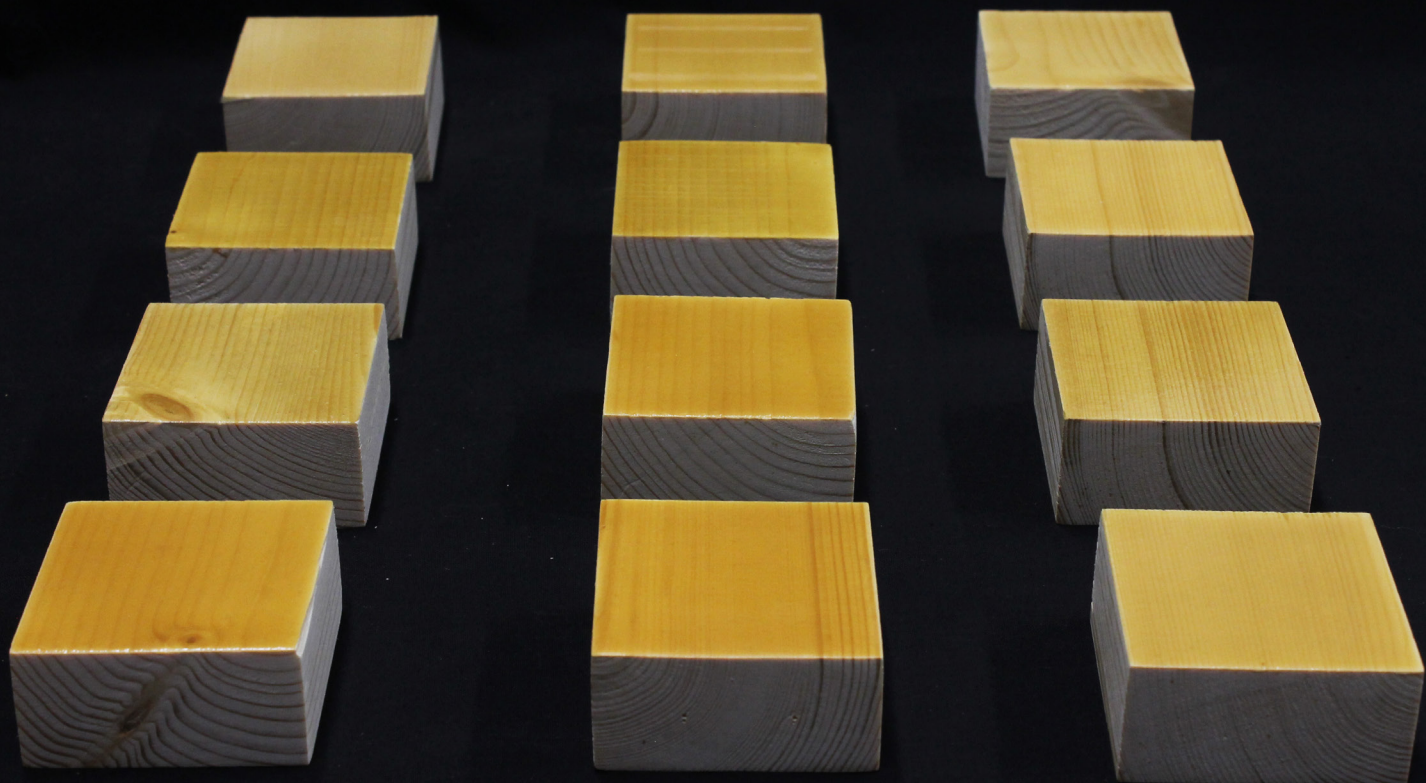


Adhesivos naturales sobre el soporte ligneo.

Su estudio y comportamiento.

Máster en Conservación y Restauración de Bienes Culturales

Universidad Politécnica de Valencia Curso 2015/2016

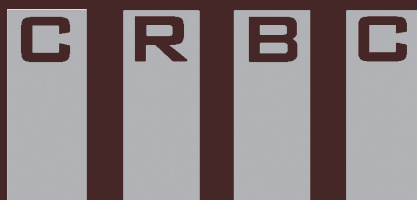


Cristina Esteve Hernández

Tutores: J. Vte. Graña Sales/ J. Manuel Simón Cortés/ M^a Victoria Vivancos Ramón



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Adhesivos naturales sobre el soporte ligneo.

Su estudio y comportamiento.

Máster en Conservación y Restauración de Bienes Culturales

Universidad Politécnica de Valencia Curso 2015/2016

Cristina Esteve Hernández

Tutores: J. Vte. Grafía Sales/ J. Manuel Simón Cortés/ M^a Victoria

Vivancos Ramón



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Resumen

Las colas animales y vegetales, son sustancias naturales proteicas derivadas de la hidrólisis del colágeno, proteína principal que componen los tejidos animales, o los extraídos de materias primas mediante procesos simples como los almidones.

Estos adhesivos son sustancias comúnmente utilizadas por el hombre desde la antigüedad en diferentes campos y soportes. Uno de los soportes utilizados más conocidos es la madera, donde no eran solo utilizados para el encolado de maderas y confección de muebles en la carpintería y ebanistería, sino en el ámbito artístico para el encolado de esculturas, y en diferentes procesos de conservación y restauración de bienes culturales.

Pero debido a su origen natural, a largo plazo o en condiciones ambientales inadecuadas, tienen un carácter perecedero, perdiendo su poder de adhesión, debilitando las juntas del ensamblado, causando otros problemas como la aparición de microorganismos y pudiendo provocar diferentes daños al soporte.

Es por ello que, a mitad del siglo XX, los laboratorios fabricaron unos adhesivos mucho más estables y fuertes al paso del tiempo y en condiciones ambientales más idóneas, por lo que las colas naturales empezaron a sustituirse por los llamados adhesivos sintéticos.

Este trabajo pretende realizar un estudio sobre siete adhesivos naturales (animales y vegetales) en relación a su envejecimiento, con el fin de valorar su poder adhesivo, la resistencia, y su estabilidad en diferentes condiciones ambientales.

Los ensayos realizados de envejecimiento artificial acelerado sobre las muestras, han permitido llegar a unas conclusiones que han puesto en manifiesto su comportamiento, a medio y largo plazo, sus ventajas y desventajas, para cuantificar si era necesario una sustitución de estos adhesivos naturales, o existían otros adhesivos naturales alternativos a los que comúnmente se utilizaban, antes de haber recurrido a los adhesivos sintéticos, para poder llegar a discriminar su uso en los diferentes casos.

Palabras clave: adhesivos naturales, envejecimiento acelerado, madera, encolado, comparativa.

Resum

Les coles animals i vegetals, són substàncies naturals proteíniques derivades de la hidròlisi del col·làgen, proteïna principal que componen els teixits animals, o les extreïtes de matèries primàries a partir de processos simples com els almidons.

Aquests adhesius són substàncies comunament utilitzades per l'home des de l'antiguitat en diferents camps i suports. Un dels suports més utilitzats i coneguts és la fusta, on no sols era utilitzat per a l'encolat de fustes i confecció de mobles en la fusteria i ebenisteria, sinó en l'àmbit artístic per a l'encolat d'escultures, i en diferents processos de conservació i restauració de béns culturals.

Degut al seu origen natural, a llarg termini, o en condicions ambientals inadequades, tenen un caràcter perible, el seu poder adhesiu, debilitant les juntes de l'ensamblat, causant altres problemes com l'aparició de microorganismes, podent provocar diferents danys al suport. Es per això que, a mitat del segle XX, els laboratoris fabricaren uns adhesius molt més estables i forts al pas del temps i en condicions ambientals més idònies, pel que les coles naturals començaren a substituir-se pels denominats adhesius sintètics.

