llevados a cabo en la determinación de la acidez y la reserva alcalina.

Influencia de la desacidificación en el pH

Para determinar del grado de acidez de los papeles desacidificados se ha seguido el mismo método que en el caso de los papeles no desacidificados; es decir, medición de la *acidez interna por contacto* con un lápiz indicador y determinación de la *acidez mediante extracto acuoso en frío*.

Los resultados, en términos porcentuales, son muy simples: según ambos tipos de medida el 100% de los papeles, después del tratamiento, pueden considerarse como no ácidos; es más, todos los papeles alcanzan un pH óptimo, es decir, un mínimo de 7,5⁹ y, salvo dos excepciones, todos aumentan su alcalinidad¹⁰.

Como conclusión, y a la vista de los resultados, se puede asegurar que el tratamiento de desacidificación ha sido plenamente eficaz para lograr la disminución de la acidez.

⁹ La única excepción (muestra n.º 26) con un pH de 7,4, no debe ser tenida en cuenta como tal por su extrema cercanía al límite establecido.

¹⁰ Los papeles que tenían originalmente un pH y una reserva alcalina muy elevados (muestras 36 y 47), al contrario del resto del grupo pierden alcalinidad, y de pH 9,4 y 8,5 pasan a 9 y 8,3 respectivamente. Estas diferencias son pequeñas, pero podrían indicar la disolución en el baño desacidificador de alguno de los componentes responsables del elevado pH; esto no tiene por qué ser perjudicial, ya que los valores siguen sobrepasando los límites establecidos.

Influencia de la desacidificación en la reserva alcalina

La determinación de la reserva alcalina de los papeles desacidificados se llevó a cabo en idénticas condiciones que en el caso de los papeles sin desacidificar.

Analizando los resultados podemos decir que 100% de los papeles desacidificados han aumentado su reserva alcalina, pero sólo el 36% —frente al 24% de los papeles sin desacidificar— logra alcanzar el grado óptimo (mínimo del 2% de reserva alcalina)¹¹. La conclusión es que el tratamiento de desacidificación ha sido eficaz para aumentar la reserva alcalina de todos los papeles, pero no lo suficientemente eficaz como para adecuarla plenamente a los límites de las normas¹².

Como respuesta a la pregunta planteada con anterioridad, podemos estar seguros de haber conseguido la desacidificación de los papeles y el aumento de su reserva alcalina. El tratamiento desacidificador se ha revelado eficaz en este aspecto y ha logrado modificar dos de las tres características químicas del papel que influyen en su permanencia. Ante estos resultados, resta preguntarnos hasta qué punto el cambio de estas variables va a ser determinante no sólo en la adecuación de los papeles a una normativa (normas ISO y ANSI/NISO) sino también, y es lo más importante, si va a influir sensiblemente en la permanencia, logrando que el papel, tras el envejecimiento, conserve unas cualidades mínimas: la resistencia a la manipulación mecánica y, sobre todo, la blancura.

MODIFICACIÓN DE LA PERMANENCIA DE LOS PAPELES DESACIDIFICADOS

Permanencia de los papeles desacidificados según las normas ISO y ANSI/NISO

Para considerar un papel permanente tanto la norma ISO 9706 como la norma ANSI/NISO Z39.48 recurrían a sus características iniciales, y se-

¹¹ Todas las muestras que originalmente tenían una reserva alcalina cercana al 1,5% (un total de 7 muestras, incluida una con 1,4%), han aumentado lo suficiente para llegar al 2% considerado como mínimo ideal. Es decir, el tratamiento de desacidificación ha sido plenamente eficaz cuando los papeles necesitaban un aumento máximo de 0,5.

¹² El grado preciso en que se logra elevar la reserva alcalina está influido por múltiples variables; además de estar condicionado por el tratamiento (tipo de desacidificador, concentración, medio para la disolución, tiempo, temperatura, método de secado...), también depende del tipo de papel, tanto de sus cualidades químicas iniciales (acidez y reserva alcalina anteriores), como de sus características físicas (capacidad de absorción, grosor, satinado, encolado, etc.). Dependiendo del tipo de papel, es bastante probable que el límite máximo de reserva alcalina que pueda alcanzarse con la desacidificación esté, tal como ocurre con muchos de nuestros papeles, muy por debajo del 2%.

gún la resistencia al desgarro del soporte (índice de desgarro en el caso de ANSI/NISO), el porcentaje de lignina o resistencia a la oxidación (número Kappa), la acidez, y la reserva alcalina, se decidía si era o no adecuado. Mediante la técnica de la desacidificación hemos conseguido modificar favorablemente dos de estas variables: acidez y reserva alcalina, hasta el punto de que papeles que anteriormente no cumplían alguno de estos dos requisitos, al superarlos se han transformado en «papeles permanentes», siempre según las normas ISO o ANSI/NISO.

Así, varios papeles que no reunían el requisito de reserva alcalina lo alcanzan ahora y pueden incluirse en la categoría de papeles permanentes¹³: se ha pasado de un 20% a un 33% de papeles adecuados. Pero también es importante comprobar que ya no existe ningún papel excesivamente negativo, y que aunque la mayoría siga sin llegar al nivel de permanencia, todos están más cercanos al límite (Gráfico 3).

A la vista de estos resultados, se afirma que la desacidificación ha aumentado el número de papeles permanentes según las normas ISO y ANSI/NISO, y ha disminuido el grado de inadecuación del resto.

Permanencia de los papeles desacidificados tras el envejecimiento acelerado

La desacidificación ha demostrado su capacidad para adaptar algunos papeles al cumplimiento de las normas ISO y ANSI/NISO, pero ¿hasta qué punto ha prolongado la esperanza de vida útil de todos ellos?

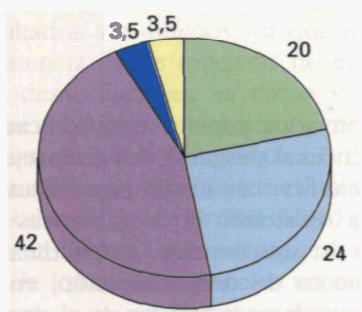
En el estudio de la permanencia de cada uno de los papeles que componen la muestra quedó en evidencia cómo, entre los requisitos impuestos por las normas ISO y ANSI/NISO, el que más afectaba a los resultados tras el envejecimiento acelerado era la acidez, que tendía a perjudicar la retención de las propiedades mecánicas y ópticas. Mediante el tratamiento de desacidificación se ha conseguido que todos los papeles sean al menos ligeramente alcalinos (pH mínimo 7.4) por lo que, independientemente de la adecuación a otros factores (reserva alcalina y número kappa), debemos esperar que, tras el envejecimiento de los papeles desacidificados, la pérdida de resistencia al desgarro y la pérdida de blancura sean menores que en el grupo de papeles no desacidificados.

¹³ Sólo han alcanzado este rango las muestras que anteriormente quedaban en los límites de la adecuación, con un pH suficiente y que por tanto sólo requerían un pequeño aumento de reserva alcalina.

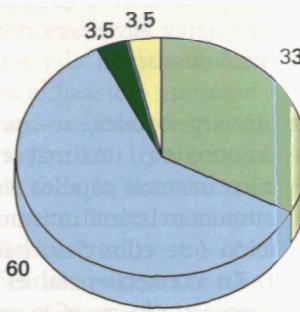
GRÁFICO 3

Adecuación a las normas de permanencia antes y después de la desacidificación

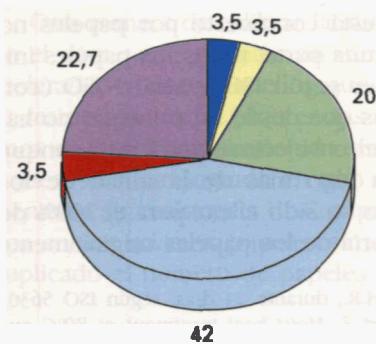
3.1. Inadecuación según ISO



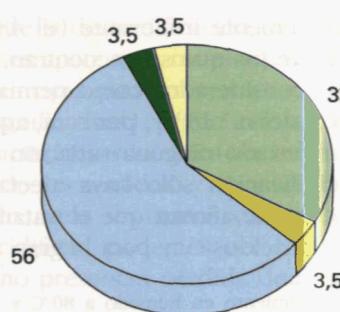
3.2. Inad. ISO desacidificados



3.3. Inad. según ANSI/NISO



3.4. Inad. ANSI/NISO desacidif.



- Reserva alcalina
- Lignina (Kappa)
- pH/Reserva alc./Lignina
- Reserva alc./Lignina
- pH/Reserva alc.
- Adecuado
- pH/Reserva alc./Resist. desgarro
- Reserva alc./Resist. desgarro

Para esta contrastación se envejecieron varios pliegos de cada uno de los 53 tipos de papel desacidificados¹⁴ y, una vez realizado el acondicionamiento de las muestras, se llevó a cabo la determinación de la *resistencia al desgarro* y del *grado de blancura*, comparando los resultados de las muestras desacidificadas con los de las muestras sin desacidificar, envejecidas y sin envejecer:

La resistencia al desgarro

En términos generales, se aprecia cómo los papeles desacidificados muestran, en conjunto, una mayor resistencia al desgarro tras el envejecimiento que los mismos papeles sin desacidificar: de los 53 papeles analizados, 30 aumentan significativamente la resistencia al desgarro tras las desacidificación (de ellos 5 lo hacen en un solo sentido, longitudinal o transversal). En consecuencia, el tratamiento de desacidificación, en sí mismo, ha demostrado su eficacia para aumentar la resistencia al desgarro en el 57% de los papeles. Favoreciendo aún más estos resultados, hay que señalar que el grupo de papeles en los que la desacidificación ha sido aparentemente irrelevante (el 43%), está compuesto por papeles no ácidos, entre los que se encuentran, por una parte, todos los papeles inicialmente considerados como permanentes según ISO y ANSI/NISO (con excepción del n.^o 13) y, por otra, aquellos que desde un principio no habían manifestado ninguna variación tras el envejecimiento¹⁵. Así, aunque la desacidificación sólo haya afectado a algo más de la mitad de los casos, se puede afirmar que el tratamiento ha sido eficaz para el 100% de los papeles ácidos¹⁶, y para la gran mayoría de los papeles originalmente

¹⁴ Envejecimiento en húmedo a 80°C y 65% H.R., durante 24 días, según ISO 5630/3:1986 «Paper and board; Accelerated ageing; part 3: Moist heat treatment at 80°C and 65% relative humidity».

¹⁵ Sólo un dato discordante, que por lo anecdotico merece la pena ser comentado: el papel n.^o47 es el único en el que se aprecian resultados desfavorables tras el tratamiento de desacidificación, con una pérdida de resistencia al desgarro apreciable, aunque mínima (casi 6%). Este papel (reciclado-dibujo) tenía una reserva alcalina del 21%, que tras la desacidificación pasó a un 22%; la pérdida de resistencia podría deberse tanto a las posibles variaciones existentes entre un mismo tipo de papel, agrandadas por el hecho de ser reciclado, como por esta elevada carga de alcalinidad.

¹⁶ Los únicos papeles fabricados a mano que, aunque se encuentran en el límite de la neutralidad, podrían considerarse ácidos (papeles 17 con pH 6,8 y 54 con pH 6,7) también han aumentado su resistencia al desgarro tras la desacidificación. Con todo, estos resultados no son estadísticamente significativos debido a la gran variación existente entre cada una de las medidas, ya que no se puede comprobar ni siquiera la pérdida de resistencia tras el envejecimiento.

neutros o alcalinos que elevaron su pH inicial. Como resulta lógico, la desacidificación no ha podido aumentar la resistencia de los papeles que no presentaban variaciones tras el envejecimiento, o que podían ser considerados óptimos desde el punto de vista químico.

Pero para comprobar en qué grado la desacidificación ayuda a mantener las propiedades iniciales de las muestras, debemos obtener el porcentaje de retención de la resistencia. A simple vista se aprecia que los resultados son buenos, ya que no existen excesivas variaciones entre la resistencia de las muestras no envejecidas y la de las muestras envejecidas desacidificadas, es como si la desacidificación atenuase las consecuencias del paso del tiempo respecto a la resistencia mecánica. Como muestra la Tabla Comparativa B (C% T 1-3 y % M 1-3), todos los papeles desacidificados mantienen al menos el 80% de la resistencia inicial (cifra considerada apta por ISO 9706) y en la mayoría de los casos se encuentran en límites muy cercanos al 100%. Comparando estos resultados con los de los mismos papeles no desacidificados, se aprecia el aumento de permanencia en términos de resistencia al desgarro, ya que, frente al 100% de los papeles desacidificados, sólo un 80% de los papeles sin desacidificar llegaba a superar el límite de adecuación.

Otra manera de calibrar la eficacia de la desacidificación es comparando el número de papeles sin variaciones aparentes tras el envejecimiento acelerado, es decir, aquellos que en principio podrían retener el 100% de su resistencia inicial (diferencias no significativas). Según este análisis, 33 tipos de papel han mantenido sus características iniciales en ambas direcciones, 9 lo han logrado en uno sólo de los sentidos, y 4 incluso han aumentado su resistencia¹⁷. Comparando estos resultados con los obtenidos en los mismos papeles sin desacidificar, podemos ver cómo se ha duplicado el número de papeles que no presentan pérdida de resistencia.

¹⁷ Este efecto poco común aparece en los papeles 29, 31, 45 y 50, en los que las muestras envejecidas desacidificadas logran aumentar la resistencia al desgarro hasta el punto de superar en cerca de un 15% el de las muestras sin envejecer.

En el caso del papel n.º 50, ya había ocurrido el mismo efecto tras el envejecimiento de las muestras sin desacidificar, que obtuvieron los mismos resultados que con la desacidificación, por lo que podríamos decir que en este papel el envejecimiento ha aumentado la resistencia.

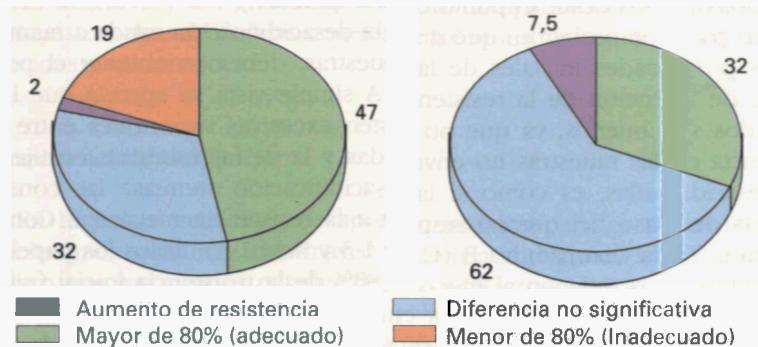
Los papeles 31 y 45 tienen en común el ser papeles transparentes para dibujo técnico; es muy probable que la deshidratación de fibras inherentes a los procesos que logran su aspecto final influya en su escasa resistencia al desgarro, subsanada con la desacidificación al sumergir los papeles en una disolución acuosa.

En el caso del papel 29, el aumento ha aparecido solamente en sentido longitudinal y de forma no excesiva (7,5%). Este resultado puede ser explicable por diferencias de resistencia entre distintas zonas del papel.

GRÁFICO 4

Retención de la resistencia al desgarro tras el envejecimiento

4.1. Sin desacidificación



tras el envejecimiento (incluyendo diferencias no significativas y aumentos de resistencia), pasando del 34% en los papeles sin desacidificar, al 69.5% en los papeles desacidificados, o del 45% al 87%, si incluimos las muestras donde esto ha ocurrido sólo en una dirección de fibras (Gráfico 4).

Como *conclusión* final respecto a la resistencia mecánica, podemos decir que la desacidificación es un tratamiento capaz de aumentar significativamente la retención de la resistencia al desgarro tras el envejecimiento acelerado, hasta el punto de hacer que las pérdidas de resistencia sean nulas o se encuentren dentro de los límites óptimos: *la desacidificación aumenta la permanencia referida a la retención de resistencia al desgarro tras el envejecimiento acelerado.*

El grado de blancura

Comparando el grado de blancura de los papeles desacidificados envejecidos con la de los papeles envejecidos sin desacidificar (Tabla Comparativa B: BL 1-3), se aprecia la eficacia de la desacidificación, ya que prácticamente la mayoría de las muestras desacidificadas tienen tonos más claros que en el caso de las muestras sin desacidificar. A este respecto, 43 de las 53 muestras analizadas (el 81%) han alcanzado niveles de blancura significativamente superiores después del tratamiento de desacidificación; el resto de las muestras, que no han sufrido variaciones aparentes en el grado de blancura, son papeles originalmente no ácidos, que no experi-

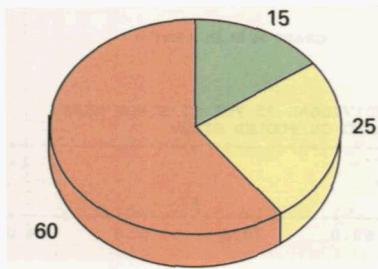
mentaron un aumento de pH muy elevado tras el tratamiento de desacidificación. A la vista de estos resultados, afirmamos que el tratamiento de desacidificación ha supuesto un aumento de blancura tras el envejecimiento acelerado en húmedo para todos los papeles inicialmente ácidos, y para muchos de los que originalmente eran neutros o alcalinos.

Respecto a la eficacia de la desacidificación para mantener la blancura inicial de los papeles tras el envejecimiento acelerado, se ha comparado el grado de blancura de los papeles desacidificados envejecidos con su blancura inicial, obteniendo la reversión de blancura de los papeles desacidificados (diferencia de blancura entre los papeles envejecidos y sin envejecer). En este caso los resultados no son tan positivos ya que, salvo un caso (muestra n.º 46), todos los papeles siguen amarilleando de forma no deseable tras el envejecimiento acelerado. La desacidificación por sí misma no ha implicado el total mantenimiento de las propiedades ópticas del papel, pese a ello, comparando la reversión del color de los papeles desacidificados y sin desacidificar, se constata la eficacia de la desacidificación para disminuir el grado de amarilleamiento de las muestras durante el envejecimiento. A este respecto, podemos ver cómo mediante el tratamiento de la desacidificación se ha conseguido que sólo 15 muestras (28%) tengan una reversión mayor de 15 puntos (amarilleamiento muy perceptible), frente a las 32 (60%) que obtenía esta puntuación antes de ser desacidificadas. A su vez, 13 tipos de papel (25%) tienen una reversión menor de 10 puntos (amarilleamiento poco perceptible) mientras que antes del tratamiento sólo conseguían este rango 8 muestras (15%) (Gráfico 5). Esto indica que a pesar de que no se han obtenido

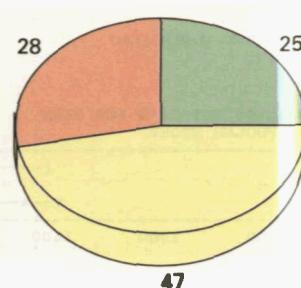
GRÁFICO 5

Reversión de blancura tras envejecimiento

5.1. Sin desacidificación



5.2. Tras la desacidificación



■ Aceptable: Menor de 10 puntos
Media: Entre 10 y 15 puntos ■ Mala: Mayor de 15 puntos

puntuaciones óptimas, el tratamiento de desacidificación ha disminuido significativamente el amarilleamiento de los papeles y, aunque en algunos papeles de pH neutro pueda no apreciarse mejora, en términos generales se puede afirmar que se ha aumentado la permanencia referida al mantenimiento de las propiedades ópticas, tanto en papeles inicialmente permanentes como en los que no lo son.

