

Aplicación del Aquazol® en la laminación de papel.

Comparación del adhesivo Aquazol® con los adhesivos almidón y Thylose® para determinar su efectividad como material de refuerzo.

Lorena Bermúdez Requena.

INDICE.

1. Introducción.
2. Objetivos.
3. Metodología.
4. El papel.
 - 4.1. Antecedentes históricos del papel.
 - 4.2. Causas de degradación del papel.
 - 4.2.1.1. Causas intrínsecas.
 - 4.2.1.2. Causas extrínsecas.
 - 4.2.1.3. Contaminación atmosférica.
 - 4.2.1.4. Los factores biológicos.
5. Introducción a la laminación.
6. La laminación y sus materiales.
7. Aplicación de los refuerzos.
8. El papel japonés.
 - 8.1. Las características físicas y químicas del papel de refuerzo.
9. Diferentes tipos de laminación.
 - 9.1. La laminación con procesos manuales.
 - 9.2. La laminación con procesos mecánicos.
 - 9.2.1. Técnicas de laminación mecánica.
 - 9.2.1.1. Laminación en seco.
 - 9.2.1.2. Laminación en húmedo.
 - 9.2.1.3. Laminación por impregnación.
 - 9.2.2. Laminación a dos caras.
10. Reintegración por laminación.
11. Otras técnicas y métodos.
 - 11.1. Encapsulado.
12. Ventajas de la laminación.
13. Inconvenientes de la laminación.
14. Los adhesivos usados en la historia de la laminación.

15. Los adhesivos en la actualidad.
16. Breve introducción a los adhesivos empleados como refuerzo.
 - 16.1.1. Almidón.
 - 16.1.1.1. Características del adhesivo.
 - 16.1.2. Thylose®.
 - 16.1.2.1. Características del adhesivo.
17. Aquazol®.
 - 17.1. Otros términos.
 - 17.2. Descripción del producto.
 - 17.3. Las propiedades físico-químicas del polímero Aquazol®.
 - 17.4. Diferentes aplicaciones del Aquazol®.
 - 17.4.1.1. Como adhesivo.
 - 17.4.1.2. Como aglutinante.
 - 17.4.1.3. Como consolidante.
 - 17.4.1.4. Solubilidad.
 - 17.4.1.5. Envejecimiento.
 - 17.4.1.6. Remoción.
 - 17.5. Conclusiones que se extraen en el estudio del adhesivo Aquazol®.
 - 17.6. Ventajas y desventajas del adhesivo.
 - 17.6.1. Ventajas.
 - 17.6.2. Desventajas.
18. Plan de pruebas.
19. Elaboración de las probetas objeto del ensayo.
20. Aplicación del adhesivo en el refuerzo y posterior acoplamiento.
21. Análisis posteriores a la laminación.

22. Pruebas de resistencia al pelado de los materiales de refuerzo testados.

23. Resultados.

23.1. Resultados de los ensayos.

23.2. Evaluación de los resultados.

24. Conclusiones.

25. Bibliografía.

26. Páginas web.

27. Índice de las imágenes.

28. Agradecimientos.

29. Anexos.

29.1. Pruebas del laboratorio AIDIMME

29.2. Ficha Técnica del Aquazol®, CTS.

29.3. Ficha Técnica de Seguridad del Aquazol®, CTS.

RESUMEN.

El objetivo principal del presente trabajo era realizar una pequeña investigación teórico práctica sobre la comparación del adhesivo Aquazol® con otros adhesivos actuales: almidón y Thylose® en la técnica de laminación de papel que demuestre la eficacia de este adhesivo, como un producto apto en el proceso de laminación, observando los datos obtenidos en las probetas, tanto por su reversibilidad, su fácil aplicación, el cambio de percepción y la resistencia a la junta adhesiva.

Para poder llegar a tal fin, inicialmente se realizó una búsqueda bibliográfica sobre los diferentes adhesivos en el método de laminación manual de papel y los diferentes métodos de laminación manual del papel y sistemas de aplicación de los mismos. A partir de esta información, se eligieron diversos materiales y sistemas para llevar a cabo las pruebas de laminación de documentos de papel. Para ello se escogieron un total de tres adhesivos, un sistema de aplicación y un solo tipo de soporte secundario –papel japonés- de los que resultaron un total de 15 laminaciones distintas. Para poder comparar los resultados que se pueden obtener de los diferentes adhesivos, se decidió realizar una prueba de pelado en T.

Una vez finalizadas las pruebas, se realizó una comparativa de resultados y unas conclusiones de las ventajas y desventajas de los diferentes adhesivos y el método empleado, adjuntando resúmenes y gráficos visualmente explicativos.

Palabras clave: Aquazol®, laminación, pruebas de laminación, conservación-restauración de documento gráfico, almidón, Thylose®, papel, adhesivo, consolidación, refuerzo.

Title: Application of Aquazol® in paper lamination.

Subtitle: Comparison of Aquazol® adhesive with starch and Thylose® adhesives to determine its effectiveness as reinforcing material.

ABSTRACT.

The main objective of the present work was to carry out a small theoretical practical investigation on the comparison of the adhesive Aquazol® with the present adhesives: starch and Thylose® in the technique of paper lamination that proves the effectiveness of this adhesive, as a suitable product in the lamination process, observing the data obtained in the

test specimens, for its reversibility, its easy application, the change of perception and the resistance to the adhesive joint.

In order to reach this goal, a bibliographic search was initially made about the different adhesives regarding the method of manual paper lamination and the different application systems. Beginning with this information, a wide variety of materials and systems were selected to carry out paper lamination tests. For this, a total of three adhesives, an application system and a single type of secondary support –Japanese paper- were chosen, resulting in a total of 15 different laminations. In order to compare the results that could be obtained from the different adhesives, it was decided to perform a peeling test in T.

Once the tests were completed, a comparison of results was carried out along with conclusions of the advantages and disadvantages of the different adhesives and the method used, attaching summaries and visually explanatory graphs.

Key words: Aquazol®, paper lamination, lamination tests, conservation and restoration of graphic documents, starch, Thylose®, paper, adhesive, consolidation, support.

Títol: Aplicació de l'Aquazol® en la laminació de paper.

Subtítol: Comparació de l'adhesiu Aquazol® amb els adhesius midó i Thylose® per a determinar la seua efectivitat com a material de reforç.

RESUM.

L'objectiu principal del present treball era realitzar una xicoteta investigació teòric pràctica sobre la comparació de l'adhesiu Aquazol® amb els adhesius actuals: midó i Thylose® en la tècnica de laminació de paper que demostre l'eficàcia d'este adhesiu, com un producte apte en el procés de laminació, observant les dades obtinguts en les provetes, tant per la seua reversibilitat, la seua fàcil aplicació, el canvi de percepció i la resistència a la junta adhesiva.

Per a poder arribar amb este fi, inicialment es va realitzar una busca bibliogràfica sobre els diferents adhesius en el mètode de laminació manual de paper i els diferents mètodes de laminació manual del paper i sistemes d'aplicació dels mateixos. A partir d'esta informació, es van triar diversos materials i sistemes per a dur a terme les proves de laminació de documents de paper. Per a això es van triar un total de tres adhesius, un sistema d'aplicació i un sol tipus

de suport secundari -paper japonés- de què van resultar un total de 15 laminacions distintes. Per a poder comparar els resultats que es poden obtindre dels diferents adhesius, es va decidir realitzar una prova de pelat en T.

Una vegada finalitzades les proves, es va realitzar una comparativa de resultats i unes conclusions dels avantatges i desavantatges dels diferents adhesius i el mètode empleat, adjuntant resums i gràfics visualment explicatius.

Paraules clau: Aquazol®, laminació, proves de laminació, conservació- restauració de document gràfic, midó, Thylose®, paper, adhesiu, consolidació, reforç.

1. Introducción.

Con el paso del tiempo la obra gráfica, sufre patologías que el propio papel y el propio lugar donde se encuentran le van transmitiendo. Estas alteraciones pueden suponer un verdadero impacto en la obra, siendo en algunas ocasiones de tipo irreversible.

Dado que la laminación de papel es un proceso que se toma en cuenta en caso de extremo deterioro de este material, el uso de un adhesivo que cumpla con todos los requisitos para estabilizar la conservación de papel, es fundamental. Por ende estos productos deben ser analizados en todos sus aspectos, por lo que se hace necesario investigar a fondo cada uno de ellos, así el profesional puede tomar la mejor decisión en el momento de llevar a cabo este procedimiento.

En este ámbito nos encontramos ante una continua evolución, donde aparecen nuevos métodos de trabajo con componentes inocuos, cada vez más respetuosos para la obra y para el restaurador.

Tradicionalmente, la restauración de documentos ha utilizado adhesivos acuosos y adhesivos fundentes. Estas técnicas han resultado ineficaces para la obra porque llegan a causar deformaciones (La deformación del papel es muy común y es causada por la humectación excesiva manifestándose como arrugas, pliegues u ondulaciones.) y cambios dimensionales. En la Restauración y Conservación de obra gráfica, el refuerzo ayuda a preservarla a largo plazo con la finalidad de devolver a la obra cierta estabilidad perdida, en el caso de documentos que se han deteriorado a causa de diferentes elementos nocivos (fuego, insectos, acidez...), o a causa del deterioro de sus fibras o provocado por múltiples factores en detrimento de sus propiedades físico-mecánicas.

Técnicamente se encuentran varios sistemas de laminación: la laminación con adhesivos en disolución, la laminación mediante adhesivos fundentes o el encapsulado, técnica que se encuentra en desuso. El más utilizado¹, es el sistema de laminación con adhesivos como el almidón y Thylose® en tissús rehumectables. Verificando que los adhesivos anteriormente mencionados han sido empleados en la conservación y pueden adaptarse a los tissús preparados para procesos de laminación.

¹ (El encapsulado consiste en plastificar la obra adhiriendo una lámina de plástico, quedando aislada del exterior y adquiriendo resistencia.) El más utilizado por las instituciones, como el Institut Valencià de Conservació i Restauració de Béns Culturals (IVC+R) y el Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE).

Asimismo, Irene Brückle² en el proceso de laminación en la Conservación y Restauración de obra gráfica hasta el siglo XX, realizó un estudio sobre el refuerzo de celulosa con un aglutinante de origen natural, este estudio fue una guía de interés para proponer en la restauración de papel un adhesivo como el Aquazol® que tenga propiedades similares de adhesión del refuerzo al almidón y la Thylose®. De ahí el interés por el proceso de laminación en la Conservación y Restauración, en la búsqueda de una nueva alternativa centrándome en la investigación de la hipótesis de un adhesivo válido para la laminación. Para poder llegar a tal fin, inicialmente se realizó una búsqueda bibliográfica sobre los diferentes métodos de laminación manual del papel, adhesivos más utilizados comúnmente y sistemas de aplicación de los mismos. A partir de esta información, se eligieron diversos materiales y sistemas para llevar a cabo pruebas de laminación de papel.

Para evaluar el estudio de diferentes ensayos sobre laminación, y de los principales factores que influyen en ellos, destacando en el trabajo un esquema apto en conocimiento y valoración del Aquazol® con otros adhesivos y más concretamente en el proceso de aplicación como material de refuerzo con papel japonés sobre la obra. Siendo cada vez es más necesaria la investigación científica en relación a los materiales con los que se interviene la obra para garantizar el máximo respeto y prolongar la vida de la pieza.

Con la siguiente investigación, pretendemos valorar en la restauración de papel las características y las aplicaciones en los tratamientos de Conservación y Restauración, tras un previo estudio de su comportamiento. Indagaremos en el posible empleo como adhesivo y protector en la laminación de papel, ya que es una de las intervenciones más habituales para las obras de este tipo. Para intentar ejemplificar un abanico amplio de la tipología de obras que habitualmente puedan necesitar este tipo de intervención, se ha estudiado el uso de un adhesivo que asegure estructuralmente la obra sin cambiar su carácter original, y aisle a esta de las causas de alteración provenientes del espacio en el que se encuentre.

Una vez examinados todos los resultados, se identificará el refuerzo más idóneo desde el punto de vista de la conservación futura de la obra, (adhesivos, capas intermedias y soportes inertes) y reversibilidad del método aplicado.

² BRÜCKLE, I. Revestimiento rehumedecible con adhesivo metil celulosa en preparación. Volumen 15. Editorial AIC. Grupo Libro y Papel. 1996.

Su aplicación tendrá la finalidad de evitar el deterioro de la obra ayudando a mantener la legibilidad y la imagen original y, a su vez, asegurar que las alteraciones y los tratamientos que causen o puedan originar, sean las mínimas posibles.³

Esto es el comienzo de una investigación más profunda, en el que se hace un estudio de los posibles tratamientos en el campo de la laminación, curiosamente, uno de los terrenos en donde menos escritos hemos hallado.

³SMITH, R. D. La reversibilidad: una filosofía cuestionable. Editorial Reversibilidad. Londres. 1999.

2. Objetivos.

El trabajo de investigación tiene un objetivo general que consiste en:

- Proponer un adhesivo como material de refuerzo en obra gráfica a partir de la descripción de los adhesivos utilizados actualmente como: el almidón y la Thylose® en la laminación de papel y la explicación de los resultados obtenidos en los ensayos sobre estos materiales.

Además se propone una serie de objetivos específicos que se citan a continuación:

1. Profundizar en el conocimiento del adhesivo Aquazol®.
2. Determinar si el adhesivo propuesto hace las mismas funciones que los dos actuales como son el almidón y la Thylose®.

30. Metodología.

Para alcanzar los objetivos planteados, se ha llevado a cabo la siguiente metodología:

En la elaboración del presente trabajo de tesis se procedió a desarrollar un método científico, partiendo de técnicas de investigación de campo y documentos bibliográficos, que permitieron el conocimiento sobre la comparación del adhesivo Aquazol® con los adhesivos almidón y Thylose® para determinar su efectividad como material de refuerzo en el proceso de laminación.

La idea de usar Aquazol® como adhesivo para la laminación surgió tras la lectura del texto de Pataki (2009)⁴ sobre tejidos rehumedecibles para reparar rasgados locales y áreas de pérdida en objetos sensibles a la humedad, incluyendo aquellos que contienen pigmentos de cobre o tinta de hierro. En su estudio realizó varias pruebas sobre los adhesivos como: la gelatina, los éteres de celulosa, éter de almidón y adhesivos sintéticos tales como: Aquazol® y Paraloid B72® que resultaron adhesivos adecuados para reparar rasgados de obra gráfica.

Tras el estudio del texto de Andrea Pataki, se procedió a una investigación previa sobre el proceso de laminación y los adhesivos usados actualmente en la restauración de papel, para proceder a comprobar con el apoyo de pruebas experimentales la posibilidad de la aplicación del adhesivo Aquazol como material de refuerzo.

El trabajo experimental consistió en obtener una serie de probetas, o muestras de papel de refuerzo. Para efectuar las pruebas necesarias, se realizó una laminación en papel japonés aplicando los adhesivos en las diferentes probetas. Las pruebas de laminación, así como las cantidades y proporciones para llevarlas a cabo, se realizaron con ayuda de AIDIMME. Instituto Tecnológico Metalmecánico, Mueble, Madera, Embalaje y Afines.

Las diferentes pruebas de muestras para la comparación de los adhesivos en el proceso de laminación han servido para demostrar unos resultados para la protección y refuerzo del documento.

Las etapas de desarrollo del trabajo han sido las siguientes:

⁴ PATAKI, A. Tisú rehumedecible, preparación y aspectos prácticos. Vol.30. 2009. pp. 51-69.

1. Recogida de información.
2. Estudio del estado de la cuestión mediante la revisión bibliográfica requerida.
3. Estudio de los materiales empleados actualmente en la realización de los refuerzos.
4. Búsqueda de un método seguro y funcional para comparar los adhesivos.
5. Elaboración de las probetas objeto del ensayo.
6. Trabajo experimental para evaluar sobre las características del adhesivo en las pruebas de pelado en T.
7. Evaluar la fuerza de adhesión de los refuerzos tipo sándwich realizados sobre soporte papel y papel japonés mediante diferentes tipos de adhesivos.
8. Resultados.
9. Conclusiones.

31. El papel.

El soporte elegido para este trabajo ha sido el papel, por lo tanto haremos un breve resumen de su historia y características más generales.

El papel es un elemento que se obtiene gracias a la unión de fibras de origen vegetal, que necesitan procesos de tratamiento previo y refinamientos junto a otros materiales añadidos como: colas, cargas, pigmentos. Las fibras de origen vegetal contienen celulosa, hemicelulosa, pectinas y proteínas. Por su componente de celulosa, el papel posee características higroscópicas, se descompone frente a determinados ácidos y se degrada por distintas causas⁵.

31.1. Antecedentes históricos del papel.

Se cree que el papel fue inventado en China, alrededor del año 200 a. C... Los primeros papeles de los que se tiene registro fueron fabricados en seda y lino, pero de una calidad que no servía para escribir, siendo utilizados para envolver. La invención del papel se atribuye a Ts'ai Lun⁶, en el 105 a. C.

Ya en el siglo IX, en China se usa el bambú como fibra, anticipándose a la pulpa de madera usada por los fabricantes de papel en Europa en el siglo XVIII. En el siglo X se utilizaban las marcas de agua, el uso del papel como dinero y la impresión. La manufactura del papel se extendió de China a Corea. En el año 610, el sacerdote Ramjing de Koryo en Corea, fue a Japón para brindar asesoría en la producción de pinceles, tinta y papel. Siendo el comienzo de la producción de papel en Japón. El papel entra por la ruta del Oeste, cruzó el Turquestán, Persia, y Siria. Para finales del siglo V, el papel ya era usado en toda Asia Central. En el 795, comenzó a funcionar en Bagdad una industria de papel, usando a fabricantes chinos⁷. Desde allí se extendería hacia el norte de África.

Cuando España es conquistada por los Moros, y la producción de papel llega a Europa, alrededor del año 732, los árabes establecieron talleres locales para la producción de papel. El primer taller se fundó en Córdoba en 1036, seguido por otro en 1144, en el pueblo de Játiva en la costa oriental de la Península Ibérica⁸. Para 1579, continuó la invención de la imprenta y

⁵ RÍOS MARTÍNEZ, N. Restauración de tres documentos históricos de la Ilustre Municipalidad de La Cisterna. 2010.

⁶<https://www.lagranepoca.com/cultura/89397-cai-lun-el-gran-inventor-del-papel.html>

⁷ DE LERA SANTÍN, Alicia. *Aplicaciones enzimáticas en procesos de conservación y restauración de obras de arte. Consolidación de celulosa*, 2011.

⁸ MANERO, A. Teoría e historia de la conservación y restauración de documentos. *Revista general de información y documentación*. Vol. 7.1997. p. 253-295

existió una diferenciación entre el impreso en dibujo y la escritura en papel. La producción de papel fue introducido en América por los españoles, a su llegada a México alrededor de 1580. Pero antes de la llegada de los españoles un material similar al papel ya era usado por los Mayas y Aztecas⁹. Posteriormente en el siglo XVIII y XIX, con la tecnología de impresión se desarrolla un incremento en la alfabetización, paralelamente los fabricantes de papel mejoraron sus mecanismos de producción de papel. Durante todo el siglo XX, los métodos de obtención de papel no han variado mayormente, pero sí ha cambiado la eficiencia y el costo de los procesos, gracias al avance de nuevos materiales y optimización de procedimientos de fabricación. Además se han establecido multitud de variedades de papel, cartón y materiales de embalaje, por lo que cada una de estas clases se obtiene a partir de un proceso determinado. El siglo XXI apunta a un criterio de fabricación de papel donde prime el respeto al medioambiente destacándose el trabajo de reciclaje del material¹⁰.