Aquest treball pretén realitzar un estudi sobre set adhesius naturals (animals i vegetals) en relació al seu envelliment, amb la fi de valorar el seu poder adhesiu, la resistència i la seua estabilitat en diferents condicions ambientals.

Els assajos realitzats d'envelliment artificial accelerat sobre les mostres, han permés arribar a unes conclusions que han posat de manifest el seu comportament, a mig i a llarg termini, els avantatges i desavantatges, per a quantificar si era necessari una substitució d'aquests adhesius naturals, o si ja existien altres adhesius naturals alternatius als comunament utilitzats, abans d'haver recorregut als adhesius sintètics, per a poder discriminar el seu ús en els diferents camps ja nomenats amb anterioritat.

Paraules clau: adhesius naturals, envelliment accelerat, madera, encolat, comparativa.

Abstract

Animal and plant-based glues are natural substances derived from the hydrolysis of collagen, the main protein component found in animal tissues, or extracted from raw materials by simple processes such as starches.

These adhesives are substances commonly used by mankind since the olden ages in different areas and bases. One of the most well-known base used is wood, where they were not only used for gluing wood to make furniture in carpentry and joinery, but as well as in the artistic field for gluing sculptures and also in different conservation and restoration processes for cultural objects.

But due to it being of natural origin, after many years and/or under inadequate environmental conditions, it becomes perishable, losing its adhesive structure, weakening the joints and causing problems such as the appearance of different microorganisms which can result in (the) damage of the base.

It is for this reason that, during the middle of the twentieth century, laboratories produced much stronger, longer lasting and stable adhesives, causing natural glues to begin being replaced by what is known as synthetic adhesives.

This paper investigates the aging effect of seven natural adhesives (animal and plant) by analyzing its adhesive strength, its resistance, and its stability under different environmental conditions.

The Testing of accelerated artificial aging on the samples, have led to conclusions that have manifested it's behavior at medium and long term, their advantages and disadvantages, to quantify whether a replacement of these natural adhesives were necessary, or if there were alternatives to the commonly used adhesives before having to use synthetic adhesives to allow reaching a discriminate use in the different fields that have been mentioned above.

Keywords: natural glues, accelerated aging, wood, collage, comparative.

Sumario

1.	Objetivos	Pág. 9
2.	Introducción al trabajo	Pág. 13-15
3.	Introducción histórica: Evolución histórica de la madera	Pág. 18-28
4.	Introducción histórica: Evolución de los adhesivos naturales	Pág. 31-34
5.	Metodología de trabajo	Pág. 37
5.1.	Estudio teórico	Pág. 37
5.1.1.	Colas animales	Pág. 37-40
5.1.2.	Colas vegetales	Pág. 40
5.1.3.	Madera	Pág. 41-45
5.2.	Materiales empleados en la realización de probetas	Pág. 45
5.2.1.	Adhesivos empleados	Pág. 45
5.2.1.1.	Cola de conejo	Pág. 46-47
5.2.1.2.	Coletta italiana	Pág. 47-48
5.2.1.3.	Cola fuerte	Pág. 48-49
5.2.1.4.	Cola de carpintero	Pág. 49-50
5.2.1.5.	Shofu Jin Nori	Pág. 50-51
5.2.2.	Madera	Pág. 51-54
5.2.2.1.	Ensamble de tablones	Pág. 54-55
5.3.	Instrumental empleado	Pág. 56
5.3.1.	Cámaras de envejecimiento acelerado	Pág. 56
5.3.1.1.	Cámara de corrosión	Pág. 56
5.3.1.2.	Cámara de humedad y temperatura	Pág. 56
5.3.1.3.	Cámara de ultravioleta	Pág. 56
5.3.2.	Ensayos de abrasión con Linear Abraser Tabber 5750	Pág. 57
5.3.3.	Ensayo de tracción con Electronic adhesion tester NK-10	Pág. 57-58
5.3.4.	Ensayo de viscosidad con Visco Star Plus	Pág. 58
5.3.5.	Ensayos de flexibilidad don Deben Microtest Materials testing moduls V5.2	Pág. 59
5.3.6.	Medición de pH	Pág. 59-60
5.3.7.	Microscopía óptica (LM)	Pág. 60

5.3.8.	Espectrofotómetro CM 2600D para ensayos colorimétricos	Pág. 61
5.3.9.	Medición de la humedad de la madera con xilohigrómetro	Pág. 61
5.4.	Aplicación de los adhesivos en las probetas	Pág. 62-64
5.5.	Ensayos realizados	Pág. 65
5.5.1.	Cámaras de envejecimiento acelerado	Pág. 65
5.5.1.1.	Cámara de corrosión	Pág. 65
5.5.1.2.	Cámara de humedad y temperatura	Pág. 65-66
5.5.1.3.	Cámara de ultravioleta	Pág. 66-67
5.5.2.	Ensayos de abrasión con Linear Abraser Tabber 5750	Pág. 68
5.5.3.	Ensayos de tracción con electronic adhesion tester KN-10	Pág. 68-70
5.5.4.	Ensayos de viscosidad con Visco Star Plus	Pág. 70-71
5.5.5.	Ensayos de flexibilidad don Deben Microtest Materials testing moduls V5.2	Pág. 71-73
5.5.6.	Medición de pH	Pág. 73-74
5.5.7.	Ensayos de colorimetría	Pág. 74
5.5.8.	Ensayos de reversibilidad	Pág. 75-76
6.	Resultados	Pág. 79
6.1.	Resultados de cámaras de envejecimiento acelerado	Pág. 79
6.1.1.	Cámara de corrosión	Pág. 79-85
6.1.1.1.	Ensayos colorimétricos	Pág. 86-87
6.1.2.	Cámara de ultravioleta	Pág. 88-94
6.1.2.1.	Ensayos colorimétricos	Pág. 95-96
6.1.3.	Cámara de humedad y temperatura	Pág. 97-108
6.1.3.1.	Ensayos colorimétricos de humedad	Pág. 109-110
6.1.3.2.	Ensayos colorimétricos de temperatura	Pág. 111-112
6.2.	Resultados de los ensayos de abrasión	Pág. 113-120
6.3.	Resultados de los ensayos de tracción	Pág. 120-124
6.4.	Resultados de los ensayos de viscosidad	Pág. 125-126
6.5.	Resultados de la medición de pH	Pág. 126

6.6.	Resultados de los ensayos de flexibilidad	Pág. 127-129
6.7.	Resultados de los ensayos de reversibilidad	Pág. 129-133
7.	Conclusiones	Pág. 137
7.1.	Conclusión final	Pág. 137
8.	Anexos	Pág. 141-157
9.	Bibliografía	Pág. 161-165
10.	Agradecimientos	Pág.169

1. Objetivos

Los objetivos principales que se pretenden conseguir con esta investigación para el trabajo de fin de máster son los siguientes:

- Conocer el recorrido histórico de la madera y los adhesivos naturales, su evolución y sus diferentes usos desde la antigüedad hasta nuestros días.
- Desarrollar un estudio comparativo entre los diferentes adhesivos naturales elegidos para este trabajo, con el fin de conocer sus propiedades físico-químicas, sus ventajas e inconvenientes para su uso en los campos del ensamblado de tablones o como material de adhesión en la restitución de madera en restauración.
- Realizar sobre los diferentes adhesivos, diversas pruebas en cámaras de envejecimiento acelerado con condiciones ambientales controladas, y evaluar aspectos como la reversibilidad y resistencia entre otros.
- Conocer la estructura anatómica tanto macroscópica como microscópica de la madera, sus propiedades físicas, diferentes tipos (conífera y frondosa), clasificarlas en duras o blandas y diferenciar sus defectos.
- Reconocer los diferentes tipos de colas animales empleadas, su origen, extracción y preparación.
- Comprender porqué las colas naturales dejaron de utilizarse para el ensamblado de tablones y muebles en la carpintería y ebanistería, siendo sustituidos por los adhesivos sintéticos.
- Entender el proceso del encolado de los tablones y su preparación a priori, ya que dependerá del tipo de cola utilizada, su manufactura se hará de una manera u otra.