CONCLUSIONES

Respecto a la eficacia de la desacidificación, hemos podido comprobar que es un tratamiento capaz de prolongar la vida de las futuras obras de arte, ya que al corregir los efectos de la acidez (obtención de un pH óptimo y de una mayor reserva alcalina), aumenta la permanencia de los papeles:

- a) Pueden ser consideradas como permanentes, según ISO y ANSI/NISO, algunas de las muestras que inicialmente no lo eran por incumplir los requisitos de acidez y/o reserva alcalina.
- b) Retienen al menos el 80% de la resistencia al desgarro inicial todas las muestras que anteriormente no alcanzaban dicho límite.

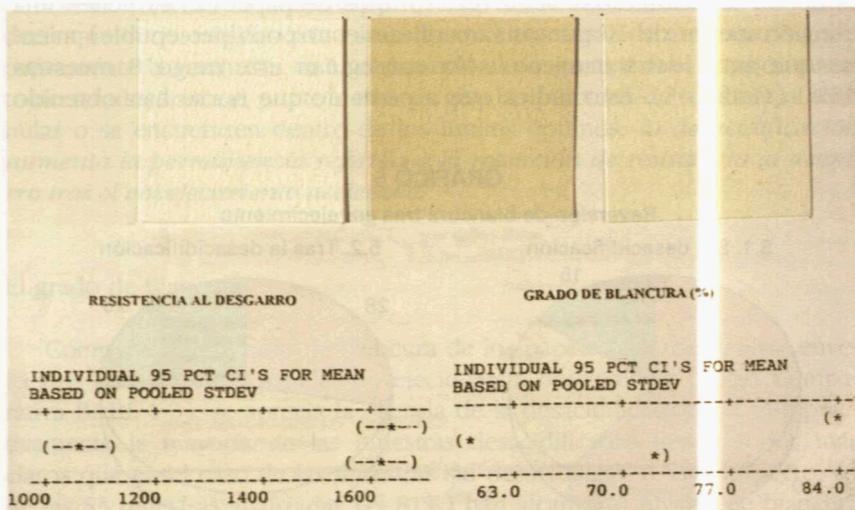


Figura 41. Muestra n.², antes del envejecimiento acelerado (1), después de este (2), y envejecida tras la desacidificación (3). Medias de resistencia al desgarro mNW y grado de blancura (%) en los tres grupos.

c) Todas las muestras que incumplían los requisitos de acidez según ISO y/o ANSI/NISO, además de alguna con acidez inicial óptima, disminuyen su grado de amarilleamiento.

En conclusión, la propuesta de desacidificación ha sido acertada; consecuentemente, recomendamos este tratamiento como método para aumentar la permanencia de los papeles empleados en las obras de arte, sobre todo en el caso de demostrada acidez.

6

Reflexiones finales

RECAPITULACIONES

Un artista es muy libre de elegir el soporte que mejor satisfaga su creatividad, incluso aunque pueda ser causa de degradación; la corta vida es, precisamente, uno de los atributos del denominado arte efímero. Pero si muchos artistas modernos abogan por esta tendencia, son bastante más los autores preocupados por la permanencia futura de su obra¹, preocupación compartida por los propietarios de tales bienes. Independientemente de estos intereses iniciales, si una manifestación artística alcanza el rango de bien cultural, conservadores y técnicos tendrán que desplegar todos sus esfuerzos para que la representación material perdure.

La preocupación por la «perdurabilidad de la obra» en bastantes sectores ha impulsado la aparición en el mercado de papeles con diferentes denominaciones (papel libre de ácido, papel con encolado neutro, papeles con alta calidad de conservación, papel con reserva alcalina, etc.) que ofrecen una alternativa a la «decadencia del papel» que, en ocasiones, y por intereses comerciales o desconocimiento, más que ayudar pueden confundir

¹ Se ha constatado en las encuestas realizadas a artistas contemporáneos por el Grupo de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo (Aransay y Pardo, 1990; Abalia *et al.*, 1991 y Ruiz de Arcaute, 1991).

al artista, que ignora qué soporte será más adecuado para la pervivencia de su obra. El papel, propio de técnicas artísticas tales como estampaciones y dibujos, es un soporte que puede tener muy buena permanencia o adolecer completamente de ella, según los componentes de fabricación; pero aunque los papeles modernos tengan, en términos generales, una esperanza de vida menor que los fabricados con anterioridad al siglo xix, la técnica actual permite la elaboración de soportes mucho más permanentes.

Ya que es posible la elaboración y uso de soportes de buena calidad, hemos de luchar por el futuro de los materiales utilizados actualmente en las obras de arte. Este texto, aunque haya abordado tan sólo la estabilidad del papel como soporte, se inscribe dentro de las tendencias conservadoras en su vertiente preventiva: adelantarse a la degradación causada por el tiempo. Nos hemos centrado en comprobar qué propiedades físicas y químicas tienen los papeles que el comercio ofrece a los artistas, calcular su estabilidad ante el transcurso del tiempo y aportar, incluso, soluciones para paliar la inestabilidad detectada. Para la consecución de este objetivo se han tenido que abordar tres ámbitos, a partir de los cuales se han obtenido conclusiones propias:

- 1) Las normas para evaluar la permanencia del papel
- 2) El análisis de la permanencia de un grupo de papeles
- 3) La propuesta de un método capaz de prolongar la permanencia del papel.

REFLEXIONES SOBRE LAS NORMAS QUE EVALÚAN LA PERMANENCIA

El estudio de las normas existentes en distintos ámbitos y países ha constatado la inexistencia de una norma referida específicamente a papeles de aplicación artística. Durante el transcurso de la investigación que constituye este texto apareció la norma internacional ISO 9706 «*Papel para documentos-Requerimientos de permanencia*», que supone una metodología unificada de ámbito internacional para establecer la permanencia de los papeles, pero como su propio nombre indica («papel para documentos») en su campo de acción no se tienen en cuenta los papeles de uso artístico. De hecho, mediante esta investigación se ha podido comprobar la inadecuación de la norma ISO 9706 para la evaluación de la permanencia de soportes artísticos, ya que no contempla el comportamiento del papel ante el amarilleamiento: papeles considerados como permanentes según la norma ISO 9706 pueden no ser soportes adecuados para la creación artística por carecer de una blancura estable.

Lo mismo ocurre con la norma estadounidense ANSI/NISO Z-39.48, que a pesar de incluir en su ámbito de acción a las obras de arte, tampoco tiene en cuenta el amarilleamiento, ni sus resultados correlacionan lo que sería deseable con esta variable.

Debido a la importancia estética de la obra de arte, cabe concluir que cualquier estudio sobre la permanencia de papeles destinados a dicha finalidad debería tener en cuenta este factor, principalmente en lo que respecta al amarilleamiento; por ello, ninguna de las normas existentes se adecua a los requisitos prioritarios de estabilidad de un papel artístico. En tal sentido, una de las principales reflexiones es la necesidad de que los organismos competentes realicen nuevas investigaciones para establecer una normativa de carácter internacional (ISO) que evalúe la permanencia de los papeles artísticos y que, tal como han hecho ISO y ANSI/NISO en el caso de los papeles para documentos, se establezca un símbolo que certifique en los papeles para obras de arte su carácter de permanencia (de «soporte permanente para obras de arte»), evitando en los consumidores dudas respecto a su idoneidad².

REFLEXIONES SOBRE LA PERMANENCIA DE LOS PAPELES ANALIZADOS

Si el papel es en sí mismo una materia, aparentemente, muy frágil ¿han de considerarse efímeros los papeles utilizados actualmente como soporte artístico? Todo depende del concepto de efímero: se puede afirmar que la esperanza de vida de los papeles actuales es, en términos muy generales, bastante escasa, y el dato parece de interés tanto para los artistas que desean que su obra permanezca conservando la estética original, como para el patrimonio artístico porque, en un futuro no lejano, a los responsables de museos y colecciones de arte, las generaciones venideras les exigirán desplegar todos los mecanismos posibles para conservar las obras de arte sobre papel antes de que se pierdan³. Pero aunque es cierto que muchos papeles actuales tienen una alta

² Desgraciadamente no se tienen noticias de que ISO esté elaborando una normativa de este tipo, aunque sí se sabe de un proyecto de ASTM (American Society for Testing and Materials) para papeles artísticos, en el cual se tiene en cuenta la pérdida de blancura. Por otro lado, es de destacar el interés por ampliar el ámbito de acción y la idoneidad de las normas sobre permanencia del papel: actualmente ISO trabaja sobre papeles de archivo (máxima durabilidad), permanencia de cartones y requerimientos necesarios para el buen almacenamiento de la documentación. También ANSI/NISO están abordando este último punto y ASTM investiga sobre el perfeccionamiento de los métodos de envejecimiento artificial para la evaluación de la permanencia.

³ De hecho ya han tenido que ser intervenidas obras de renombrados autores.

predisposición al rápido envejecimiento, también lo es que la industria es capaz de fabricar soportes mucho más permanentes que los emblemáticos «papeles de trapos», sin que esto tenga que suponer un coste adicional para los consumidores o una traba para la aplicación de determinadas técnicas artísticas.

En referencia al grupo de papeles seleccionados, los resultados individuales quedan recogidos en unas fichas donde se pueden apreciar de forma clara y accesible la *permanencia* y *propiedades* de cada uno de los papeles analizados (véase el Apéndice 5). A este respecto cabe indicar que dicha guía deberá tomarse a modo orientativo, pues puede haber diferencias entre distintas tiradas de un mismo papel, o los resultados ser variables según las condiciones a que los papeles hayan sido sometidos antes de su análisis (por ejemplo, almacenamiento en la fábrica, transporte y comercio, circunstancias que en nuestro estudio no han podido ser consideradas).

En términos generales los resultados son bastante desalentadores, pues no son muchos los papeles analizados cuya permanencia sea adecuada:

- Sólo el 20% cumple con los requisitos de las normas ISO 9706 y ANSI/NISO Z-39.48.
- Sólo el 15% tiene una reversión de blancura menor de 10 puntos (amarilleamiento escasamente perceptible).
- *SÓLO UN PAPEL* de todos los analizados cumple los requisitos de las normas ISO 9706 y ANSI/NISO Z-39.48 además de tener una reversión de blancura menor de 10 puntos (muestra n.º 24).

REFLEXIONES SOBRE EL MÉTODO PROPUESTO PARA PROLONGAR LA PERMANENCIA DE LOS PAPELES ARTÍSTICOS

A la espera de que llegue una normativa que identifique los papeles artísticos permanentes, teniendo en cuenta que no es válida para nuestros propósitos la norma ISO 9706, ¿cómo se puede afrontar la deficiente permanencia de los papeles actuales? Este trabajo ha querido contribuir a este respecto y partiendo de la premisa de que la acidez es uno de los factores que más influye en la permanencia —incluido el amarilleamiento—, se ha propuesto el tratamiento de desacidificación como remedio.

Confirmado esta idea, ateniéndonos al estudio de las características que influyen en la adecuación a un grado de permanencia óptimo, los resultados evidenciados tras la desacidificación son bastante satisfactorios,

ya que podemos comprobar, sobre todo en el caso de las muestras con problemas de acidez, cómo el tratamiento de la desacidificación, aunque no haya podido conseguir una permanencia absoluta para la mayoría de los papeles⁴, ha mejorado notablemente sus características: los papeles desacidificados han aumentado el grado de cumplimiento de los requisitos de ISO 9706 y ANSI/NISO Z-39.48, han aumentado la retención de la resistencia al desgarro tras el envejecimiento acelerado en húmedo (100% de retención óptima), y han disminuido la pérdida de blancura tras el envejecimiento acelerado en húmedo.

La bondad del método es bien elocuente y tiene una ventaja añadida: el propio artista puede realizar la prueba de acidez y desacidificar sus propios papeles. Así, las *recomendaciones al respecto* serían las siguientes:

— A falta de otras indicaciones, el artista puede verificar el grado de acidez de un papel con suma facilidad empleando un lápiz indicador de pH (se desgarra el papel y se «pintan» con el lápiz las fibras expuestas en la pestaña: un tono púrpura indica que el papel es neutro o alcalino, el amarillo demuestra su acidez).

— En principio deberían descartarse los soportes ácidos, aunque pueden mejorarse sus características por medio de la desacidificación (baño del papel en disolución sobresaturada de hidróxido cálcico).

— La desacidificación mejora sensiblemente las propiedades de los papeles ácidos y también resulta beneficiosa en el caso de muchos papeles neutros; por eso, una buena práctica, ante la inexistencia de papeles artísticos con permanencia certificada, sería que el artista desacidificara sistemáticamente aquellos papeles con los que va a realizar obras cuya perduración estime necesaria.

RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA SALVAGUARDA DE OBRAS DE ARTE SOBRE PAPEL

No podemos olvidar que la degradación es un proceso dinámico y abierto, en el que confluyen múltiples vectores; por ello y siempre dentro de la *tendencia preventiva*, nos tomamos la licencia de pergeñar unas líneas, fáciles de llevar a cabo, que deberían tenerse en cuenta, según los niveles de responsabilidad, tanto por los artistas como por las galerías de

⁴ De los papeles desacidificados el 33% se adecúa a las normas ISO y ANSI/NISO, el 25% tiene una pérdida de blancura poco apreciable y 2 tipos de papel llegan a reunir ambos requisitos.

arte o los propietarios, si pretenden la preservación de la obras de arte sobre papel:

1. Desde el punto de vista del soporte

- Emplear soportes de buena calidad (papel permanente con resistencia al amarilleamiento).
- En caso de dudas acerca de la permanencia del soporte, proceder a su desacidificación antes de la realización de la obra de arte.

2. Desde el punto de vista de los elementos sustentados:

- Evitar el uso de tintas de mala calidad y con pigmentos metálicos.
- No incluir en la obra aditamentos que puedan acidificarse («collages» con papel de periódicos, cartones ácidos, etc.) u oxidarse (algunos elementos metálicos, cinta autoadhesiva, etc.).

3. Desde el punto de vista del montaje

- Las obras de arte sobre papel nunca deben ponerse en contacto con soportes que puedan actuar como contaminantes (cartones ácidos, papeles de mala calidad, maderas, acetato de celulosa).
- No deben utilizarse materiales susceptibles de oxidación (chinches, grapas, cinta autoadhesiva, etc.).
- La obra no debe estar en contacto directo con un cristal, pues a la larga, puede potenciar la condensación de humedad y crear un microclima adecuado para el desarrollo de microrganismos.
- El montaje ideal es el realizado con una carpeta paspartú; en caso de enmarcado aísla la obra del resto de materiales y crea una cámara de aire entre ésta y el cristal, impidiendo el contacto entre ambos.
- A no ser por imposibilidad debida a problemas de peso y/o grosor, las obras deben montarse con charnelas unidas sólo al soporte de montaje (nunca al grabado o dibujo), de modo que puedan separarse completamente de éste sin implicar ningún tipo de manipulación dañina⁵. Debe evitarse el empleo de cintas adheridas o la unión total a otro soporte.

4. Desde el punto de vista del ambiente de exhibición

- Se recomienda un ambiente sin oscilaciones climáticas diarias mayores de $\pm 3\%$ HR y $1,5^\circ\text{C}$; la temperatura y humedad óptimas se sitúan entre 18°C y $22^\circ\text{C} \pm 3$ y $50\text{-}60\%$ HR ± 5 .

⁵ Estas «charnelas» se pueden realizar con una tira de cartón neutro —por ejemplo de 0,5 o 1 cm. de ancho— sobre el que se superpone, unida con cinta autoadhesiva de doble cara, otra tira de poliéster transparente que lo sobrepase en anchura lo suficiente para crear una solapa en la que introducir el borde de la obra —tira de poliéster, por ejemplo, de 1 a 2 cms—. La charnela se adhiere al soporte del montaje, también con cinta autoadhesiva doble, de modo que la obra descance sobre la tira de cartón, quedando sujetada por

— El papel es un material sensible a la luz, y también lo son muchas de las tintas que se emplean en la elaboración de la obra de arte. Se recomienda el control de la luz, evitando exposiciones prolongadas, a más de 150 lux en el caso de estampaciones, dibujos con elementos sólidos, óleos, temple y acrílicos, o de 50 lux si son acuarelas o se han empleado pigmentos vegetales o animales.

— La iluminación más recomendable es la indirecta (los focos no deben dirigirse hacia la obra de arte), con lámparas dotadas de filtros ultravioletas.

— Deben evitarse los ambientes contaminados, con altas concentraciones de dióxido de azufre y polvo.

— Las obras deben instalarse separadas de la pared (por ejemplo colocando tacos tras el enmarcado) de modo que pueda circular el aire por el reverso del montaje y se evite la transmisión de humedad de los muros.

— En zonas con climas o condiciones que propicien el ataque biológico deben efectuarse revisiones periódicas y emplear sustancias repelentes.

— Deben tenerse previstos sistemas de salvamento en caso de incendio, inundación u otro tipo de catástrofe.

Estas indicaciones pretenden ser, simplemente, unas recomendaciones mínimas para recordar que la permanencia de una obra no sólo depende de sus propias características. En la mayoría de las ocasiones éstas son sólo las responsables de la «propensión» a sufrir en mayor o menor grado los daños de un ambiente y uso inadecuados.

la solapa transparente. Según se estime conveniente se colocan una o más charnelas de longitud variable en la base de la pieza, y a derecha e izquierda de ésta o en el borde superior.

APÉNDICES

1

Bibliografía

- ABALIA, K.; BARRIO, M.; BERASAÍN, I., y OKARANZA, R., 1991: «Tratamiento informático de las encuestas sobre técnicas y criterios de restauración y conservación de artistas contemporáneos», *Comunicaciones de la 3.^a Reunión de Trabajo*, Vitoria, 21 y 22 de noviembre de 1991. Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo. Diputación Foral de Álava, Vitoria, pp. 81-88.
- ABBEY..., 1993: «ISO prepares to work on Documents Storage Standard», *The Abbey Newsletter*, vol. V, 17, 1, pp. 2-3, Austin.
- , 1993: «ISO Paper Permanence Standard Approved», *The Abbey Newsletter*, V. 17, 5, p. 17, Austin.
- , 1993: «Revised ANSI Standard Appears», *The Abbey Newsletter*, V. 17, 5, p. 32, Austin.
- , 1993: «Early returns from the Abbey Permanent Paper Survey», *The Abbey Newsletter*, vol. V, 17, 6, pp. 85-86, Austin.
- , 1993: «Some Permanent Papers Available in the U.S.», *The Abbey Newsletter*, V. 17, 7/8, pp. 102-105, Austin.
- AENOR 1992: *Normas UNE. Catálogo 1992*, Asociación Española de Normalización y Certificación, Madrid, 645 pp.
- ALMELA, J., 1956: *Higiene y terapéutica del libro*, Fondo de Cultura Económica, México, 221 pp.
- ALTHOFER, H. 1991: «La teoría de la restauración del arte contemporáneo», *Comunicaciones de la 3.^a Reunión de Trabajo*, Vitoria, 21 y 22 de no-

- viembre de 1991, Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo, Diputación Foral de Álava, Vitoria, pp. 98-104.
- ARAI, H., 1987: On the foxine-causing fungi, ICOM Committee for Conservation, 8th Triennial Meeting, Sydney, pp. 1.165-1.167.
- ARANSAY, C., y PARDO, D., 1990: «Resultados parciales de las encuestas realizadas por el Grupo de Trabajo a artistas contemporáneos», *Comunicaciones de la 2.ª Reunión de Trabajo*, Madrid, 9 de abril de 1990, Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo, Diputación Foral de Álava. Vitoria, pp. 17-24.
- ASENJO, J. L., 1994: «Conservación y durabilidad de los papeles destinados a la impresión», *Primeras Jornadas Archivísticas: «El papel y las tintas en la transmisión de la información»* (mayo de 1992), Diputación Provincial de Huelva, Huelva, pp. 55-63.
- ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN TÉCNICA... 1982a: «Clasificación de los papeles impresos y de escritura», *Investigación y Técnica del Papel*, tomo XIX, núm. 73, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española, pp. 648-649, Madrid.
- 1982b: «Terminología papelera. Definición de términos», *Investigación y Técnica del Papel*, tomo XIX, núm. 74, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española, pp. 910-987, Madrid.
- 1992: *Diccionario Terminológico Iberoamericano de Celulosa, Papel, Cartón y sus derivados*.
- BARROW, W. J., 1960: *The manufacture and testing of Durable Book Papers*, The Virginia State Library, Richmon, Virginia, 21 pp.
- , 1963: *Permanence/Durability of the book. A Two-Year research program* (2.ª ed.), W. J. Barrow Research Laboratory, Richmon, Virginia, 46 pp.
- , 1964: *Permanence/Durability of the book-II. Test Data of natural Aged Papers*, W. J. Barrow Research Laboratory, Richmond, Virginia, 79 pp.
- , 1967: *Permanence/Durability of the book-V. Strength and other characteristics of book papers 1800-1899*, W. J. Barrow Research Laboratory, Richmond, Virginia, 116 pp.
- , 1969: *Permanence/Durability of the book-VI. Spot Testing for unstable modern book and record papers*, W. J. Barrow Research Laboratory, Richmond, Virginia, 27 pp.
- , 1973: *The Barrow method of restoring deteriorated documents*, W. J. Barrow Restoration Shop, Inc. State Library Building, Richmond, Virginia, 20 pp.