En ocasiones, el papel, tiene una vida relativamente corta. Además de los materiales implicados en su fabricación, existen otros desencadenantes que pueden producir un acelerado deterioro en el papel, como es la humedad, los contaminantes atmosféricos, la temperatura o luz, que a continuación citamos.

31.2. Causas de degradación del papel¹¹.

La degradación del papel está sujeta a su propia naturaleza y a un conjunto de factores que rodean la obra. En los siguientes puntos vemos resumidamente las causas intrínsecas y extrínsecas que degradan una obra de soporte papel.

31.2.1. Causas intrínsecas¹².

Corresponden a las que se producen por los materiales que constituyen el bien cultural, la técnica de manufactura y los procedimientos constructivos que se emplearon para realizarlo. Esto indica que no importa en dónde se encuentre el bien cultural, los motivos de su deterioro están en su propia constitución y se acentúan o atenúan por el ambiente

⁹ DE LERA SANTÍN, Alicia. *Aplicaciones enzimáticas en procesos de conservación y restauración de obras de arte. Consolidación de celulosa.*, 2011.

¹⁰ CRESPO, Carmen; VIÑAS, V. La preservación y restauración de documentos y libros en papel: un estudio del RAMP con directrices. 1984.

¹¹ COPEDÉ, M., La carta e il suo degrade, Ed. Nardini, Firenze, 1991, pp. 67-69.

¹² CRESPO, C., VIÑAS, V Idem.

en el que se ubican. Para entender los factores intrínsecos se debe conocer el proceso de ejecución, la selección de materiales y la tecnología empleada¹³.

31.2.2. Causas extrínsecas.

Se dividen los factores extrínsecos en tres grandes grupos: el primer grupo serían las causas ambientales, el segundo, los factores biológicos -los microorganismos, insectos y roedores-, y el último, el uso indebido de las personas y los accidentes¹⁴.

31.2.2.1. Causas ambientales.

Los factores ambientales pueden provocar reacciones físico-químicas como por ejemplo la fotodegradación causada por la luz o la termodegradación por la temperatura¹⁵. Además de otro tipo de peligro como son las imprevisibles catástrofes naturales como: inundaciones, terremotos, etc.¹⁶

31.2.2.2. Contaminación atmosférica.

La contaminación de cloruros, óxidos de nitrógeno, azufre –anhidro sulfúrico o sulfuroso; ácido sulfúrico y sulfhídrico- ácido clorhídrico puede reaccionar químicamente con el papel y acelerar su degradación¹⁷.

31.2.2.3. Los factores biológicos.

Los microorganismos e insectos son las causas más comunes y graves de alteración químico-física.

Sin olvidarnos del uso indebido del hombre, una manipulación incorrecta implica su degradación debido al roce, la grasa o suciedad¹⁸.

Por este motivo, para prevenir daños mayores y restaurar los presentes, el proceso de laminación es un método curativo que no debe aplicarse indiscriminadamente, es solamente recomendable cuando el soporte presenta debilitamiento o friabilidad y la escasa consistencia

¹³ CALVO, Ana, *Conservación y Restauración. Materiales, Técnicas y procedimientos de la A a la Z*, Barcelona, Ediciones del Serbal, 1997.

¹⁴ ZAPPALÀ, A., *Introduzione agli interventi di restauro conservativo di beni culturali caracei*. 1990.

¹⁵ VAILLANT CALLOL, M., VALENTIN RODRIGO, N., *Principios básicos de la conservación documental y causas de su deterioro*, 1996.

¹⁶ VAILLANT CALLOL, M., VALENTIN RODRIGO, N., *Idem*.

¹⁷ VAILLANT CALLOL, M., VALENTIN RODRIGO, N., *Idem*.

¹⁸ DEL CASTILLO NEGRETE, M., *Estudio comparativo de los efectos que tienen los consolidantes sobre el papel*, 1995.

no permita asegurar su mantenimiento. La laminación, en consecuencia, se hace necesaria e incluso imprescindible en documentos afectados por acidez, oxidación de tintas o desintegración ocasionada por agentes bibliófagos.

32. Introducción a la laminación.

Los procesos de intervención tienen como finalidad corregir y/o eliminar las alteraciones o los deterioros que ha sufrido una obra durante su proceso de consulta; si bien es entendido, cada obra es diferente no sólo por su forma, contextura, contenido y proceso de elaboración, hay que tener muy presente lo que supone para la obra original la incorporación de un adhesivo nuevo entre sus fibras y la adhesión de otro papel de refuerzo, la modificación de formatos, textura, aumento del grosor del documento, puede restar nitidez a la grafía y potenciar las alteraciones de carácter intrínseco si no se erradican.

Por ello, la laminación es solamente recomendable cuando el soporte presenta debilitamiento o friabilidad o si su escasa consistencia no permite asegurar su mantenimiento. En consecuencia, es imprescindible en documentos afectados por acidez, oxidación de tintas o desintegración ocasionada por agentes bibliófagos.

En resumidas cuentas, antes de emplear la técnica de laminación, el documento tiene que estar exento de cualquier tipo de agente endógeno que pueda provocar un deterioro en la obra¹⁹. Es necesario realizar las oportunas medidas correctivas para anular cualquier efecto nocivo y, sobre todo, las causas intrínsecas si todavía permanecen activas: suciedad, acidez, microorganismos... El refuerzo, tal y como sucede con la acidez, puede ser motivo de su incremento. Es decir, antes de proceder a la laminación hay que erradicar cuantos factores de alteración estén presentes en el documento. En caso contrario estos agentes agresores podrían potenciarse y ocasionar un grave deterioro en la obra, además de la exigencia de deslaminar, operación que suele conllevar riesgos para la integridad del documento.

Asimismo, se deben resolver los problemas ocasionados por la perforación de tintas, como las ferrogálicas, cuyo color ocre se consigue mezclando sulfatos de hierro con extracto de agallas de roble y otros árboles. La reacción que produce tiene un carácter fuertemente ácido con el

¹⁹ CRESPO, C. y VIÑAS, V. La Preservación y restauración de documentos y libros en papel: un estudio del RAMP con directrices. Editorial Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, París. 1984.

tiempo. Esta acidez ataca al papel, produciendo una oxidación intensa -quemándolo literalmente-. En los libros y documentos que han sufrido esta importante oxidación por tintas ferrogálicas, se ve cómo la consistencia de la caja de escritura peligra o ya ha comenzado a desintegrarse. Estos problemas están muy extendidos y se agravan con el paso del tiempo, por lo que muchos archiveros plantean su intervención para la salvaguarda del manuscrito.

La laminación consiste en adherir a una o ambas caras del documento un refuerzo que proporcione la consistencia necesaria para su mejor manejo y conservación. El recubrimiento debe poseer mínimo grosor y máxima transparencia, salvo en aquellas obras que, por carecer de grafía en el reverso, admitan refuerzos opacos más consistentes. Es un proceso que se continúa utilizando para la restauración y conservación de documentos deteriorados, al tener tal debilidad, se hace inviable su manipulación y requiere de un soporte o refuerzo²⁰.

Según Barrow, “para alcanzar el propósito de prolongar la vida de estos testimonios históricos, sólo cabe la aplicación de prevenir y restaurar. La primera, de acción ininterrumpida, se integra en el medio habitual de las obras y en él se levantan barreras defensivas, periféricas, sin intervenir directamente con las piezas que se protegen²¹.” La restauración es más compleja y traumática, porque forzosamente requiere de la manipulación de las obras. Además, incorpora en sus estructuras materiales y productos ajenos a su naturaleza e integridad original.

A pesar de todo, los datos sobre los antecedentes históricos relativos a cómo, por qué, dónde y cuándo se originó el refuerzo son un tanto confusos. La historia de la restauración ha proporcionado una mejor comprensión de los procesos de deterioro de los documentos y aunque los conocimientos continúan creciendo rápidamente, los principios fundamentales ya están establecidos y reflejados en las normativas. El deterioro no es inevitable y el envejecimiento es sólo un multiplicador de causas conocidas y controlables, lo que hace que sí sea posible retardar su acción considerablemente²².

Por consiguiente, la laminación es un proceso que ha ido cambiando y evolucionando durante los últimos años, a continuación se muestra una breve historia del refuerzo en la obra gráfica.

²⁰ BRINGAS, B., LIBERTAD, J. y HERNÁNDEZ C. Análisis de las propiedades físico mecánicas del adhesivo hidroxipropilcelulosa en el proceso de laminado de documentos en soporte de papel vegetal. México. 2013.

²¹ WATERS, P. Una evaluación de laminación y encapsulado. Conferencia Internacional sobre la Conservación. Cambridge. 1980

²² MANERO, A. Teoría e historia de la conservación y restauración de documentos. Revista general de información y documentación. Vol. 7.1997.

El refuerzo era popular desde 1930 hasta 1970. En 1934 se propuso la primera técnica de laminación con acetato de celulosa en el “National Bureau of Standards” de U.S. para la consolidación de periódicos²³. Tiempo después, Barrow WJ construyó el primer laminador en el sentido actual de la palabra, que consistía en dos placas calentadas donde el documento se adentraba entre unas películas termoplásticas y dos rodillos giratorios entre los paneles. Más tarde, este procedimiento se expandió por algunos países. La primera máquina adaptada de laminación consistía en una prensa hidráulica utilizada en los Archivos Nacionales en los EE.UU. desde 1936.

En los años cincuenta el refuerzo de gasa con colas animales se hizo popular en conservación de papel en los primeros años no obstante llegaron nuevos materiales que dejó obsoleta la laminación a base de gasa, excepto en el Vaticano, donde se continua usando en algunos casos. Sin embargo, el refuerzo de seda con cola animal con el tiempo llegó a ser un problema en la reversibilidad. Más tarde se utilizó la gasa de fibras sintéticas con adhesivos acuosos como Plectol y Paraloid.

Como restaurador de documentos, Barrow utiliza y promueve su versión del proceso de laminación como el tratamiento principal para el papel deteriorado. La laminación de acetato o encapsulado fue un drástico proceso de reversibilidad limitada, finalmente desacreditado incluso para una aplicación general²⁴.

En 1954, Ruggiero estudió la laminación con acetato de celulosa o cloruro de polivinilo, pero era perjudicial para el documento, ya que por cada 10°C que se aumentaba la temperatura, aumentaba su degradación por dos.²⁵

En los años cincuenta se efectuaban laminaciones con diversos materiales: velo de seda, acetatos de Paraloid®, Plectol®... Federici ²⁶ en otras palabras, considera inaceptable este procedimiento porque disminuye la facilidad de lectura de los documentos, hace referencia, en particular, el “Papierspaltung” alemán, en el que se efectúa una laminación interna, separando el documento en dos mitades. Este sistema es mucho más agresivo para el soporte que la laminación superficial. Por consiguiente, con la aportación de nuevos papeles japoneses

²³ ZAAPALÁ, A. Introduzione agli interventi di restauro conservativo di beni culturali caracei. Editorial del Bianco. Udine 1990.

²⁴ WATERS, P. Una evaluación de laminación y encapsulado. Conferencia Internacional sobre la Conservación. Cambridge. 1980.

²⁵ ZAAPALÁ, A. Idem.

²⁶ FEDERICI, C. Dialogo sulla conservazione di carte vecchie e nuove. 2006.

de gramaje 3gr/ m² como material de refuerzo, la lectura resulta más fácil aunque menos intensa, pero compensa por la salvaguarda que se hace de la información.

Por esta razón, el refuerzo se hace imprescindible para la reubicación y conservación de fragmentos. Ahora bien, es siempre preferible la laminación en húmedo con adhesivos conocidos (Se recomienda usar la gelatina en papeles con problemas de oxidación porque, aunque no está demostrado pero sí muy estudiado, se cree que contribuye a mejorar la estabilidad de la tinta. Pero si el documento ha sufrido un ataque de microorganismos, conviene usar metilcelulosa para evitar favorecer el crecimiento de éstos.), con papeles japoneses de bajo gramaje (tisú de bajo gramaje de 3 y 5), directamente o con tisú rehumectable como recomienda Andrea Pataki²⁷. Desde hace años se vienen desarrollando sistemas de laminación en seco con adhesivos termofundibles que permitan la consolidación del documento y la posterior inserción de fragmentos desprendidos con mayor facilidad.

En publicaciones y libros de restauración de documento gráfico recientes como el de José Vergara en 2002²⁸ sigue apareciendo: “El adhesivo más indicado para esta operación es la pasta de almidón, la metilcelulosa, o una combinación de metilcelulosa y PVA.”

33. La laminación y sus materiales.

La naturaleza de laminación hace que sea difícil, si no imposible, de revertir. El calor extremo y la presión del proceso a veces pueden dañar o debilitar el papel. Este sistema cambia la apariencia del documento: el papel japonés crea una película ligeramente turbia sobre la obra²⁹. Para ello, se aplica a las superficies del papel un refuerzo que propicia la consistencia y la funcionalidad perdida. Habitualmente, el material de refuerzo es otra hoja de papel, generalmente un papel o tisú japonés de gramaje bajo. En papeles de poco grosor, es normal que sea una laminación doble (aplicada en las dos caras del documento), porque si se refuerza únicamente una cara, el papel tenderá a enrollarse por la diferencia de tensión. En este caso, la diferencia de grosor entre el papel original y el refuerzo será menor que en los papeles gruesos, que no será necesario aplicar refuerzo en las dos caras del papel.

²⁷ PATAKI, A. Tisú rehumedecible, preparación y aspectos prácticos. Vol.30. 2009.

²⁸ VERGARA, J. Conservación y Restauración de material cultural en Archivos y Bibliotecas. Editorial Biblioteca Valenciana. Valencia. 2005.

²⁹ Library and Archive Materials and the Graphic Arts, Cambridge, England, April: 74-77. Abstracts and Preprints. Guy Petherbridge, edited. London: Society of Archivists and Institute of Paper Conservation. 12/07/2015, 13:00.

En la mayoría de los casos, se tiene en cuenta que el soporte ha de ser de unas características similares al papel del objeto: no debe ser físicamente superior, ya que podría causar problemas de estabilidad en el futuro, por ello es recomendable el uso de papel o tisú japonés hecho a mano. Este recubrimiento puede efectuarse añadiendo sólo por el reverso una hoja de papel japonés de unos 9-11g/m²³⁰ o en las dos caras cuando es muy grueso, como carteles, papeles de grabado.

Por el contrario, en papeles o cartulinas de mayor cuerpo, como los utilizados para grabados, dibujo, planos, etc. y siempre que no exista grafía en el reverso, podrá usarse un recubrimiento más grueso, aunque se descarte la transparencia.

Dicho de otro modo, para lograr una laminación correcta es muy importante seleccionar el modo de superponer el refuerzo al documento que, en cualquier caso, debe permanecer extendido y estático sobre su soporte y en la mesa de trabajo.

Son aconsejables las siguientes modalidades:

- La superposición se inicia al hacer coincidir uno de los bordes del refuerzo con el correspondiente del documento. Se desciende lentamente el resto hasta lograr el acoplamiento total.
- El refuerzo se coloca en forma de V sobre el centro del documento, en donde se inicia el contacto. A continuación se superponen los dos laterales que deberán cubrir el resto del documento.

34. Aplicación de los refuerzos.

Con el paso de los años, el papel pierde resistencias mecánicas debido a diferentes causas (daño químico, excesiva manipulación...). Por ello, el papel se vuelve débil, por lo que es necesario devolverle parte de estas resistencias para poder continuar haciendo un uso responsable de los documentos. Para ello se pueden llevar a cabo diferentes procesos: la regeneración de puentes de hidrógeno interfibrilares; una impregnación de la superficie con adhesivo que actúe como consolidante; y por último la adhesión de un material de refuerzo al documento.

³⁰ COPEDE, M. La carta y su degradación. Editorial Nardini. Florencia. 1991.

En pocas palabras, los procesos de aplicación son muy diversos. Por una parte, es posible usar adhesivos en disolución y por otra adhesivos termofusibles. El uso de adhesivos termofusibles o fundentes es ideal en aquellos casos en los que hay elementos solubles en los documentos, además se evitaría la deformación de la hoja por la adición de humedad. Pero la aplicación de calor y presión también puede ser desfavorable para el papel, ya que pueden alterarlo de manera perceptible además, y como principal desventaja de este método, su reversibilidad es cuestionable. Con los adhesivos solubles en disolventes es posible controlar con mayor precisión todo el proceso, puesto que es el restaurador el que determina por ejemplo la cantidad o viscosidad del adhesivo a aplicar. Sin embargo, es importante destacar que para la mayoría de los documentos u obra gráfica, se lleva a término la misma metodología, dependiendo del adhesivo seleccionado y de cada sistema de laminación. El adhesivo más indicado para esta operación es el almidón o la metilcelulosa.

Por otra parte, el procedimiento más clásico para la incorporación de un soporte auxiliar consta de las siguientes fases:

1. El objeto al que se le va a aplicar debe contener cierta humedad. Preferentemente esta operación se realiza inmediatamente después del lavado siempre que sea preciso. Si no ha recibido ningún tratamiento acuoso, se humedecerá el reverso mediante un spray compuesto de agua/alcohol al 50%.
2. Se coloca sobre un soporte flexible y transparente, el más apropiado es Mylar®, y el material usado como soporte auxiliar se coloca sobre un material poroso (Reemay® o hollytex®). El soporte a su vez debe estar situado sobre una base no-porosa como cristal o mármol. También se puede realizar la operación en una mesa de succión.
3. El adhesivo debe estar algo húmedo para que se pueda aplicar fácilmente sobre los dos papeles, objeto y soporte auxiliar, con una brocha suave. Se extenderá procediendo siempre del centro a los extremos. Ambos papeles deberán estar húmedos y alisados antes de aplicarles el adhesivo.
4. Se superpone la pieza de Mylar® con el objeto y se invierte suspendiéndola. Se centra sobre el soporte auxiliar y se acopla alineando una orilla primero y, con la mano extendida sobre el Mylar®, se desciende por el resto del objeto. Una vez acoplado, se pasa sobre el Mylar® una brocha japonesa, siempre del centro hacia los bordes para extraer el aire contenido entre el

soporte y el objeto; al mismo tiempo se retira el exceso de adhesivo. El Mylar® se extrae muy cuidadosamente, comenzando desde una esquina.

5. Una vez desplazado el Mylar®, se coloca una pieza de Reemay®. El objeto entre los dos Reemay® recibirá el mismo tratamiento de secado y allanado que en el proceso de reintegración mecánica actualmente en desuso.

Además, si se desea laminar y al mismo tiempo injertar las zonas perdidas del documento con un papel similar es preciso efectuar un doble ciclo. En el primero, la preparación es idéntica a la descrita para la laminación mecánica simple, con la salvedad de intercalar entre el reverso del documento y el último soporte los trozos de papel injerto necesarios para cubrir todos los orificios o zonas perdidas.

35. El papel japonés.

Sobre el material a emplear para la laminación tenemos el papel japonés: o *Washi* es un papel tradicional japonés que desde hace siglos se fabrica a mano. Es un papel fuerte, suave, sedoso y flexible.