Introducción al trabajo



2. Introducción al trabajo

Las colas orgánicas se pueden considerar, sin ninguna duda, como uno de los adhesivos más utilizados por el hombre desde la antigüedad hasta nuestros días, en un gran número de campos. Es importante mencionar que detrás de la utilización de estos adhesivos, hay un material que ha ido íntimamente ligado a ellos, siendo esta la madera, otra materia muy importante utilizada por el ser humano desde tiempos remotos.

Centrándonos solo en tres de los gremios donde el empleo de estos dos materiales han sido fundamentales, empezariamos por el campo de la carpintería, donde se realizaban trabajos sobre soporte ligneo y se encolaban trabajos como marcos, puertas, ventanas, molduras, juguetes y otros objetos realizados con cola orgánica, siendo esta la famosa cola de carpintero, que tanto tiempo los han acompañado, siguiendo un meticuloso proceso en el que se calentaba la madera y el adhesivo, aplicándose con el soporte en caliente.

En la ebanistería, que es una especialización de la carpintería, se centra concretamente en la construcción y el encolado de muebles. Otra especialización donde se ha utilizado estos materiales, es en la elaboración y talla de madera para la confección de escultura, donde la cola se utilizaba para el ensamble de diferentes piezas, o para el encolado de tabloncillos para la técnica del embón (img.1).



Imagen 1. Escultura elaborada con la técnica del embón.

Las inquietudes de este trabajo surgen a raíz de que el empleo de adhesivos orgánicos ha disminuido considerablemente, ya que si examinamos los muebles antiguos, vemos que estas colas tenían claras desventajas, por ejemplo, como las juntas de los muebles se han debilitado, gracias a la fuerte predisposición que tiene la cola a descomponerse por el efecto de la humedad¹ y temperatura, e impidiendo también una producción en masa² por su laboriosa preparación, quedando con todo esto su uso casi exclusivo al campo de la restauración³ y el ámbito artístico.

En la actualidad, los adhesivos orgánicos se han ido reemplazando por los adhesivos sintéticos, pudiendo elegir los carpinteros entre una gran variedad, con propiedades más ventajosas. El objetivo de este trabajo de fin de máster, es intentar buscar un adhesivo alternativo donde no implique una alteración del soporte, ya que se requería calentar la superficie de madera, y aplicar el adhesivo en caliente.

Dicho esto, se realiza un estudio comparativo de las colas tradicionales empleadas para el ensamble de maderas y la restauración de escultura policroma, de manera paralela con otros adhesivos naturales menos empleados, sometiénolos a un conjunto de pruebas para valorar sus defectos y beneficios, y con ellos conocer si había una alternativa antes de recurrir a los adhesivos sintéticos.

Los adhesivos elegidos son tres tipos de cola de conejo, presentadas en diferente formato, cola de conejo en placa, en grano y en polvo, la coletta italiana, cola fuerte, la cola de carpintero y el Shofu Jin Nori. Estos adhesivos serán aplicados sobre un soporte leñoso, concretamente de abeto, para ser sometidas a diferentes pruebas. Las probetas serán introducidas en el interior de cámaras de envejecimiento acelerado, (cámara de humedad y temperatura, corrosión y ultravioleta), pruebas de tracción, abrasión, flexibilidad, reversibilidad y colorimetría. Todas las probetas han sido igualmente acondicionadas a la misma humedad y temperatura para que todas tengan las mismas características al ser introducidas en las cámaras.

Aunque las esculturas de madera se encuentran mayoritariamente en los interiores de diferentes instituciones, donde los parámetros ambientales más comunes que afectan a la madera y a los adhesivos son la humedad y la temperatura, encontramos también esculturas de madera expuestas en el exterior, como podrían ser, por ejemplo, las esculturas que ornamentan los bajo balcones, expuestas a todo tipo de contaminantes atmosféricos como el dióxido de azufre, y a los rayos ultravioletas (Img. 2). Por ello se ha creído conveniente realizar ensayos de envejecimiento en cámaras de corrosión y ultravioleta.

1 JACKSON, Albert; DAY, David. Manual completo de la madera, la carpintería y la ebanistería. Ediciones del Prado, SA, 1993.

2 SKEIST, Irving. Manual de adhesivos. 1966p. 19

3 En la restauración como consolidante de estratos pictóricos y elaboración de estucos, y en el campo artístico en técnicas al temple y preparación de imprimaciones.



Imagen 2. Bajo balcón ornamentado con esculturas de madera.

Para finalizar, estas pruebas se han podido llevar a cabo gracias a la colaboración del Instituto de Restauración de Patrimonio, al Departamento de conservación y restauración de Bienes Culturales, y al servicio de microscopía electrónica de la Universidad Politécnica de Valencia.

Introducción **historica**

Evolución de la madera



3. Introducción histórica.

Evolución histórica de la madera

Para los conservadores y restauradores de bienes culturales y otros oficios relacionados con el trabajo de la madera, como la carpintería y ebanistería, es muy importante conocer los materiales con los que se trabajaban. La madera y los adhesivos naturales, son esas materias que con mayor frecuencia se han utilizado y se encontrado hasta ahora formando parte de ellos. En esta introducción se elabora un recorrido histórico de estos materiales, que nos permite conocer su importante uso y evolución a lo largo de la historia. La madera se puede considerar como el material más antiguo utilizado por el ser humano a través de los siglos englobando gran número de campos, quedando su historia muy ligada a la humanidad.

Ya en la prehistoria, la madera fue una materia prima en la que el ser humano se desarrolló y evolucionó, pensándose que podría haber existido la “Edad de la Madera”, pero en las primeras etapas no ha podido ser demostrado, ya que no se conservan restos de ello gracias a su carácter efímero. Los vestigios más antiguos que aparecieron de madera fueron para la creación de armas de caza, de las que conserva una punta de lanza endurecida al fuego (img.3) datadas entre 300.000 y 250.000 años encontrados en Alemania, Inglaterra o como la encontrada en Eslovenia⁴.



Imagen 3. Punta de lanza hecha con madera de tejo, endurecida por el fuego.

⁴ En Ljubliana (Eslovenia), se encontró en el año 2008 por arqueólogos, una punta de lanza de madera endurecida perteneciente a un cazador Paleolítico, en el lecho del río, datada entre 45.000 y 38.000 años atrás.

Aparecen también hace años 30-25000 fabricados con madera de fresno y de olmo el arco con tendones de animales, la flecha y las lanzas (img. 4).



Imagen 4. Especie de lanza hecha con madera.