- BARTON, J. P., y WELLHEISER, J. G. (eds.) 1979: *An ounce of prevention*, Toronto Area Archivist Group Education Foundation, Toronto, 180 pp.
- BETHGE, P. O., 1989a: «Brief minutes», *Meeting of TC 46/SC 10/WG* (ISO Document N3: 18-19 de octubre de 1989), Estocolmo, 5 pp.
- , 1989b: *Paper for permanent records - Second Working draft* (ISO Doc. N4: 23 de octubre de 1989), Estocolmo, 4 pp.
- , 1990: *Addenda to N4*, (3 de marzo de 1990), Estocolmo, 2 pp.
- BROWNING, B. L., 1970: «The nature of paper», en H. W. Winfer y R. D. Smith (eds.), *Deterioration and preservation of library materials*, University of Chicago Press, Chicago, pp. 18-38.
- , 1977: *Analysis of paper*, 2.^a ed. rev. y amp. (1.^a ed. 1907), Marcel Dekker INC., Nueva York, 366 pp.
- BRÜCKLE, I., 1993: «The role of Alum in Historical Papermaking», *Abbey Newsletter*, v. 17, 6, Austin, pp. 53-57.
- CAALABRO, G.; SAVAGNONE, F., y TANASI, M. T., 1992: «Artificial ageing conditions and quality control test for evaluating the permanence of paper», *Nouvelles de L'Ársag*, núm. 8, ICOM, Groupe de Travail «Documents Graphiques».
- CENTRO NACIONAL..., 1977: «Estudio para la elaboración de un repertorio de productos y materiales aplicados a la conservación de documentos gráficos», *Centro Nacional de Restauración de Libros y Documentos*, núm. 1, Madrid, pp. 20-28.
- CCI (ed.), 1986: *Fibre Information 13/11*, Canadian Conservation Institute (CCI), National Museums of Canada, Ottawa, 3 pp.
- CCA (ed.) 1990: *Manuel de conservation des documents d'archives*, Conseil Canadien des Archives, Ottawa, Ontario, 82 pp.
- CHAPMAN, P., 1990: *Guidelines on preservation and conservation policies in the archives and libraries heritage*, UNESCO, General Information Programme and UNISIT, París, 40 pp.
- CHURCH, R. (dir.), 1960: *Permanent/Durable book paper. Summary of a Conference*, American Library Association and the Virginia State Library, Richmond, Virginia, 53 pp.
- CLAPP, V. W., 1970: «The story of permanent/durable book-paper, 1115-1970», *Restaurator*, Supplement 3, Copenhagen, pp. 40-51.
- CNC (ed), 1991: *Bedreigd papierbezit inbeeld/Endangered books and documents*, coord. de R. C. Hol y L. Voogt, Coördinatiepunt Nationaal Conserveringsbeleid/National Preservation Office (CNC), La Haya, 222 pp.
- , 1992: *Expert meeting on conservation of acid paper material and the use of permanent paper - Proceedings*, Coördinatiepunt Nationaal

- Conserveringsbeleid (Reunión de expertos para la conservación de documentos de papel ácido y la utilización del papel permanente, organizada por la Presidencia de los Países Bajos y la Comisión de las Comunidades Europeas), National Preservation Office, 17-19 de diciembre de 1991, La Haya, 107 pp.
- , 1994: *A proposal for selection of archive and library material for conservation treatment*, CNC-Publikaties, 6, La Haya, 21 pp.
- COLOM, J. F., y GARCIA, J. A., 1994: «El papel y su permanencia. Relación con el reciclado del papel», *Investigación y Técnica del Papel*, núm. 120, t. XXXI, abril 1994, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española, Madrid, pp. 246-268.
- COLOM, J. F., y NAVAS, A., 1972: «Utilización, clases y características de las principales fibras artificiales y sintéticas en la industria papelera», *Sextas Jornadas Técnicas Papeleras. Primeras materias para papel y cartón*, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española, Santiago de Compostela, pp. 105-144.
- COMUNIDADES EUROPEAS, 1981: «Recomendación del Consejo de 3 de diciembre de 1981 relativa a la reutilización del papel usado y a la utilización del papel reciclado», *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 10/12/81, p. 83.
- CONFERENCE..., 1990: *Conference on book and paper conservation* (4 a 8 de septiembre de 1990), «Abstracts of papers», Budapest, 157 pp.
- COSTA COLL, T., 1962: *Manual del fabricante de papel* (3.^a ed.), Ed. Bosch, Barcelona, 675 pp.
- CRESPO, C., y VIÑAS, V., 1984: *La preservación y restauración de documentos y libros de papel: Un estudio del RAMP con directrices*, Programa general de Información y UNISIT, UNESCO, París, 1984, 109 pp.
- CUNHA, G. M., 1988: *Métodos de evaluación para determinar las necesidades de conservación en bibliotecas y archivos: Un estudio del RAMP con recomendaciones prácticas*, UNESCO, Programa General de Información y UNISIT, París, 50 pp.
- DANIEL, F.; FLIEDER, F., y LECLERC, F., 1988: «Étude de l'effet de la pollution sur des papiers désacidifiés», en *Les documents graphiques et photographiques. Analyse et conservation. Travaux du Centre de Recherches sur la Conservation de Documents Graphiques 1986-1987*, Direction des Archives de France, Archives Nationales-La Documentation Française, París, pp. 53-91.
- , 1991: «Étude de l'effet de la pollution sur des papiers désacidifiés», en *Les documents graphiques et photographiques. Analyse et conservation. Travaux du Centre de Recherches sur la Conservation de Docu-*

- ments Graphiques 1988-1990*, Direction des Archives de France, Archives Nationales-La Documentation Française, París, pp. 37-71.
- DANIELS, V., 1980: «Aqueous deacidification of paper», *International Conference on the Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts*, The Society of Archivist & The Institute of Paper Conservation, Cambridge, pp. 121-125.
- DEBELIUS, E.; HUEBER, R.; NAPIER-CAIN, E.; ROGERS, P., y LEE-BECHTOLD, S., 1993: *Initial findings: A study of shrink wrapped, simulated bound volumes*, National Archives and Records Administration, Washington, 18 pp.
- DEREAU, J. M., y CLEMENTS, D. W. G., 1988: *Principios para la preservación y conservación de los materiales bibliográficos*, «Informes, Normas y Recomendaciones», núm. 1, Dirección General del Libro y Bibliotecas, Centro de Coordinación Bibliotecaria, Madrid, 20 pp.
- DIDEROT y D'ALAMBERT: «L'Imprimerie. Reliure», *L'Encyclopédie. Recueil de planches...* (reed.), Inter-Livres, Barcelona, 1988.
- DVORYASHINA, Z. P., 1979: «Some regularities of books storage contamination by insects», *Restaurator*, 3, pp. 109-116.
- EFLC, 1993: *European Directory of acid-free and permanent book paper / Répertoire européen des papiers d'édition sans acide et permanents*, European Foundation for Library Cooperation, Groupe de Lausane, Comisión de las Comunidades Europeas, Bruselas, 31 pp.
- , 1994a: *Information sheet*, European Foundation for Library Cooperation, 1 de marzo de 1994.
- , 1994b: *Press release*, European Foundation for Library Cooperation, 18 de enero de 1994.
- ENGLAND, C., y EVANS, K., 1988: *Disaster Management for Libraries. Planning and Process*, Canadian Library Asociation, Otawa, 205 pp.
- ESCOLAR, H., 1984: *Historia del Libro*, Fundación Germán Sánchez Ruipérez, Pirámide, Madrid, 610 pp.
- , 1993: *Historia universal del libro*, Fundación Germán Sánchez Ruipérez, Pirámide, Madrid, 722 pp.
- ESCUELA GRÁFICA SALESIANA (Ed.) (s. f.): *El papel, historia, fabricación y uso*, Escuela Gráfica Salesiana, Barcelona-Sarriá, 80 pp.
- FAVIER, F., 1991-92: *La desacidification*, ICA: Archives Nationels, París, 7 pp.
- FEDERAL-STATE TASK GROUP, 1992: *Paper deterioration. Report*, Federal Government and the Laender in the Federal Republic of Germany, 56 pp.
- FEDERICI, C., y Rossi, L., 1983: *Manuale de conservazione e restauro del libro*, La nuova Italia Scientifica, Roma, 260 pp.
- FERNÁNDEZ DE AVILÉS, A., 1982: «Notas sobre la reintegración mecánica de documentos gráficos», *IV Congreso de Conservación de Bienes Cultu-*

- rales (Palma de Mallorca), Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte/Comité Español de ICOM, Madrid, pp. 261-272.
- FLEXES, M. C., 1977: *El papel. Fabricación - Normalización - Preservación - Restauración*, Universidad Nacional de Córdoba, Centro Interamericano de Desarrollo de archivos, Organización de los Estados Americanos, Córdoba, 95 pp.
- FLIEDER, F., et al., 1988: «Analyse et restauration des papiers transparents anciens», *Les documents graphiques et photographiques. Analyse et conservation. Travaux du Centre de Recherches sur la Conservation de Documents Graphiques 1986-1987*, Direction des Archives de France, Archives Nationales-La Documentation Française, París, pp. 93-137.
- , y Duchein, M., 1983: «Livres et documents d'archives: sauvegarde et conservation», *Cashier techniques: musées et monuments*, núm. 6, París, Unesco.
- FORSTON, J., 1990: «Report on the S.A.A. Standards Board», *Infinity. The Newsletter of the Society of American Archivist-Preservation Section*, vol. 6, núm. 3, p. 7.
- GALLO, F., 1989: «Biologia e Biblioteche», *Edizioni per la Conservazione*, núm. 3/4, Roma, pp. 151-161.
- GAYOSO, G., 1967: «Apuntes para la historia del papel en España», *Investigación y Técnica del papel*, núm. 11, Instituto Papelero Español, Madrid, pp. 71-80.
- , 1972: «Características del papel de Breviario Mozárabe de Silos», *Investigación y Técnica del Papel*, núm. 31, Instituto Papelero Español, Madrid.
- , 1994: «Historia del papel en España», Servicio de Publicaciones de la Diputación Provincial, Lugo, 329 pp.
- GCI, 1990: «Exposure of deacidified paper to sulfur dioxide and nitrogen dioxide», *The Getty Conservation Institute Newsletter*, The Getty Conservation Institute, vol. V, n. 2, p. 6.
- GINESTET, R., 1972: «La demanda potencial para el papel sintético», *Sextas Jornadas Técnicas Papeleras: Primeras materias para papel y cartón*, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española, Santiago de Compostela, pp. 173-195.
- GRATTAN, D. W., 1980: «The oxidative degradation of organic materials and its importance in deterioration of artefacts», *J. IIC.CG.*, vol. 4, núm. 1, pp. 17-26.
- GREEN, S., 1993: «Greener Papermaking-Is it good for permanence?», *Abbaye Newsletter*, vol. 17, jul., p. 26, Austin.
- GUICHEN, G., 1980: *Climat dans les musées/Climate in museums*, IC-CROM, Roma, 77 pp.

- HAAS, W. J., 1979: «Report of a Meeting. Conference on Book Paper and Book Preservation» (Nueva York, mayo de 1979), *Library of Congress Information Bulletin*, August 3, Washington, pp. 123-127.
- HARVEY, R. (dir.), 1993: *Preservation in libraries: A reader*, Bowker Saur, Londres, 484 pp.
- HERRÁEZ, J. A., y RODRÍGUEZ, M. A., 1989: *Manual para el uso de aparatos y toma de datos de las condiciones ambientales en museos*. Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Ministerio de Cultura, Madrid, 34 pp.
- , 1991: *Recomendaciones para el control de las condiciones ambientales en exposiciones temporales*, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Ministerio de Cultura, Madrid, 15 pp.
- HEY, M., 1979: «The washing and aqueous deacidification of paper», *The Paper Conservator*, núm. 4. pp. 66-80.
- , 1993: *Guidelines for architects concerning the construction of preservation facilities in archives*, Resumen ICA, Oxford, 11 pp.
- HIDALGO, C., 1994: «Filigranas papeleras», *Primeras Jornadas Archivísticas. El papel y las tintas en la transmisión de la información*, Diputación Provincial de Huelva, Huelva, pp. 193-201.
- HOFENK de GRAAFF, J. H., 1987: «The development of standard specifications for permanent records in the Netherlands», *ICOM, Committee for Conservation, 8th Triennial Meeting*, Sydney, vol. II, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, pp. 671-675.
- , 1991a: *Permanent Paper and standard specifications for archival materials in the Netherlands - The state of the art*, Centraal Laboratorium voor Onderzoek van Voorwerpen van Kunst en Wetenscap / Central Research Laboratory for Objects of Art and Science, Amsterdam, 3 pp.
- , 1991b: *Scientific research in the Netherlands in relation to paper conservation - The state of the art*, Centraal Laboratorium voor Onderzoek van Voorwerpen van Kunst en Wetenscap / Central Research Laboratory for Objects of Art and Science, Amsterdam, 2 pp.
- (coord.), 1991c: «The effect of pollutants on paper. A Research programme in the Netherlands», *International Seminar on Research in Preservation and Conservation*, Columbia University-UNESCO, 10 pp.
- HOL, R. C., y VOOGT, L. (eds.), 1991: *Bedreigd papierbezit in beeld / Endangered books and documents*, Coördinatiepunt Nationaal Conservingsbeleid / National Preservation Office, La Haya, 222 pp.
- HON, D. N. S., 1981: «Yellowing of modern papers», en Williams, J. C. (ed.), *Preservation of paper and textiles of historical and artistis va-*

- lue II, Advances in Chemistry Series N° 164, American Chemistry Society, pp. 119-141.*
- HUNTER, D., 1978: *Papermaking. The History and Technique of an Ancient Craft*, Dover Publications, Inc., Nueva York, 611 pp.
- ICA (ed.), 1985: *Glosary of Archive Conservation terms*, International Council on Archives: Committee on Conservation and Restoration, Instituto Bibliográfico Hispánico, Madrid, 111 pp.
- ICOM, 1990: *ICOM committee for Conservation, 9th triennial meetings* (Preactas), Dresden, RDA.
- IFLA (International Federation of Library Associations and Institutions), 1989: «Resolutions presented to the IFLA Council 1989», *IFLA Journal*, núm. 15, Saur, Munich, pp. 346-356.
- ISO, 1989a: *Brief minutes* (resumen de actas), Meeting of TC 46/SC 10/WG October 18-19, 1989 in Stockholm (Documento N3). Redactado por Per Olof Bethge, Estocolmo, 21 de octubre de 1989, 5 pp.
- , 1989b: *Paper for permanent records - Second Working draft* (Documento N4). Redactado por P. O. Bethge, Estocolmo, 23 de octubre de 1989, 4 pp.
- , 1990: *Addendum* (Adenda a N4-Documento N5). Redactado por P. O. Bethge, Estocolmo, 3 de marzo de 1990, 2 pp.
- , 1992: *Catalogue 1992*, International Organization for Standardization, Ginebra, 930 pp.
- , 1994a: ISO/CD 11108 *Information and documentation - Archival papers - Requirements for permanence and durability*, ISO/TC 46/SC 10 (Documento N 77), 24 de enero de 1994, 2 pp.
- , 1994b: *Information on a research project started by the ASTM committee on paper and paper products*, ISO/TC 46/SC 10 (Documento N 80), 11 pp. Contiene 3 documentos de ASTM: «Specifications for printing & writing papers requiring a degree of permanence; proposed research program». «Research program to study the effects of aging on printing & writing papers». «ASTM/IR. Executive summary for a research project regarding standards for printing & writing papers».
- , 1994c: ISO/TC 46/SC 10. Documento N82. *Note from the secretariat concerning a possible New Work Item for Permanent Boards*, 1 p.
- ITALIAN PROPOSAL to ISO/TC 46/SC 10/WG 1. 10/5/91. *Paper for the longest-life documents, records and publications, Specifications for permanence and durability*, 5 pp.
- KEIM, K., 1966: *El papel*, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española/Instituto Papelero Español, Madrid, pp. 538.

- KEIM, K., 1967: *El papel y la impresión*, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española, Madrid, 97 pp.
- KELLY, G. B., 1972: «Practical aspects of deacidification», *IIC, A. G. Technical Paper*, Philadelphia.
- , y Kowler, S., 1978: «Penetración y emplazamiento de compuestos alcalinos en papel desacidificado en disolución», *Journal American Institute for Conservation*, 17, pp. 33-43.
- KRAEMER, G., 1973: *Tratado de la previsión del papel y de la conservación de Bibliotecas y Archivos* (2.ª ed.), Dirección General de Archivos y Bibliotecas, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, t. I, 838 pp., y t. II, 210 pp.
- , 1979: «Papel estable: Necesidad actual cumplida en España», *Investigación y Técnica del Papel*, núm. 62, octubre 1979, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española, Madrid, pp. 848- 876.
- LA LANDE, 1778: *Arte de hacer el papel según se practica en Francia, Holanda, en la China y en el Japón* (facsímil), Espasa Calpe, S. A., Madrid, 1968, 284 pp.
- LECLERC, F., 1992: «Influence des azurants optiques sur la permanence des papiers», *Nouvelles de l'Arsag*, núm. 8, pp. 18-19.
- LEPERTIER, L., 1977: *Restauration des dessins et estampes*, Office du Libre, S. A., Ginebra.
- LIENARDY, V. D., 1990: «Practical deacidification», *Restaurator*, 11, 1, pp. 1-21.
- LOGAN, M., 1989: «Recycled paper», *Edizioni per la Conservazione*, núm. 3/4, Roma, pp. 171-177.
- MAC CRADY, 1993: «Clinton Mandates Recycled paper in Executive Branch, Circumvents Permanence Standards», *Abbey Newsletter*, vol. 17, 6, oct., pp. 63-66.
- MAC KENZIE, G., 1992: *Report of meeting of ISO TC 46/SC 10*, Londres, 3 pp.
- MALTESE, C. (ed.), 1990: *I Supporti nelle arti pittoriche. Storia, Tecnica, Restauro*, Mursia, Milan, t. I, 404 pp.; t. II, 436 pp.
- MARCOS, M. T., 1985: *La industria artesanal del papel en Cuenca*, Publicaciones de la Excma. Diputación Provincial de Cuenca, «Serie Etnología» núm. 2, Cuenca, 173 pp.
- MARTÍN, G., 1965: *Físico-Química del papel*, Publicaciones Offset, Barcelona, 64 pp.
- MATEY, M., 1992: *Papel usado. Recogida y Reciclaje*, Policopiado Preactas «Primeras Jornadas Archivísticas: El papel y las tintas en la transmisión de la información», Diputación Provincial de Huelva, 18 pp.