Presentan un buen comportamiento al tratarse de microfibras que forman una superficie homogénea y uniforme. Se trata de tejidos muy resistentes, sin ser excesivamente rígidos, poco sensibles a las variaciones ambientales debido a su carácter sintético y químicamente inerte. Estos tejidos, añaden menos peso al refuerzo siendo más ligeros y estando fabricados en gramajes muy diversos.

El papel japonés es un material habitualmente utilizado por los restauradores para laminar papeles degradados. Se le conoce también como "*washi paper*". Está hecho con fibras muy largas de *kozo*, *gampi*, *mitsumata* o distintas combinaciones de estas tres típicas plantas japonesas, que proporcionan elevada resistencia con muy bajo gramaje. En concreto el papel japonés utilizado en esta tesis es el denominado *Tengucho (Awagami Papers)*. Sus características son: gramaje 9 gm², papel blanqueado, 100% de fibras de *kozo*, sin encolar³¹.

³¹ SANTOS DE DIOS, SARA M. Aplicación de la celulosa bacteriana a la restauración del patrimonio bibliográfico y documental en papel. Madrid, 2015.

35.1. Las características físicas y químicas del papel de refuerzo.

Las características del papel determinan el soporte de éste. El tener conocimiento de algunas propiedades del papel ayuda a clasificar y determinar posibles problemas, y también ayuda a determinar los materiales más adecuados para su tratamiento de conservación.

Entre sus características se puede destacar:

- El hilado sin espacios hace que tenga un comportamiento homogéneo en todos sus ejes, teniendo características isométricas.
- Es fuerte, y resistente a la tracción.
- Muestra excelente estabilidad dimensional, incluso en presencia de humedad.
- No contiene resinas, encolados u otros adhesivos que puedan dañar a la obra.
 - Gramaje.

Se refiere al peso del papel en gramos por unidad de superficie (g/m^2). Un papel con alto gramaje tiene mayor peso y es más grueso que un papel de bajo gramaje.

Los gramajes más bajos son de papeles delgados, casi transparentes. Los gramajes altos corresponden a papeles gruesos y compactos.

El peso del papel puede ser alterado por la remoción de los componentes inherentes, tales como lignina, productos ácidos, algodón, etc. El cambio de peso no es considerado como factor significativo en el tratamiento de conservación.

- Grosor.

Está determinado por la profundidad de las fibras aplicadas a la rejilla, la laminación de las hojas secas o mojadas y el tensado/pulido de las hojas.

- Resistencia.

La resistencia de una hoja de papel está dada por la calidad de cada fibra. El tipo y grado de golpeado durante la preparación de la pasta. El método de elaboración de una hoja también determina la resistencia y la presencia de aprestos y cargas.

- Permeabilidad o Absorbencia.

Es el grado de receptividad del papel a los líquidos. El papel responde a la humedad relativa del ambiente, absorbiendo o eliminando humedad.

La absorbencia del papel es influida por la naturaleza higroscópica de la celulosa, la porosidad de la estructura del papel, el método de formación, de apresto, acabado de la hoja y el estado de preservación y deterioro del papel. Puede ser reducida agregando en la fabricación agentes tales como gelatinas, cola, almidón, gomas. Se puede destacar, que mientras más aglutinante tiene un papel menor es su absorbencia.

Existen multitud de papeles japoneses empleados con estos fines, pero nos ocupamos aquí del producido a base de fibras de kozó³² (*Broussonetia kazinaki* Sieb. y *B. papyrifera* Vent), plantas de la familia de la morera. El 90% de los papeles tradicionales japoneses están hechos a partir de estas plantas. Sus fibras son interesantes por tener una buena estructura y una longitud que varía entre 15 y 20 mm, lo que hace que el papel resulte especialmente resistente y, por tanto, muy empleado en restauración. Entre los papeles de tipo Kozó destacan *sekishù banshi* y *tengujo*. Comparando las calidades de ambos, hechos a partir de la misma fibra, la principal diferencia se encuentra en la presencia de hemicelulosa. El *Sekishú banshi* tiene algo contenido de hemicelulosa; en el caso del *tengujo*, la mayor parte de ésta es eliminada durante el proceso de fabricación. Aunque en teoría la perdurabilidad de un papel se relaciona con la pureza de su celulosa, la presencia de hemicelulosa actúa como adhesivo y relleno entre las fibras; las suaviza y hace flexibles, sin que necesariamente acorte la vida del papel (Masuda, 1985)³³.

Como consecuencia, *sekishú banshi* presenta mejores características en cuanto a la estabilidad estructural, suavidad, flexibilidad y resistencia en estado húmedo. Por este motivo se optó por el uso de ese papel japonés en la intervención que se describe empleando una versión *okawara* (hecho a mano), su limitado grosor y la posibilidad de ser empleado con bordes desfibrados facilitan la realización de inserciones, reparación de bordes y laminaciones.

Se observó que en este tipo de intervenciones puede ampliarse hasta los 10mm sin que esto suponga problemas adicionales, este aumento es posible por tratarse en el caso del papel de un material bastante fino que al aplicarse además con bordes desfibrados se integra perfectamente sin producir un excesivo grosor en la superficie de la obra.

³² CLARKSON, C. Criterios de intervención en la restauración de libros y documentos: actas de las II. Jornadas Técnicas sobre restauración de documentos. Pamplona. 2008.

³³ MASUDA, K. Japanese paper and Hyògu. The Paper Conservator. 1985.

Las ventajas de la laminación con papel japonés incluyen estabilidad, flexibilidad, resistencia y reversibilidad en el tratamiento, así como la posibilidad de realizar intervenciones mínimas en reparaciones temporales o permanentes para maximizar la preservación de los materiales y datos originales.

36. Diferentes tipos de laminación.

Esta técnica puede ser manual o mecánica y realizada con diferentes adhesivos (sólido, acuoso o disueltos en disolventes) como podemos ver en la siguiente figura (figura 1). (Los parámetros que determinan esta técnica son el estado de conservación, solubilidad de las tintas, los colores y el tamaño.)

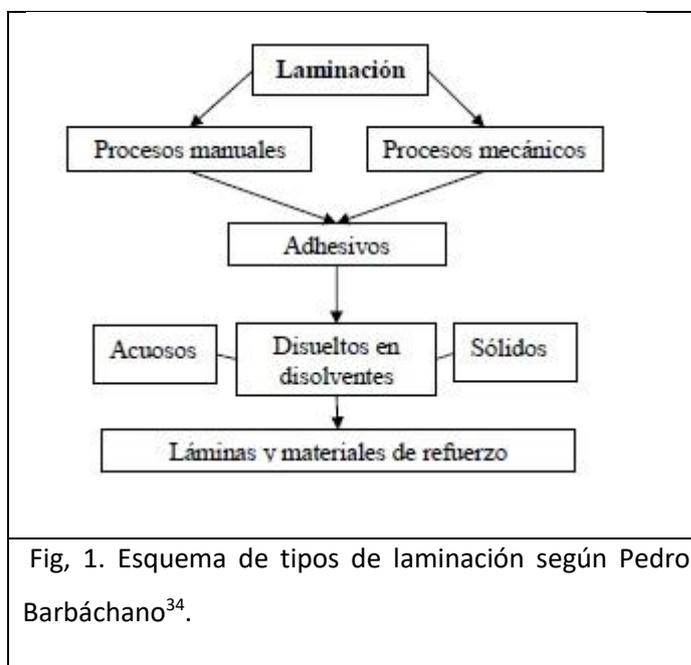


Fig. 1. Esquema de tipos de laminación según Pedro Barbáchano³⁴.

36.1. La laminación con procesos manuales.³⁵

La laminación manual es un sistema que no ha sufrido cambios radicales en su modo de ejecución y que ha sido utilizado desde tiempos remotos, sobre todo en las zonas de oriente. Son técnicas realizadas a lo largo de los siglos y que tienen una tradición milenaria. Fueron ya recogidas en el Tratado de Conservación³⁶, en el cual se destacan principios muy

³⁴ Barbachano, P. San Millán Diferentes alternativas a la laminación de soportes de papel. 1998.

³⁵ Congreso de Conservación de B.C., Ed. Generalitat de Catalunya, Departamento de Cultura, Barcelona, pp. 324-325, 8/11/2015, 23:00.

³⁶ Chia-Ssu-Hsieh. Tratado de Conservación. Escrito en el siglo V.

contemporáneos como manipulación, uso de materiales adecuados, protección contra insectos, humedad, luz, etc.

Los tratamientos manuales sólo precisan de una superficie lisa preferentemente horizontal, sobre la que se instala un soporte flexible (Reemay®, teflón...). Colocado el documento a laminar, y con ayuda de pulverizador o brocha suave, se humedece en toda su extensión para procurar la relajación de las fibras y favorecer la acción del adhesivo que se aplicará a continuación mediante brocha o rodillo hasta lograr una perfecta distribución, descartando siempre un exceso del producto procurando eliminar cualquier burbuja o arruga.

Sobre la superficie encolada se coloca la hoja de refuerzo, que también ha sido previamente humedecida y, una vez ajustada, se superpone otro soporte impermeable en el que se ejerce una ligera presión con el rodillo. Nunca es conveniente acelerar el secado por medio de planchas o aplicación local de calor, pues estas manipulaciones pueden ocasionar un secado irregular debido al acomodamiento forzado de las fibras del documento o del papel laminador, que crean deformaciones nada aconsejables.

El procedimiento de laminación manual admite múltiples modalidades. Por ejemplo, aplicar el adhesivo al papel de laminar en lugar de hacerlo directamente sobre el original, realizar toda la operación en una mesa de succión -lo que resulta muy práctico-, etc.

Quizás la variante de mayor interés es la de sustituir los adhesivos acuosos por adhesivos solubles en disolventes orgánicos; solución muy apropiada cuando el documento o la grafía no pueden recibir tratamientos con agua. En estos casos el adhesivo más utilizado es el acetato de celulosa en forma de película. Cuando un documento u obra de arte sobre papel se encuentra muy debilitado y su manejo puede causar daños al soporte, se debe reforzar por el reverso, para poder proporcionar la consistencia necesaria para su mejor manejo y conservación.

Antes del refuerzo, se deberá saber si el proceso es estrictamente necesario. El papel japonés o tisú hecho a mano que se vaya a adherir al papel fragilizado deberá ser similar y no físicamente superior porque provocaría problemas de estabilidad. El adhesivo que se suele utilizar para estas operaciones es el almidón en preparación acuosa y las células modificadas en concentraciones del 2 al 4% que pueden ser en preparación acuosa, en mezclas de agua y alcohol o sin adición de agua, sólo alcohol, además de la Thylose® y Klugel®. A su vez, estos adhesivos pueden ser aplicados de formas muy diversas para la realización de la laminación: directamente sobre el original y posterior acoplamiento de la hoja de refuerzo, aplicación del

adhesivos con el refuerzo encima del original, realizando de éste modo la adhesión simultánea del papel de refuerzo al documento original. Con éste proceso de laminación evitamos la aplicación de una elevada temperatura y reducimos notablemente la presión sobre el original, a la vez que obtenemos un tratamiento que nos permite una gran variedad de métodos, pudiendo combinar los diferentes adhesivos citados y los diferentes sistemas de aplicación del mismo según el estado de conservación del original.

El proceso consiste en humedecer el papel con agua y alcohol (1:1) o aprovechar después de un lavado o tratamiento acuoso para realizar el encolado. Sobre la superficie se coloca un soporte flexible y transparente como el Mylar® y encima el Reemay®. Posteriormente se deposita el papel y se procede al tratamiento. El adhesivo se aplica homogéneamente del centro hacia los extremos con una brocha suave³⁷ o rodillo y se superpone otro Reemay® y otro Mylar®.

Sin embargo, la aplicación del adhesivo líquido implica, generalmente, una mayor penetración de este material en el soporte original, lo que dificulta la reversibilidad. Por otro lado, si se emplean adhesivos acuosos, se producirían dilataciones y movimientos en la estructura del papel. A parte, la adición de líquidos, ya sea agua o disolventes como el alcohol, pueden generar movimientos de partículas inorgánicas (cargas del papel o constituyentes de los elementos sustentados) por acción de la capilaridad.

36.2. Laminación con procesos mecánicos.

Se requiere el uso de adhesivos termoplásticos y su aplicación se lleva a cabo en las máquinas denominadas laminadoras o en prensas termostáticas. Ambas disponen de dos planchas calientes que al transmitir por presión un determinado grado de temperatura reblandece el adhesivo. Al enfriarse se endurece y se unen los papeles porque la sustancia ligante penetra en las superficies de contacto cuando alcanza su estado de fusión.

El sistema mecánico provoca riesgos en la distribución del encolante con brocha o calor, la falta de regularidad en la aplicación del adhesivo y la presión ejercida sobre el documento, son los principales motivos de una laminación incorrecta.

³⁷ VERGARA, J. (2002): *Conservación y Restauración de material cultural en Archivos y Bibliotecas*, Ed. Biblioteca Valenciana. Valencia. 2005.

36.2.1. Existen diferentes técnicas de laminación mecánica que se enumeran a continuación:

36.2.1.1. Laminación simple:

36.2.1.1.1. Laminación en seco.

Esta técnica se creó en los años 70 en Italia. En un principio se aplicó un film de acetato de celulosa revestido con un adhesivo que posteriormente se prensaba y calentaba a 70°C. Esta técnica fue desechada por ser perjudicial para los documentos porque podía deformar la obra o provocar la proliferación de hongos.

Posteriormente en Paris, desarrollaron una técnica similar pero con un tejido sintético de poliamidas y un adhesivo termofusible. Este adhesivo con el aumento de la temperatura fundía y adhería el papel al tejido sintético. Pero el aspecto final no gustaba porque era demasiado plástico y este método se dejó de emplear.

A partir del año 1978, se comienza a emplear papel japonés previamente impregnado con una resina acrílica termofusible, (Paraloid-B72®), porque se conocía su envejecimiento artificial y natural. Esta técnica consiste en formar un sándwich del documento entre papeles japoneses impregnados de Paraloid-B72® que a su vez están entre papel de silicona, que a su vez se encuentran entre cartones dentro de una prensa. Posteriormente todo el conjunto se calienta a 70°C durante sesenta segundos que es el tiempo necesario para que el Paraloid-B72® se reblandezca y se adhiera al documento. Por último, se elimina tanto los cartones como el papel de silicona y se corta el papel japonés que sobresale del documento original³⁸.

36.2.1.1.2. Laminación en húmedo.

Esta técnica comenzó en los años ochenta y aún se utiliza hoy en día. Se caracteriza por utilizar un adhesivo en solución, emulsiones o suspensión acuosa para adherir el estrato de refuerzo de seda o tisú a un papel frágil. Este método no aplica calor a la obra, pero no se puede utilizar en obras sensibles al agua como la acuarela, témpera, etc. Los adhesivos que se suelen emplear son la pasta de almidón, metilcelulosa o mezcla de ambas³⁹. Este sistema proporciona

³⁸ ZAPPALA, A. Introducción a la restauración conservadora de bienes culturales. Editorial Del Bianco .1990.

³⁹ RODRIGUEZ, M.A. Conservación y restauración de la obra gráfica, libros y documentos. Editorial Servicio. Bilbao. 2004.

un tacto fino y transparente. No obstante, puede causar diferentes degradaciones por lo que no es muy empleado entre los restauradores.

36.2.1.1.3. Laminación por impregnación.

Este sistema es semejante a la laminación en seco. Sin embargo, las dos películas adhesivas que se emplean son termoplásticas. Esto significa que deben fundirse para impregnar y penetrar entre las fibras del documento. Esta técnica fue empleada en los años setenta en los archivos de Belgrado con polietileno a 115°C, y en la Biblioteca Nacional Central de Florencia con acetato de celulosa a 90°C. El inconveniente de esta consolidación es su escasa reversibilidad. La temperatura para su eliminación es muy superior a los 90-115°C. Se puede emplear para ello el acetato de celulosa o disolventes como la acetona a temperatura ambiente y para el polietileno a 80°C⁴⁰.

36.2.1.1.4. Laminación a dos caras.

Para laminar a dos caras un documento se puede usar el mismo sistema que el de la aplicación de soporte auxiliar. Hay que tener en cuenta que se va a recubrir la información escrita sobre el soporte, por lo cual se requiere un papel o tisú con alta transparencia; El tisú japonés de 9 o 10 gramos son los idóneos. Se debe usar el mismo por las dos caras.

37. Reintegración por laminación.

En ocasiones, la reintegración propiamente dicha puede ser innecesaria porque la laminación del documento le confiere un aspecto suficientemente adecuado. Así, la laminación completa de una pieza puede servir también para resolver sus faltantes si la hoja de refuerzo tiene una tonalidad y textura similares a las de la hoja restaurada. Aunque este tipo de actuaciones no se pueden considerar como una reintegración de los faltantes en el mismo sentido en que lo son las técnicas descritas arriba, sí que pueden cumplir una función similar, con resultados parecidos y de manera mucho más rápida.

⁴⁰ ZAPPALA, A. Introducción a la restauración conservadora de bienes culturales. Editorial Del Bianco .1990.

38. Otras técnicas/ métodos.

38.1. Encapsulado.

Este método no fue de consolidación, sino un sistema preventivo para proteger la obra de los agentes externos de degradación, el manejo de las personas, etc. Se incluyó porque su uso hizo que la obra se introdujera entre dos hojas de polietileno ⁴¹ (Mylar®) o de poliéster⁴², como si de un sobre se tratase, y posteriormente se aislaba herméticamente del exterior mediante cinta adhesiva de doble cara.

39. Ventajas de la laminación.

Cuando el proceso de laminación se utiliza correctamente y con precisión, la vida de los documentos laminados puede ser más duradera. El laminado en sí refuerza la resistencia del papel.

40. Inconvenientes del laminado.

La laminación dota al papel de una óptima resistencia, pero cualquiera de los sistemas de laminación tiene la desventaja de modificar el aspecto y hacer menos legible la obra, aunque no sean recubiertos los elementos sustentados. La laminación puede llegar a alterar/ provocar otros factores del documento como:

- Ondulaciones y deformaciones del papel original por modificación del comportamiento original al incorporarle otro papel con características distintas y un adhesivo con mayor o menor fuerza.
- Pérdida de marcas originales del papel; marcas de impresión, de fabricación del papel, de estampación, etc.
- Modificación de la textura y apariencia del original del papel. Cambios de color, opacidad, brillo, etc.
- Aumento del grosor del papel original por la incorporación del adhesivo en su composición, con un comportamiento muy distinto.

⁴¹ RODRIGUEZ, M.A. Conservación y restauración de la obra gráfica, libros y documentos. Editorial Servicio. Bilbao. 2004.

⁴² MORROW. C. Un Manual de procedimientos paso a paso para el mantenimiento y reparación de los materiales de la biblioteca. Editorial Libraries Unlimited. Colorado 1982.

- Alteración del comportamiento del papel ante la humedad por la presencia de gran cantidad de adhesivo, modificando su capacidad por absorber y ceder humedad.

41. Los adhesivos usados en la historia de la laminación.

En la Biblioteca del Congreso y la Oficina Nacional de Normas en Estados Unidos en 1928, se experimentó con acetato de celulosa aplicado como recubrimiento por inmersión o aspersión, con el celofán como film del laminado. Este estudio concluyó que el celofán no rendía las propiedades de resistencia deseadas⁴³.