Surge en el sedentarismo, la madera como material de construcción para las viviendas hace unos 8.000 y 10.000 años⁵. Las cabañas más conocidas son las del yacimiento de Lepenski Vir. El número de cabañas es de 30 y se habla de una cierta urbanización. Las cabañas eran de planta trapezoidal de 6 metros de largo con el suelo hecho de una especie de argamasa, mientras que el armazón de la cabaña se llevó a cabo mediante la colocación de postes de madera (img. 5 y 6).



Imagen 5 y 6. Representación de las antiguas cabañas de madera. A ala derecha los restos de las cabañas en el yacimiento arqueológico.

En cuanto al arte egipcio, y por suerte para nuestra sociedad, las costumbres que tenían los antiguos egipcios de enterrar junto a sus muertos, sus muebles propios y otros bienes personales (cuya finalidad era la de que los difuntos estuviesen más cómodos en el más allá), llegan a nuestro poder, un gran número de piezas de madera realizados por dichos artesanos⁶. Entre estas piezas encontramos muebles decorativos como sillas, tronos, camas joyeros (img. 7 y 8), o las famosas cajas de momia o sarcófagos apareciendo en el Imperio medio, también en madera (img. 9 y 10).

5 RODRIGUEZ BARREAL, j. a. patología de la madera\ José Antonio Rodríguez barreal; coedición fundación conde del valle de Salazar. p.14

6 JOHNSON, Hugh. *La madera*. Blume, 1986. P.112



Imagen 7. Trono Egipcio.



Imagen 8. Cofre de madera de la XVIII Dinastía.

Los egipcios no disponían apenas de bosques, que pudiesen suministrar a los artesanos madera necesaria para construir sus mobiliarios, por lo que esta era importada probablemente e Siria⁷.



Imagen 9. Sarcófago de madera estucada y policromada.



Imagen 10. Sarcófago de Henutmehyt.

⁷ Hugh Johnson cuenta en su libro que existe un documento escrito, indicando que en la Tercera Dinastía (2686-2613 a. de C.), llegaron a Egipto más de cuarenta barcos que transportaban madera.

En cuanto a Roma y Grecia, existen pocos muebles y utensilios de madera (como la silla Klismos) que han llegado a nuestra época, ya que la mayoría fueron destruidos como consecuencia de las invasiones (principalmente en Roma) provocada por los barbaros, y los estudios realizados sobre ellos se basan en las ilustraciones de las vasijas pintadas y relieves esculpidos de la época (img. 11, 12 y 13). Los artesanos griegos y romanos, disponían de una cuantiosa madera de diferentes árboles, importadas de Mauritania y del norte de África. Los muebles que estos trabajaban poseían una gran influencia egipcia, adaptándolas a su estilo⁸.

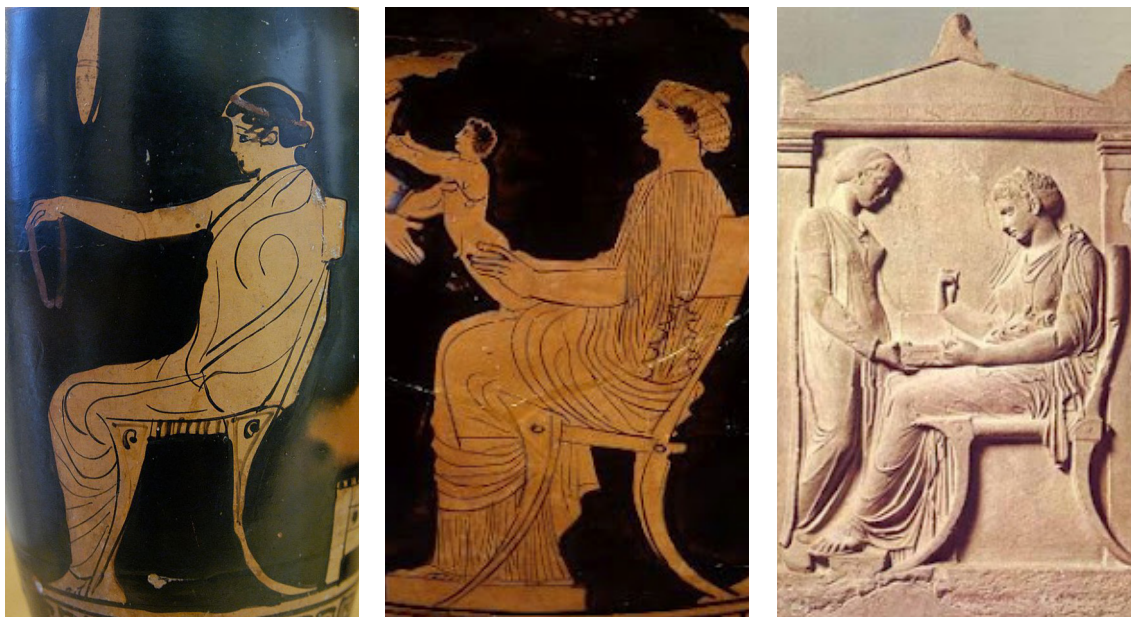


Imagen 11, 12 y 13. Silla Klismos pintada en vasijas de cerámica o esculpida en relieve de piedra.

Este material se empleó también para la fabricación de vehículos de transporte terrestre y embarcaciones marinas. Desde tiempos inmemoriales, el hombre ha tenido la necesidad de transportar sus posesiones de un lugar a otro. Primero aparecieron los trineos, que sirvieron al hombre durante mucho tiempo, siendo esta una estructura de madera que carecía de ruedas, utilizando un caballo como fuente de tracción.

Pero apareció años después un elemento que revolucionó la historia del hombre, la rueda de madera⁹. Los descubrimientos arqueológicos indican que la rueda fue inventada hace más de 5.000 años. Las ruedas más antiguas encontradas son de carretas de bueyes, siendo de madera maciza, como las encontradas en Holanda que datan del año 2.000 a. de C, o la rueda tripartita de Mesopotamia en el año 2.500 a. de C., entre otras. Más tarde se introdujeron los radios en la rueda, lo que permitió la construcción de carros mucho más rápidos (img. 14 y 15).

⁸ *Ibídem* p.112

⁹ CENTRUM, OCEANO. Biblioteca Atrium de la Carpintería 4. *Barcelona, España*, 1993. p.46



Imagen 14. Rueda maciza o de disco de madera.



Imagen 15. Rueda de radios

Con la rueda, aparecieron también los carruajes, que el hombre utilizaba también para que los animales, como los caballos, tirasen de él con una mayor facilidad y rapidez. La utilización de la madera se extendió por toda Europa.

En Herculano¹⁰, han aparecido edificios con muros de estructura de madera con relleno de obra, utilizados hasta el siglo XIX, hasta que fueron reemplazados por estructuras metálicas o de hormigón. Y en gran parte de Asia, preferentemente China, Japón y el sudeste asiático. En el año 1.500 a. C., en el Imperio Shang de China, aparecen maderas lacadas y pintadas para recubrir paredes y cabe destacar los templos prebudistas de Ise e Izumo de los siglos VII y VIII en Japón, contruidos totalmente con madera¹¹.

Con la aparición de grandes civilizaciones urbanas, aparecen las agrupaciones de carpinteros diferenciándose estos en dos grupos, los carpinteros de taller y los carpinteros de armar¹² (img.16). Las guerras hicieron desaparecer ciudades enteras, lo que hizo que se utilizase la combinación de la madera y la piedra, siendo la piedra y el mortero los materiales más utilizados. Así la madera como material de construcción empieza a perder importancia.