- MATEY, M., 1994: «El papel reciclado. Propiedades físicas y factores de permanencia», *Primeras Jornadas Archivísticas: El papel y las tintas en la transmisión de la información*, Diputación Provincial de Huelva, Huelva, pp. 69-101.
- MIHRAM, D., 1986: «Paper deacidification: a bibliographic survey», *Restaurator*, 7, pp. 81-118.
- MIJLAND, H. J. M.; ECTOR, F. F. M., y VAN DER HOEVEN, K., 1991: «The Einhoven Variant: a metod to survey the deterioration of archival collections», *Restaurator*, vol. 12, núm. 3, pp. 163-182.
- MINOGUE, A. (s. f.): «The repair and Preservation of Records», *Bull. of National Archives*, núm. 5, Publ. TC-221, Washington, 56 pp.
- MUSEU-MOLÍ (ed.), 1991: *El museo-molino papelero de Capellades. Guía para visitarlo, historia del origen del papel y su industrialización*, Museu-Molí Paperer de Capellades, Capellades, 95 pp.
- NAVARRETE, A., 1992: «Acción de la microflora en los fondos archivísticos», Jornadas de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo, Santander, julio de 1992.
- NAVARRO, J., 1967: *Propiedades, ensayos y análisis del papel* (2.^a ed.), Editorial Sucesores de Limousin Hermanos, Tolosa, 117 pp.
- , 1970: *Temas de la fabricación del papel*, Editorial Marfil, Alcoy, 431 pp.
- , 1972: *Ensayos físico-mecánicos del papel*, Editorial Marfil, Alcoy, 259 pp.
- PAPELERA PENINSULAR (s. f.-a): *El papel reciclado*, Papelera Universal, S. A., Grupo Unipapel, Madrid, 8 pp.
- (s. f-b): *Papel reciclado 100% - La calidad recuperada*, Papelera Universal, S. A., Madrid, 11 pp.
- PAPER RECICLAT, 1990: *La casa verde*, núm. 62. Extra «Paper reciclat», Acció Ecologista-Agró, Valencia, 8 pp.
- PARKER, T. A., 1989: *Estudio de un programa de lucha integrada contra las plagas en los archivos y bibliotecas*, UNESCO, Programa General de Información y UNISIT, París, 64 pp.
- PEINADO, J. 1977: *Neutralizantes. Informe del departamento de química*, Centro Nacional de Restauración de Libros y Documentos (Inédito), 17 pp.
- , 1980: «Causas de acidez, sistemas de eliminación y métodos de evaluar la efectividad de los diferentes desacidificadores», *III Congreso de Restauración de Bienes Culturales*, Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte, Comité Español del ICOM, Valladolid, pp. 183-186.
- ; MARTÍN, C., y GRANDE, A., 1988: «Evaluación de desacidificadores en medio acuoso y no acuoso», *VI Congreso de Conservación y Restau-*

- ración de Bienes Culturales, Tarragona (1986), Generalitat de Catalunya, Departament de Cultura. Centre de Conservació y Restauració de Bens Culturals Mobles, Barcelona, pp. 329-333.
- ; VIÑAS, R., y ALONSO, P., 1994: «Estudio sobre la Permanencia del papel reciclado», *X Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*, ICOM-Comité Español, Cuenca, pp. 87-95.
- PETHERBRIDGE, G., 1987: *Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts*, Society of Archivist, Institute of paper Conservation, Butterworths, Londres.
- PETERSEN, D. E., 1989: «Acid paper. The facts and the outlook», *Edizioni per la Conservazione*, núm. 3/4. Roma, pp. 171-177.
- PLENDERLEITH, H. J., 1967: *La conservación de antigüedades y obras de arte* (original en inglés, 1956), Instituto Central de Conservación y Restauración de Obras de Arte, Arqueología y Etnología, Ministerio de Educación y Ciencia, Dirección General de Bellas Artes, Valencia, 423 pp.
- PRASS, B., y MARMONIER, L., 1990: *Du papier pour l'éternité. L'avenir du papier permanent en France*, Cercle de la librairie, Centre National des Lettres. Editions du Cercle de la librairie, París, 134 pp.
- PRAVILOVA, T. A., e ISTRUBTSINA, T. V., 1968: «Preservation of paper documents with the buffer method», *Preservation of documents and papers. Academy of Sciences of the USSR*, Ed. D. M. Flyate, Israel Program for Scientific Translation, Jerusalén.
- RABAL, V., 1994: «El papel artesanal. Historia, actualidad y características», *Primeras Jornadas archivísticas. El papel y las tintas en la transmisión de la información*, Diputación Provincial de Huelva, Huelva, pp. 47-53.
- RCM (ed.), 1991: *Sustancias naturales y materias plásticas. Guía de productos*, RCM, Barcelona.
- RODRÍGUEZ, J., 1970: *Los controles en la fabricación del papel*, Editorial Blume, Madrid, 360 pp.
- ROPER, M., 1989: *Planificación, equipo y provisión de personal de un servicio de preservación y conservación de archivos: Un estudio del RAMP con directrices*, UNESCO, Programa General de Información y UNISIT, París, 78 pp.
- RUIZ DE ARCAUTE, E., 1991: «Creación de una base de datos sobre técnicas de los artistas contemporáneos y sus criterios en materia de conservación y restauración», *Comunicaciones de la 3.ª Reunión de Trabajo*, Vitoria, 21 y 22 de noviembre de 1991, Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo, Diputación Foral de Álava, Vitoria, pp. 89-97.
- SANTAMARÍA, P., 1990: «Encuesta realizada a restauradores y artistas sobre criterios», *Comunicaciones de la 2.ª Reunión de Trabajo*, Madrid, 9

- de abril de 1990, Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo, Diputación Foral de Álava, Vitoria, pp. 39-42.
- SANTUCCI, M. L., 1972: «Paper deacidification Procedures and their effects» *Colloques Internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique. N° 548: Les Techniques de laboratoire dans l'étude des manuscrits*, Centre National de la Recherche Scientifique, París, pp. 197-212.
- SERRANO, A., y BARBACHANO, P., 1987: *Conservación y Restauración de mapas y planos y sus reproducciones: Un estudio del RAMP*, Programa General de Información y UNISIT, UNESCO, París, 134 pp.
- SIMONET, J. E. 1992: *Recomendaciones para la edificación de archivos* Ministerio de Cultura, Madrid, 73 pp.
- SMOOK, G. A., 1990: *Manual para técnicos de pulpa y papel*, TAPPI Press, Atlanta, 397 pp.
- STORY, K., 1985: *Pest Management in Museums*, Conservation Analytical Laboratory, Smithsonian Institution, Suitland, 165 pp.
- TALAVERA, I., y MOLINA, R., 1988: «Evaluación y estudio de mezclas fibrosas en papeles de alta permanencia y durabilidad», *Investigación y Técnica del papel*, núm. 97, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española, Madrid, pp. 542 y ss.
- , 1989: «Envejecimiento acelerado en las formulaciones fibrosas para papeles permanentes y durables», *Investigación y Técnicas del papel*, núm. 100, tomo XXVI, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española, Madrid, pp. 356-365.
- THOMAS, D. L., 1987a: *Encuesta sobre las normas nacionales aplicables al papel y la tinta que deben utilizar los administradores para la constitución de archivos: un estudio del RAMP con directrices*, UNESCO, Programa General de Información y UNISIT, París, 1986, 47 pp.
- , 1987b: *Estudio y directrices del RAMP sobre control de seguridad y almacenamiento de las colecciones de archivo*, Programa General de Información y UNISIT, UNESCO, París, 60 pp.
- TILLOTSON, R. G., 1977: «La seguridad en los museos», ICOM.
- TURNER, J., s.a.: *Luz en museos y galerías de arte*, Concord. Londres, 95 pp.
- ULLMAN, F., 1953: *Encyclopedia de química industrial*, tomo XII, Gustavo Gili, Barcelona.
- UNESCO, 1960: «Climatologie et conservation dans les Musées», *Museum* vol. XIII/núm. 4, París.
- VALLS, O., 1970a: *El papel y sus filigranas en Cataluña*, The Paper Publications Society, Amsterdam.
- , 1970b: «Estudio sobre la trituración de trapos», *X Congreso Internacional de Historiadores del Papel*, Grenoble.

- VALLS, O., 1972: «Estudio del papel, su historia y su conservación, objetivo principal del Museo Molino Papelero de Capellades...», *XI Congreso Internacional de la Asociación de Historiadores del Papel* (I.H.P.), Arnhem (Holanda), pp. 1117-1132.
- , 1978, 1980 y 1982: *Historia del papel en España*, Empresa Nacional de Celulosas, S. A., Madrid, 3 vols.
- VVAA, s. f.: *Le lumier et la protection des objets et specimens exposés dans les musées et galeries d'art*, Group. Trav. Fran. Eclairage des œuvres d'art, ICOM, L'asociation Française de l'éclairage, París.
- VVAA, 1961-1966: *Enciclopedia de Tecnología Química*, Unión Tipográfica, Ed. Hispano Americana (varios volúmenes).
- VVAA, 1993: «Papers from the Survey Workshop on Books, Archives and Art on Paper-Oxford, 25 sept. 1992», *The Paper Conservator*, vol. 17, pp. 32-55.
- VIÑAS, R., 1991: «El papel vegetal: Problemática y restauración», *Pátina*, núm. 5, Escuela de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Madrid, pp. 54-60.
- , 1995: «El papel permanente y su normalización», *Pátina*, núm. 7, Escuela Superior de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Madrid, pp 108-117.
- , 1995: *Estabilidad de los papeles para estampas y dibujos. El papel como soporte de dibujos y grabados: Conservación*, Tesis Doctoral, Facultad de Bellas Artes, Universidad Complutense de Madrid (pendiente de publicación), tomo I, 670 pp. y anexo (tomo II), 111 pp.
- VIÑAS, V., 1970: «Degradación del papel. Métodos preventivos», *Informes y Trabajos del Instituto Central de Conservación y Restauración*, núm. 11, Madrid, pp. 97-104.
- , 1973: «Causas de alteración del patrimonio Bibliográfico y Documental. Medidas preventivas», *Informes y Trabajos del Instituto Central de Conservación y Restauración*, Madrid, 8 pp.
- , 1981: «La conservación de Grabados», *Lápiz*, Madrid, pp. 251-256.
- , 1991: *La conservación de Archivos y Bibliotecas Municipales*, Manual del Alcalde, Banco de Crédito Local, Madrid, 114 pp.
- , 1994a: «El papel sintético: la otra alternativa», *Primeras Jornadas Archivísticas. El papel y las tintas en la transmisión de información*, Diputación Provincial de Huelva, Huelva, pp. 65-67.
- , 1994b: «Algunas reflexiones sobre la conservación del papel y las tintas que conforman el patrimonio documental», *Primeras Jornadas Archivísticas. El papel y las tintas en la transmisión de información*, Diputación Provincial de Huelva, Huelva, pp. 203-207.
- (e.p): «Los papeles reciclados: Uso y problemas de conservación», X

- Jornadas de Archivos Municipales (El Escorial, junio 1994), Comunidad de Madrid/Ayuntamiento de El Escorial.
- , y VIÑAS, R., 1988: *Las técnicas tradicionales de restauración: Un estudio del RAMP con directrices*, Programa General de Información y UNISIT, UNESCO, París, 80 pp.
- WEIDNER, M. K., 1967: «Damage and deterioration of Art Paper due to Ignorance and the use of faulty materials». *Studies in Conservation*, vol. 12, núm. 1, pp. 5-19.
- WILLIAMS, I. C., 1971: «Chemistry of deacidification of paper», *Bulletin of the American Group IIC*, núm. 1.
- WILLIAMS, J. 1979: «Paper Permanence: A Step in Adition to Alkalization», *Restaurator*, núm. 3, pp. 81-91.
- , et al., 1981: «Los catalizadores metálicos en la degradación oxidativa del papel», *Advances in Chemistry Series*, núm. 193, American Chemical Society, Washington D.C.
- WILSON, W. K., 1978: «Methods and Tests for the determination to the treatment effects at the paper», en Bromell and Smith, *Conservation and Restoration of Pictorial Arts*, Butterworths, Londres, pp. 210-216.
- , y Parks, E. J. 1979: «An analysis of the aging of paper. Possible reactions and their effects on measurable properties», *Restaurator* núm. 3, pp. 37-61.
- , 1980: «Comparation of accelerated aging of book papers in 1937 with 36 years natural ageing», *Restaurator*, núm. 4, pp. 1-55.
- , 1983: «Historical survey of Research at the National Bureau of Standards on material for archival records», *Restaurator* núm. 5, pp. 191-241.
- WINGER & SMITH, 1970: *Deterioration and preservation of library material*, The University of Chicago Press: 34 Conference of the Graduate Library School, Chicago, 200 pp.
- WOOD, M., 1988: *Prevención y tratamiento del moho en las colecciones de bibliotecas, con particular referencia a las que padecen climas tropicales: Un estudio del RAMP*, UNESCO, Programa General de Información y UNISIT, París. 57 pp.
- XUCIA, A., 1982: «Futuro de la industria celulósica», *Investigación y Técnica del papel*, núm. 74, Tomo XIX, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española, pp. 866- 872.
- YRAOLAGOITA, J. M. 1972: «El sulfato de alúmina en la fabricación del papel», *Jornadas Técnicas Papeleras. Sextas Jornadas: «Primeras materias para papel y cartón»*, Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española, Santiago de Compostela, pp. 503-553.

- ZAPPALA, A., 1990: «Proposal of standardization of paper for art editions and current editions destined for conservation», *Conference on book and paper conservation* (4-8 sept. 1990), Budapest, pp. 119-121.
- , 1991a: «An international survey on standardizing art papers and others intended for conservation», *Restaurator*, 12 (1), Munksgaard-Copenhagen, pp. 18-35.
- , 1991b: «Problems in standardizing the quality of paper for Permanent Records», *Restaurator*, 12 (3), Munksgaard-Copenhagen, pp. 137-146.

2

Catálogos. Muestrarios. Información del fabricante

AGUAFUERTE, 1990: *Catálogo 1990*, Economato de materiales para el grabado, Madrid, 12 pp.

ARSO WIGGINS 1991: *Arches Tradition* (Muestrario de papeles con páginas informativas), París.

ATLANTIS... s. f.: *Fine Art and Archival Suppliers* (Muestrario de papeles), Atlantis Paper Company Limited, Londres.

ARTEPAL 1993: *Información sobre la fabricación del Papel Reciclado* (Correspondencia-Murcia), 4 pp.

ARTEPAL 1993: (Muestrario con 5 pp. explicativas), Murcia.

CANSON s. f.: *Canson-France*, Papeteries Canson & Montgolfier, S.A., Annonay, 10 pp.

CANSON s. f.: *Encadrement et Conservation*, Papeteries Canson & Montgolfier, S. A., Annonay (Catálogo - Muestrario con 9 pp. explicativas).

CANSON s. f.: *Gamme Patrimoine Canson: Papiers et cartons à haute qualité de conservation*. Papeteries Canson & Montgolfier, S. A., Annonay (Muestrario con p. explicativa).

CANSON s. f.: *La tentación Mi-Teintes*, Papeteries Canson & Montgolfier, S. A., Annonay. (Políptico 8 pp.)

CANSON 1988: *Patrimonio*, Canson Ibérica, Barcelona, 36 pp. s.n.

CANSON 1988: *Patrimoine*, Papeteries Canson & Montgolfier, S. A., Annonay, 34 pp. + anexo (31 pp.) s. n.

- CANSON 1990: *Conservation-Archives*. Papeteries Canson & Montgolfier, S. A., Annonay. (Muestrario con 22 pp. explicativas).
- CANSON 1990: *Edition d'Art*, Papeteries Canson & Montgolfier, S. A., Annonay (Políptico con muestrario y pp. explicativas).
- CANSON 1990: *Papiers Japon*, Papeteries Canson & Montgolfier, S. A., Annonay (Políptico con muestrario y pp. explicativas).
- CANSON 1991: *Aquarelle Arches*, Papeteries Canson & Montgolfier, S. A., Annonay (Políptico con muestrario y pp. explicativas).
- CANSON 1991: *Arts Graphiques*, Papeteries Canson & Montgolfier, S. A., Annonay (Políptico con muestrario y pp. explicativas).
- CANSON 1991: *Catálogo 1991*, Canson Ibérica, S. A., Barcelona, 56 pp.
- CANSON 1991: *Dessin technique et arts graphiques*. Papeteries Canson & Montgolfier, S. A., Annonay (Políptico con muestrario y pp. explicativas).
- CANSON 1991: *Films a dessin clairs*, Papeteries Canson & Montgolfier, S. A., Annonay (Políptico con muestrario y pp. explicativas).
- CANSON 1991: *Papiers calque*, Papeteries Canson & Montgolfier, S. A., Annonay (Políptico con muestrario y pp. explicativas).
- CANSON 1991: *Papier vélín blanc a dessin*, Papeteries Canson & Montgolfier, S. A., Annonay (Políptico con muestrario y pp. explicativas).
- CANSON 1991: *Papiers Vergés*, Papeteries Canson & Montgolfier, S. A., Annonay (Políptico con muestrario y pp. explicativas).
- CANSON 1992: *Mi-Teintes*, Papeteries Canson & Montgolfier, S. A., Annonay (Muestrario con 5 pp. explicativas).
- CLAN s. f.: *Libros y papeles para técnicas artísticas* (Catálogo), Madrid, 48 pp.
- ESKULAN 1993: Muestrario con página explicativa (Correspondencia).
- GUARRO s. f.: *Dibujo e impresión artística*. Guarro Casas, S. A. (Muestrario con 10 pp. explicativas).
- GUARRO s. f.: *Dibujo Técnico*. Guarro Casas, S. A. (Muestrario con 8 pp. explicativas).
- GUARRO s. f.: *Guía de Aplicaciones. Papeles Guarro*. Guarro Casas, S. A. La Riva. (2 pp.).
- GUARRO s. f.: *Impresión, Papeles y Cartulinas*. Guarro Casas, S. A. (Muestrario con 7 pp. explicativas)
- GUARRO s. f.: *Papeles para dibujo técnico*. Guarro Casas, S. A. (Muestrario).
- GUARRO s. f.: *Papeles y Cartulinas IRIS (Guarro)*. Guarro Casas, S. A. (Muestrario con p. explicativa).
- MEIRAT s. f.: *Papel hecho a mano - Handmade Paper*, Meirat, Madrid, 1 p.

MEIRAT, s. f.: *Papel hecho a mano MEIRAT*, Meirat, Madrid (Muestrario con 2 pp. explicativas).

MEIRAT, 1991: *La Tienda de Meirat: Catálogo 1991*, Meirat, Madrid, 232 pp.

MICHEL, s. f.: *Papeles especiales* (Catálogo/Muestrario con 31 pp. explicativas).

PAPERKI 1993: (Muestrario con p. explicativa-Correspondencia).

PAPELERA PENINSULAR, S. A., s. f.: *Recipplus, Papel 100% Reciclado*. (Tríptico).

PRODUCTOS DE CONSERVACIÓN, S. A., 1992: (Muestrario de papeles), Madrid.

3

Normas consultadas

AFNOR (Association Française de Normalisation):

AFNOR NF Q 15-013 (agosto 1993) Information et documentation-Papier pour documents-Prescriptions pour la permanence.