De manera que, la película de acetato de celulosa apareció en el mercado como un producto comercial en el año 1930 bajo el nombre "protectoid®", un nombre comercial de Corp Celuloide. Una muestra de su laminación en 1933 ha estado en los archivos de restauración de documentos nacionales desde que se formó bajo la dirección de Arthur E. Kimberly. Esta muestra es una sección de un laminado de periódico con acetato de celulosa "protectoid" y todavía está en excelentes condiciones⁴⁴.

En septiembre de 1938 se instaló una prensa hidráulica más pequeña de madera que contiene aberturas con una superficie de laminado diferente⁴⁵. En agosto de 1963 se instaló en los Archivos Nacionales, una prensa hidráulica de 750 toneladas hecha por RD Madera Co. En su funcionamiento, el calor y la presión se aplican simultáneamente y son seguidos por agua refrigerada.

En resumen, estos adhesivos, que son derivados celulósicos semisintéticos, se ha comprobado que son mucho más estables que los adhesivos naturales⁴⁶. Los adhesivos usados últimamente en el laminado son el éter de celulosa, son por sí muy cómodos. Y suelen ser más ventajosos con el uso de papeles preimpregnados con adhesivos acuosos. Por ejemplo, una mezcla de Plextol® B500 al 15% en agua que da lugar a un adhesivo soluble en etanol y muy fácil de preparar. A parte, existe una alternativa al refuerzo mediante los adhesivos fundentes⁴⁷.

⁴³ CUTTER, C. La restauración de documentos en papel y manuscritos. Colegio y biblioteca de investigación. Vol. 28. 1967.

⁴⁴ CUTTER, C. Idem.

⁴⁵ GEAR, JL. Laminación 30 años antes. Editorial El archivista estadounidense. 1965.

⁴⁶ GONZALEZ, E. Concepto y método de restauración del documento gráfico. 1995.

⁴⁷ MUÑOZ, S. La restauración del papel. Editorial Tecnos. 2010.

42. Adhesivos en la actualidad.

Los adhesivos utilizados en el refuerzo de obra gráfica han cambiado durante estos últimos años, teniendo en cuenta las características más adecuadas para la obra y la aparición de adhesivos nuevos en el mercado.

Por una parte, es posible usar adhesivos en disolución y por otra adhesivos termofusibles. El uso de adhesivos termofusibles o fundentes es ideal en aquellos casos en los que hay elementos solubles en los documentos, además de evitar la deformación de la hoja por la adición de humedad. Con los adhesivos solubles en disolventes es posible controlar con mayor precisión todo el proceso, puesto que es el restaurador el que determina por ejemplo la cantidad o viscosidad del adhesivo a aplicar.

Los adhesivos más utilizados son la Thylose®, Klugel® o almidón, pueden ser reblandecidos mediante la aplicación de calor con plancha y/o su correspondiente disolvente aplicado con brocha, una vez que se ha superpuesto el refuerzo al documento. En ambos casos, se hace necesaria una presión capaz de favorecer la unión entre los materiales que constituyen la laminación. El uso de uno u otro adhesivo lo determina el tipo de soporte y su estado de conservación. Normalmente pueden ser preparados a base de agua o alcohol.

El adhesivo debe unir bien la superficie del objeto, sin embargo, no es tan fuerte como para causar un mayor daño al mismo, ni tan débil como para ponerlo en peligro. La contracción de la capa adhesiva en el secado no debe causar distorsiones, ni manchas en el papel o alterar el color, ya sea acuosa o de base disolvente.⁴⁸ Todos ellos deben cumplir unas características específicas para que no deterioren las obras.

La adhesión entre el producto y la obra se debe a la penetración y fijación de los adhesivos a los poros del material de las dos superficies que se ponen en contacto⁴⁹. Por este motivo, su reversibilidad no es completa y por esta razón debemos buscar un material estable, inocuo – entre otras cualidades- y que sean lo más afín a la obra para que su envejecimiento sea lo menos perjudicial para la misma.

El adhesivo seleccionado debe demostrar la estabilidad a largo plazo. Estas son las características a tener en cuenta para el uso en la conservación:

⁴⁸ JOHNSON, A.W. La restauración del libro. Editorial MEB. Padova. 1989.

⁴⁹ JOHNSON, A.W. Idem.

1. La estabilidad se puede juzgar por el envejecimiento acelerado, con una prueba de envejecimiento podemos observar con materiales tradicionales, el análisis y el transcurso acelerado de los materiales. Los datos de los ensayos de envejecimiento acelerado deben ser cuidadosamente evaluados para determinar la validez y la adecuación en la elección de un adhesivo específico como material de refuerzo. La estabilidad, durabilidad y reversibilidad son características deseadas en un adhesivo de calidad.
2. Las preparaciones comerciales se recomiendan con precaución porque las formulaciones pueden cambiar sin previo aviso. Por su composición química o propiedades de envejecimiento.
3. Un adhesivo puede estar disponible en varios grados. Sólo los grados más altos de pureza son adecuados para el uso en la conservación.

Entre los adhesivos destacan las colas animales a base de gelatina y gomas vegetales, generalmente goma arábica. Ambos productos muestran una adherencia muy eficaz, pero tienen el inconveniente de ser un sustrato muy apetecible para los insectos y microorganismos. Asimismo, no es recomendable añadir algún fungicida y bactericida en el momento de preparación. Andrea Pataki desaconseja alterar los adhesivos⁵⁰.

Además, el grosor de los adhesivos que se utilizan en forma de película oscila entre 0,025 y 0,05 milímetros. Deben tener perfecta transparencia y no exigir temperaturas muy elevadas con el fin de que ésta no dañe el papel. Además, tienen que ser reversibles ante algún tipo de disolvente inocuo para poder eliminarlo en caso de un resultado defectuoso.⁵¹

43. Breve introducción a los adhesivos empleados como refuerzo.

Este trabajo es un estudio empírico con el principal objetivo de explorar y aprender, a través de pruebas, el comportamiento de un polímero en un contexto práctico. Los adhesivos que se han escogido almidón y Thylose® son los que se trabaja actualmente en la laminación de papel y que por su comportamiento ante la obra y sus características son muy semejantes al Aquazol®.

⁵⁰ PATAKI, A. Tisú rehumedecible, preparación y aspectos prácticos. Vol.30. 2009.

⁵¹ CRESPO, C. La Preservación y restauración de documentos y libros en papel: un estudio del RAMP con directrices". Editorial Programa General de Información y UNISIST- UNESCO. París. 1984.

En el ámbito de la conservación y restauración, el Aquazol® es usado como adhesivo especialmente para la reparación de daños tales como rasgados o reparaciones puntuales en zonas sensibles a la humedad.

De manera que, realizando un estudio exhaustivo de los aglutinantes utilizados para el refuerzo de tisú rehumedecibles⁵² destacan los adhesivos comúnmente utilizados como son el almidón, éteres de celulosa, adhesivos y polímeros de base acrílica, como opciones potenciales para los tratamientos de conservación de libros y papel. Son polímeros naturales y sintéticos que debido a sus propiedades tienen similitudes tanto en la consistencia como en la fluidez, siendo elegidos para ser comparados con Aquazol®, los adhesivos naturales como el almidón y éter de celulosa como la Thylose®.

43.1. Almidón.

El adhesivo a base de almidón es soluble en agua fría o caliente, dependiendo de las especificaciones de la aplicación. Los gránulos de almidón están mal articulados en el agua. La mezcla se calienta hasta que los gránulos estallan, absorben el agua y se hinchan aumentando la viscosidad de la pasta o adhesivo.

El engrudo de almidón de arroz o de trigo obtiene una consistencia delgada y aplicado con un pincel a superficies ásperas o fracturadas, puede devolver la suavidad y brillo a la superficie del papel que haya sido demasiado manipulado.

Este engrudo puede ser útil para los trabajos en papel laminado tales como las hojas de caligrafía del Cercano Oriente. Una solución de almidón se puede aplicar levemente, secar y lustrar suavemente con una plegadera de hueso. También se puede usar almidón levemente rebajado para aplanar capas despegadas, bordes y pequeñas rasgaduras en los bordes. El almidón aplicado en forma demasiado gruesa, puede otorgarle mucha rigidez al papel, causar ondulaciones o darle una apariencia grisácea o levemente pigmentada. En la conservación, los más usados son los de trigo y arroz.

⁵² PATAKI, A. Tisú rehumedecible, preparación y aspectos prácticos. Vol.30. 2009.

43.1.1. Las características de este material son las siguientes:

Ventajas:

- Forma un estrato fino y flexible.
- Posee buena adherencia y flexibilidad.
- Aumenta la resistencia al pliegue del papel.
- El pH y la resistencia son óptimos a través del tiempo. Menos cuando es mezclado con otras sustancias químicas.
- Amarillea poco al envejecer.
- Como el almidón es una sustancia biológica, es fácilmente susceptibles al ataque de factores biológicos, dependiendo de la preparación y de las condiciones.
- El almidón es soluble en agua. Tiene una pobre resistencia a la humedad.

43.2. Thylose®.

La mayoría de los conservadores consideran que los CMC son adhesivos. Es importante destacar que el grado de pureza de los materiales, especialmente de la metilcelulosa y de la carboximetilcelulosa sódica, influye enormemente en sus propiedades. Generalmente se prefieren las sustancias más puras⁵³.

Este material de apresto es relativamente resistente a los ataques de hongos, lo cual puede ser un factor decisivo en su uso bajo condiciones de almacenamiento con un grado de humedad relativa elevado. Sin embargo, no existe resistencia al hongo con metilcelulosa. Debido a que la metilcelulosa es higroscópica, el crecimiento del hongo puede ser posible⁵⁴. Los éteres de celulosa de bajo peso molecular son más frágiles y menos permanentes que los éteres de mayor peso molecular.

⁵³ LIENARDY, A., VAN DAMME, P., *Manuel de Conservation et de restauration du Papier*, Ed. Institut royal du Patrimoine Artistique, Bruxelles, 1989.

⁵⁴ FLORIAN, E.; DUDLEY, D. The inherent fungicidal features of some conservation processes. American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 1977.

Aunque se ha utilizado metilcelulosa en soluciones muy diluidas (tan bajas como del 0,02%), se usa más comúnmente en el rango de 0,25 a 0,75%. La elección de la concentración estará relacionada, en parte, con el peso molecular del éter de celulosa.

Durante el proceso de reapresto, el material hace que la superficie de la hoja se vuelva extremadamente resbaladiza, lo que puede dificultar su manipulación.

Se vende con los nombres comerciales como Culminal®, Tylose® MH, Glutofix®⁵⁵.

43.2.1. Las características de este material son las siguientes⁵⁶:

Ventajas:

- Buena resistencia mecánica.
- El pH y la resistencia mecánica no disminuyen en exceso a través del tiempo.
- Reversible con agua y no amarillea mucho al envejecer.
- Insoluble en agua caliente pero soluble en etanol y acetona.
- Buena resistencia al ataque de microorganismos.
- Contiene más del 95% de agua.
- Viscosidad elevada en bajas concentraciones.
- Tiene poder humectante.
- Es útil en detergentes.
- No es tóxico.

⁵⁵ RODRÍGUEZ LASO, M., *Conservación y Restauración de la Obra Gráfica, Libros y Documentos*, Ed. Universidad del País Vasco, Bilbao, 2004, p. 114.

⁵⁶ BAKER, C.A., « Methylcellulose et Carboxymethylcellulose sodique: étude par vieillissement accéléré des propriétés pour la conservation du papier », *Adhésifs et consolidants. Congrès internationale de l'IIC Xème*, Editorial. Champs-sur-marne, IIC, Paris, 1984, p. 53.

44. AQUAZOL®.

A partir del s. XIX con la revolución industrial el desarrollo de la ciencia permitirá que un siglo después surjan los primeros adhesivos de tipo sintético, aún hoy en día en fase de perfeccionamiento y mejora.

El adhesivo Aquazol®, según la C.T.S⁵⁷, es una marca identificada como una familia de polímeros termoplásticos constituidos por una serie de compuestos de polioxazolina solubles en agua.

Tiene su origen en el año 1986 en Dow Chemical Company⁵⁸, donde recibió las primeras patentes de la amina terciaria. En los últimos años se han multiplicado los estudios y los ejemplos aplicativos de un material que ha sido propuesto por Wolbers en 1984 como potencial consolidante para la restauración. Disponible en cuatro grados de peso molecular (5, 50, 200, 500), el peso molecular medio está entre el 5.000 y el 500.000 y sólo se diferencian en el tamaño de la cadena siendo miscibles entre sí, es decir, los diversos pesos moleculares pueden ser mezclados, por ejemplo, se incorpora primero 50 (un peso molecular bajo que permite una mejor penetración) y luego 500 (un peso molecular alto que permite una mejor adhesión).

En 1990, en *Polymer Chemistry Innovations* (P.C.I.), se presenta como un adhesivo, o bien como consolidante de las capas pictóricas. Una de las características más interesantes es la completa solubilidad en agua, además de en gran parte de los disolventes polares. Es por tanto un excelente sustituto de adhesivos al agua como la gelatina animal (“colletta”) o las emulsiones de acrílicos o de polivinilacetatos, con unas propiedades físicas y químicas inusuales. Además de ser soluble en agua, lo es en una amplia gama de disolventes orgánicos como: etanol, alcohol, etc. Precisamente esta última es una característica que lo ha hecho atractivo por los potenciales usos como adhesivo/consolidante en la restauración: la solubilidad en agua. Incluso se puede mezclar con otros polímeros miscibles⁵⁹.

Más tarde, Dow Chemical Company dio la licencia para la producción del producto denominado comercialmente como “Aquazol®”.

⁵⁷ C.T.S., fundada en 1984, es la empresa de referencia en ámbito internacional para el suministro de materiales para la Restauración, Conservación y Archivo de todas las obras de interés histórico-artístico monumental.

⁵⁸ <http://www.polychemistry.com/aquazol/> 20/03/2015 20:30.

⁵⁹ Miscible es un término usado en química, que se refiere a la propiedad de algunos líquidos para mezclarse en cualquier proporción, formando una solución.

El Aquazol® se desarrolló en la década de 1980 y comenzó a ser utilizado en la restauración en 1990, principalmente en la consolidación (Horie, 2010)⁶⁰.

Desde enero de 2006, C.T.S. y otras de las empresas más importantes especializadas en restauración como Agar Agar, Kremer Pigments, etc. Introdúcen en su catálogo al Aquazol® como un compuesto sintético con propiedades interesantes que ofrece consolidación y fijación versátil.⁶¹



Fig. 2. Aquazol® 50, 200, 500.⁶²

44.1. Otros términos:

El adhesivo Aquazol® es conocido por su estructura molecular que viene de la familia de los polímeros termoplásticos constituidos por una serie de compuestos de polioxazolina, preparado en 1986 por la polimerización por apertura de anillo del monómero 2-Etil-2-Oxazolina.

En restauración podemos encontrarlo con otras nomenclaturas, como: CAS 25805-17-8 Poly (2-ethyl-2-oxazolina) 99,9% y CAS 10431-98-8 2- ethyl-2-oxazolina <0,1%. Polímero PEOX.⁶³

⁶⁰ CHARLES, H. Materiales para la conservación: consolidantes orgánicos, adhesivos y revestimientos. Segunda Edición. Amsterdam. 2010.

⁶¹ Aquazol, Bollettino C.T.S. n°5, Enero 2006, en la web: www.ctseurope.com. 20/03/2015 22:00.

⁶² <http://www.3atp.org/?L=Aquazol> 20/03/2015, 21:00.

44.2. Descripción del producto.

Se trata de un polímero comercializado en forma de piedras blancuecinas y amarillas. Para familiarizarnos poco a poco con él, se comenzará a describir algunas de sus propiedades más características, para luego entender en mayor medida su comportamiento.



Fig. 3. Aquazol® 200.⁶⁴

El adhesivo es un sólido blancuecino con una temperatura de transición vítrea (T_g) entre 69°C y 71°C, aunque se observó una T_g inferior (50°C) para trabajos en solución acuosa.⁶⁵ Su propiedad como aglutinante favorece la capacidad de unión, hace que sea un producto óptimo para trabajar con distintos materiales como, por ejemplo, la cera.⁶⁶ Aunque se consigue una buena flexibilidad sin que el material encoja de manera significativa ya que se trata de un material relativamente elástico, incluso a baja humedad relativa (Rönnerstrand Stam, 2003 p.18)⁶⁷. La sustancia puede reactivarse con calor y disolventes, y obtiene una buena unión entre Aquazol® dependiendo del material, en este caso papel (Lechuga, 2011).⁶⁸

Se emplea en la conservación para trabajos de consolidación y adhesión de materiales de diversos tipos: vidrio, madera, pinturas, esmaltes y papel⁶⁹.

⁶³ PASTOR, M. Estudio de sistemas y tratamientos de estabilización de capas pictóricas no protegidas en pintura contemporánea. Criterios y metodologías de actuación. Valencia.2014.

⁶⁴ <http://www.3atp.org/?L-Aquazol> 21/04/2015, 12:00.

⁶⁵ SÖDERBERG, Kajsa. Aquazol-ett åldringsbeständigt ämne. 2013.

⁶⁶ LECHUGA, K. *Revestimiento del Aquazol en tejidos rehumedecibles*. 2007. p. 1-13.

⁶⁷ RONNERSTAM, C. *Aquazol 500*. Editorial Realía. USA. 2003

⁶⁸ Idem.66.

⁶⁹ ARSLANOGLU, J. *Aquazol tal como se utiliza en las prácticas de conservación*. WAAC Newsletter. Vol.26. 2004.

En la actualidad, no sólo se utiliza como medio de consolidación, sino también como medio de retoque en pintura. (Sims, Cross & Smith, 2010 p.173).⁷⁰

44.3. Las propiedades físico-químicas del polímero Aquazol®.

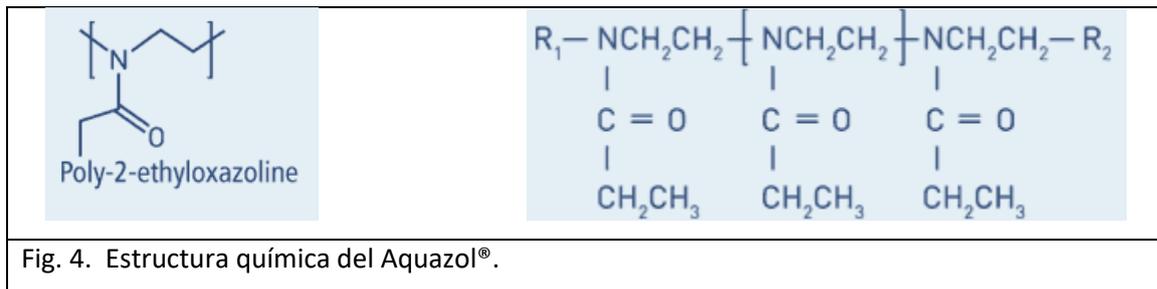
- PM: 5.000-500.000, 200.000 (Aquazol ®200) y 500.000 (Aquazol ®500) u.m.a.⁷¹
- Presión de vapor: 6 mm Hg (a 20º C).
- Viscosidad: Aquazol ® 200; 33,8 cPs al 10%, 306 cPs al 20%; Aquazol ® 500; 67,2 cPs al 10%, 2220 cPs al 20%.
- Punto de ebullición: 128,4 ºC a 760 mm Hg.
- PH: 6,8-7,4 (10% solución).
- Tg: 69-71ºC Tq< 55ºC en films obtenidos con solución acuosa.
- Tª de descomposición: >380ºC.
- Punto de fusión/ congelación (ºF): 212-392.
- Gravedad específica/densidad: 1,14 g/cm3.
- Índice de refracción a 25ºC: 1,520 (Aquazol®50). Bajo impacto cromático.
- Combustión limpia. No iónico. No encoge. Material higroscópico.
- Amplia solubilidad en agua y disolventes orgánicos polares. Intervalo de polaridad del metanol (Fd 30-100) a hidrocarburos (Fd 80-100).
- Extremadamente plástico. Incluso en condiciones de baja HR, alargamiento a la rotura hasta del 380% a 8% HR.
- Adhesivo débil (menor que los acrílicos y vínicos, pero mayor que el Klucel® G). La fuerza adhesiva disminuye pasando del 500 al 200.
- Termoplástico. Posibilidad de "heat sealing" alrededor de 55ºC.