Pero en Europa, la Iglesia empezó a construirse exteriormente de piedra y por dentro decorado por madera, apareciendo así fabulosas obras de arte, como altares, retablos y esculturas religiosas¹³.

¹⁰ Antigua ciudad romana, sepultada por la erupción del Vesubio.

¹¹ RODRIGUEZ BARREAL, J. a. patología de la madera\ José Antonio Rodríguez barreal; coedición fundación conde del valle de Salazar p. 15-16

¹² Los carpinteros de armar son los encargados de la construcción de estructuras como podrían ser los refugios, casas, edificios religiosos o carrocerías, mientras que los carpinteros de taller se centran en la ebanistería, la marquetería, la talla o la tornería, entre otros.

¹³ RODRIGUEZ BARREAL, J. a. patología de la madera\ José Antonio Rodríguez barreal; coedición fundación conde del valle DE p.16



Imagen 16. Pequeña y antigua carpintería.

En el campo artístico, la madera también es el soporte rígido más antiguo utilizado, concretamente en pintura sobre tabla y escultura policroma. Las primeras apariciones del uso de la madera relacionadas con el arte se encuentran en la época egipcia, quienes policromaban los sarcófagos¹⁴, y como se ha mencionado anteriormente, enterraban a sus difuntos junto con sus muebles y otros efectos personales perfectamente policromados y decorados. En la época grecorromana, por influencia de los egipcios y el mundo clásico, aparecieron los retratos dedicados a los difuntos para que se preservase su imagen (img.17 y 18).

En la Roma Republicana estos retratos solo se dedicaban a familias importantes. Pero el verdadero inicio de estos retratos realizados en tablillas de madera de sicomoro. En Bizancio, siglos.VI-VII surgió la producción de obras de arte sobre madera ligados al tema del cristianismo. Estas representaciones litúrgicas eran creadas por monjes, siendo estos retratos de Cristo, Santos y Vírgenes.

En los siglos XI y XII la pintura románica, que conserva el estilo romano y tiene la influencia de los bizantinos, se manifiesta principalmente en las pinturas de los frontales de altares de autores anónimos, muebles litúrgicos y otros ornamentos (img 19), que más tarde darán paso

14 RAMÓN, Victoria Vivancos. *La conservación y restauración de pintura de caballete: Pintura sobre tabla*. 2007. p.20



Imagen 17 y 18. Retrato de una mujer. Encástica sobre madera. Periodo Romano y egipcio.

a grandes retablos¹⁵. La pintura sobre tabla (img. 20) va perdiendo importancia, quedando reservada para el arte gótico (que al igual que la pintura románica, subsistió principalmente en los retablos). Las tablas pintadas formaban parte de los frontales y los laterales de los altares de las iglesias, y también de las casas particulares, siendo estos los dípticos, trípticos y polípticos (img. 21 y 22).

Cabe hacer un breve resumen de la evolución del retablo, ya que ha estado ligado a la amplia utilización de la madera como soporte en obras de arte, sobre todo para la representación de obras religiosas. El retablo desde sus inicios, ha sido un objeto importante en la historia del arte, de la liturgia y del culto cristiano, siendo una pieza esencial para las ceremonias realizadas en las iglesias. Los primeros retablos aparecidos datan de los siglos IX y X, pero es a partir del siglo XI cuando los altares comienzan a cubrirse con relieves, pinturas y adornos, apareciendo así los frontales y trasaltares, del que derivaría posteriormente el retablo (img. 23).

15 *Ibidem* p.20-22



Imagen 19. Frontal de Santa María de Avía.



Imagen 20. La Virgen y el niño entronizados.



Imagen 21. Tríptico de Jan de Witte.



Imagen 22. Díptico de Jeanne of France.



Imagen 23. Retablo de todos los Santos, San Jaume y San Pere.

Llegando al Renacimiento en los siglos XV-XVI Sigue utilizándose la madera como soporte, pero se empieza a reemplazar por la tela, aunque siguió utilizándose hasta que se produjo su decadencia en el siglo XIX. Pero en la escultura polícroma siguió utilizándose la madera, incluso se llegó a perfeccionar su policromía¹⁶. La historia de la policromía en la escultura¹⁷ no puede estar completa, debido a los escasos restos que se conservan desde la antigüedad o por los cambios de gustos, siendo estas despojadas de sus capas o repintadas (img. 24 y 25).

16 GONZÁLEZ, María Luisa Gómez; GÓMEZ, María Luisa. *La restauración: examen científico aplicado a la conservación de obras de arte*. Catedra Ediciones, 1998. P.18, 19.

17 Las esculturas pueden estar parcial o totalmente policromadas.



Imagen 24. San Pedro con niño en brazos.



Imagen 25. Virgen de Fátima

Introducción **historica**

Evolución de los
adhesivos naturales



4. Evolución histórica de los adhesivos naturales

Los adhesivos naturales, fueron materiales muy utilizados también desde la antigüedad, al igual que la madera. En Tebas, las esculturas estaban engomadas con delgadas piezas de chapeado con tabloncillos de sicomoro (img.26), datado desde hace 3.300 años. En el palacio de Knosos en Creta, utilizaron una mezcla de cal mojada como liga, yeso, ocre de hierro y pigmentos derretidos para pintar las paredes.



Imagen 26. Madera de sicomoro.

Ya en Egipto se usaba el huevo, goma, la goma arábica del árbol de acacia bálsamos y resinas de árboles, y decoraban los ataúdes con gesso, una mezcla de yeso y goma. Para la fabricación de los primeros papiros se golpeaban finas láminas con un mazo untándose con una pasta de harina, cogiendo color brillante similar al café. Tanto los egipcios, los romanos como los griegos, utilizaron la cola animal para reforzar los ensamblajes de caja y de espiga y clavijas de madera. Se utilizaron el betumen y los abetos como los primeros selladores de naves que navegaron en el Mediterráneo, y según Plinio, los romanos utilizaban con el mismo fin la cera de abeja. Los chinos y los romanos fabricaban una especie de cemento para atrapar a los pájaros, colocando este en las ramas de los árboles, siendo este un adhesivo sacado del jugo del murciélago.

Para la reparación de objetos, se utilizaban adhesivos de pescado, cuernos de venado y queso para arreglar objetos de madera. Pero una de las colas más utilizadas desde tiempos remotos es la cola de origen animal y vegetal.

En 1903 los talleres de carpintería y ebanistería dependían de este tipo de adhesivo para el encolado de maderas. Aplicaban la cola animal en caliente, que endurecía al enfriarse y los tabloncillos tenían que ensamblarse en el momento justo, impidiendo esto una producción en masa (img. 27 y 28). Pero se averiguó que el almidón de tapioca podía adoptar formalíquida,

mediante una solución caústica ligera, siendo estable a la temperatura del ambiente, haciendo esto posible para los carpinteros, una producción en masiva¹⁸, pasando las proteínas a un segundo plano.



Imagen 27 y 28. Cola animal en caliente al baño maría y aplicación de la cola en juntas de madera.

En 1918, al finalizar la Primera Guerra Mundial, las colas animales volvieron a ganar el liderazgo como adhesivos para la madera. Se fabricaron las colas animales líquidas¹⁹ para aplicaciones directas a temperatura ambiente, siendo estos productos superiores, ya que poseen la fuerza, estabilidad y elasticidad de la cola animal caliente, teniendo una aplicación directa y facilidad de uso. A estos se les agregaban depresores químicos de gel que junto a la presencia del agua, detienen las propiedades gelatinosas de la cola, y una vez aplicada, esta secaba perdiendo el agua contenida, desapareciendo la acción del depresor, surtiendo efecto las propiedades de la cola animal original, sin haberse visto afectadas.