ANSI (American National Standard):

ANSI Z39.48-1984 (27-8-1984) Permanence of paper for printed library materials.

ANSI/NISO Z39.48-1992 (26-10-1992) Permanence of paper for publications and documents in libraries and archives.

ASTM (American Society of Testing Materials):

ASTM D 985-50 (1974) Reflectance of Paper, 45-deg, 0-deg Directional, for Blue Light (Brightness).

ASTM D 3208-86 Manifold Papers for Permanent Records.

ASTM D 3290-86 Bond and Ledger Papers for Permanent Records.

ASTM D 3301-85 (1990) File Folders for Storage of Permanent Records.

ASTM D 3458-85 (1990) Copies from Office Copying Machines for Permanent Records.

ASTM D 3460-92 White Watermarked and Undwatermarked Bond, Mimeospirit, Duplicator, and Xerographic Cut-Sized Office Papers.

ASTM D 4988-89 Standard Test Method for Determination of Calcium Carbonate Content of Paper.

ASTM D 4988-92a Determination of Calcium Carbonate Content of Paper.

ASTM E 308-90 Computing the Colors of Objects by Using the CIE System

DIN (Deutsches Institut für Normung):

DIN 6738 (Abril 1992) Papier und Karton. Lebensdauer-Klassen.

Ministero per i Beni Culturali e Ambientali:

Normativa in materia di catoni destinati al restauro ed alla conservazione del materiale soggetto a tutela. Decreto D.M. 2-9-1983, *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*, núm. 257, pp. 7592-7598.

NARA (National Archives and Records Administration):

Specifications for Housing enclosures for Archival Records (20 de agosto de 1993). Preservation Information Paper N.^o 2:

- Specification for a Low Lignin Document Storage Box (junio 1993).
- Specification for a Low Lignin Photograph Storage Box (enero 1993).
- Specification for a Low Lignin Archives Box (enero 1991).
- Specifications for an Acid-Free Archives Box (enero 1991).
- Specifications for Letter and Legal Size Archives Box Spacer Boards (julio 1991).
- Specifications for Letter and Legal Size Folders (marzo 1991).
- Specifications for a Low Lignin Microfilm Box (abril 1991).

NEN (Dutch Standards Institute-NNI):

NEN 2728 (Enero 1993) Permanent houdbaar papier. Esen en Beproevingen mettoden.

ISO (International Organization for Standardization):

ISO 187:1990 Paper and board-Conditioning of samples.

ISO 536: 1981 Paper and board-Determination of grammage.

ISO 1974: 1990 (E) (3.^a edición: 1-2-1990) Paper-Determination of tearing resistance (Elmendorf method).

ISO 4046: 1978 Paper, board, pulp and related terms-Vocabulary.

ISO 5127-1:1983 Information and documentation-Vocabulary-Part 1: Basic concepts.

ISO 5630/3: 1985 Paper and board. Accelerated ageing. Part 3: Moist heat treatment at 80°C and 65% relative humidity.

- ISO/DIS 9706 (1992) Information and documentation-Paper for documents-Requirements for permanence.
- ISO 9706: 1994 (1.^a edición: 1-3-1994) Information and documentation-Paper for documents-Requirements for permanence.
- ISO/CD 11108 (24-1-1994) Information and documentation-Archival papers-Requirements for permanence and durability.

UNE (Asociación Española de Normalización y Certificación-AENOR):

- UNE 1 056 (febrero 1952) Norma de calidad para fichas con destino a bibliotecas.
- UNE 57 001 86 1R (julio 1986) Papel y cartón. Acondicionamiento de muestras.
- UNE 57 002 88 1R (octubre 1988) Papel y cartón. Toma de muestras de un lote para determinar la calidad media.
- UNE 57 003 78 (1) (mayo 1978) Terminología papelera. Definición de términos.
- Proyecto de Norma UNE 57 003 (enero 1988) Pastas, papel y cartón, Terminología. Parte 1.
- UNE 57 005 90 (1R) (enero 1990) Papel y cartón. Determinación del contenido de humedad. Método de secado en estufa.
- UNE 57 009 70 (abril 1970) Papel y cartón. Gramajes.
- UNE 57 010 78 (julio 1978) Papel. Formas de expresar las dimensiones y sentido de fabricación de los papeles para impresión y escritura.
- UNE 57 017 74 (junio 1977) Papel y cartón. Determinación del gramaje.
- UNE 57 016 90 1R (abril 1990) Pastas. Determinación del contenido de materia seca.
- Propuesta de Norma UNE 57 021 (julio 1987) Pastas, papel y cartón. Determinación de la composición fibrosa. Parte 1: Método general.
- Propuesta de Norma UNE 57 021 (julio 1987) Parte 3: Pastas, papel y cartón. Determinación de la composición fibrosa. Parte 3: Teñido con el reactivo de Herzberg.
- UNE 57 021 92 (febrero 1992) Papel y cartón. Determinación de la composición fibrosa. Parte 2: Sistemas de teñidos de fibras.
- UNE 57 031 71 (enero 1971) Pastas para papel, papel y cartón. Preparación de extractos acuosos.
- UNE 57 032 91 1R (junio 1991) Pastas, papel y cartón. Determinación del pH de extractos acuosos.
- UNE 57 033 86 1R (septiembre 1986) Papel. Determinación de la resistencia al desgarro.
- UNE 57 034 91 1R (junio 1991) Pastas. Determinación del Número Kappa.

- UNE 57 036 71 (1) (enero 1971) Terminología papelera. Vocablos y equivalencias Inglés-Español.
- UNE 57 037 85 (octubre 1985) Terminología papelera. Vocablos y equivalencias Francés-Español.
- UNE 57 041 71 (enero 1971) Pastas para papel. Desintegración de pasta mecánica para su análisis.
- UNE 57 043 74 (julio 1974) Papel. Determinación de la dirección longitudinal.
- UNE 57 048 71 (febrero 1971) Papel. Papel cartográfico para usos generales.
- UNE 57 056 74 (septiembre 1974) Papel. Determinación de la cara tela y la cara fieltro.
- UNE 57 062 72 (octubre 1972) Papel y cartón. Determinación del Factor de Reflectancia en el Azul (Grado de Blancura UNE).
- UNE 57 064 85 (octubre 1985) Terminología papelera. Vocablos y equivalencias. Español-Inglés-Francés-Alemán.
- UNE 57 069 74 (1) (octubre 1974) Terminología papelera. Vocablos y equivalencias Alemán-Español.
- UNE 57 077 88 (octubre 1988) Papel. Especificaciones de los papeles sin estucar para impresión offset.
- UNE 57 082 78 (junio 1978) Papel. Características de los papeles para los formularios en papel continuo.
- UNE 57 084 78 (abril 1978) Cartón. Clasificación de los diferentes tipos de cartoncillo.
- UNE 57 092 91 (1) (junio 1991) Papel y cartón. Envejecimiento acelerado. Parte 1: Tratamiento con calor seco.
- UNE 57 092 91 (2) (junio 1991) Papel y cartón. Envejecimiento acelerado. Parte 2: Tratamiento con calor seco a 120°C o 150°C.
- UNE 57 092 91 (3) (junio 1991) Papel y cartón. Envejecimiento acelerado. Parte 3: Tratamiento con calor húmedo a 90°C y 25% de humedad relativa.
- UNE 57 092 91 (4) (junio 1991) Papel y cartón. Envejecimiento acelerado. Parte 4: Tratamiento con calor húmedo a 80°C y 65% de humedad relativa.
- UNE 57 123 86 (noviembre 1986) Papel. Especificaciones de los papeles en bobina para impresión en huecograbado.
- UNE 57 126 82 (noviembre 1982) Papeles de recuperación. Calidades normalizadas.
- UNE 57 127 83 (febrero 1983) Papeles de recuperación. Usos comerciales.
- UNE 57 135 86 (diciembre 1986) Pastas, papel y cartón. Métodos de ensayo. Unidades recomendadas.

4

Directorio de organismos de normalización *

Alemania:

DIN:

- Deutsches Institut für Normung (DIN). Burggrafenstrasse 6, 1000 Berlin 30. Alemania.

Austria:

- Österreichisches Normungsinstitut, 1021 Viena. Austria.

Canadá:

- Canadian Government Publishing Centre. Supply and Services. Ottawa. Ontario. Canadá. K1A S9.

Dinamarca:

- Dansk Standardiseringsraad. Aurehojvej 12. Postbox 77. DK 2900 Hellerup. Dinamarca.

Estados Unidos de América:

ANSI:

- American National Standards Institute. 1430 Broadway. New York, NY 10018. EE. UU. Teléfono 212/354-3300.

* Según áreas geográficas y por orden alfabético.

ASTM:

- American Society for Testing and Materials. 1916 Race Street, Philadelphia, Pa. 19103-1187 EE.UU. Teléfonos 215/299-5585, 215/299-5400. Fax 215/977-9679, 215/299-2630.
- Oficina europea de ASTM: ASTM European Office. 27-29 Knowl Piece. Wilbury Way. Hitchin, Herts SG4 OSX. Reino Unido. Teléfono 0462/437933. Fax: 042/433678.

CLR:

- Council on Library Resources. 1785 Massachusetts Ave. NW. Suite 313. Washington D.C. 20036. EE. UU.

NISO:

- National Information Standards Organization. P.O. Box 1056. Bethesda, MD 20827. Teléfono 301/975-2814. Fax 301/975-2128.
- Transaction Publisher, Dept. NISO Standards, Rutgers University, New Brunswick, NJ 08903. EE.UU. Teléfono 908/932-2280.

JPC:

- Joint Committee on Printing. Senate Hart Office Bldg., Rm. SH-818. Washington, DC 20510. Teléfono 202/224-5241.
- Especificaciones disponibles en Superintendent of Documents. U.S. Government Printing Office. Washington, DC 20402. EE.UU. Council on Library Resources. 1785 Massachusetts Ave. NW. Suite 313. Washington D.C. 20036. EE. UU.

TAPPI:

- Technical Association of the Pulp and Paper Industry. Technology Park, P.O. Box 105113. Atlanta, GA 30348. EE.UU.

Europa:**CEN:**

Comité Europeo de Normalización. Central Secretariat. Rue de Stassart 36 B-1050. Bruselas. Bélgica. Teléfono 2/5196811. Fax 2/5196819

España**AENOR:**

Asociación Española de Normalización y Certificación. C/ Fernández de la Hoz 52. 28010 Madrid. España. Teléfono 4104851. Fax 4104976. Telex 46545-Unor-E.

Finlandia:**SFS:**

- Suomen Standardisoimisliitto, P.O.Box 205. SF 00121 Helsinki. Finlandia.

- Finnish Standards Association, P.O.Box 116. SI-00241. Helsinki. Finlandia. Teléfono 0/149931. Fax 0/1464925. Telex 122303 stand sf.
- Technical Research Centre. Graphics Arts Laboratory. Tekniikantie 3. SF-02150 ESPOO, Finlandia.

Francia:

AFNOR:

- Association Française de Normalisation. Tour Europe. Cedex 7. 92080 París-La Defense. Francia.

India:

- Indian Standards Institution: Manak Bhavan, 9 Bahadur Shah Zafar Marg. New Delhi 110002. India.

Internacional:

ISO:

- International Organization for Standardization . 1, rue de Varembé. Case Postale 56. CH-1211 Ginebra 20. Suiza. Teléfono 22/7490111. Fax 22/7333436. Telex 412205 ISO ch.

Sede ISO/TC46/SC10/WG1:

- The American Paper Institute, 260 Madison Ave., Nueva York, NY 10016. Teléfono 212/340-0600.

Italia:

UNI:

- Ente Nazionale Italiano di Unificazione. Via Battistotti Sassi, 11/B 20133 Milano. Italia. Teléfono 02/700291. Fax 02/70106106.

Países Bajos:

NNI.:

- Nederlands Normatisatie Instituut. Kalfjeslaam 2, Prostbus 5059, 2600 GB Delft. Holanda. Teléfono 015/690390. Fax 015/690190.

CRL:

- Central Research Laboratory for Objects of Art and Science. P.O.Box 75132, 1070 AC Amsterdam, Holanda.

Pakistán:

- Pakistan Standards Institution: Garden Road. Saddar. Karachi 3. Pakistán.

Reino Unido:

- British Standards Institution. Linford Wood. Milton Keynes. MQ14 6LE. Reino Unido.

5

Fichas con las características de los papeles analizados

Como guía de referencia se ha elaborado una ficha de cada uno de los soportes analizados, donde se informa de las características de muchos de los papeles que podemos encontrar en el mercado, y cómo puede variar su permanencia tras la desacidificación. Estas fichas se complementan con los resultados de los análisis reflejados en las Tablas Comparativas A y B. Los datos de las fichas quedan dividido en tres grupos:

PRIMER GRUPO DE DATOS

Hace referencia a las características técnicas que aparecen en los catálogos de fabricantes y distribuidores.

Junto al número asignado (correspondiente al de las tablas comparativas), aparece la *aplicación* o técnica artística para la que ha sido principalmente concebido y otras técnicas a las que puede adecuarse, siempre según criterios del fabricante y distribuidor, recopilados de diferentes catálogos.

La información reunida en el epígrafe de *características* está referida a las propiedades superficiales o externas del papel analizado: si el papel es continuo o artesanal, si tiene o no barbas, filigrana o verjura, el gramaje, grano y color. En *otras posibilidades* se indican, cuando los hay, otros

gramajes, granos y colores en los que puede conseguirse el mismo tipo de papel; estos datos pueden variar en el tiempo, pues se van adaptando a la demanda del mercado.

En *otra información del fabricante* se recogen las propiedades anunciadas por este o por el distribuidor que influyen en la permanencia del papel, así como otros datos de fabricación que pueden ser tenidos en cuenta por el usuario.

SEGUNDO GRUPO DE DATOS

Transcriben, por un lado, los principales resultados de los análisis llevados a cabo para evaluar la permanencia del papel en los papeles sin envejecer (*análisis*) y envejecidos (*envejecimiento*); por otro, indican las propiedades que adquieren los papeles una vez desacidificados (*desacidificación*).

Análisis

— *Acidez (pH)*: Indica la medida de acidez según la extracción acuosa en frío. Recordemos que la acidez es la principal causa de deterioro de los papeles y que para que un papel tenga una permanencia adecuada el límite de pH mínimo debe ser 7,5 y el máximo 10.

— *Reserva (%)*: Refleja el porcentaje de reserva alcalina del papel. Esta «reserva alcalina» podrá contrarrestar daños químicos causados por la acidez; el mínimo adecuado es un 2% del peso de las fibras.

— *N.º Kappa*: Evidencia el contenido de lignina de un papel. La lignina, procedente de la pasta de madera, es una de las causas de deterioro de los papeles modernos; para que el papel sea permanente el número Kappa debe ser menor de 5.

— *Desgarro (mN)*: Es la fuerza media necesaria para desgarrar el papel de la muestra (en ambas direcciones). El papel debe tener una resistencia mínima de 350 mN, o de $[(6 \times \text{gramaje}) - 70]$ cuando tiene un gramaje menor de 70.

— *Índice de desgarro (mNg/m²)*: El índice de desgarro se evalúa teniendo en cuenta el peso del papel por lo que, a diferencia del dato anterior, será similar en papeles del mismo tipo pero distinto gramaje. Para el mínimo indicado podemos tomar la norma ANSI/NISO, que lo determina en 5,25.

– *Gramaje (g/m²)*: Es el peso obtenido en las muestras analizadas. Debería ser similar al anunciado por el fabricante con un error del 4%, o del 8% si el papel pesa más de 224 g/m².

– *Blancura (%)*: Es el porcentaje de blancura del papel en comparación con un patrón 100% blanco; un papel amarillulado puede rondar por el 70%, uno crema por el 60% y uno pardo por el 30%.

Envejecimiento

– *Retención desgarro (%)*: Indica el porcentaje en que se mantiene la resistencia del papel tras del envejecimiento artificial. Se supone que un papel permanente retendrá al menos el 80% de su resistencia inicial al desgarro. Cuando no se han podido demostrar estadísticamente diferencias significativas entre los papeles antes y después de envejecerlos se han señalado con «(n.s.)».

– *Reversión de blancura*: Supone la pérdida de puntos de blancura del papel tras del envejecimiento (si la blancura inicial del papel es 90%, una reversión de 10 indica que la blancura tras el envejecimiento es el 80%; 90-80=10). Una pérdida de 15 puntos es muy apreciable (alto amarilleamiento); a partir de 10 puntos es escasamente perceptible (bajo amarilleamiento).

Desacidificación

Refleja los datos que se obtienen con los papeles desacidificados antes del envejecimiento (*acidez* y *reserva*) y después de éste (*retención desgarro* y *reversión blancura*). La posible mejora de las cualidades del papel deberá ser tenida en cuenta si el artista pretende mejorar las características de algunos soportes aplicando el tratamiento de desacidificación.

TERCER GRUPO DE DATOS

En la *Interpretación de los resultados* anteriores, se determina si el papel cumple o no con los requisitos de la norma ISO 9706 para poder ser considerado permanente (vida de varios cientos de años en ambiente no hostil), su comportamiento tras el envejecimiento acelerado relativo a la resistencia mecánica y, lo más relevante para un papel de uso artístico, el amarilleamiento, sin que en nuestro caso éste implique presencia de luz.

FICHA 1**Principal aplicación:**

Dibujo a lápiz. Carbón, cera, difuminado y grafito.

Otras aplicaciones:

Sanguina, acuarela, sepia y vistre.

Características:

- *Gramaje (g/m²):* 160
- *Color:* Blanco natural
- *Grano:* Superficie regular
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* 2
- *Filigrama:* Sí

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

- Dureza y resistencia al frotamiento.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 8.2
- *Reserva (%):* 4.4
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 7.17
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 1132
- *Gramaje (g/m²):* 157.90
- *Blancura (%):* 85.12

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 98.77 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 13.50

Desacidificación

- *Acidez (pH):* 8.7
- *Reserva (%):* 4.8
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 96.31 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 11.61

Interpretación de resultados:

Papel permanente según ISO 9706.

Pérdida de resistencia inapreciable tras el envejecimiento acelerado.

Amarilleamiento no excesivo, que se corrige levemente al desacidificar.

FICHA 2**Principal aplicación:**

Lápiz, carbón, rotulador y pluma.

Otras aplicaciones:

Croquis, aguadas, tiza, ceras, tinta y témpora.

Características:

- *Gramaje (g/m²):* 180
- *Color:* Blanco
- *Grano:* Fino
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* No
- *Filigrama:* No

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):* 125 y 224
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Sin lignina. Doble encolado.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 7.5
- *Reserva (%):* -0.2
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 7.3
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 1611
- *Gramaje (g/m²):* 220.80
- *Blancura (%):* 83.85

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 64.81
- *Reversión Blancura:* 23.75

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.1
- *Reserva (%):* 0.6
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 98.29 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 11.71

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de reserva alcalina.

Considerable pérdida de resistencia y alto grado de amarilleamiento tras el envejecimiento acelerado.

La desacidificación consigue una pérdida de resistencia inapreciable y un amarilleamiento no excesivo.

FICHA 3**Principal aplicación:**

Lápiz , carbón y pastel.

Otras aplicaciones:

Impresión en tipografía,serigrafía, estampación y offset.

Características:

- *Gramaje (g/m²): 90*
- *Color: Blanco*
- *Grano:*
- Papel continuo (máquina redonda)
- *Verjura: Sí*
- *Barbas: 4*
- *Filigrama: Sí*

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color: gris, crema, hueso y 16 colores*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Papel Ingres. Sin encolado superficial. Fabricación tipo artesanal.