⁷⁰ SIMS, S., CROSS, M. y SMITHEM, P. Medio retoque para las pinturas acrílicas. Mezclar y combinar. Editorial publicaciones Arquetipo ss. London. 2010.

⁷¹ U.m.a = equivale a unidades de masa.

- Miscible con PVA, PVB, pasta de almidón, cola de piel y metilcelulosa, etc. Elevada reversibilidad.
- Plastificante estable de otros polímeros (resinas epoxi, Paraloid® B72). Modificación de Tg y comportamiento mecánico de forma duradera (ácido poli acrílico o Paraloid® B-72).⁷²
- Envejecimiento: elevada estabilidad, despolimeriza sin reticulación, no coloración, manteniendo las propiedades mecánicas, solubilidad y pH (de 6,2 a 6,4), no bandas absorción espectro FTIR (ausencia de productos de oxidación). Escaso ataque microbiológico. Baja resistencia a los UV.⁷³

La Poli (2-ethyl-2-oxazolina) es tratada como una resina polimérica sintética. Se prepara a partir de una polimerización de 2-ethyl-2-oxazolina iniciada por un catión. En esta polimerización, un monómero cíclico es convertido a otro que al no contener anillos, como podemos observar en la imagen, se abre y extiende a lo largo de la cadena polimérica.⁷⁴



44.4. Diferentes aplicaciones del Aquazol®.

Actualmente en el comercio encontramos el producto en forma de escamas o cristales en envases de un Kilogramo. Hay diferentes modos de aplicación del Aquazol®, ya sea en disolución o en spray. La utilización del producto forma un film característico, con unas propiedades mecánicas particulares.

Es un film homogéneo que depende de⁷⁵:

⁷² PASTOR, M. *Estudio de sistemas y tratamientos de estabilización de capas pictóricas no protegidas en pintura contemporánea. Criterios y metodologías de actuación.* Valencia.2014.

⁷³ BORACCI, V., SABAHI, F., BARIGIONE, L. *Elevada exposición a UV: amarilleo y nuevas bandas de FTIR.* Op.cit, p.170.

⁷⁴ <http://www.ctseurope.com/scheda-prodotto.php?id=131> 21/04/2015, 12:00.

⁷⁵ CTS. Idem. 21/06/2015, 18:40.

- La forma de manejarlo.
- El disolvente con el que se realice la mezcla, (siempre que exista).
- Las características del sustrato.
- La temperatura ambiente.
- La densidad de la capa.

44.5. Aplicación del Aquazol® en Conservación y Restauración.

El Aquazol® se usa para la fabricación de fibras, recubrimientos, adhesivos, películas y materiales poliméricos solubles en agua, así como disolventes orgánicos polares. Wolbers RC; McGynn M., D. Duerbeck en su artículo: Una mayor consolidación de la conservación de la madera pintada, se dice: “Estos adhesivos de polioxazolina tienen buena estabilidad térmica y se utilizan como una fusión en caliente, adhesivos líquidos, consolidantes, recubrimientos transparentes y gessos. Son estables en ácidos y bases débiles, pero son hidrolizados por ácidos y bases fuertes. Los estudios preliminares indican que el envejecimiento de Aquazol® mantiene un pH neutro y una buena solubilidad “. ⁷⁶

En la literatura sobre este polímero versátil trata la utilización del Aquazol® en el campo de la conservación a principios de los 90, sobre todo en EE.UU, precedido por los estudios científicos que se centran en esta resina sintética desde los años 80.

Su uso y aplicación en la conservación de tratamientos varía ampliamente. Inicialmente, se analizó como propósito de conservación usándolo como consolidante para el vidrio. Posteriormente, su uso se expandió y sirvió como esmalte, como fijador en pinturas o en el relleno de yeso, y es compatible con la cola animal. También en restauración textil se ha utilizado como consolidante (alternativa al reentelado) y en cuero como Nesi y Rossignoli Salvioli⁷⁷, como, adhesivo y consolidante para esmaltes sobre cobre⁷⁸, medio de reintegración, uso alternativo a las colas proteicas (cola de conejo y esturión) y otras como: alcohol

⁷⁶ WOLBERS, R., MCGYM, M. y DUERBECK. D. *El poli (2-etil-2-oxazolina): una mayor consolidación de la conservación de la madera pintada: historia y conservación*. Actas del Simposio en Williamsburg. 1994.

⁷⁷ ANTONELLA, N., ROSSIGNOLI, G., SALVIOLI, N. y STEFANO B. *Las pruebas técnicas de restauración y conservación de arte*. Actas del Congreso. Siena. 2006.

⁷⁸ ARSLANOGLU, J. *Aquazol tal como se utiliza en las prácticas de conservación*. WAAC Newsletter. Vol.26. 2004.

polivinílico, emulsiones acrílicas o de polivinil acetatos. Con la posibilidad de un trabajo en frío⁷⁹.

En Italia Buzzegoli, Landi y Minotti 2013⁸⁰ trabajaron en un procedimiento experimental frente a los fenómenos de difusión y penetración de los materiales utilizados para la consolidación de pinturas en un medio poroso. Estas pruebas se llevaron a cabo teniendo en cuenta las diferentes concentraciones de productos tales como adhesivo natural de esturión y conejo, Beva 371, Plexisol P-550, Paraloid B-72 y el Aquazol[®] precisamente, aplicados al soporte poroso o en muestras. Los resultados de estas pruebas demuestran una gran adhesión sobre superficies no porosas como el vidrio y el poliéster siliconado. Al comparar el producto con colas animales, el Aquazol[®] 200 parece tener una mejor difusión, así como una menor densidad a igual concentración que la cola de esturión.

Es más, en Arte Contemporáneo la restauradora italiana Barbara Ferriari⁸¹ informó del uso del Aquazol[®] como adhesivo para la fijación de pinturas acrílicas demostrando una alta resistencia, óptima porosidad y buena adaptación a las irregularidades de la superficie pictórica de la obra de Mario Merz. Además de usarse para el levantamiento de ampollas y capas de pintura.⁸²

Por otra parte, en el trabajo de Wolbers⁸³ aparece en la bibliografía varios ejemplos de uso del Aquazol[®] y un estudio para evaluar la eficacia del material llevado a cabo recientemente por Julie Arslanoğlu, investigadora del Instituto de Conservación Getty. El estudio comparó el Aquazol[®] con otros adhesivos a base de agua, de uso común en la consolidación de película pictórica, como el PVAc, gelatina y cola animal de esturión (principalmente en Italia, se utiliza comúnmente para este propósito.) En el estudio se analizaron mediante cromatografía de gases, medición de pH, análisis térmico (termogravimetría y análisis térmico diferencial), las pruebas de resolubilización, las medidas de viscosidad y color, espectroscopia, mediciones de FTIR y resistencia a la tracción⁸⁴. Todo antes y después de una luz acelerada que se corresponde con alrededor de veinticuatro años del envejecimiento natural en un museo. Los

⁷⁹ PATAKI, A. *Tisú rehumedecible, preparación y aspectos prácticos*. Vol.30. 2009. pp. 51-69.

⁸⁰ D'HAENENS, M. *La penetración de los adhesivos en las obras de arte*. 2013.

⁸¹ BORGIOLI, L. CREMONESI, P. *Resinas sintéticas utilizadas en el tratamiento de las obras policromadas*. Padua. 2005.

⁸² ARSLANOGLU, J. *Evaluación del uso de Aquazol como adhesivo en la conservación de la pintura*. WAAC Newsletter. Vol.25. 2003.

⁸³ WOLBERS, R., MCGYM, M. y DUERBECK, D. *El poli (2-etil-2-oxazolona): una mayor consolidación de la conservación de la madera pintada: historia y conservación*. Actas del Simposio en Williamsburg. 1994.

⁸⁴ http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/paintedwood.html. 21/06/2015, 18:00.

resultados muestran un óptimo comportamiento en el envejecimiento de polímeros⁸⁵. No hay coloración ni aumento de la acidez. El pH se mantiene sin cambios. Incluso, hay varios casos reportados por restauradores que se han aprovechado de la función especial de los adhesivos con una alta solubilidad en agua, conocidos bajo los nombres como: Primal®, Plextol®, Acril®, Mowilith® y otros.⁸⁶

44.6. Aplicaciones dentro del ámbito de la Restauración y Conservación.

44.6.1. Como adhesivo.

Un uso muy común del Aquazol® en la especialidad de restauración es la utilización de éste como adhesivo. Comparando el producto y su fuerza de adhesión con la de otros polímeros sintéticos se ha concluido que es más débil que los acrílicos y vinílicos, pero más fuerte que el Klucel®. Por otra parte, la fuerza de adherencia disminuye en Aquazol® del 500, 200 y 50 progresivamente, de modo que este último sólo se definirá como un consolidante leve.⁸⁷ Por su peso molecular, no debería penetrar en las películas al óleo, excepto en las grietas de los cuarteados⁸⁸.

Aquazol® 500 es recomendable en intervenciones con adhesión sobre capas pictóricas cuando se requiera una fuerza adhesiva moderada. Las soluciones acuosas muestran buenas propiedades adhesivas y cohesivas sobre fibra de vidrio y poliéster.

44.6.2. Como aglutinante.

En la utilización de este producto como aglutinante consigue una fuerza relativamente débil, por lo que se debe evitar utilizar cuando se necesite una adhesión fuerte. Es ligeramente más resistente que los éteres de celulosa, aunque más débil que las emulsiones.

⁸⁵SAN ANDRÉS, M. Factores responsables de la degradación química de los polímeros. Efectos provocados por la radiación lumínica sobre algunos materiales utilizados en Conservación de objetos patrimoniales. XI Jornada de Conservación de Arte Contemporáneo (GEIIC). Madrid. 2010.

⁸⁶ BORGIOI, L. CREMONESI, P. *Resinas sintéticas utilizadas en el tratamiento de las obras policromadas*. Padua. 2005.

⁸⁷ MAGEE C. *El tratamiento de esmalte severamente deteriorado*. ICOM 12ª Reunión Trienal. Lyon. Vol.2. 1999. pp 787-792.

⁸⁸ <http://www.ctseurope.com/es/dettaglio-news.php?id=379>

La elección del Aquazol® como adhesivo estuvo motivado tanto por su reversibilidad en el tiempo, como por su alto índice de refracción.⁸⁹ Es un material que puede ser preferible a la gelatina, a la cola de esturión o la emulsión de PVAc, ya que no favorece el crecimiento de moho y no es frágil con baja humedad relativa como le sucede a la gelatina o la cola de esturión. Es uno de los últimos materiales testados para ser utilizado como aglutinante de estucos, al ser un polímero hidrosoluble. Entre las investigaciones llevadas a cabo destaca la realizada por el equipo de Calore, cuyos análisis permiten conocer mejor sus características físico-químicas. Se ha observado que los mejores resultados se obtienen con Aquazol® al 15-20% en agua y alcohol (80:20) al que se le adiciona como carga inerte yeso de Bolonia. Esta mezcla permite una buena manejabilidad de la masilla del estuco y un adecuado tiempo de secado; además, ofrece unos valores de reflectancia estables. Se considera que este tipo de material, dada su compatibilidad con las colas animales, puede ser una alternativa en la preparación de estucos para la restauración de pinturas de caballete tradicional⁹⁰.

44.6.3. Como consolidante.

Los estudios sobre el uso de este polímero como medio fijativo para los tratamientos de pinturas confirman que las películas de Aquazol® conservan buena flexibilidad y no se contraen considerablemente durante el secado⁹¹.

En la práctica, la ventaja de la existencia de diferentes pesos moleculares de un polímero, perfectamente compatibles y miscibles en la misma solución, permite modular la intervención de consolidación de acuerdo con la porosidad, el estado de conservación del objeto y el efecto que se desea conseguir⁹². Fue propuesto por Wolbers en 1994⁹³ como un consolidante potencial para la restauración. Las soluciones usadas varían de 10% a 25% en agua. Hay una mejor penetración con pequeñas adiciones de alcohol etílico, en torno al 10%, especialmente sobre superficies no polares, tales como los de las pinturas al aceite. Al ser termoplástico, el efecto de la consolidación también se puede lograr con la ayuda de calor y la aplicación simultánea de la técnica del vacío.

⁸⁹BORGIOI, L. CREMONESI, P. Idem. 23/06/2015, 19:39.

⁹⁰ ORTIZ, A. *Restauración de obras de arte: pintura de caballete*. Editorial AKAL. 2012.

⁹¹ ARSLANOGLU, J. *Evaluación del uso de Aquazol como adhesivo en la conservación de la pintura*. WAAC Newsletter. Vol.25. 2003.

⁹² "La evaluación en el corto y largo plazo Propiedades interactivas de fijadores y consolidantes" comunicación al Congreso por Richard Wolbers "estado de la técnica 4", Siena. 2006.

⁹³ WOLBERS, R., MCGYM, M. y DUERBECK, D. *El poli (2-etil-2-oxazolona): una mayor consolidación de la conservación de la madera pintada: historia y conservación*. Actas del Simposio en Williamsburg. 1994.

Para consolidaciones con soluciones acuosas se ha observado una mejor penetración con la adición de un 10% de etanol, especialmente si las superficies son apolares como el óleo, al igual que con el empleo de Beva®371⁹⁴.

44.6.4. La solubilidad del adhesivo⁹⁵.

El adhesivo es soluble en agua, MEK, acetona, etanol, metanol, cloruro de metileno y ligeramente soluble en pentano y tolueno⁹⁶. Uno de los puntos fuertes del producto se observa a una humedad relativa baja: mientras otros adhesivos al agua, como la gelatina animal, endurecen y pierden su elasticidad⁹⁷. El Aquazol®, es muy plástico y con un muy buen alargamiento a la rotura (hasta 380%), incluso al 8% de humedad relativa (con relación a un alargamiento de sólo el 3% de gelatina en la misma humedad)⁹⁸.

44.6.5. Envejecimiento.

La investigación de Wolbers⁹⁹ sobre las características del material, en el que las muestras de Aquazol® 50 y 500 tenían un envejecimiento artificial equivalente a unos 24 años, demuestra que el polímero no decolora significativamente y su pH se mostró prácticamente sin cambios¹⁰⁰.

El Aquazol® ha demostrado ser una sustancia estable cuando se somete al envejecimiento acelerado por la luz¹⁰¹. El envejecimiento artificial que se sometió durante 24 años con luz UV muestra el peso molecular reducido por el envejecimiento, indicando que la sustancia no solo puede ser más fácilmente soluble en el tiempo sino también en las disminuciones de unión de fuerza.¹⁰² Los resultados de las pruebas mostraron un buen comportamiento de envejecimiento del polímero, dado que:

⁹⁴ TISATO, F. Una posible alternativa "ecológica" a la cola animal en la preparación de apósitos para la restauración de pinturas. Italia. 2011.

⁹⁵ <http://www.ctseurope.com/es/dettaglio-news.php?id=379>

⁹⁶ WOLBERS, R., MCGYM, M. y DUERBECK. D. *El poli (2-etil-2-oxazolona): una mayor consolidación de la conservación de la madera pintada: historia y conservación*. Actas del Simposio en Williamsburg. 1994.

⁹⁷ Leonardo Borgioli, Enrica Boschetti, Christian Tortato; "I cerotti di Aquazol 500. Una procedura alternativa per la velinatura dei dipinti", Progetto Restauro n°79, Il Prato, Padova, 2016.

⁹⁸ WOLBERS, R., MCGYM, M. y DUERBECK. D. Idem.

⁹⁹ TISATO, F. Idem.

¹⁰⁰ WOLBERS, R. *La evaluación en el corto y largo plazo propiedades interactivas de fijadores y consolidantes*. Siena. 2006.

¹⁰¹ TISATO, F. Idem.

¹⁰² SHELTON, C. *El uso de preparaciones del dorado basadas en Aquazol*. Instituto Americano de Conservación de Obras Históricas. 1996.

- Despolimeriza sin reticular, lo que debilita pero deja abierta la posibilidad de una buena eliminación.
- No hay desarrollo de la acidez, ya que el pH permanece sustancialmente sin cambios (pH 6.2 a 6.4).
- La ausencia de nuevas bandas de absorción en la Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) parece indicar la ausencia de productos de oxidación¹⁰³.
- La solubilidad permanece sustancialmente inalterable en el mismo disolvente.
- El polímero parece que no cambia su carácter plástico, incluso en condiciones de baja humedad relativa.
- Su mejor penetración, en soluciones con pequeñas cantidades de alcohol en lugar de sólo con agua. Un 20% a 500 en 1:10 etanol-agua funcionaba muy bien.

44.6.6. Remoción.

La reversibilidad de los adhesivos, en algunos casos puede ser menor debido principalmente a la porosidad de las fibras textiles de la obra, y a la impregnación que inevitablemente recibe el soporte original con la fusión del adhesivo¹⁰⁴.

La eliminación de los residuos en la superficie se puede realizar con el mismo disolvente que el utilizado para la aplicación: agua y etanol, puro o en mezclas con otros disolventes. La influencia de la temperatura es determinante para la obtención de una buena intervención, ya que para que se formen los enlaces apropiados debe recibir la temperatura de fusión adecuada o el refuerzo será más débil y fácilmente degradable¹⁰⁵.

Andrea Pataki en sus estudios sobre Aquazol^{®106} se realizaron unas pruebas que demuestran la reversibilidad en la práctica. Se utilizó una mínima cantidad de agua desionizada, etanol o alcohol isopropílico. Sin embargo, el empleo de un exceso de disolvente durante la inversión

¹⁰³ WOLBERS, R., MCGYM, M. y DUERBECK. D. *El poli (2-etil-2-oxazolona): una mayor consolidación de la conservación de la madera pintada: historia y conservación*. Actas del Simposio en Williamsburg. 1994.

¹⁰⁴ CAPLE, C. *Habilidades de conservación: el juicio, y el método de toma de decisiones*. Londres. 2000.

¹⁰⁵ MARTÍN, S. / MARTÍN, J. M. Op. Cit. 2007. p. 8-15

¹⁰⁶ PATAKI, A. *Tisú rehumedecible, preparación y aspectos prácticos*. Vol.30. 2009. pp. 51-69.

puede producir manchas, especialmente en muestras de papel de prensa o papel hecho a mano¹⁰⁷.