Se desarrollaron también otras colas como las de caseína, que es la principal proteína de la leche, obteniéndose esta de la desnatada. La producción de la caseína ha sido muy amplia, indicando que sus muchas y ventajosas propiedades, seguirá siendo un bienestar mundial para las industrias que demandan adhesivos.

La caseína se utilizó mucho como adhesivo para el encolado de maderas en la carpintería y la ebanistería, ya que son muy controlables. En Estados Unidos fue el adhesivo por excelencia, teniendo el mayor suministro desde el año 1922, de unos 800 millones, llegando a crecer considerablemente a unos 2.258 millones en 1954. El almidón de maíz fue el que encabezaba las listas (un 75%), mientras que le seguían la papa, el trigo y la harina de tapioca. De las colas de pescado hay poca información recopilada en cuanto a su evolución y sus recetas, ya que el proceso de manufactura prevalecía en secreto a finales del siglo pasado y principios del presente. Muchas de estas colas competían en la industria de la madera, por ejemplo, las colas de caseína costaban más que las de almidón y soja, pero menos que las colas animales y la albumina de sangre.

¹⁸ Irving. Manual de adhesivos. 1966.p.19

¹⁹ Hoy en día, se siguen fabricando colas animales líquidas por la marca Titebond.

La cola de caseína y la de soja son superiores al almidón en cuanto a resistencia al agua (dejando esta para el campo de papel), pero al de soja no es tan satisfactoria como las de caseína para realizar uniones fuertes. Las colas animales son fáciles de conseguir y a un bajo coste, y pueden obtenerse en una gran variedad de formas sólidas (en placa, perlas, cubos, gránulos o polvo), que han de ser disueltas para dar la solución de cola, son aptas para encolar ensambles con periodos cortos de ensamblaje y chapas delgadas donde la penetración de una cola alcalina causa una pigmentación de la madera. Las colas animales líquidas y las de pescado son aptas para trabajos de reparación en el ambiente casero.²⁰.

Las colas vegetales se suministran, por lo general, en forma seca al usuario, quien lo disuelve en agua junto con otros aditivos y componentes de su mezcla adhesiva. Los adhesivos naturales cumplían varias funciones dependiendo del campo a las que se les destinaba. El uso de las colas ha sido constante en diferentes períodos artísticos. En las evidencias rupestres, el arte egipcio, el periodo clásico, en obras del Medievo. Los frontales de altar románicos de autores anónimos y los grandes retablos góticos, fueron pintados al temple de huevo o de cola sobre tablas de madera enyesada, con pequeños ornamentos y dorados o plateados con panes de plata y oro fino, también a la cola. Más tarde en el Renacimiento, Barroco y el Neoclásico, las colas naturales seguían cumpliendo sus funciones como aglutinantes y de adhesivo²¹. Se han utilizado también para la preparación de diferentes tipos de imprimaciones sobre soporte de tabla y lienzo (el gesso tradicional y la Creta) con carbonato de calcio, dorado al agua para adherir las láminas doradas, y el temple a la cola para que aglutine las partículas de pigmentos y queden adheridas a la superficie.

En cuanto al campo de la conservación y restauración, se han utilizado como adhesivos en madera en los campos de pintura sobre tabla o escultura policroma, reentelado de lienzos, o como consolidantes de estratos pictóricos débiles (img.29). También abarcan otros campos como el encolado para libros, apresto en papel y en textiles. Hay diversas fuentes de información sobre la utilización de las colas naturales, desde manuscritos, textos y manuscritos antiguos²², a libros, artículos de revistas y bases de datos, que reflejan los campos en los que han sido utilizadas, aparte de extracción, método de aplicación y sus buenos resultados hasta el momento.

No obstante, esta información no es lo bastante precisa para el conocimiento del restaurador, ya que los estudios disponibles sobre las colas naturales, no son suficiente precisas para permitir una elección razonada del adhesivo, centrándose más en otros aspectos que no son tan importantes para nuestro campo, interesándonos más su estabilidad ante el envejecimiento, natural o causado por factores medioambientales, propiedades mecánicas, color, reversibilidad, o ataques causados por microorganismos.

20 Irving. Manual de adhesivos. 1966. p20, 135, 139, 144, 174

21 ARQUILLO TORRES, Francisco. Las colas: adhesivos naturales y sintéticos. *R & R: Restauración & rehabilitación*, 2001, no 50, p. 70-75.

22 Algunos tratadistas como Cennino Cennini o Francisco Pacheco, describen en sus tratados las formas de aplicarlas y sus excelentes resultados.

A partir de la segunda mitad del siglo XX, cuando la industria tuvo mayor crecimiento, se desarrollaron muchos productos en laboratorios, causando que los adhesivos naturales hayan ido disminuyendo hasta la actualidad, siendo reemplazados por los adhesivos sintéticos, materiales bastante más estables, quedando el uso de los naturales reservados para el campo de la restauración y el artístico.



Imagen 29. Consolidación y refuerzo, asentamiento de cazoletas con espátula caliente.

Metodología de trabajo



5. Metodología de trabajo

5.1. Estudio teórico

Es conveniente un estudio previo de los materiales que van a ser utilizados, conocer donde se originan, su extracción, composición química, propiedades y defectos y tener de ellos un mejor conocimiento.

5.1.1. Colas animales

El termino cola animal es un término que se utiliza generalmente para las colas preparadas procedentes de partes animales, concretamente de las pieles, partes cartilaginosas o huesos. Estas colas nacen a partir de la hidrólisis del colágeno, proteína primordial que componen dichas partes. Podemos encontrar otros tipos de colas provenientes de los animales como la cola de pescado, cola de caseína, la cola en albúmina en sangre y la cola de soja²³. Encontramos también dos distinciones dentro de las colas animales, la gelatina y la cola, que están íntimamente ligadas químicamente pero con unas pequeñas diferencias que observaremos a continuación.

La cola animal está compuesta por poliamidas de ácidos alfa-aminos. Estos aminoácidos no están en estado libre, si no como residuos unidos entre sí para la eliminación de agua, (los cuales la glicina, prolina, hidroxiprolina, alamina y el ácido glutámico, son los principales aminoácidos que permiten la solubilidad en el agua) (tabla 1), para formar largas cadenas de polipéptidos (img. 30). Estas cadenas son flexibles, enrollándose helicoidalmente siguiendo una secuencia, sin tener apenas ramificaciones. Esta molécula (tabla 2) es una cadena simple que en un extremo termina por un grupo amino, y en el otro por un grupo carboxilo (img.31). El peso molecular medio de las colas animales varía desde los 20.000 a un máximo de 250.000 aproximadamente²⁴.

Tabla 1. Presentación de los principales aminoácidos de la cola animal con la cantidad de residuos que presentan²⁵.

Aminoácidos que componen la cola animal	Residuos
Glicina	335.0
Prolina	128.0
Alanina	113.0
Hidroxiprolina	94.0
Ácido glutámico	72.0

²³ La cola de soja es un adhesivo proteínico de origen vegetal, y es por la proteína por lo que es considerada un adhesivo de origen animal.