Análisis:

- *Acidez (pH): 8.4*
- *Reserva (%): 1.6*
- *Nº Kappa: <3*
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²): 9.11*
- *Desgarro \bar{x} (mN): 833*
- *Gramaje (g/m²): 91.40*
- *Blancura (%): 80.44*

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%): 92.69*
- *Reversión Blancura: 11.41*

Desacidificación:

- *Acidez (pH): 8.8*
- *Reserva (%): 2.2*
- *Retención Desgarro \bar{x} (%): 98.28(n.s.)*
- *Reversión Blancura: 11.50*

Interpretación de resultados:

Papel casi permanente según ISO 9706, a falta de una mayor reserva alcalina. Pérdida de resistencia escasa tras el envejecimiento, con amarilleamiento no excesivo.

La desacidificación convierte al papel en permanente, haciendo imperceptible la pérdida de resistencia.

FICHA 4**Principal aplicación:**

Lápiz, pastel y carbón.

Otras aplicaciones:

Artes gráficas en general.

Características:

- *Gramaje (g/m²):* 130
- *Color:* Blanco
- *Grano:*
- Papel continuo (máquina redonda)
- *Verjura:* Sí
- *Barbas:* 2/4
- *Filigrana:* No

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:* 14 colores
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Sin encolado superficial. Papel artístico imitación del papel de tina.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 8.2
- *Reserva (%):* 1.6
- *Nº Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 10.94
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 1405
- *Gramaje (g/m²):* 128.40
- *Blancura (%):* 80.97

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 99.96 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 11.47

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.8
- *Reserva (%):* 2
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 98.54 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 11.64

Interpretación de resultados:

Papel casi permanente según ISO 9706, a falta de una mayor reserva alcalina. Pérdida de resistencia inapreciable tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento no excesivo.

La desacidificación lo convierte en permanente según ISO, sin que afecte los resultados de envejecimiento.

FICHA 5**Principal aplicación:**

Lápiz y carbón. Tipografía, offset, serigrafía y estampación.

Otras aplicaciones:

Pastel y acuarela.

Características:

- *Gramaje (g/m²):* 160
- *Color:* Blanco
- *Grano:*
- Papel continuo (máquina redonda)
- *Verjura:* Sí
- *Barbas:* 2
- *Filigrama:* Sí

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):* 90
- *Color:* 19 colores
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Papel Ingres. Colores resistentes a la luz.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 7.7
- *Reserva (%):* 0.3
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 6.02
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 944
- *Gramaje (g/m²):* 156.70
- *Blancura (%):* 72.44

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 99.86
- *Reversión Blancura:* 5.41

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.5
- *Reserva (%):* 0.7
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 95.87
- *Reversión Blancura:* 5.27

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO por carecer de suficiente reserva alcalina. Pérdida de resistencia casi inapreciable tras el envejecimiento acelerado, escaso amarilleamiento.

La desacidificación aumenta ligeramente la reserva alcalina, sin afectar al resto de resultados.

FICHA 6**Principal aplicación:**

Lápiz y carbón.

Otras aplicaciones:

Sanguina, ceras, pastel, vistre y sepia.

Características:

- *Gramaje (g/m²)*: 108
- *Color*: Blanco
- *Grano*: Superficie áspera y regular
- Papel continuo
- *Verjura*: Sí
- *Barbas*: 2
- *Filigrana*: Sí

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²)*: 100 (en color)
- *Color*: 10 colores
- *Grano*:

Otra información del fabricante:

Papel Ingres. Encolado en prensa (*size-press*). Dureza y resistencia al frotamiento. pH>7; sin ácido.

Análisis:

- *Acidez (pH)*: 8
- *Reserva (%)*: 5.3
- *N.^o Kappa*: <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²)*: 8.4
- *Desgarro \bar{x} (mN)*: 902
- *Gramaje (g/m²)*: 107.50
- *Blancura (%)*: 87.27

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%)*: 86.45
- *Reversión Blancura*: 19.91

Desacidificación:

- *Acidez (pH)*: 8.6
- *Reserva (%)*: 5.8
- *Retención Desgarro \bar{x} (%)*: 83.47
- *Reversión Blancura*: 16.66

Interpretación de resultados:

Papel permanente según ISO 9706

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento, elevado amarilleamiento.

La desacidificación disminuye ligeramente el amarilleamiento, situándolo al límite de lo no excesivo.

FICHA 7**Principal aplicación:**

Lápiz, carbón, pastel, sanguina.

Otras aplicaciones:

Impresión.

Características:

- *Gramaje (g/m²):* 90
- *Color:* Blanco
- *Grano:* Alisado
- Papel continuo
- *Verjura:* Sí
- *Barbas:* No
- *Filigrama:* Sí

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):* 75 y 180
- *Color:* 15 colores
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Colores sólidos a la luz; fibras de algodón en la composición.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 5.5
- *Reserva (%):* 0.2
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 8.86
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 813
- *Gramaje (g/m²):* 91.80
- *Blancura (%):* 84.92

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 60.19
- *Reversión Blancura:* 25.26

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.6
- *Reserva (%):* 0.9
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 94.43
- *Reversión Blancura:* 11.90

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por su elevada acidez y consiguiente escasa reserva alcalina.

Gran pérdida de resistencia al desgarro y excesivo amarilleamiento tras el envejecimiento acelerado.

La desacidificación mejora considerablemente sus características y, aunque no se alcanza la suficiente reserva alcalina, la pérdida de resistencia pasa a ser escasa y el amarilleamiento no excesivo.

FICHA 8

Principal aplicación:

Pastel, sanguina, lápiz, tiza y carbón.

Otras aplicaciones:

Acuarela, aguadas, acrílico, serigrafía y témpora.

Características:

- *Gramaje (g/m²):* 160
- *Color:* Blanco
- *Grano:* Grano ligero
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* No
- *Filigrana:* No

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:* 50 colores
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Papel con alta calidad de conservación: libre de ácido, reserva alcalina (pH 8.5), 65% trapo (algodón). Gelatinado, sin blanqueadores, con fungicidas y resistente a la luz. Coloreado en pasta.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 7.8
- *Reserva (%):* 1.4
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 7.4
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 1191
- *Gramaje (g/m²):* 160.80
- *Blancura (%):* 84.58

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 96.91
- *Reversión Blancura:* 21.54

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.2
- *Reserva (%):* 1.9
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 93.82
- *Reversión Blancura:* 15.40

Interpretación de resultados:

Papel casi permanente según ISO 9706, a falta de una mayor reserva alcalina. Casi inapreciable pérdida de resistencia tras el envejecimiento, pero elevado amarilleamiento.

La desacidificación lo convierte en permanente según ISO 9706, y disminuye el amarilleamiento, que pasa a ser no excesivo.

FICHA 9**Principal aplicación:**

Acuarela, acrílico, lápiz, cera, óleo, tipografía y grabados.

Otras aplicaciones:

Serigrafía, carbón y pastel.

Características:

- *Gramaje (g/m²):* 150
- *Color:* Blanco
- *Grano:* Liso
- Papel «a mano»
- *Verjura:* No
- *Barbas:* 4
- *Filitrana:* Sí

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):* 300, 600 y 1000
- *Color:* 5 colores
- *Grano:* Rugoso

Otra información del fabricante:

Buena conservación: libre de ácido, 100% trapo (lino), apresto neutro en masa, tintes sólidos.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 7.1
- *Reserva (%):* 0.2
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 12.81
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 1964
- *Gramaje (g/m²):* 153.30
- *Blancura (%):* 84.80

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 96.76 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 16.41

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.1
- *Reserva (%):* 0.5
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 94.52 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 13.36

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de reserva alcalina, y a falta de un ligero aumento de pH..

Imperceptible pérdida de resistencia tras el envejecimiento, pero alto amarilleamiento.

La desacidificación no eleva suficientemente la reserva alcalina, pero disminuye el amarilleamiento, que pasa a ser no excesivo.

FICHA 10**Principal aplicación:**

Acuarela y témpera.

Otras aplicaciones:

Rotulador y acrílico.

Características:

- *Gramaje (g/m²)*: 240
- *Color*: Blanco
- *Grano*: Grueso
- Papel continuo
- *Verjura*: No
- *Barbas*: 2
- *Filigrama*: Sí

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²)*: 350
- *Color*:
- *Grano*:

Otra información del fabricante:

Libre de ácido. Buen encolado interior y exterior (*size-press*), buena absorción. No altera los colores, conserva la nitidez y luminosidad.

Análisis:

- *Acidez (pH)*: 8.1
- *Reserva (%)*: 1.6
- *Nº Kappa*: <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²)*: 8.57
- *Desgarro \bar{x} (mN)*: 2084
- *Gramaje (g/m²)*: 243.00
- *Blancura (%)*: 94.10

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%)*: 97.59 (n.s.)
- *Reversión Blancura*: 22.44

Desacidificación:

- *Acidez (pH)*: 8.1
- *Reserva (%)*: 2.1
- *Retención Desgarro \bar{x} (%)*: 102.41 (n.s.)
- *Reversión Blancura*: 19.01

Interpretación de resultados:

Papel casi permanente según ISO 9706, a falta de un ligero aumento de reserva alcalina.

Pérdida de resistencia imperceptible tras el envejecimiento acelerado, pero excesivo amarilleamiento.

La desacidificación lo convierte en permanente, disminuyendo un poco el amarilleamiento, sin que deje de ser elevado.

FICHA 11**Principal aplicación:**

Acuarela, dibujo y pintura.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²):* 300
- *Color:* Blanco
- *Grano:* Fino
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* No
- *Filigrama:* Sí

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):* 200 y 250
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Libre de ácido, 50% trapo (algodón).

Análisis:

- *Acidez (pH):* 7.5
- *Reserva (%):* 3.5
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro M (mNg/m²):* 7.04
- *Desgarro M (mN):* 2351
- *Gramaje (g/m²):* 334.10
- *Blancura (%):* 86.70

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro M (%):* 98.00 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 20.10

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.3
- *Reserva (%):* 3.9
- *Retención Desgarro M (%):* 96.83 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 18.84

Interpretación de resultados:

Papel permanente según ISO 9706.

Imperceptible pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, pero elevado amarilleamiento.

La desacidificación disminuye muy ligeramente el amarilleamiento, sin que deje de ser alto.

Por su excesiva fuerza sólo se ha podido determinar la resistencia en la dirección de máquina (M).

FICHA 12**Principal aplicación:**

Aguadas, acuarela, témpera y acrílico.

Otras aplicaciones:

Técnicas en húmedo.

Características:

- *Gramaje (g/m²): 300*
- *Color: Blanco natural*
- *Grano:*
- Papel continuo
- *Verjura: No*
- *Barbas: No*
- *Filigrama: Gofrada*

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²): 185*
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante

Papel con alta calidad de conservación: Libre de ácido, con reserva alcalina (pH 8.5), pasta química blanqueada, sin lignina, sin blanqueantes, con fungicida, resistente a la luz, no amarillea. Fabricado en medio neutro, alta duración.

Análisis:

- *Acidez (pH): 7.7*
- *Reserva (%): 5.3*
- *N.^o Kappa: <3*
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²): 9.91*
- *Desgarro \bar{x} (mN): 2984*
- *Gramaje (g/m²): 300.90*
- *Blancura (%): 85.42*

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%): 97.37 (n.s.)*
- *Reversión Blancura: 12.85*

Desacidificación:

- *Acidez (pH): 8.1*
- *Reserva (%): 5.5*
- *Retención Desgarro \bar{x} (%): 96.96 (n.s.)*
- *Reversión Blancura: 12.26*

Interpretación de resultados:

Papel permanente según ISO 9706.

Pérdida de resistencia imperceptible tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento no excesivo.

La desacidificación apenas modifica sus cualidades.

FICHA 13**Principal aplicación:**

Acuarela y témpora.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²):* 350
- *Color:* Blanco natural
- *Grano:* Medio
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* 2
- *Filigrama:* Sí

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):* 240
- *Color:*
- *Grano:* Fino

Otra información del fabricante:

Libre de ácido, buen encolado interior y exterior (*size press*), buena absorción. No altera los colores, conserva la nitidez y luminosidad.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 8.3
- *Reserva (%):* 5.3
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 10.48
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 3824
- *Gramaje (g/m²):* 364.60
- *Blancura (%):* 89.56

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 86.76
- *Reversión Blancura:* 16.63

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.3
- *Reserva (%):* 5.8
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 95.59 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 16.76

Interpretación de resultados:

Papel permanente según ISO 9706.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento en el límite de lo no excesivo.

La desacidificación hace que la pérdida de resistencia sea imperceptible tras el envejecimiento.

FICHA 14

Principal aplicación:

Acuarela, témpera, acrílico, tinta, óleo y aguadas.

Otras aplicaciones:

Tipografía y offset.

Características:

- *Gramaje (g/m²):* 185
- *Color:* Blanco natural
- *Grano:* Satinado
- Papel continuo (máquina redonda)
- *Verjura:* No
- *Barbas:* 4
- *Filitrana:* Gofrada

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):* 300, 356, 640 y 850
- *Color:*
- *Grano:* Grueso y fino

Otra información del fabricante:

Papel con alta calidad de conservación: sin blanqueantes, con fungicidas, resistente a la luz, no amarillea, sin ácido. Resistente y estable. 100% trapo (algodón), gelatinado y secado al aire. Resistencia en húmedo.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 7.6
- *Reserva (%):* 0.2
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 7.22
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 2072
- *Gramaje (g/m²):* 286.90
- *Blancura (%):* 80.25

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 87.86
- *Reversión Blancura:* 26.96

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8
- *Reserva (%):* 0.5
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 100.26 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 20.17

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de reserva alcalina.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, pero excesivo amarilleamiento.

La desacidificación hace imperceptible la pérdida de resistencia y disminuye ligeramente el amarilleamiento, sin que deje de ser elevado.

FICHA 15**Principal aplicación:**

Acuarela y témpera.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:* Blanco
- *Grano:*
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* No
- *Filigrana:* Gofrada

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:**Análisis:**

- *Acidez (pH):* 7.3
- *Reserva (%):* 2.2
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 7.36
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 1373
- *Gramaje (g/m²):* 186.50
- *Blancura (%):* 84.64

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 94.48
- *Reversión Blancura:* 26.87

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.1
- *Reserva (%):* 2.5
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 94.79 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 18.29

Interpretación de resultados:

Papel permanente según ISO 9706, a falta de un mínimo aumento de pH. Pérdida de resistencia casi imperceptible tras el envejecimiento acelerado, pero excesivo amarilleamiento.

La desacidificación disminuye ligeramente el amarilleamiento, sin que deje de ser elevado, y hace que la pérdida de resistencia sea inapreciable.

FICHA 16**Principal aplicación:**

Acuarela, témpera, dibujo y pintura

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²): 200*
- *Color: Blanco*
- *Grano: Fino*
- Papel continuo
- *Verjura: No*
- *Barbas: No*
- *Filigrama: Sí*

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²): 300*
- *Color:*
- *Grano: Grueso*

Otra información del fabricante:

Libre de ácido, 100% algodón.

Análisis:

- *Acidez (pH): 8*
- *Reserva (%): 3.8*
- *N.^o Kappa: <3*
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²): 7.55*
- *Desgarro \bar{x} (mN): 1525*
- *Gramaje (g/m²): 202.20*
- *Blancura (%): 78.69*

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%): 97.49 (n.s.)*
- *Reversión Blancura: 15.84*

Desacidificación:

- *Acidez (pH): 8.7*
- *Reserva (%): 4.2*
- *Retención Desgarro \bar{x} (%): 97.80 (n.s.)*
- *Reversión Blancura: 13.21*

Interpretación de resultados:

Papel permanente según ISO 9706.

Pérdida de resistencia inapreciable tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento limitando lo no excesivo.

La desacidificación disminuye el grado de amarilleamiento haciéndolo pasar a la categoría de no elevado.

FICHA 17**Principal aplicación:**

Acuarela y grabado.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:* Blanco
- *Grano:* Grueso
- Papel «a mano»
- *Verjura:* No
- *Barbas:* 4
- *Filigrama:* Sí

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:**Análisis:**

- *Acidez (pH):* 6.8
- *Reserva (%):* 0.1
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 8.68
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 2665
- *Gramaje (g/m²):* 306.90
- *Blancura (%):* 84.99

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 94.06 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 12.34

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.2
- *Reserva (%):* 0.3
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 99.91 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 12.33

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706, por carecer de reserva alcalina y a falta de un ligero aumento de pH.

Pérdida imperceptible de resistencia tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento no excesivo.

La desacidificación disminuye la acidez haciéndola adecuada, pero apenas afecta al resto de resultados.

FICHA 18**Principal aplicación:**

Acrílico y dibujo artístico.

Otras aplicaciones:

Lápiz y tinta.

Características:

- *Gramaje (g/m²):* 250
- *Color:* Blanco
- *Grano:*
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* No
- *Filigrama:* Gofrada

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

100% celulosa. Resistente al borrado.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 6.4
- *Reserva (%):* 0.1
- *N.^o Kappa:* 4,1<5
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 6.93
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 1701
- *Gramaje (g/m²):* 245.50
- *Blancura (%):* 80.23

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 89.71
- *Reversión Blancura:* 22.18

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.1
- *Reserva (%):* 0.5
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 96.98
- *Reversión Blancura:* 17.74

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706, a falta de reserva alcalina y de un aumento de pH.

Pérdida de resistencia escasa tras el envejecimiento acelerado, excesivo amarilleamiento.

La desacidificación corrige la acidez, pero no modifica suficientemente la reserva alcalina; aun así la pérdida de resistencia tras el envejecimiento se hace casi imperceptible y el amarilleamiento disminuye, sin que deje de ser elevado.

FICHA 19**Principal aplicación:**

Tinta, estilográfica, aguadas y acrílico.

Otras aplicaciones:

Lápiz, cera, pastel, rotulador, acuarela, témpora y óleo.

Características:

- *Gramaje (g/m²)*: 250
- *Color*: Blanco amarillado
- *Grano*: Satinado, superficie regular
- Papel continuo
- *Verjura*: No
- *Barbas*: No
- *Filigrama*: Gofrada

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²)*: 190
- *Color*:
- *Grano*: Alisado

Otra información del fabricante:

Dureza superficial. Encolado intenso, interior y exterior.

Análisis

- *Acidez (pH)*: 5.2
- *Reserva (%)*: 0.1
- *Nº Kappa*: <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²)*: 7.08
- *Desgarro \bar{x} (mN)*: 1715
- *Gramaje (g/m²)*: 242.30
- *Blancura (%)*: 85.79

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%)*: 80.12
- *Reversión Blancura*: 21.32

Desacidificación:

- *Acidez (pH)*: 7.7
- *Reserva (%)*: 0.5
- *Retención Desgarro \bar{x} (%)*: 100.23 (n.s.)
- *Reversión Blancura*: 13.72

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706, por exceso de acidez, con la consiguiente falta de reserva alcalina.

Pérdida de resistencia baja tras el envejecimiento acelerado, elevado amarilleamiento.

La desacidificación elimina la acidez, hace imperceptible la pérdida de resistencia y convierte el amarilleamiento en no excesivo.

FICHA 20**Principal aplicación:**

Acrílico y dibujo artístico.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:* Blanco
- *Grano:* Liso
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* No
- *Filigrama:* Gofrada

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:**Análisis:**

- *Acidez (pH):* 7.9
- *Reserva (%):* -0.1
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 6.56
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 1677
- *Gramaje (g/m²):* 255.50
- *Blancura (%):* 86.53

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 69.88
- *Reversión Blancura:* 24.73

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.1
- *Reserva (%):* 0.7
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 90.53
- *Reversión Blancura:* 16.04

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO por carecer de reserva alcalina.

Apreciable pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, elevado amarilleamiento.