44.7. Conclusiones que se extraen en el estudio del adhesivo Aquazol®.

Las conclusiones que se extraen en el estudio del adhesivo Aquazol® generan buenas expectativas acerca de la posibilidad de uso:

- El polímero parece envejecer polimerizando más que reticulando, hecho este que descarta el riesgo de no poder ser re-solubilizado (si es necesario).
- Ausencia de coloración al envejecer a la luz.
- Ausencia de desarrollo de acidez: pH 6.4 antes del envejecimiento, imputables a productos de oxidación.
- Solubilidad sustancialmente idéntica, en los mismos solventes, antes y después del envejecimiento.
- El polímero parece mantener carácter plástico incluso en condiciones de baja HR.
- El material parece comportarse como adhesivo débil, y parece por lo tanto recomendable donde sean necesarias solo fuerzas moderadas de adhesión, como en el caso de ciertas policromías.

44.8. Ventajas y desventajas del Aquazol®.

44.8.1. Ventajas:

- Solubilidad en agua así como en muchos disolventes de polaridad media y alta.
- Estabilidad térmica.
- No toxicidad y biodegradabilidad (combustión limpia no iónica) y su disolución en agua.
- Fácil limpieza.
- Ideal en superficies lisas.

¹⁰⁷ PATAKI, A. Idem.

- Buen envejecimiento.
- No produce manchas.
- PH neutro razonablemente alrededor del 5-7.
- Buena fuerza de adhesión y flexibilidad.
- Fácilmente reversible.

44.8.2. Desventajas:

- No es fácil de conseguir.
- Cambia de tonalidad en metales corroídos.
- Excesivamente líquido cuando se aplica.

45. Plan de pruebas.

Por consiguiente, este trabajo es un estudio empírico con el principal objetivo de explorar y aprender, a través de pruebas, la observación del comportamiento del Aquazol® como adhesivo en el campo del papel. La idea de este proyecto se ha desarrollado por la falta de conocimiento sobre la práctica en este proceso y la aplicación del polímero en este campo.

A partir del análisis de las propiedades del Aquazol®, se pasó a iniciar un trabajo experimental en el que evaluaríamos las características como adhesivo de refuerzo, tanto en laminado en seco, como en húmedo. Tras las primeras investigaciones sobre la aplicación del adhesivo y los resultados, se enfocó la investigación del Aquazol® en el área de la laminación. Sus propiedades químicas como la adherencia, la transparencia, muestran indicios de que el material podría ser un excelente adhesivo, el cual poder llegar a incluirlo en la lista de productos útiles para reforzar obra gráfica o de archivo.

Por esta razón, se pretende analizar las aplicaciones del refuerzo sobre el papel de celulosa, a través del papel japonés impregnado con el adhesivo, en el que se realizará una comparación entre los tres adhesivos utilizados actualmente en la conservación de papel.

Los polímeros elegidos para ser comparados con Aquazol® son el almidón (adhesivo natural) y la Thylose® (adhesivo sintético). Debido a sus propiedades tienen diferentes similitudes tanto en la consistencia como en la fluidez respecto al adhesivo Aquazol®.

En primer lugar, las soluciones adhesivas se prepararon mezclando las cantidades apropiadas de gránulos de Aquazol® y disolvente en un vaso de precipitados. El vaso de precipitados se cubrió y se agitó dejando reposar unas 24h hasta que todos los sólidos estuvieran disueltos. Las soluciones preparadas fueron ligeramente viscosas, exhibiendo un tono amarillo pálido con soluciones de Aquazol® 200.

Los materiales utilizados para realizar la intervención son el papel japonés, con un gramaje de 9 gr/m². El papel japonés utilizado en las pruebas es muy visto en este proceso, ya que tiene un papel fino y los gramajes van de los 5 a los 9g/m² y con tonalidades diferentes. La hoja a pesar de su extrema ligereza ofrece una excepcional capacidad de resistencia físico químico. La hoja requiere de una impregnación mediante un pincel suave y extendiendo homogéneamente el adhesivo, de tal manera que cree un film transparente que una vez seco puede ser reactivado con un disolvente afín o con calor. -La creación de esta película homogénea depende siempre del adhesivo-.

Posteriormente, se prepararon la Thylose® y el almidón, con papel japonés de igual gramaje 9 g/m², con la misma técnica.

La formulación de cada uno de los adhesivos será del 15% en agua. El adhesivo debe ser líquido o fácilmente deformable para que por medio del flujo éste se amolde a las irregularidades del papel y cubra toda la superficie. De esta forma se realizaron un total de 15 pruebas de 25 mm x 200 mm.

Para finalizar, en este proceso se ha tenido en cuenta el ensayo que a continuación nombramos:

- Pruebas de pelado.

46. Elaboración de las probetas objeto del ensayo.

En este proceso se ha tenido en cuenta el ensayo de pelado en T, esto permite entender el esfuerzo del adhesivo y determinar así los resultados, como la media de fuerza, y las fuerzas de

pelado máxima y mínima. Los adhesivos se someten a estos ensayos para determinar si el adhesivo resulta adecuado para la aplicación de refuerzo.

Para la realización de las pruebas de laminación con almidón de trigo se utilizó la receta oriental descrita por la conservadora-restauradora de documento gráfico Berta Blasi¹⁰⁸, modificando las proporciones, para hacer un almidón más suave. En vez de realizarlo con proporciones: 1 parte de almidón por 4 de agua destilada, se utilizó la proporción 1/3.

Existen múltiples variantes en cuanto a recetas se refiere para la realización del almidón de trigo, según lo que más nos interese o necesitemos. Entre las que se encuentran; la receta publicada por Stem –Productos de restauración, receta publicada por Winfried Heiber y Petra Demuth, la receta de Luis Pavão, la receta publicada por Javier Tacón, etc.

Y para la realización de la Thylose® existen diversos métodos y proporciones al 1,5 o 3% en agua, al 8% en agua y alcohol (1:1), al 3% en agua (20%) y alcohol (80%), etc. En este caso se quería sólo con agua y se buscaba una proporción que tuviera suficiente fuerza para adherir el papel de refuerzo al original, pero que no provocara tensiones en el mismo. Por lo que se decidió utilizar la proporción del 15%¹⁰⁹.

Por otra parte, el sistema de aplicación para la laminación de las probetas será con brocha y para la aplicación de calor en plancha caliente. La aplicación a brocha permite, en general, una mayor penetración, incluso en el caso de utilizar soluciones sucesivamente más concentradas durante la impregnación superficial.

47. Aplicación del adhesivo en el refuerzo y posterior acoplamiento.

El material utilizado como soporte auxiliar –en este caso papel japonés de 9gr/m²–se coloca sobre un material poroso tipo Reemay®.

Humedecemos el papel de refuerzo con un pulverizador, de este modo se hinchan las fibras del papel y absorben mejor el adhesivo que se aplicará posteriormente. Aplicamos el adhesivo con una brocha que dejará pasar la cantidad necesaria de adhesivo sobre el refuerzo, de este modo, evitamos incorporar una cantidad de adhesivo excesiva y evitamos desgarros al contacto con la brocha.

¹⁰⁸ BLASI, B. Receta oriental. Disponible en: www.Bertablas.com.

¹⁰⁹ AGAR-AGAR. Productos de conservación-restauración. Disponible en: www.agaragar.net

Una vez aplicado el adhesivo, colocamos con ayuda, el papel de refuerzo – que quedará adherido sobre el documento original previamente humedecido. Aplicamos presión para evitar burbujas y arrugas y garantizar el acoplamiento entre el original y el refuerzo.

Finalmente, colocamos el documento con el refuerzo adherido y los dos Reemay® entre dos papeles secantes de tamaño superior a las pruebas, y se colocará pesos para realizar la presión y garantizar el alisado de las muestras. El proceso no finaliza hasta que se haya retirado toda la humedad presente en la muestra.

48. Análisis posteriores a la laminación.

Con una observación de los resultados obtenidos no es suficiente, ya que se trataría de una observación innecesaria. Principalmente porque los problemas de la laminación pueden ser por la modificación del volumen específico, modificación de pH, variación de dimensiones, deformaciones, modificación del poder de absorción del documento en cuanto a la HR, etc... Es muy importante comprobar el estado de las obras antes y al finalizar las laminaciones, por este motivo se decidió que se realizaría la siguiente prueba de ensayo de pelado en T, que nos daría los resultados que necesitamos para este estudio.

49. Pruebas de resistencia al despegue de los materiales de refuerzo testados.

Se persigue en todo momento que las muestras, se ajusten a las necesidades que se presentan desde el punto de vista conservativo y en la resistencia al pelado según la norma UNE-EN 1895:2002. “Adhesivos para papel y cartón, envases y embalajes y productos sanitarios desechables. Ensayo de pelado en “T” a 180º para una unión encolada de adherente flexible sobre flexible”.

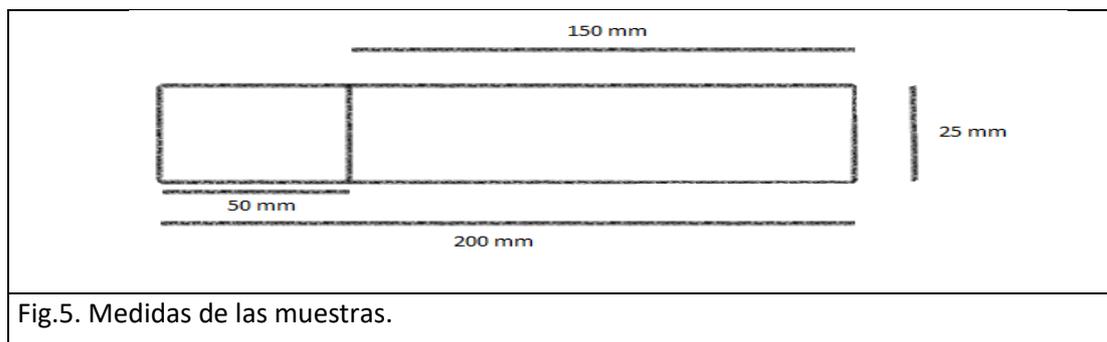
Tras realizar un pormenorizado estudio de los materiales más empleados en la actualidad en este tipo de intervenciones se utilizaron un tipo de soporte inerte ya mencionado anteriormente: Papel A4 estándar al cual se adhirió el papel japonés como papel de refuerzo y los adhesivos anteriormente también descritos como son: almidón, Thylose® y Aquazol®.

Los adhesivos se prepararon con un porcentaje del 15% en agua y se aplican de manera que queden cubriendo completamente la superficie del papel. Para la realización de las pruebas se sirve los adhesivos en forma de probetas de dimensiones 25 mm x 200 mm, con una zona libre sin encolar de 50 mm, y aplicados sobre dos soportes flexibles con las siguientes características:

Soporte 1: Papel japonés Teguncho de Awagami Papers. Gramaje nominal: 9 g/m². Composición 100% fibras de kozo blanqueado sin encolar.

Soporte 2: Papel A4 estándar para uso en oficina. Gramaje nominal: 80 g/m². Composición: 100% pasta química blanqueada reciclada.

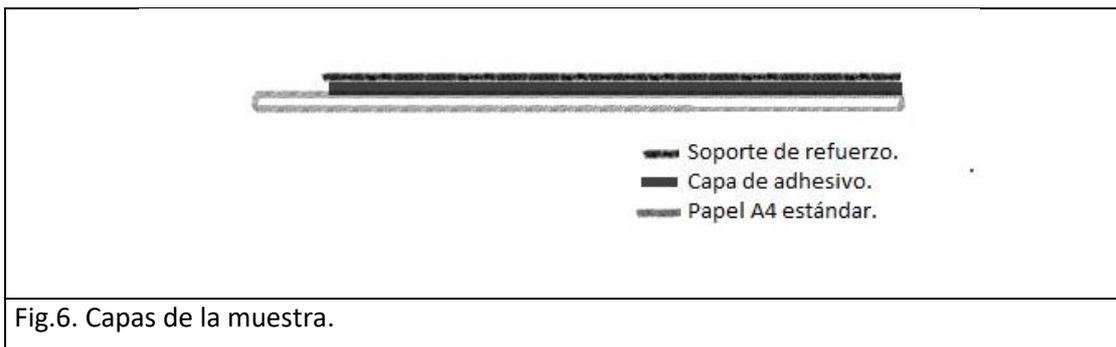
De esta forma se realizaron un total de 15 probetas con las dimensiones anteriormente mencionadas, para lo cual se emplearon 5 muestras de almidón, 5 muestras de Thylose® y 5 muestras de Aquazol®.



- Longitud total: 200 mm ± 1 mm.
- Longitud encolada: 150 mm ± 1 mm.
- Longitud sin encolar: 50 mm.
- Anchura: 25 mm ± 1 mm.

En cuanto a la capa de intervención intermedia situada entre la obra y el soporte, se colocó el adhesivo en una proporción al 15% aplicado mediante brocha para posteriormente por presión controlada obtener la adhesión entre el soporte y la obra. Cuando el adhesivo alcanzó su tack¹¹⁰ fue cuando se realizó la adhesión entre las dos capas obteniendo un sellado completo.

¹¹⁰ Se entiende por tack a la fase previa de curado de una resina o adhesivo cuando éste alcanza pegajosidad. MARTIN, J. M. Op. Cit. P.38. 2007.



Muestreo: Testado en el laboratorio.

Para testar la resistencia al despegue de los refuerzos las probetas se sometieron a esfuerzos de pelado mediante la norma UNE-EN 1895:2002.

Atmósfera de acondicionamiento: 23°C de temperatura y 50% de humedad relativa.

Condiciones ambientales del ensayo: 23°C de temperatura y 50% de humedad relativa.

Velocidad del ensayo: 12,5 mm/min¹¹¹.

Probetas: 25mm x 200 mm (50mm de superficie no encolada para poder iniciar el pelado).

Nº de probetas ensayadas: 5.

Estos ensayos se llevan a cabo tras acondicionamiento a 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa, suele durar entre 24h y 48h. Esto permite asegurar el curado del adhesivo y estabilizar el contenido en humedad, para que las pruebas se realicen en igualdad de condiciones.

Los ensayos proporcionaron información sobre las características del adhesivo y de las uniones realizadas, pudiendo predecir su comportamiento futuro. El ensayo consistió en medir la fuerza necesaria para separar la adhesión creada entre los dos soportes por despegue a 12,5 mm/min.

¹¹¹ Si bien la norma establece una velocidad de 300 mm/min para realizar el pelado, se estima que dadas las características de los soportes empleados y el propósito de la prueba, dicha velocidad es excesiva y se fija en 12,5 mm/min.

Para ello se realizó el despegado de las muestras en una superficie de 150mm durante 12,5mm/min, obteniendo diferentes valores de mayor o menor resistencia al despegue, en función del adhesivo empleado.

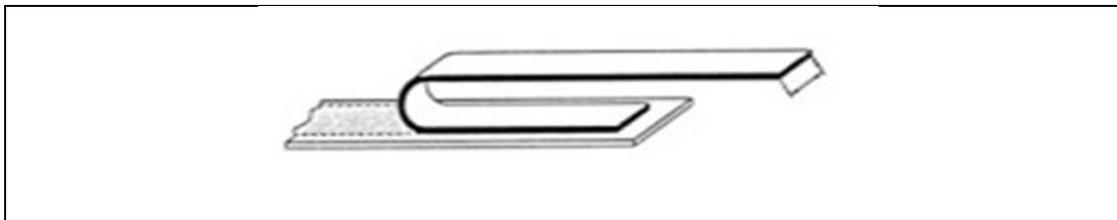


Fig. 7. Muestra de pelado en T.

Además, se elaboró un protocolo de testado, de forma que todas las muestras se testasen de forma estandarizada. En el sistema de testado según el resultado que obtengamos se puede hacer una clasificación orientativa del adhesivo como supermanente, permanente, removible, etc. Para testar la resistencia al despegue de los refuerzos las probetas se sometieron a esfuerzos de pelado mediante un dinamómetro. Estos ensayos proporcionarán información sobre las características del adhesivo y de las uniones realizadas, pudiendo predecir su comportamiento futuro.

En cuanto a la viscosidad, los adhesivos con mayor viscosidad no penetran fácilmente y tampoco permiten una distribución regular y continua sobre una superficie¹¹². Si la viscosidad es baja, después de la evaporación queda poco adhesivo y la unión es débil, debido a que la viscosidad está relacionada con la porosidad del sólido y si éste es poroso, un adhesivo muy fluido será absorbido impidiendo la formación de una película de unión (López, 2005¹¹³).

En definitiva, esta prueba se lleva a cabo con el fin de comparar el adhesivo Aquazol® con los adhesivos de almidón y Thylose® y determinar si el primero une con la suficiente efectividad los soportes empleados, frente a los otros dos. Por ello, en este caso, no se indica el resultado como una media de resistencia al pelado, sino como una comparación del comportamiento de los adhesivos al realizar el pelado en T a 180º y la fuerza máxima registrada.

¹¹² http://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm15/fcm15_3.html

¹¹³ LÓPEZ, C. *Evaluación del almidón como posible adhesivo para procesos de intervención de obras con soporte papel*. Universidad de Colombia. 2005.

Esta prueba da una resistencia al pelado en la que se evalúan las superficies despegadas para ver si hay desfibre o no. Las conclusiones que se pretenden extraer serán la evaluación de la fuerza de adhesión de los refuerzos realizados sobre el soporte inerte mediante los diferentes tipos de adhesivos.

50. Resultados.

Explicado el proceso y las condiciones en las que realizamos la aplicación del adhesivo en laminación, procedemos a resaltar de manera general los resultados de las pruebas según las proporciones y adhesivos escogidos, dependiendo de la transparencia y la superficie de tensión, tenemos en cuenta:

Primero, el estudio central de dos adhesivos de diferente naturaleza, siendo uno de tipo termoplástico y el otro de contacto. Se ha estudiado su comportamiento en un mismo tipo de refuerzo, viendo que ventajas e inconvenientes nos da en cada caso.

- Rigidez/flexibilidad.
- Viscosidad.
- Adhesión al papel japonés.

Muestra 1: Adhesivo Aquazol®.

No ha sido posible obtener resultados de pelado con el Aquazol® ya que los soportes están tan íntimamente ligados que se produce la rotura del papel japonés antes que su separación. La fotografía muestra lo indicado.



Muestra 2: Adhesivo Almidón.

Con el Almidón se puede separar los soportes mediante pelado, si bien este pelado no se produce de una forma regular, ya que hay zonas en las que los soportes están íntimamente ligados y se rompe el papel japonés. La mayor longitud de pelado ha sido de 12 mm y se ha registrado una fuerza máxima de 3,9 N. No se ha podido completar el ensayo, tal y como indica la norma, ya que ésta indica que los resultados se registran entre los 25 mm y los 125 mm de longitud de pelado.