²⁴ HOUWINK, Roelof, et al. *Adherencia y adhesivo* pág. 170-177

²⁵ SKEIST, Irving. Manual de adhesivos. John R. Hubbard 1966.pág 119

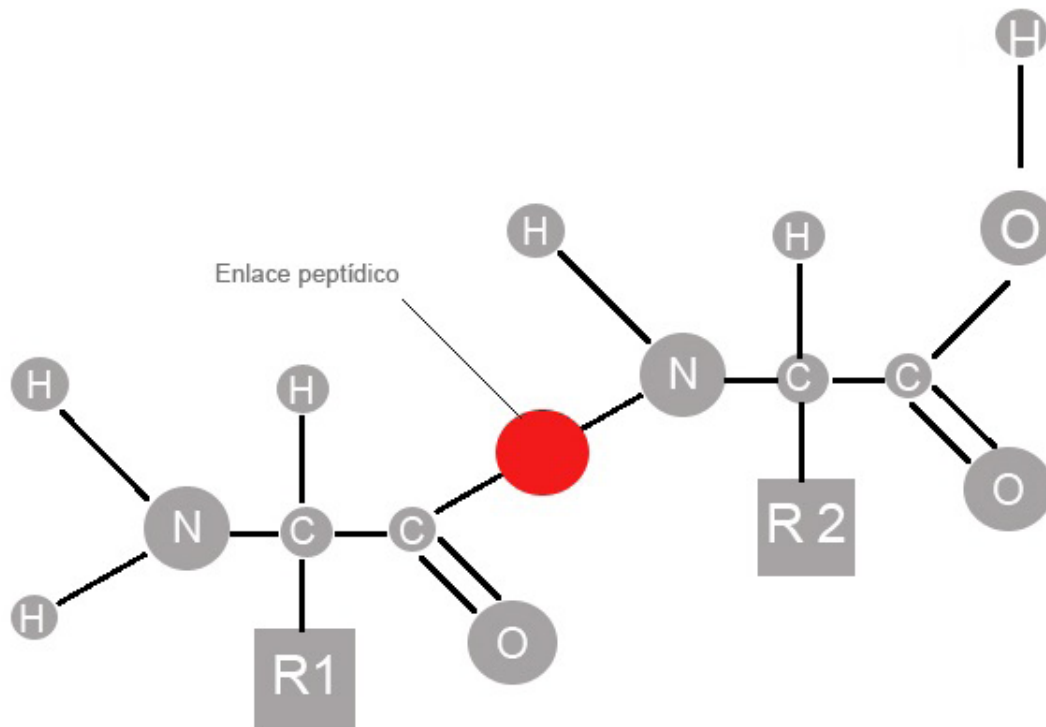


Imagen 30. Enlace peptídico.

Tabla 2. Composición de la molécula de cola animal.

Molécula de cola animal		
$C_{120} H_{149} O_{38} H_2O = C_{102} H_{151} O_{39} N_{31}$	Carbono	51,29
	Hidrógeno	6,39
	Oxígeno	24,13
	Nitrógeno	18,19
	Total	100.00

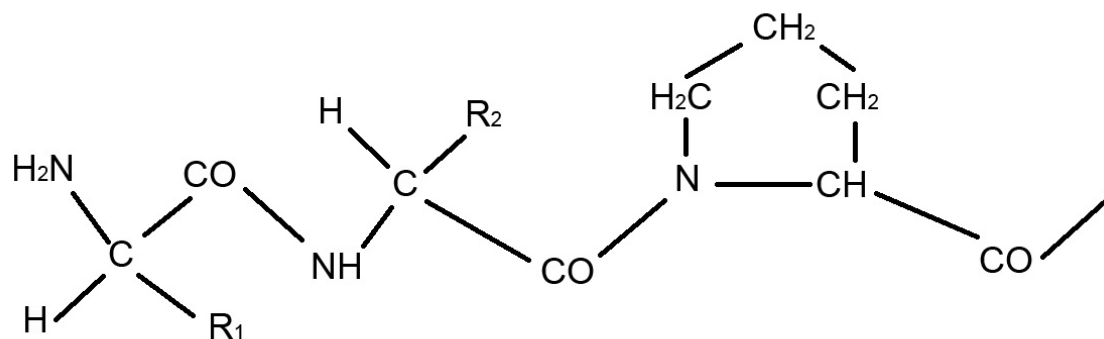


Imagen 31. Representación esquemática de una porción de molécula de cola.

Las colas animales, dependiendo de su origen y de los tratamientos a los que se hayan sometido para su proceso de extracción y preparación, presentaran unas propiedades químicas distintas, siendo unas más puras que otras, como lo es la gelatina, siendo esta una cola de alta calidad, mucho más purificada, con un tono más claro y con un peso molecular más alto, ya que su principal componente es el colágeno. Y por otra parte esta la cola, con un bajo peso molecular debido a un tratamiento más energético y fuentes de colágeno menos tratables, siendo así una cola menos pura, de un color más oscuro. Es así la pureza su única diferencia.

Centrándonos en las propiedades físicas de las colas y las gelatinas, estas forman soluciones viscosas que solidifican por enfriamiento en forma de gel. Esta transformación se produce (aparte de la variación de temperatura), por los radicales R polares e ionizables del aminoácido²⁶ (tabla 3).

Tabla 3. Radicales R.

Aminoácido	Radicales R	
	Polarización	Carácter iónico
Glicina	No-polar	Neutro
Prolina	No-polar	Neutro
Alanina	No-polar	Neutro
Hidroxiprolina	Polar	Neutro
Ácido glutámico	Polar	Ácido

El estado gelatinoso que forman las colas se miden en gramos Bloom²⁷. En cuanto a la rigidez de los geles, depende de la concentración de la gelatina, tiempo de maduración, pH y la temperatura. El último factor a tener en cuenta es el valor de viscosidad, ya que dependen de la concentración de la solución. La viscosidad también se ve afectada por el pH y la presencia de sales. Puede haber gran variedad de viscosidades, desde colas muy líquidas con un valor de 70 cP a concentraciones de cola seca de 100.000 cP.

La cola contiene alrededor de un 15% de agua (siendo un material seco) y un 1'4% de sales inorgánicas y una pequeña cantidad de grasa. También puede contener algunas impurezas de un 6%, siendo la principal impureza de alto peso molecular un complejo mucoproteínico coagulable debido al calor, pero que no afectan para su uso.

La densidad de la cola es aproximadamente de 1,27, y un 2,25 a 4 % aproximadamente de cenizas, y con un pH casi neutro en soluciones en agua de un 6,5-7,4, con un punto isoeléctrico con un pH de 5,6 a 4,5. Es soluble en agua e insolubles en aceites, ceras, solventes orgánicos. La característica más interesantes de la cola es la de pasar de estado líquido calentándolo, a un estado gelatinoso al enfriarse y poder revertirse nuevamente a líquido siempre que se caliente.

²⁶ SKEIST, Irving. Manual de adhesivos. 1966.pág. 119-122

²⁷ Método del científico Oscar T. Bloom para medir los grados probados designados en gramos Bloom.

La cola es extraída a partir de un corto tratamiento con agua saturada de cal, ya que la acción química de la cal transforma el colágeno en cola. Posteriormente es lavado con ácidos como el sulfúrico, clorhídrico, y sulfuroso seguido de un lavado con agua. Finalmente se somete el material a un proceso de cocción con programas de tiempo y calor bien controlados, y se sacan las soluciones de cola. Una vez extraídas, se dejan secar durante 2 horas usando aire filtrado y acondicionado²⁸.