La desacidificación hace que la pérdida de resistencia sea casi imperceptible y disminuye el amarilleamiento, situándolo en el límite de lo no excesivo.

FICHA 21**Principal aplicación:**

Pluma, estilográfica y aerógrafo.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:* Blanco
- *Grano:* Satinado-liso
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* No
- *Filigrama:* Gofrada

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:*
- *Grano:* Alisado

Otra información del fabricante:**Análisis:**

- *Acidez (pH):* 5.9
- *Reserva (%):* 0
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 6.46
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 1869
- *Gramaje (g/m²):* 289.20
- *Blancura (%):* 87.44

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 87.99
- *Reversión Blancura:* 27.70

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 7.8
- *Reserva (%):* 0.5
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 98.88 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 17.85

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por excesiva acidez, con la consiguiente ausencia de reserva alcalina.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, pero excesivo amarilleamiento.

La desacidificación corrige el exceso de acidez, hace que la pérdida de resistencia sea imperceptible y disminuye el amarilleamiento, sin que deje de ser elevado.

FICHA 22**Principal aplicación:**

Grabado, estampación e impresión.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²): 250*
- *Color:* Ligeramente amarillulado
- *Grano:* Superficie alisada
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* 4
- *Filigrana:* Sí

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Encolado.

Análisis:

- *Acidez (pH): 5.4*
- *Reserva (%): -0.2*
- *Nº Kappa: <3*
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²): 9.7*
- *Desgarro \bar{x} (mN): 2244*
- *Gramaje (g/m²): 231.40*
- *Blancura (%): 81.30*

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%): 71.85*
- *Reversión Blancura: 13.86*

Desacidificación:

- *Acidez (pH): 7.6*
- *Reserva (%): 0.5*
- *Retención Desgarro \bar{x} (%): 103.44 (n.s.)*
- *Reversión Blancura: 4.90*

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por exceso de acidez, con la consiguiente ausencia de reserva alcalina.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento no excesivo.

La desacidificación corrige el exceso de acidez, pero no eleva suficientemente la reserva alcalina; la pérdida de resistencia se hace imperceptible y disminuye el amarilleamiento, que pasa a ser escaso.

FICHA 23**Principal aplicación:**

Grabado, estampación e impresión.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²):* 250
- *Color:* Blanco natural
- *Grano:* Rugoso
- Papel continuo (máquina redonda)
- *Verjura:* No
- *Barbas:* 4
- *Filigrama:* Sí

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):* 160
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

50% algodón, encolado, pH>7; sin ácido.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 7.6
- *Reserva (%):* 1
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 9.17
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 1850
- *Gramaje (g/m²):* 258.10
- *Blancura (%):* 94.02

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 95.84 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 9.75

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.2
- *Reserva (%):* 3.2
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 96.18 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 8.15

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706, por carecer de suficiente reserva alcalina.

Pérdida de resistencia imperceptible tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento en el límite de lo aceptable.

La desacidificación lo convierte en permanente según ISO 9706, y disminuye muy ligeramente el amarilleamiento.

FICHA 24

Principal aplicación:

Grabado, calcografía e impresión.

Otras aplicaciones:

Características:

- *Gramaje (g/m²):* 250
- *Color:* Blanco natural amarillento
- *Grano:* Rugoso
- Papel continuo (máquina redonda)
- *Verjura:* No
- *Barbas:* 4
- *Filigrana:* Sí

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

50% algodón, encolado, pH >7; sin ácido.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 8.5
- *Reserva (%):* 3.8
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 6.3
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 1584
- *Gramaje (g/m²):* 251.20
- *Blancura (%):* 73.59

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 95.64
- *Reversión Blancura:* 3.75

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.7
- *Reserva (%):* 4.6
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 95.08
- *Reversión Blancura:* 2.67

Interpretación de resultados:

Papel permanente según ISO 9706.

Excelentes propiedades tras el envejecimiento acelerado: pérdida de resistencia casi imperceptible y escaso amarilleamiento.

La desacidificación disminuye ligeramente el amarilleamiento.

FICHA 25**Principal aplicación:**

Grabado y estampación.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:* Marfil
- *Grano:*
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* No
- *Filigrama:* No

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:**Análisis:**

- *Acidez (pH):* 7.3
- *Reserva (%):* 0.6
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 9.08
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 2301
- *Gramaje (g/m²):* 253.40
- *Blancura (%):* 77.64

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 99.95 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 15.70

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.4
- *Reserva (%):* 0.8
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 98.38 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 11.07

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de reserva alcalina y a falta de un ligero aumento de pH.

Pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado imperceptible, pero bordea el límite del alto amarilleamiento. La desacidificación no logra aumentar suficientemente la reserva alcalina para considerarlo permanente, pero disminuye el amarilleamiento haciéndolo no excesivo.

FICHA 26**Principal aplicación:**

Impresión artística: litografía, xilografía, calcografía, serigrafía, linóleo y fototipia.

Otras aplicaciones:

Dibujo y gofrado.

Características:

- *Gramaje (g/m²)*: 280
- *Color*: Blanco
- *Grano*: Ligero satinado
- Papel continuo, máquina redonda
- *Verjura*: No
- *Barbas*: 4
- *Filigrama*: Sí: ∞

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²)*: 180, 210, 250, 270 y 300
- *Color*: Crema, gris y tostado
- *Grano*:

Otra información del fabricante:

Papel con alta calidad de conservación. Fabricado en medio neutro, libre de ácido, con reserva alcalina (pH 8.5), 100% trapos (algodón), sin blanqueantes, resistente a la luz. Poco encolado; encolado en masa.

Análisis:

- *Acidez (pH)*: 7
- *Reserva (%)*: 0.7
- *N.^o Kappa*: <3
- *Índice de Desgarro x̄ (mNg/m²)*: 7.5
- *Desgarro x̄ (mN)*: 1783
- *Gramaje (g/m²)*: 237.50
- *Blancura (%)*: 84.83

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro x̄ (%)*: 91.37
- *Reversión Blancura*: 18.58

Desacidificación:

- *Acidez (pH)*: 7.4
- *Reserva (%)*: 0.9
- *Retención Desgarro x̄ (%)*: 99.95 (n.s.)
- *Reversión Blancura*: 13.98

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706, por carecer de suficiente reserva alcalina y a falta de un ligero aumento de pH.

Pérdida de resistencia escasa tras el envejecimiento acelerado con alto amarilleamiento. La desacidificación no consigue elevar suficientemente la reserva alcalina para hacerlo permanente según ISO, pero hace imperceptible la pérdida de resistencia tras el envejecimiento y que el amarilleamiento pase a ser no excesivo.

FICHA 27**Principal aplicación:**

Estampación: xilografía, tipografía, linóleo y talla dulce.

Otras aplicaciones:

Dibujo y gofrado.

Características:

- *Gramaje (g/m²):* 240
- *Color:* Blanco
- *Grano:* Suave
- Papel continuo, máquina redonda
- *Verjura:* No
- *Barbas:* 4
- *Filigrama:* Sí: ∞

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):* 125
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Papel con alta calidad de conservación . Fabricado en medio neutro, libre de ácido, con reserva alcalina (pH 8.5), 75% algodón (trapos) y 25% esparto, resistente a la luz. Sin blanqueantes ópticos.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 6.8
- *Reserva (%):* 0.5
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 7.19
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 1665
- *Gramaje (g/m²):* 231.50
- *Blancura (%):* 84.28

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 93.34
- *Reversión Blancura:* 12.51

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.1
- *Reserva (%):* 0.7
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 101.44 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 8.96

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706, a falta de suficiente reserva alcalina y de un ligero aumento de pH.

Pérdida de resistencia casi imperceptible tras el envejecimiento acelerado y amarilleamiento no excesivo.

La desacidificación no aumenta suficientemente la reserva alcalina para hacerlo permanente, pero disminuye el amarilleamiento haciéndolo pasar a aceptable y hace que la pérdida de resistencia sea inapreciable.

FICHA 28**Principal aplicación:**

Litografía, calcografía, serigrafía, linoleo, fototipia, tipografía y offset.

Otras aplicaciones:

Dibujo, impresión artística y gofrado.

Características:

- *Gramaje (g/m²):* 250
- *Color:* Blanco
- *Grano:* Pronunciado
- Papel continuo, máquina redonda
- *Verjura:* No
- *Barbas:* 4
- *Filigrana:* Sí: ∞

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):* 160, 200, 270, 300 y 400
- *Color:* Crema y negro
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Papel con alta calidad de conservación. Fabricado en medio neutro, libre de ácido, con reserva alcalina (pH 8.5), 100% trapo (algodón), sin blanqueantes, resistente a la luz. Encolado en masa.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 7
- *Reserva (%):* 0.3
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro x̄ (mNg/m²):* 8.18
- *Desgarro x̄ (mN):* 1998
- *Gramaje (g/m²):* 244.20
- *Blancura (%):* 77.00

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro x̄ (%):* 92.95
- *Reversión Blancura:* 18.31

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.3
- *Reserva (%):* 0.7
- *Retención Desgarro x̄ (%):* 95.93
- *Reversión Blancura:* 13.28

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 a falta de suficiente reserva alcalina y de un ligero aumento de pH.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado pero elevado amarilleamiento.

La desacidificación no logra aumentar lo suficiente la reserva alcalina, pero disminuye ligeramente la pérdida de resistencia y hace que el amarilleamiento sea no excesivo.

FICHA 29**Principal aplicación:**

Serigrafía.

Otras aplicaciones:

Talla dulce.

Características:

- *Gramaje (g/m²):* 300
- *Color:* Blanco
- *Grano:* Satinado-suave
- Papel continuo, máquina redonda
- *Verjura:* No
- *Barbas:* 4
- *Filigrama:* Sí

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):* 350
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Fabricado en medio neutro, libre de ácido, con reserva alcalina (pH 8.5), 100% trapo (algodón), sin apresto, sin blanqueantes, con fungicidas, resistente a la luz. Superficie blanda y aterciopelada.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 7.6
- *Reserva (%):* 0
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 5.72
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 1719
- *Gramaje (g/m²):* 300.60
- *Blancura (%):* 87.57

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 99.65 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 6.76

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.3
- *Reserva (%):* 0.4
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 104.05 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 6.34

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de reserva alcalina.

Excelentes resultados tras envejecimiento acelerado: pérdida de resistencia imperceptible y bajo amarilleamiento. La desacidificación no logra elevar suficientemente la reserva alcalina según ISO.

FICHA 30**Principal aplicación:**

Lápiz y tinta.

Otras aplicaciones:

Rotulador.

Características:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:* Transparente
- *Grano:* Superficie mateada y uniforme
- Lámina sin fibras: Poliéster
- *Verjura:* No
- *Barbas:* No
- *Filigrama:* No

Otras posibilidades:

- *Espesor:* 36, 50 y 75 (micras)
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Gran resistencia al envejecimiento, estabilidad dimensional.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 6.3
- *Reserva (%):* 0
- *Nº Kappa:* ...
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 5.19
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 465
- *Gramaje (g/m²):* 89.50
- *Blancura (%):* 71.77

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* ...
- *Reversión Blancura:* ...

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* ...
- *Reserva (%):* ...
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* ...
- *Reversión Blancura:* ...

Interpretación de resultados:

Sus características no se adaptan a la evaluación de permanencia efectuada (soporte sintético).

Según ISO 9706 carece de reserva alcalina y tiene un bajo pH.

No se ha efectuado envejecimiento acelerado.

FICHA 31**Principal aplicación:**

Lápiz y tinta.

Otras aplicaciones:

Rotulador.

Características:

- *Gramaje (g/m²)*: 110
- *Color*: Transparente
- *Grano*: Satinado regular
- Papel continuo
- *Verjura*: No
- *Barbas*: No
- *Filigrama*: No

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²)*: 50, 60, 70, 80, 90, 145 y 185
- *Color*:
- *Grano*:

Otra información del fabricante:

«Papel vegetal». Dureza superficial e interna, resistencia al envejecimiento, nitidez al trasluz.

Análisis:

- *Acidez (pH)*: 5.3
- *Reserva (%)*: -0.1
- *N.^o Kappa*: <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²)*: 4.10
- *Desgarro \bar{x} (mN)*: 447
- *Gramaje (g/m²)*: 109.00
- *Blancura (%)*: 57.32

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%)*: 83.19
- *Reversión Blancura*: 33.97

Desacidificación:

- *Acidez (pH)*: 8.3
- *Reserva (%)*: 0.7
- *Retención Desgarro \bar{x} (%)*: 113.18 (n.s.)
- *Reversión Blancura*: 21.75

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por elevada acidez, con la siguiente ausencia de reserva alcalina.

Baja pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, pero amarilleamiento muy elevado.

La desacidificación adecua el grado de acidez pero no logra elevar suficientemente la reserva alcalina, hace que la pérdida de resistencia sea imperceptible y disminuye el amarilleamiento sin que deje de ser excesivo.

FICHA 32**Principal aplicación:**

Lápiz, carbón y ceras.

Otras aplicaciones:

Sanguina, vistre, sepia, pastel, tinta, rotulador, acuarela y aguadas.

Características:

- *Gramaje (g/m²):* 170
- *Color:* Ligero amarillado.
- *Grano:* Alisado
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* No
- *Filitrana:* Gofrada

Otras posibilidades:

- • *Gramaje (g/m²):*
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Buen encolado.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 5.6
- *Reserva (%):* 0
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro x (mNg/m²):* 9.72
- *Desgarro x (mN):* 1658
- *Gramaje (g/m²):* 170.50
- *Blancura (%):* 87.96

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro x (%):* 74.35
- *Reversión Blancura:* 21.41

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 7.8
- *Reserva (%):* 0.7
- *Retención Desgarro x (%):* 98.26 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 12.53

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por elevada acidez, con la consiguiente ausencia de reserva alcalina.

Apreciable pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado y excesivo amarilleamiento.

La desacidificación corrige la acidez pero no logra elevar suficientemente la reserva alcalina, hace que la pérdida de resistencia sea imperceptible y disminuye el amarilleamiento convirtiéndolo en no excesivo.

FICHA 33**Principal aplicación:**

Lápiz, ceras, acuarela y témpera.

Otras aplicaciones:

Carbón, sanguina, vistre, sepia, pastel, tinta, rotulador y acrílico.

Características:

- *Gramaje (g/m²):* 130
- *Color:* Blanco natural
- *Grano:* Alisado
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* No
- *Filigrama:* Gofrada

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):* 370
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Buen encolado, dureza superficial .

Análisis:

- *Acidez (pH):* 7.7
- *Reserva (%):* 1
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro x̄ (mNg/m²):* 8.3
- *Desgarro x̄ (mN):* 1063
- *Gramaje (g/m²):* 128.20
- *Blancura (%):* 88.75

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro x̄ (%):* 88.00
- *Reversión Blancura:* 17.55

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 7.9
- *Reserva (%):* 1
- *Retención Desgarro x̄ (%):* 94.29
- *Reversión Blancura:* 12.75

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de suficiente reserva alcalina.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento elevado.

La desacidificación disminuye la pérdida de resistencia y convierte el amarilleamiento en no excesivo.

FICHA 34**Principal aplicación:**

Tinta y aguadas.

Otras aplicaciones:

Ceras, pastel y rotulador.

Características:

- *Gramaje (g/m²):* 175
- *Color:* Blanco azulado
- *Grano:* Regular, muy satinado
- Papel continuo
- Verjura: No
- Barbas: No
- Filigrana: Sí

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):* 150
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Encolado intenso interior y exterior, muy compacto, dureza superficial e interna.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 4.8
- *Reserva (%):* -0.1
- *Nº Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro x (mNg/m²):* 7.53
- *Desgarro x (mN):* 1314
- *Gramaje (g/m²):* 174.50
- *Blancura (%):* 87.50

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro x (%):* 69.44
- *Reversión Blancura:* 25.77

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8
- *Reserva (%):* 0.6
- *Retención Desgarro x (%):* 99.65 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 10.44

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por exceso de acidez, con la consiguiente ausencia de reserva alcalina.

Apreciable pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, elevado amarilleamiento.

La desacidificación elimina la acidez, pero no aumenta suficientemente la reserva alcalina. Hace que la pérdida de resistencia sea imperceptible y el amarilleamiento casi aceptable.

FICHA 35**Principal aplicación:**

Lápiz, tinta y rotulador.

Otras aplicaciones:

Carbón, sanguina, vistre, sepia, cera, pastel, aguada y acrílico.

Características:

- Gramaje (g/m^2): 246
- Color: Blanco
- Grano: Satinado
- Papel continuo
- Verjura: No
- Barbas: No
- Filigrana: No

Otras posibilidades:

- Gramaje (g/m^2): 180, 200, 225 y 308
- Color:
- Grano:

Otra información del fabricante:

Cartulina

Análisis:

- Acidez (pH): 6.2
- Reserva (%): 0.2
- N.^o Kappa: <3
- Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m^2): 9.38
- Desgarro \bar{x} (mN): 2386
- Gramaje (g/m^2): 254.30
- Blancura (%): 93.42

Envejecimiento:

- Retención Desgarro \bar{x} (%): 90.74
- Reversión Blancura: 19.69

Desacidificación:

- Acidez (pH): 7.5
- Reserva (%): 1.2
- Retención Desgarro \bar{x} (%): 100.26 (n.s.)
- Reversión Blancura: 11.63

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por excesiva acidez, con la consiguiente ausencia de reserva alcalina.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, pero elevado amarilleamiento.

La desacidificación corrige la acidez pero no aumenta lo suficiente la reserva alcalina, hace que la pérdida de resistencia sea imperceptible y que el amarilleamiento pase a no excesivo.

FICHA 36**Principal aplicación:****Otras aplicaciones:****Características:**

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:* Blanco
- *Grano:*
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* No
- *Filigrana:* No

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Papel ecológico. Libre de ácido.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 9.4
- *Reserva (%):* 19
- *N.^o Kappa:* >7
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 7.05
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 673
- *Gramaje (g/m²):* 95.50
- *Blancura (%):* 80.44

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 99.77 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 12.63

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 9
- *Reserva(%):* 20.8
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 100.39 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 10.35

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por exceso de lignina. Se hace notar la elevada reserva alcalina.

Pérdida de resistencia tras el envejecimiento inapreciable, amarilleamiento no excesivo.

La desacidificación disminuye ligeramente el amarilleamiento, situándolo en el límite de lo aceptable.

FICHA 37**Principal aplicación:**

Acuarela.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²)*: 290
- *Color*: Blanco
- *Grano*: Semifino
- Papel continuo
- *Verjura*: No
- *Barbas*: 4
- *Filitrana*: Sí

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²)*: 400
- *Color*:
- *Grano*: Liso y rugoso

Otra información del fabricante:

100% trapo.

Análisis:

- *Acidez (pH)*: 6.2
- *Reserva (%)*: 0.1
- *N.^o Kappa*: <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²)*: 8.07
- *Desgarro \bar{x} (mN)*: 2423
- *Gramaje (g/m²)*: 300.30
- *Blancura (%)*: 89.47

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%)*: 84.92
- *Reversión Blancura*: 10.81

Desacidificación:

- *Acidez (pH)*: 7.7
- *Reserva (%)*: 0.1
- *Retención Desgarro \bar{x} (%)*: 88.10
- *Reversión Blancura*: 7.75

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por su acidez y falta de reserva alcalina.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento no excesivo.

La desacidificación corrige la acidez pero no logra elevar suficientemente la reserva alcalina. Convierte el amarilleamiento en aceptable.