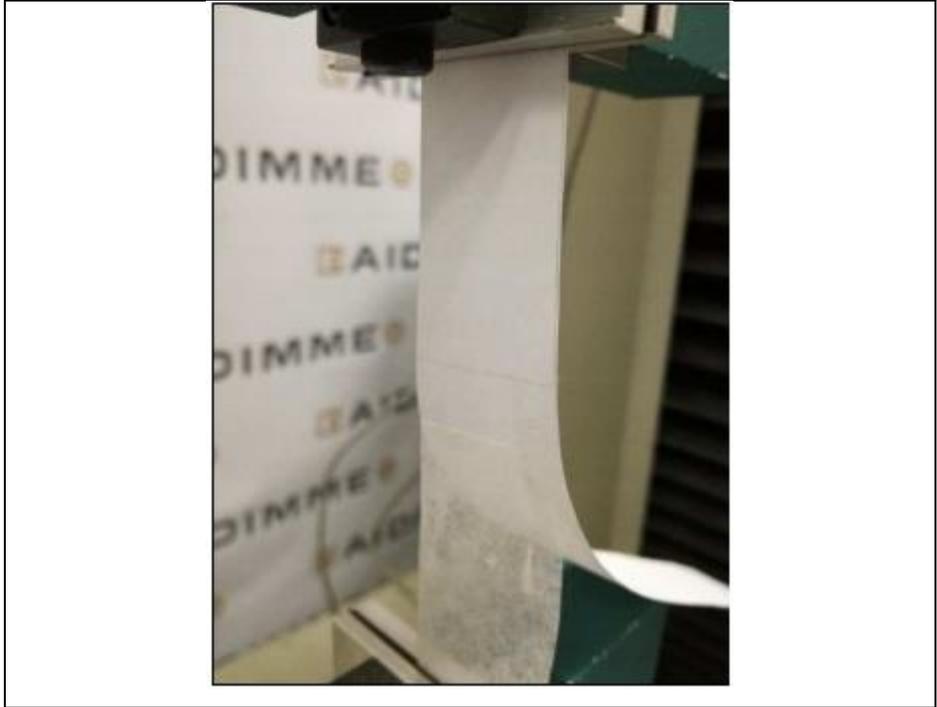


Fig. 9. Pelado irregular del papel japonés adherido con Almidón.

Muestra 3: Adhesivo Thylose®.

Con el Thylose® se obtienen resultados de pelado similares a los del Almidón, si bien la longitud de pelado es algo superior 22 mm y la fuerza máxima registrada es de 4,0 N. Al igual que el adhesivo precedente el pelado no se produce de una forma regular, ya que hay zonas en las que los soportes están íntimamente ligados y se rompe el papel japonés, impidiendo completar las longitudes de pelado establecidas en la norma.

50.1. Evaluación de los resultados.

La evaluación de los resultados fue de tipo visual, sin el empleo de otros métodos de comparación. Se realizó una comparativa atendiendo al antes - y después, en el proceso de laminación durante la intervención de las probetas.

Posteriormente, este estudio confirma las altas expectativas del producto con un material relativamente económico y muy inocuo para los restauradores, es un material con excelentes cualidades, se conserva magníficamente una vez seco, tiene una perfecta removilidad con agua, con poder adhesivo, e incluso cuando está muy diluido.

Así pues, el estudio del uso de Aquazol® para la laminación ha demostrado ser capaz de adaptarse a una solución compuesta por Aquazol®/agua en presencia de un sustrato como el papel japonés, aunque debemos tener cuidado y evitar el empleo de demasiada agua, ya que puede provocar manchas en el papel. Teniendo un mínimo cuidado no deja residuos y se adecua a la estética.

El Aquazol® es el más versátil en la aplicación y muestra una mínima interacción con los materiales constitutivos al papel. Sus propiedades son ventajosas, especialmente en la adhesión o impregnación en los tratamientos que son altamente deseables cuando el polímero permanece controlado. La concentración al 20% posee suficientes características de resistencia en la adhesión del papel, sin embargo dependiendo de las soluciones que se han probado en Aquazol® 200 al 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%, han fallado en la consistencia el 5% y el 10%.

Por otro lado, para observar y comprender las soluciones en torno a la fluidez, transparencia y tensión superficial, las pruebas se hicieron mediante la aplicación con brocha en papel japonés. En cuanto a su apariencia, mientras que la solución mantiene el tono amarillento como en su estado sólido, tiende a tener una suave fluidez y no amarillea al papel a simple vista, dejando un tono transparente sin ningún cambio en la percepción.

En cuanto a la viscosidad del adhesivo, nos encontramos ante una solución acuosa según el porcentaje, dependiendo de éste obtendremos una solución más o menos viscosa. Para la realización de este proceso hemos optado por Aquazol® al 15%, siendo el porcentaje necesario para crear una película adhesiva buena con la ayuda del papel japonés.

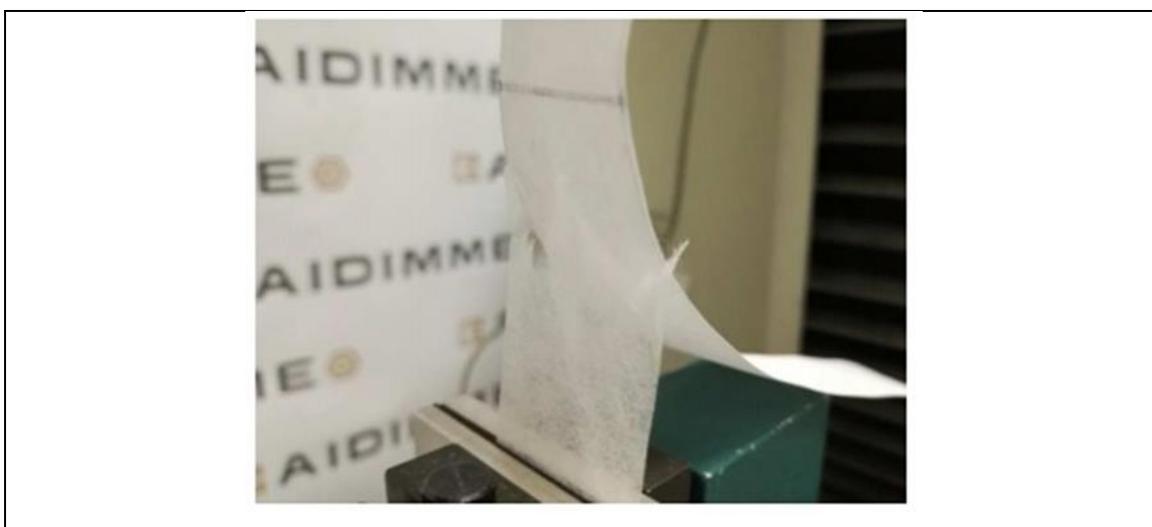


Fig.8. Detalle de la rotura del papel japonés adherido con Aquazol®.

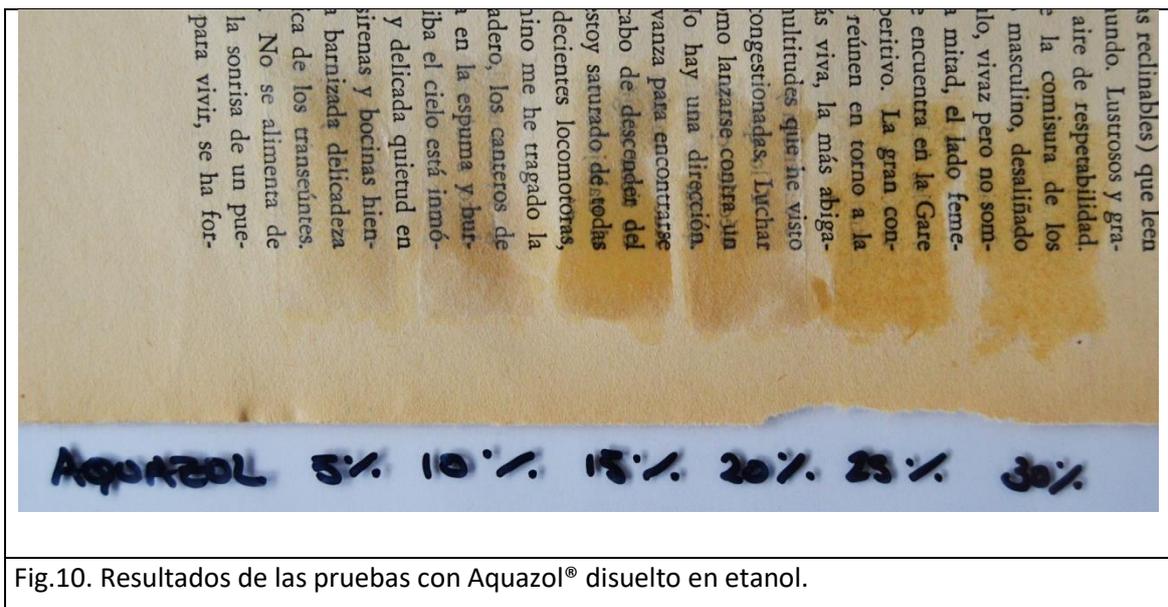
En la prueba de pelado se observa el detalle de la rotura del papel japonés adherido con Aquazol®, en el proceso no se obtuvieron buenos resultados ya que la dificultad fue elevada, en esta ocasión es bueno que haya desfibre porque indica que el adhesivo ha hecho su función. Lo que puede pasar es que las superficies estén tan íntimamente ligadas que no se produzca un pelado como vemos en las pruebas realizadas, sino un desgarramiento del material y no haya un resultado al uso. En este caso tampoco sería un mal resultado, ya que demostraría “un pegado aceptable”. En la retirada del papel de refuerzo se pudo retirar con agua desionizada completamente y sin dificultad.

Conviene destacar, el estudio de las soluciones de Aquazol®, en agua desionizada, en etanol y alcohol isopropílico seleccionados para preparar el adhesivo gracias a que son comúnmente

utilizados para papel. Cada uno forma un film característico, con sus propiedades mecánicas particulares.

Se usó agua como disolvente para las soluciones debido a la fuerte tensión superficial, el agua minimiza la penetración del adhesivo en las fibras del papel, para una mejor formación de la película adhesiva. El adhesivo reactivado con agua desionizada exigió un tiempo de trabajo más largo, con el etanol tiende a evaporarse demasiado rápido creando manchas de humedad, el alcohol isopropílico se encontró que era una alternativa exitosa debido a su lenta tasa de evaporación. Aunque se observó que los reactivados con agua retenían mejor la fuerza adhesiva y en apariencia eran parecidas, por lo que se optó por usar agua desionizada para reactivar todas las pruebas realizadas para este estudio.

Los problemas que surgen con el etanol es que tiende a penetrar y expandirse, creando en el secado unas pequeñas manchas de humedad, mientras que el agua tiende a quedarse en la superficie y crear un film en superficie.



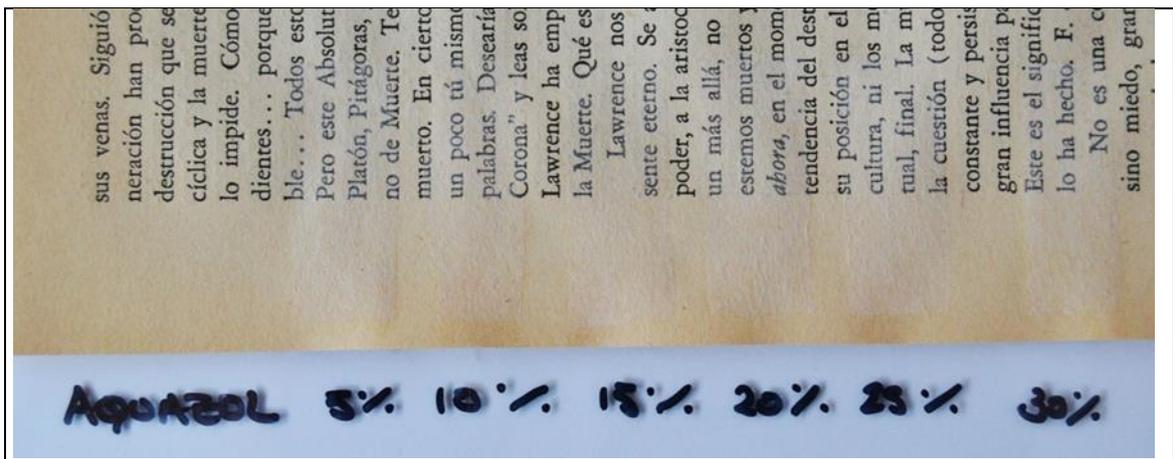


Fig. 11. Resultados de las pruebas con Aquazol® disuelto en agua desionizada.

El secado de los adhesivos Thylose® y Aquazol® es idéntico y además secan muy rápido; en cambio el almidón tiene un secado más lento, ocasionando en la obra una exposición a la humedad más larga y a unas temperaturas más altas.

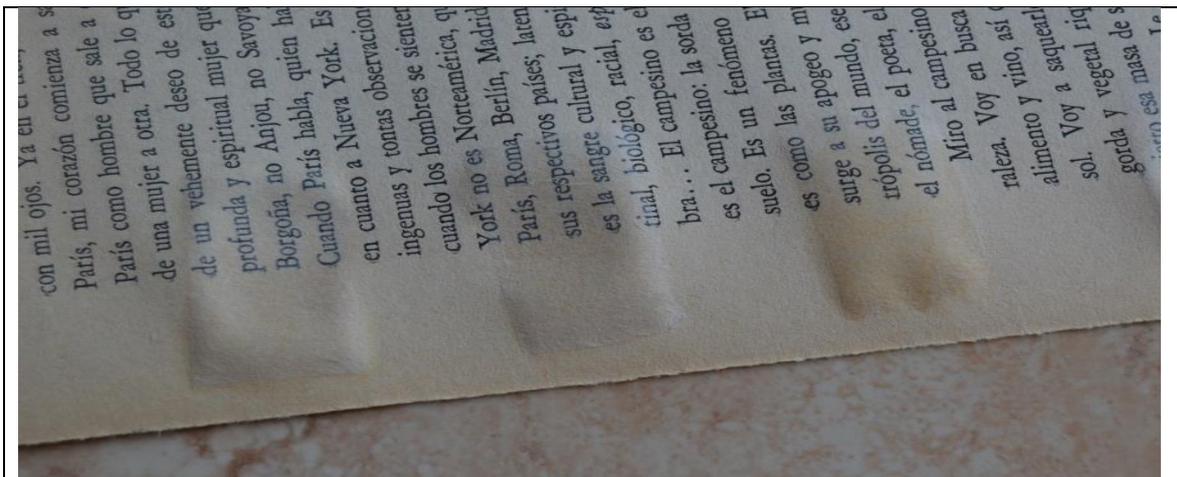


Fig. 12. Pruebas de laminación con Aquazol®, Thylose® y almidón, respectivamente.

Los resultados de las muestras demuestran que no sufrieron una variación importante de color. Tampoco provocaron en ninguno de los casos alteraciones no presentes anteriormente tales como, pérdida del soporte, abrasión o desgarro.

Se puede decir que las muestras laminadas con almidón de trigo son las que más deformaciones sufre en la laminación completa de la obra o en laminaciones puntuales,

provocado por la fuerza del adhesivo. En las muestras laminadas con Thylose® no se observaron deformaciones importantes en la hoja de la muestra, sólo ciertas ondulaciones en las zonas sobrantes del papel japonés por la tensión causada por el adhesivo en la muestra.

Por estas razones y para finalizar, consideramos una buena opción el uso del Aquazol® con papel japonés. En efecto, el uso de un papel japonés impregnado con Aquazol® impide la evaporación excesiva del solvente, reduce las excesivas variaciones de la humedad, y facilita el manejo y la aplicación de la solución. El papel japonés en las muestras ayuda a favorecer la aplicación del refuerzo por sus características de las que podemos destacar:

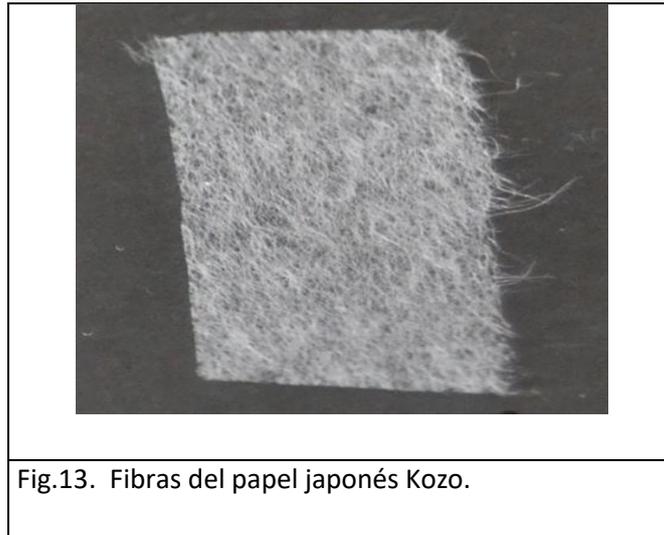
- El hilado sin espacios hace que tenga un comportamiento homogéneo en todos sus ejes, teniendo características isométricas.
- Es fuerte, y resistente a la tracción.
- Muestra excelente estabilidad dimensional, incluso en presencia de humedad.
- No contiene resinas, encolados u otros adhesivos puedan dañar al lienzo.

El papel japonés Kozo¹¹⁴ de gramaje nominal: 9 g/m², absorbe fácilmente las soluciones adhesivas y crea una película adhesiva satisfactoria, se podría lograr una aplicación con una segunda capa de solución acuosa, permitiendo que el adhesivo seque entre las aplicaciones, aunque con una primera capa de adhesivo ha sido suficiente para lograr la penetración del adhesivo entre las fibras del papel japonés y conseguir que se adhiera a la obra.

De hecho, las películas adhesivas del papel japonés resultaron relativamente más transparentes, permitiendo que el adhesivo penetre en las fibras del papel sin causar ningún cambio visible, como hemos comentado durante el trabajo, se ha utilizado un papel japonés de un gramaje fino que no llega a distorsionar la obra, por sus fibras largas, dotan al papel de una resistencia, que es muy estable dimensionalmente¹¹⁵ combinado con la fuerte tensión superficial del agua, minimiza la penetración del adhesivo y mejora la formación de la película tras el secado creando resistencia en la junta adhesiva. Durante la reactivación, esta película de adhesivo puede retener la humedad más tiempo, aumentando la probabilidad de lograr una buena adhesión. (Aunque no podemos demostrarlo científicamente ya que no se considera objeto de estudio en este trabajo.)

¹¹⁴ <http://eskulan.com/papel-de-japon-o-washi/>

¹¹⁵ <https://ich.unesco.org/es/RL/el-washi-arte-tradicional-de-fabricacion-manual-de-papel-japones-01001>



51. Conclusiones.

Atendiendo a los objetivos planteados en el inicio de este trabajo final de máster se han extraído una serie de conclusiones concisas correspondientes a las pruebas realizadas. La búsqueda bibliográfica inicial ha sido fundamental para establecer los materiales y métodos de las pruebas experimentales.

Después de concluir las pruebas realizadas vemos que la mejor mezcla para conseguir la laminación es Aquazol® 200 al 15%, el adhesivo precisa de un soporte fino, flexible y discreto que deje ver con la mayor nitidez aquello que se repara y protege, y que además tenga una naturaleza lo más parecida posible al papel como ha sido el caso de nuestras pruebas realizadas con papel japonés del 9gr/m².

Además, si nos fijamos en los resultados obtenidos con los diferentes adhesivos, uno de los factores más importantes del Aquazol® es su solubilidad en agua ya que casi todos suelen presentarse a menudo en emulsiones acrílicas como Plectol®, Primal®, Acril®... el producto puede mezclarse con agua y activarse con otro disolvente de polaridad media- alta aportando a la obra una humedad menor que con el disolvente etanol, el cual aporta un porcentaje de humedad mucho menor a la obra. Por otro lado, podría aplicarse el adhesivo de forma directa a la obra original quedando mucho más insertada entre las fibras del original, o sea que la retirada del papel de refuerzo es posible, aunque probablemente la reversibilidad del adhesivo sea menor.