FICHA 38**Principal aplicación:**

Pastel, lápiz, tiza, carbón, témpera, acuarela, acrílico y serigrafía.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²):* 170
- *Color:* Blanco
- *Grano:*
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* No
- *Filitrana:* No

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:* 35 colores
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Con trapo

Análisis:

- *Acidez (pH):* 8.3
- *Reserva (%):* 1.2
- *Nº Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 5.53
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 951
- *Gramaje (g/m²):* 168.70
- *Blancura (%):* 89.92

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 100.03 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 20.70

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.7
- *Reserva (%):* 1.5
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 98.22 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 21.20

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de suficiente reserva alcalina.

Pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado imperceptible, pero excesivo amarilleamiento.

La desacidificación no logra elevar suficientemente la reserva alcalina ni influye en el resto de resultados.

FICHA 39**Principal aplicación:**

Dibujo.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²):* 160
- *Color:* Blanco
- *Grano:* Fino
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* No
- *Filigrama:* No

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):* 200 y 120
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Muy económico. Resistente al rascado

Análisis:

- *Acidez (pH):* 5.8
- *Reserva (%):* -0.1
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 7.4
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 1178
- *Gramaje (g/m²):* 159.10
- *Blancura (%):* 88.51

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 71.51
- *Reversión Blancura:* 24.19

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 7.7
- *Reserva (%):* 0.7
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 98.59 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 11.56

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por exceso de acidez, con la siguiente ausencia de reserva alcalina.

Apreciable pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, excesivo amarilleamiento.

La desacidificación corrige la acidez pero no logra elevar suficientemente la reserva alcalina; hace que la pérdida de resistencia sea imperceptible y el amarilleamiento no excesivo.

FICHA 40**Principal aplicación:**

Litografía y dibujo.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²):* 230
- *Color:* Blanco
- *Grano:* Liso
- Papel continuo
- *Verjura:* Sí
- *Barbas:* 2
- *Filigrana:* No

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:* Gris chamois
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Libre de ácido, de celulosa. Muy fuerte.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 7.4
- *Reserva (%):* 1.5
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 13.05
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 2991
- *Gramaje (g/m²):* 229.30
- *Blancura (%):* 86.12

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 85.01
- *Reversión Blancura:* 12.18

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 7.5
- *Reserva (%):* 1.8
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 100.69 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 12.24

Interpretación de resultados:

Papel casi permanente según ISO 9706, a falta de un ligero aumento de reserva alcalina.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento, amarilleamiento no excesivo.

La desacidificación eleva la reserva alcalina hasta situarla en el límite de lo admisible según ISO 9706 y hace que la pérdida de resistencia sea imperceptible.

FICHA 41**Principal aplicación:**

Lápiz, acuarela y témpera.

Otras aplicaciones:

Impresión.

Características:

- *Gramaje (g/m²):* 85
- *Color:* Blanco mate
- *Grano:*
- Papel continuo
- *Verjura:* Sí
- *Barbas:* 4
- *Filigrama:* No

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Papel Japón. Encolado con almidón por una cara.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 4.6
- *Reserva (%):* -0.3
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 18.84
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 1458
- *Gramaje (g/m²):* 77.40
- *Blancura (%):* 82.56

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 47.79
- *Reversión Blancura:* 38.23

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.7
- *Reserva (%):* 0.8
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 92.19
- *Reversión Blancura:* 10.82

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por exceso de acidez, con la siguiente ausencia de reserva alcalina.

Excesivo amarilleamiento y pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado.

La desacidificación corrige la acidez pero no aumenta suficientemente la reserva alcalina; hace que la pérdida de resistencia sea casi imperceptible y que el amarilleamiento pase a ser no excesivo.

FICHA 42**Principal aplicación:**

Pastel, tiza, sanguina y linoleo.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²):* 71
- *Color:* Blanco
- *Grano:*
- Papel continuo
- *Verjura:* Sí
- *Barbas:* 4
- *Filigrana:* No

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:* Blanco
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Papel Japón. Fibras largas.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 7.4
- *Reserva (%):* 0.2
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro M (mNg/m²):* 40.81
- *Desgarro M (mN):* 2551
- *Gramaje (g/m²):* 62.50
- *Blancura (%):* 78.94

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro M (%):* 82.00
- *Reversión Blancura:* 17.11

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.9
- *Reserva (%):* 1.1
- *Retención Desgarro M (%):* 97.23 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 13.65

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de reserva alcalina.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, elevado amarilleamiento.

La desacidificación no ha aumentado lo suficiente la reserva alcalina para poder considerarlo permanente según ISO, pero la pérdida de resistencia se ha hecho imperceptible y el amarilleamiento no excesivo.

El exceso de resistencia de este papel ha impedido su medida en sentido transversal, por lo que sólo aparece la resistencia en el sentido de la máquina (M).

FICHA 43**Principal aplicación:**

Xilográfia, linóleo, buril. Reparación de encuadernación.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²):* 33
- *Color:* Marfil
- *Grano:*
- Papel continuo
- *Verjura:* Sí
- *Barbas:* 2
- *Filigrama:* No

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Papel Japón con alta calidad de conservación. Libre de ácido (pH 6.8), 50% kozo, sin blanqueantes, resistente a la luz, no amarillea. No encolado, fibras largas.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 6.8
- *Reserva (%):* 0.2
- *N.^o Kappa:* >7
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 26.85
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 677
- *Gramaje (g/m²):* 25.20
- *Blancura (%):* 53.77

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 87.34
- *Reversión Blancura:* 9.12

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 9
- *Reserva (%):* 1.6
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 93.87
- *Reversión Blancura:* 7.03

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por exceso de lignina, ausencia de reserva alcalina y a falta de un ligero aumento de pH.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento y amarilleamiento aceptable. La desacidificación corrige la acidez y eleva considerablemente la reserva alcalina, casi logrando un grado óptimo; disminuye la pérdida de resistencia y el amarilleamiento.

FICHA 44**Principal aplicación:**

Acuarela y grabado.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²):* 190
- *Color:* Pardo
- *Grano:* Grueso
- Papel "a mano"
- *Verjura:* No
- *Barbas:* 4
- *Filigrana:* No

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:*
- *Grano:* Fino

Otra información del fabricante:

Fibras de yute. Encolado en masa.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 7.6
- *Reserva (%):* 2.3
- *N.^o Kappa:* >7
- *Índice de Desgarro x̄ (mNg/m²):* 11.69
- *Desgarro x̄ (mN):* 2352
- *Gramaje (g/m²):* 201.10
- *Blancura (%):* 30.86

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro x̄ (%):* 87.52
- *Reversión Blancura:* 1.35

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8
- *Reserva (%):* 2.6
- *Retención Desgarro x̄ (%):* 88.19
- *Reversión Blancura:* 1.54

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por exceso de lignina.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado y muy escaso amarilleamiento.

La desacidificación eleva ligeramente el pH, pero sin afectar al resto de resultados.

FICHA 45**Principal aplicación:**

Dibujo técnico.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²):* 80
- *Color:* Blanco translúcido
- *Grano:*
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* No
- *Filigrama:* Sí

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):* Varios
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:**Análisis:**

- *Acidez (pH):* 4.2
- *Reserva (%):* 0.1
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 5.75
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 459
- *Gramaje (g/m²):* 79.90
- *Blancura (%):* 90.62

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 93.10
- *Reversión Blancura:* 19.10

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 9.3
- *Reserva (%):* 1
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 111.98
- *Reversión Blancura:* 17.20

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por exceso de acidez, con la consiguiente ausencia de reserva alcalina.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, excesivo amarilleamiento.

La desacidificación mejora considerablemente las características químicas, pero no logra elevar lo suficiente la reserva alcalina. Hace que aumente la resistencia tras el envejecimiento hasta superar, incluso, la resistencia inicial y disminuye ligeramente el amarilleamiento, aunque sin que deje de ser elevado.

FICHA 46**Principal aplicación:**

Envoltorios.

Otras aplicaciones:

Lápiz, carbón, sanguina, tiza, ceras y pastel.

Características:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:* Pardo
- *Grano:*
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* NO
- *Filigrama:* No

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Papel *kraft*.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 6.9
- *Reserva (%):* 0.2
- *N.^o Kappa:* >7
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 13.47
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 1866
- *Gramaje (g/m²):* 138.50
- *Blancura (%):* 30.37

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 77.76
- *Reversión Blancura:* 5.99

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 7.8
- *Reserva (%):* 0.9
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 97.35 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 0.40 (n.s.)

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por exceso de lignina, ausencia de reserva alcalina y a falta de un ligero aumento de pH. Apreciable pérdida de resistencia tras el envejecimiento pero amarilleamiento aceptable.

La desacidificación corrige la acidez y eleva la reserva alcalina, aunque sin que ésta llegue a ser óptima; hace que el amarilleamiento y la pérdida de resistencia sean imperceptibles tras el envejecimiento.

FICHA 47**Principal aplicación:**

Dibujo.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:* Grisaceo
- *Grano:* Liso
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* No
- *Filigrama:* No

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Papel reciclado.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 8.5
- *Reserva (%):* 21
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 7.08
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 1054
- *Gramaje (g/m²):* 148.70
- *Blancura (%):* 76.13

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 91.81
- *Reversión Blancura:* 18.34

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.3
- *Reserva (%):* 22.1
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 86.42
- *Reversión Blancura:* 5.50

Interpretación de resultados:

Papel permanente según ISO 9706. Nótese el exceso de reserva alcalina. Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado pero excesivo amarilleamiento.

La desacidificación disminuye ligeramente la resistencia tras el envejecimiento y consigue que el amarilleamiento sea aceptable.

FICHA 48**Principal aplicación:**

Pintura con técnicas al agua, impresión y estampación, diseño gráfico.

Otras aplicaciones:

Serigrafía, tinta china y ceras.

Características:

- *Gramaje (g/m²): 165*
- *Color: Blanco*
- *Grano:*
- Papel «a mano»
- *Verjura: No*
- *Barbas: 4*
- *Filitrana: No*

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²): 200*
- *Color: 13 colores*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

Fabricado con papel usado; fibras recicladas no sometidas a procesos químicos importantes, como el blanqueo o el desentintado, colas sintéticas, cargas minerales y colorantes orgánicos y sintéticos. Celulosa desinfectada con hipoclorito sódico al 3%. Sin blancos ópticos. Control de pH en el proceso de fabricación (neutro).

Análisis:

- *Acidez (pH): 7.7*
- *Reserva (%): 1.5*
- *Nº Kappa: 4<5*
- *Índice de Desgarro \dot{x} (mNg/m²): 6.49*
- *Desgarro \dot{x} (mN): 1314*
- *Gramaje (g/m²): 202.40*
- *Blancura (%): 73.43*

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \dot{x} (%): 84.17*
- *Reversión Blancura: 28.33*

Desacidificación:

- *Acidez (pH): 8*
- *Reserva (%): 2.1*
- *Retención Desgarro \dot{x} (%): 90.96*
- *Reversión Blancura: 26.98*

Interpretación de resultados:

Papel casi permanente según ISO 9706, a falta de un ligero aumento de reserva alcalina.

Escasa pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, pero amarilleamiento muy elevado.

La desacidificación consigue hacer permanente el papel según ISO y disminuye ligeramente la pérdida de resistencia y el amarilleamiento.

FICHA 49**Principal aplicación:**

Dibujo técnico.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje* (g/m^2): 90
- *Color*: Blanco
- *Grano*: Satinado
- Lámina sin fibras
- *Verjura*: No
- *Barbas*: No
- *Filigrama*: No

Otras posibilidades:

- *Gramaje* (g/m^2): 110, 170 y 200
- *Color*:
- *Grano*:

Otra información del fabricante:

Sintético

Análisis:

- *Acidez (pH)*: 8
- *Reserva (%)*: 11.1
- *N.º Kappa*: ---
- *Índice de Desgarro x* (mNg/m^2): 5.27
- *Desgarro x* (mN): 488
- *Gramaje* (g/m^2): 92.60
- *Blancura (%)*: 83.90

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro x (%)*: ---
- *Reversión Blancura*: ---

Desacidificación:

- *Acidez (pH)*: ---
- *Reserva (%)*: ---
- *Retención Desgarro x (%)*: ---
- *Reversión Blancura*: ---

Interpretación de resultados:

Sus características no se adaptan a la evaluación de permanencia efectuada (soporte sintético).

Según ISO 9706 podría considerarse permanente a falta de la evaluación del número Kappa.

No se ha realizado envejecimiento acelerado.

FICHA 50**Principal aplicación:**

Conservación, como papel barrera.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:* Blanco
- *Grano:* Liso
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* No
- *Filitrana:* No

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

100% celulosa, sin ácido, con reserva alcalina y sin blanqueantes ópticos.
Tratado contra mohos.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 7.8
- *Reserva (%):* 2.8
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 6.82
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 542
- *Gramaje (g/m²):* 79.40
- *Blancura (%):* 85.29

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 106.18
- *Reversión Blancura:* 10.74

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.9
- *Reserva (%):* 3.4
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 106.89
- *Reversión Blancura:* 10.12

Interpretación de resultados:

Papel permanente según ISO 9706.

Aparente aumento de resistencia tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento en el límite de lo aceptable.

La desacidificación apenas influye en los resultados.

FICHA 51**Principal aplicación:**

Litografía y serigrafía.

Otras aplicaciones:

Existen variedades para uso general, acuarela, grabado y pastel.

Características:

- *Gramaje (g/m²)*: 180
- *Color*: Blanco
- *Grano*:
- Papel «a mano»
- *Verjura*: No
- *Barbas*: 4
- *Filigrama*: No

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²)*: Muy variado
- *Color*: Amplia gama
- *Grano*: Desde muy rugoso a ligeramente satinado.

Otra información del fabricante:

Fibras 80% algodón y 20% lino. Blanqueo con ozono o peróxido de hidrógeno. Calidad de museo: pH neutro (7,5), agua libre de trazas de metales, encolante frío en masa (dímero de ceteno). Bajo pedido pueden ser tratados con reserva alcalina y fungicidas.

Análisis:

- *Acidez (pH)*: 7.3
- *Reserva (%)*: 0.7
- *N.^o Kappa*: <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²)*: 9.78
- *Desgarro \bar{x} (mN)*: 2109
- *Gramaje (g/m²)*: 215.60
- *Blancura (%)*: 72.95

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%)*: 101,02 (n.s.)
- *Reversión Blancura*: 8.85

Desacidificación:

- *Acidez (pH)*: 8.4
- *Reserva (%)*: 0.8
- *Retención Desgarro \bar{x} (%)*: 102.97 (n.s.)
- *Reversión Blancura*: 9.27

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de suficiente reserva alcalina y a falta de un ligero aumento de pH. Pérdida de resistencia inapreciable tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento aceptable.

La desacidificación aumenta el pH pero apenas influye en el resto de los resultados.

FICHA 52**Principal aplicación:**

Técnicas de estampación.

Otras aplicaciones:

Coloreados para técnicas al agua.

Características:

- *Gramaje (g/m²):* 300
- *Color:* Blanco
- *Grano:*
- Papel "a mano"
- *Verjura:* No
- *Barbas:* 4
- *Filigrana:* No

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):* 600; de 80 a 1000 por encargo.
- *Color:* Amplia gama.
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

100% trapo (algodón y lino). Enculado neutro (dímeros de ceteno), solución en masa de fungicida-bactericida, refino en pila holandesa y secado final a 28-30°C. Exento de blanqueo óptico o de otra naturaleza; sin cargas, pH >7. Papeles de color con colorantes pigmentarios, solidez a la luz y al sangrado. Larga vida.

Análisis:

- *Acidez (pH):* 7.2
- *Reserva (%):* 0.9
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 9.98
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 3498
- *Gramaje (g/m²):* 350.50
- *Blancura (%):* 85.46

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 94.28 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 20.26

Desacidificación

- *Acidez (pH):* 8.3
- *Reserva (%):* 1
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 98.15 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 16.43

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de suficiente reserva alcalina y a falta de un ligero aumento de pH. Pérdida de resistencia inapreciable tras el envejecimiento acelerado, excesivo amarilleamiento.

La desacidificación aumenta el pH y disminuye el amarilleamiento, situándolo en el límite de lo no excesivo.

FICHA 53**Principal aplicación:****Otras aplicaciones:****Características:**

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:* Blanco
- *Grano:*
- Papel «a mano»
- *Verjura:* Sí
- *Barbas:* 4
- *Filigrama:* Sí

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):* Varios
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:**Análisis:**

- *Acidez (pH):* 7
- *Reserva (%):* 0
- *N.^o Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 10.71
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 1113
- *Gramaje (g/m²):* 103.90
- *Blancura (%):* 80.05

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 92.23 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 19.37

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8.5
- *Reserva (%):* 0.4
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 88.88 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 14.92

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de reserva alcalina y a falta de un ligero aumento de pH.

Pérdida de resistencia imperceptible tras el envejecimiento acelerado, pero elevado amarilleamiento.

La desacidificación aumenta el pH, sin conseguir una reserva alcalina suficiente; disminuye el amarilleamiento haciéndolo no excesivo.

FICHA 54**Principal aplicación:**

Estampación (aguafuerte).

Otras aplicaciones:**Características:**

- Gramaje (g/m^2):
- Color: Blanco
- Grano:
- Papel "a mano"
- Verjurado: No
- Barbas: 4
- Filigrana: No

Otras posibilidades:

- Gramaje (g/m^2):
- Color:
- Grano:

Otra información del fabricante:

100% lino, encolado con Aquapel.

Análisis:

- Acidez (pH): 6.7
- Reserva (%): 0.1
- N.^o Kappa: <3
- Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m^2): 6.15
- Desgarro \bar{x} (mN): 2518
- Gramaje (g/m^2): 155.90
- Blancura (%): 85.14

Envejecimiento:

- Retención Desgarro \bar{x} (%): 95.02 (n.s.)
- Reversión Blancura: 14.17

Desacidificación:

- Acidez (pH): 8.5
- Reserva (%): 0.5
- Retención Desgarro \bar{x} (%): 99.92 (n.s.)
- Reversión Blancura: 10.19

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de reserva alcalina y a falta de un ligero aumento de pH.

Pérdida de resistencia no apreciable tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento en el límite no excesivo.

La desacidificación corrige el pH pero no eleva suficientemente la reserva alcalina, disminuye el amarilleamiento hasta situarlo en el límite de lo aceptable.

FICHA 0**Principal aplicación:**

Análisis químicos.

Otras aplicaciones:**Características:**

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:* Blanco
- *Grano:*
- Papel continuo
- *Verjura:* No
- *Barbas:* No
- *Filigrana:* No

Otras posibilidades:

- *Gramaje (g/m²):*
- *Color:*
- *Grano:*

Otra información del fabricante:

100% algodón, sin ningún aditivo (ni blanqueantes, ni apresto).

Ánálisis:

- *Acidez (pH):* 6.4
- *Reserva (%):* 0
- *N.º Kappa:* <3
- *Índice de Desgarro \bar{x} (mNg/m²):* 6.17
- *Desgarro \bar{x} (mN):* 565
- *Gramaje (g/m²):* 91.50
- *Blancura (%):* 89.74

Envejecimiento:

- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 81.67
- *Reversión Blancura:* 13.55

Desacidificación:

- *Acidez (pH):* 8
- *Reserva (%):* 0.3
- *Retención Desgarro \bar{x} (%):* 93.97 (n.s.)
- *Reversión Blancura:* 7.99

Interpretación de resultados:

Papel no permanente según ISO 9706 por carecer de reserva alcalina y a falta de un aumento de pH.

Baja pérdida de resistencia tras el envejecimiento acelerado, amarilleamiento no excesivo.

La desacidificación adecua el grado de acidez, pero no aumenta lo suficiente la reserva alcalina; la pérdida de resistencia tras el envejecimiento se hace imperceptible y el amarilleamiento aceptable.

Este libro se terminó de imprimir
en los talleres de Fernández Ciudad, S. L.
en el mes de junio de 1996.



editorial **MAPFRE**