En segundo lugar, no cambia el color con el paso del tiempo, manteniendo su transparencia no se observaron ondulaciones importantes, ni acumulaciones de adhesivo. Apenas varía el pH en los estudios que se han realizado de envejecimiento siendo importante para el producto. La reversibilidad es muy alta, quedando apenas residuo si se precisa eliminar, lo que hace un producto de alto potencial para intervenciones restaurativas. En cambio, vemos que las alteraciones más graves las han sufrido las muestras laminadas con almidón y la Thylose® con una modificación de la textura, aumento de peso, contracción y dilatación del documento. Hay que tener en cuenta que el almidón puede contener entre el 18 y el 27% de amilosa, sustancia que le da el carácter de rigidez tras el secado. En cambio, donde se empleó como adhesivo la solución de Aquazol® en agua desionizada al poder trabajar con proporciones mucho más bajas y rebajarlo con agua no afecta en los problemas anteriormente mencionados.

Creemos, que una de las conclusiones principales es la de determinar unas pautas generales de trabajo que condicionen una mejoría en la realización de la laminación y consiguiente refuerzo del papel. Es un adhesivo adecuado para el proceso, con su fina capa homogénea de adhesivo en papel. Obtiene buen espesor en la aplicación influyendo en una solución al 15% de Aquazol® 200, la concentración combina con la fuerte tensión superficial del agua, minimiza la penetración del adhesivo y mejora la formación de la película tras el secado. Durante el secado, el adhesivo se acumula en la parte inferior del tejido, resultando relativamente transparente.

Por otro lado, las soluciones con etanol permiten que el adhesivo penetre más en las fibras del papel causando presumiblemente un cambio en el índice de refracción resultando tras el secado igual de transparentes. El papel japonés deberá ser de un gramaje mínimo, puesto que de esta forma permite que el Aquazol® penetre, y por lo tanto pueda hacer su función.

Es importante en cualquier tipo de intervención el conocimiento de la materia constituyente de cada pieza así como entender su naturaleza, sus propiedades físicas, químicas y mecánicas, y su historia, pero también es muy importante conocer los materiales con los que se va a llevar a cabo la conservación o restauración del bien cultural, todo esto nos lleva al acercamiento de cada objeto en particular para personalizar el tratamiento a seguir.

En definitiva, el Aquazol® le confiere la capacidad de refuerzo, a temperatura ambiente, sin dejar rastro aparente, sin añadir ninguna sustancia tóxica y al mismo tiempo, permite al restaurador, continuar con otro tipo de tratamiento sobre la misma obra, como por ejemplo la

reparación de injertos, es efectivo en la unión de los dos soportes de papel empleados, ya que no es posible su separación mediante pelado en T a 180°, produciéndose su rotura antes que la propia separación. Se podría incluso considerar que la unión entre soportes es más íntima que en el caso de los adhesivos Almidón y Thylose, ya que en estos sí que es posible separar una pequeña longitud de ambos soportes por pelado, si bien este pelado no es uniforme y hay zonas en las que tampoco es posible realizar dicha separación y las probetas acaban rompiendo.

En cuanto a la posibilidad actual de retirado del papel japonés de refuerzo y el adhesivo superficial en las pruebas de pelado, se comprobó que con la Thylose® en agua desionizada, se obtuvieron buenos resultados, retirando sin dificultad el soporte de refuerzo y el adhesivo presente en superficie en agua fría. Por otro lado, nos encontramos con el almidón, el retirado del papel de refuerzo fue muy sencillo, se pudo retirar con agua desionizada sin dificultad, aunque con el tacto y visualmente, se puede concluir que quedan restos de adhesivo entre las fibras del documento original, modificando sus características físicas y químicas.

En cuanto al éxito de las aplicaciones de estas técnicas reside en que, por sus características no destructivas, se adaptan mejor a las exigencias de los documentos de papel de frágil materialidad¹¹⁶. Así pues, mediante estos procesos se puede llegar a proteger del deterioro un documento, lo cual resulta de vital importancia para poder realizar con rigor su conservación y restauración, por lo tanto, se apega a los nuevos criterios de la restauración¹¹⁷.

En conclusión, esta investigación preliminar es un primer paso para conseguir un tratamiento en restauración que sea respetuoso con el restaurador, la obra de arte y el medio ambiente. Pero aún debemos realizar muchos más test a otro tipo de papeles, con y sin técnicas pictóricas, para observar la interacción de este método con una superficie celulósica pintada. Ya que a pesar de estos resultados satisfactorios, el tratamiento debe ser usado con la máxima prudencia y el mayor respeto hacia las obras de arte.

¹¹⁶ GUTIERREZ, S. y FLORES, L.H. *Estudio comparative de cuatro consolidantes utilizados para papel de celulosa*. Vol. 352. Editorial MRS. Pennsylvania. 1995. pp. 807-812.

¹¹⁷ LLEVADIAS ALÒS, A. *Laminación manual. Análisis de resultados de pruebas en papel prensa*. 2015.

52. Bibliografía.

ADCOCK, EDWARD P. *Principios para el cuidado y manejo de material de bibliotecas*. Editorial publicaciones CNCR. Santiago. 2000.

ANDERSON, P., REIDELL, S. *Reparación de materiales adhesivos recubiertos*. Instituto Americano para la Conservación de la reunión histórica y artística. Los Ángeles. 2009.

ANTONELLA, N., ROSSIGNOLI, G., SALVIOLI, N. y STEFANO B. *Las pruebas técnicas de restauración y conservación de arte*. Actas del Congreso. Siena. 2006.

ARDELEAN, E., BOBU, E., NIQUELESCU, G.H., GROZA, C. *Efectos de diferentes aditivos en el comportamiento de consolidación de envejecimiento del papel documento archivado*. 2011.

AREA, C. y CHERADAME, H. *Papel del envejecimiento y degradación: hallazgos recientes y métodos de investigación*. 2011.

ARTE, JAMES L. *La reparación de los documentos-American Beginnings*. Americana Archivista. 1963.

ARSLANOGLU, J. *Aquazol tal como se utiliza en las prácticas de conservación*. WAAC Newsletter. Vol.26. 2004.

ARSLANOGLU, J. *Evaluación del uso de Aquazol como adhesivo en la conservación de la pintura*. WAAC Newsletter. Vol.25. 2003.

BARBACHANO, P. *Diferentes alternativas a la laminación de soportes de papel*. VI Congreso de Conservación de B.C. Editorial General de Cataluña. Departamento de Cultura. Barcelona. 1998.

BAKER, C.A., « Methylcellulose et Carboxymethylcellulose sodique: étude par vieillissement accéléré des propriétés pour la conservation du papier », *Adhésifs et consolidants. Congrès internationale de l'IIC Xème*, Ed. Champs-sur-marne, IIC, Paris, 1984

BALDINI, U. *Teoría de la Restauración y Unidad Metodológica*. Editorial Nardini. Madrid. 1997.

BARROW, W. J. *Laminación: Un Simposio*. El archivista estadounidense. 1938.

BELLO, C. *El patrimonio bibliográfico y documental: claves para su conservación preventiva*. Gijón: TREA. 2002.

BRANDI, C. *Teoría de la Restauración*. Editorial Alianza. 1988.

BRINGAS, B., LIBERTAD, J. y HERNÁNDEZ C. *Análisis de las propiedades físico mecánicas del adhesivo hidroxipropilcelulosa en el proceso de laminado de documentos en soporte de papel vegetal*. México. 2013.

BRÜCKLE, I. *Revestimiento rehumedecible con adhesivo metil celulosa en preparación*. Volumen 15. Editorial AIC. Grupo Libro y Papel. 1996.

BORGIOLO, L. CREMONESI, P. *Resinas sintéticas utilizadas en el tratamiento de las obras policromadas*. Padua. 2005.

DEL CASTILLO NEGRETE, M., *Estudio comparativo de los efectos que tienen los consolidantes sobre el papel*, 1995

CALVO, A. *Conservación y Restauración. Materiales, Técnicas y procedimientos de la A a la Z*. Barcelona. Editorial del Serbal. 1997.

CAPLE, C. *Habilidades de conservación: el juicio, y el método de toma de decisiones*. Londres. 2000.

CARBALLO, A. *El papel de la "conservación documental" como disciplina al servicio de los profesionales de la Documentación*. Universidad Complutense de Madrid. España. 2004.

CHIU, T. THILL, P. y FAIRCHOCK, J. *Poli (2-etil-2-oxazolona): Un nueva líquido y adhesivo orgánico soluble*. Editorial J.E. Glass. Washington. 1986.

CHIA-SSU-HSIEHC. *Tratado de Conservación*. Escrito en el siglo V

CLARKSON, C. *Criterios de intervención en la restauración de libros y documentos: actas de las II Jornadas Técnicas sobre restauración de documentos*, Pamplona, 18 y 19 de octubre de 2007. 2008.

C.T.S., fundada en 1984, es la empresa de referencia en ámbito internacional para el suministro de materiales para la Restauración, Conservación y Archivo de todas las obras de interés histórico-artístico monumental.

CRESPO, C. *La Preservación y restauración de documentos y libros en papel: un estudio del RAMP con directrices*". Editorial Programa General de Información y UNISIST- UNESCO. París. 1984.

CRESPO, C. y VIÑAS, V. *La Preservación y restauración de documentos y libros en papel: un estudio del RAMP con directrices*. Editorial Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, París. 1984.

CONGRESO DE CONSERVACION DE B.C., Ed. Generalitat de Catalunya, Departamento de Cultura, Barcelona.

COPEDE, M. *La carta y su degradación*. Editorial Nardini. Florencia. 1991.

CUTTER, C. *La restauración de documentos en papel y manuscritos*. Colegio y biblioteca de investigación. Vol. 28. 1967.

DE LERA SANTÍN, A. *Aplicaciones enzimáticas en procesos de conservación y restauración de obras de arte. Consolidación de celulosa*, 2011.

FEDERICI, C. *Dialogo sulla conservazione di carte vecchie e nuove*. 2006.

FLORIAN, Mary-Lou E.; DUDLEY, David. The inherent fungicidal features of some conservation processes. En *Preprints of papers presented at the fourth annual meeting of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, Dearborn, 1976*. American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 1977

GEAR, J.L. *Laminación 30 años antes*. Editorial El archivista estadounidense. 1965.

GOMÉZ, M^a L. *La Restauración, Examen científico aplicado a la conservación de obras de arte*. Editorial Catedra S.A. Madrid, Segunda Edición.

GONZALEZ, E. *Concepto y método de restauración del documento gráfico*. 1995.

GUILLEMARD, D. *La conservación preventiva*. 3º Coloquio de la Asociación de restauradores de la Universidad de Arqueología. París, 8 – 10 de octubre 1992.

GUTIERREZ, S. y FLORES, L.H. *Estudio comparative de cuatro consolidantes utilizados para papel de celulosa*. Vol. 352. Editorial MRS. Pennsylvania. 1995.

CHARLES, H. *Materiales para la conservación: consolidantes orgánicos, adhesivos y revestimientos*. Segunda Edición. Amsterdam. 2010.

JAMES, C., CORRIGAN, C., ENSHAIAN, M.C. y GRECA, MR. *Manual para la conservación y la restauración de diseños y estampas antiguas*. Editorial Leo. Florencia. 1991.

JOHNSON, A.W. *La restauración del libro*. Ediorial MEB. Padova. 1989.

KEIM, K. *El papel*. Asociación de investigación técnica de la industria papelera Española. Madrid. 1966.

MANERO, M^a A. *Teoría e historia de la conservación y restauración de documentos*. Revista General de Información y Documentación. 1997.

LECHUGA, K. *Revestimiento del Aquazol en tejidos rehumedecibles*. 2007..

LECHUGA, K. *Aquazol-Coated Remoistenable Mending Tissues. Proceedings of Symposium Adhesives and Consolidants for Conservation: Research and Applications, Ottawa. Canadian Conservation Institute*. 2011.

LIENARDY, A., VAN DAMME, P. *Manual de conservación y restauración*. Editorial Instituto Royal del Patrimonio Artístico. Bruselas. 1989.

LLEVADIAS ALÒS, A. *Laminación manual. Análisis de resultados de pruebas en papel prensa*. 2015.

LÓPEZ, C. *Evaluación del almidón como posible adhesivo para procesos de intervención de obras con soporte papel*. Universidad de Colombia. 2005.

LIBRARY AND ARCHIVE MATERIALS AND THE GRAPHIC ARTS., Cambridge, England, April: 74-77. Abstracts and Preprints. Guy Petherbridge, edited. London: Society of Archivists and Institute of Paper Conservation.

MAGEE C. *El tratamiento de esmalte severamente deteriorado*. ICOM 12^a Reunión Trienal. Lyon. Vol.2. 1999. pp 787-792.

MASUDA, K (1985). "Japanese paper and Hyògu2. The Paper Conservator.

MANERO, A. *Teoría e historia de la conservación y restauración de documentos*. Revista general de información y documentación. Vol. 7.1997. p. 253-295.

- MATTEINI, M. y MOLES, A. *La química en la restauración*. Editorial Nerea. Andalucía. 2001.
- MORROW, C. *Un Manual de procedimientos paso a paso para el mantenimiento y reparación de los materiales de la biblioteca*. Editorial Libraries Unlimited. Colorado 1982.
- MUÑOZ, S. *La restauración del papel*. Editorial Tecnos. 2010.
- NEWTON, I. *Capítulo II, El papel*. Editorial Lera Santín. 2011
- REAM DENNIN, J. *Observaciones sobre la penetración de dos consolidantes aplicados a gouache sobre papel*. Editorial AIC. USA. 1995.
- RÍOS MARTÍNEZ, N. *Restauración de tres documentos históricos de la Ilustre Municipalidad de La Cisterna*. 2010.
- RODRIGUEZ, M.A. *Conservación y restauración de la obra gráfica, libros y documentos*. Editorial Servicio. Bilbao. 2004.
- RONNERSTAM, C. *Aquazol 500*. Editorial Realia. USA. 2003.
- ORTIZ, A. *Restauración de obras de arte: pintura de caballete*. Editorial AKAL. 2012.
- PASTOR, M. *Estudio de sistemas y tratamientos de estabilización de capas pictóricas no protegidas en pintura contemporánea. Criterios y metodologías de actuación*. Valencia.2014.
- PATAKI, A. *Tisú rehumedecible, preparación y aspectos prácticos*.Vol.30. 2009.
- SAN ANDRÉS, M. Factores responsables de la degradación química de los polímeros. Efectos provocados por la radiación lumínica sobre algunos materiales utilizados en Conservación de objetos patrimoniales. XI Jornada de Conservación de Arte Contemporáneo (GEIIC). Madrid. 2010.
- SANTOS DE DIOS, S. *Aplicación de la celulosa bacteriana a la restauración del patrimonio bibliográfico y documental en papel*. Tesis Doctoral. 2015.
- SEDANO, P. *Desde los materiales tradicionales a los nuevos materiales y métodos aplicados en la conservación de obras de arte*. Editorial Arbor. 2001.
- SHELTON, C. *El uso de preparaciones del dorado basadas en Aquazol*. Instituto Americano de Conservación de Obras Históricas.1996.

SIMS, S., CROSS, M. y SMITHEM, P. Medio retoque para las pinturas acrílicas. Mezclar y combinar. Editorial publicaciones Arquetipo ss. London. 2010.

SMITH, R. D. *La reversibilidad: una filosofía cuestionable*. Editorial Reversibilidad. Londres. 1999.

TACÓN, J. *El proceso de restauración*. Editorial Fermín de los Reyes. 2004. ISBN: 84-933453-8-5.

TORRACA, G. *Solubilidad y Disolventes en los Problemas de Conservación*. Editorial ICCROM. Primera edición. 1981.

VERGARA, J. *Conservación y Restauración de material cultural en Archivos y Bibliotecas*. Editorial Biblioteca Valenciana. Valencia. 2005.

VAILLANT CALLOL, M., VALENTIN RODRIGO, N., Principios básicos de la conservación documental y causas de su deterioro, 1996.

VILLAR, J. *Grupos de pintura y grabado en España, 1939-1969*. Departamento de Arte. Universidad de Oviedo. 1979.

WATERS, P. *Una evaluación de laminación y encapsulado*. Conferencia Internacional sobre la Conservación. Cambridge. 1980.

WOLBERS, R., MCGYM, M. y DUERBECK. D. *El poli (2-etil-2-oxazolona): una mayor consolidación de la conservación de la madera pintada: historia y conservación*. Actas del Simposio en Williamsburg. 1994.

WOLBERS, R. *La evaluación en el corto y largo plazo propiedades interactivas de fijadores y consolidantes*. Siena. 2006.

ZAPPALA, A. *Introducción a la restauración conservadora de bienes culturales*. Editorial Del Bianco .1990.

53. Páginas web.

CTS. Productos, equipos y sistemas para el servicio de la restauración, 1984, [consulta: 24 febrero 2017] Disponible en: www.ctseurope.com

CTS. Productos, equipos y sistemas para el servicio de la restauración, 1984, [consulta: 12 febrero 2017] Disponible en: <http://www.ctseurope.com/scheda-prodotto.php?id=131>

Asociación para la promoción de la restauración de la pintura de caballete. [consulta: 10 enero 2017] Disponible en: <http://www.3atp.org/?L=Aquazol>

The American Institute for Conservation. The Book and Paper Group. [consulta: 20 diciembre 2016] Disponible en: <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/annual/v08/bp08-06.html>

Polymer Chemistry. Monómeros y polímeros, [consulta: 20 marzo 2017] Disponible en: <http://www.polychemistry.com/aquazol/>

Polímeros Termoplásticos. Universidad Politécnica de Valencia, [consulta: 25 mayo 2016] Disponible en: http://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm15/fcm15_3.html

54. Índice de las imágenes.

Autoría de las imágenes: Las imágenes incluidas en la elaboración de las probetas objeto del ensayo, resultados y conclusiones del presente trabajo han sido realizadas por la autora del mismo, Lorena Bermúdez Requena.

Fig. 1. Esquema de tipos de laminación según Pedro Barbáchano.

Fig. 2. Aquazol® 50, 200, 500.

Fig. 3. Aquazol® 200.

Fig. 4. Estructura química del Aquazol®.

Fig. 5. Medidas de las muestras.

Fig. 6. Capas de la muestra.

Fig. 7. Muestra de pelado en T.

Fig. 8. Detalle de la rotura del papel japonés adherido con Aquazol®.

Fig.9. Pelado irregular del papel japonés adherido con Almidón.

Fig.10. Resultados de las pruebas con Aquazol® disuelto en etanol.

Fig. 11. Resultados de las pruebas con Aquazol® disuelto en agua desionizada.

Fig. 12. Pruebas de laminación con Aquazol®, Thylose® y almidón, respectivamente.

Fig. 13. Fibras del papel japonés Kozo.

55. Agradecimientos.

Para la realización de los ensayos se ha contado con la colaboración del grupo investigador perteneciente a AIDIMME, Instituto Tecnológico Metalmeccánico, Mueble, Madera, Embalaje y Afines, en Paterna (Valencia). A los cuales debemos agradecer desde estas líneas su colaboración y ayuda para la realización de estos estudios.

56. Anexos

56.1. Pruebas del laboratorio AIDIMME.


Pruebas laboratorio
aidimme.pdf

56.2. Ficha Técnica del Aquazol®, CTS.


AQUAZOL ESP.pdf

56.3. Ficha Técnica de Seguridad del Aquazol®, CTS.


AQUAZOL_SEG.pdf