5.1.2. Colas Vegetales

Las colas vegetales son aquellos adhesivos que son producidos y extraídos de materias primas naturales mediante procesos simples, siendo estos adhesivos solubles en agua. Existen adhesivos como las lacas de nitrocelulosa, lacas de etilcelulosa, los cementos de caucho, o cementos de laca que, a pesar de ser extraídas y producidas de las plantas, no son solubles en agua, y por lo tanto, no son considerados adhesivos vegetales. Los adhesivos vegetales pueden obtenerse de diferentes partes de las plantas, como los órganos de reserva, las raíces o de las médulas, siendo las principales fuentes el maíz, el trigo, las patatas, el tapioca y el arroz²⁹.

El almidón es el principal polímero natural soluble en agua. Tiene una estructura ramificada, conocida como amilopeptina (img.32). Es la amilosa las que distribuyen a los almidones su propiedad gelatinosa y su posterior adhesión.

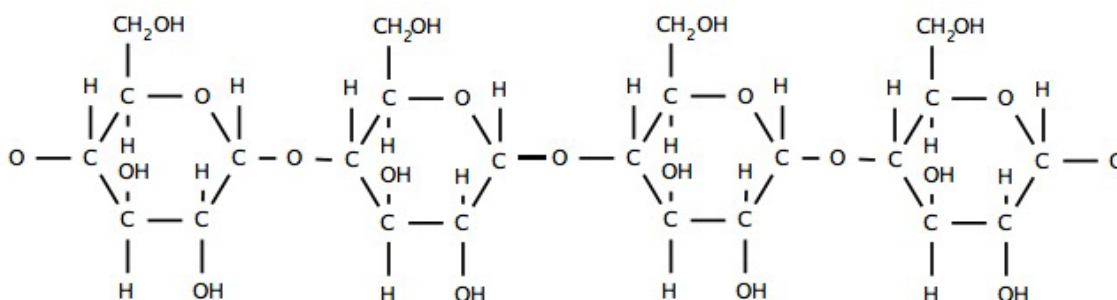


Imagen 32. Estructura del polímero del almidón.

El empleo de estos adhesivos se basa en sus propiedades físicas y químicas. Los polisacáridos son polímeros de glucosa simples que tienen como principal grupo funcional un grupo hidroxilo. Los grupos hidroxilos son de naturaleza hidrófila, y pueden combinarse con el agua para formar pastas de diferentes viscosidades. La naturaleza química de estos polisacáridos, es lo que los hace tan útiles como adhesivos. Los enlaces de hidrógeno es lo que causa la adhesividad de las moléculas hidrófilas, causando también la elasticidad del adhesivo³⁰.

28 SKEIST, Irving. Manual de adhesivos. 1966.pág.122-124

29 HOUWINK, Roelof, et al. *Adherencia y adhesivo* Pág.199-201.

30 SKEIST, Irving. Manual de adhesivos. 1966. Pág. 174-175.

5.1.3. Madera

La madera es un conjunto de tejidos del xilema que forma la raíz, el tronco y las ramas de los vegetales leñosos. Es un material muy heterogéneo, formado por varios tipos de células que cumplen diferentes funciones vitales para el árbol cuando este vive, tales como: conducción de la savia, sostén del propio árbol y transformación y almacenamiento de los productos vitales. Desde un punto de vista comercial, solo se aprovechan los vegetales leñosos de ciertas dimensiones.

Es un material fibroso que se compone de celulosa (50%), la lignina que es elemento que mantiene unidas a las fibras (30%) y otros elementos como resina o almidón (20%).³¹ Para poder observar los elementos constitutivos de la madera y como se distribuyen en ella, se debe realizar tres secciones fundamentales (img. 33):

- Corte transversal: es la cara perpendicular del tronco (donde puedes observar perfectamente la formación de los anillos de crecimiento).
- Corte tangencial o longitudinal: sección paralela al eje del tronco.
- Corte radial: es el corte paralelo a los radios.

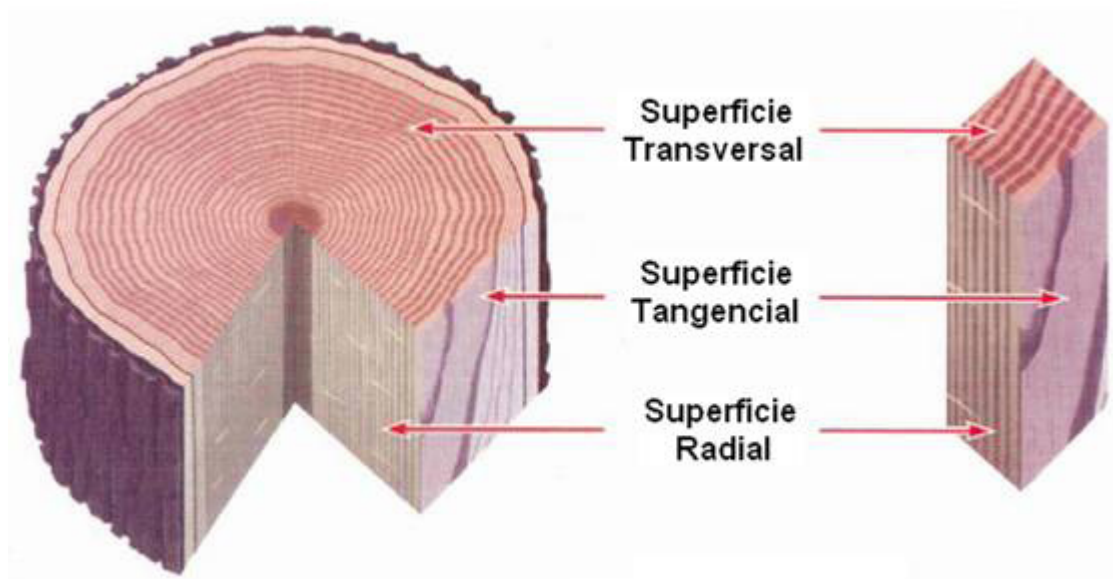


Imagen 33. Planos de corte de la madera.

Los árboles son plantas vasculares, es decir, se componen de tejidos conductores. Si cortásemos transversalmente un árbol, nos encontraríamos con las siguientes partes. El xilema, que transporta la savia bruta hasta alcanzar la cima del árbol, y el floema, que transporta los azúcares para distribuirse en forma de disolución por la planta para ser utilizada inmediatamente o almacenada para formar nuevos tejidos. Situado entre el xilema y el floema encontramos una capa de células llamada cambium vascular, rodeando las partes vivas del árbol, dando

31 GUTIÉRREZ, Jaime Ortiz. *Carpintería de madera*. Fundación Escuela de la Edificación, 2004.

lugar nuevas células que forman una nueva madera, que recubre la madera ya presente, llamándose esta albura. Conforme se van creando nuevas capas de albura, la antigua que denominaría el duramen, va perdiendo sus funciones conductoras, hasta que muere (img.34). En el interior del duramen, generalmente en la parte central del tronco, se encuentra la médula del árbol. Tiene forma circular o estrellada, es de pequeña dimensión y se desecha en los procesos de elaboración de la madera, debido a que sus características físicas y químicas son defectuosas y deficientes. Otra de las características interesantes son los anillos anuales o estacionales de la madera, que se distinguen a simple vista. Se presenta de dos clases, los anillos de primavera, que sería la estación seca, y los anillos de otoño, producida en la estación lluviosa (img.35).

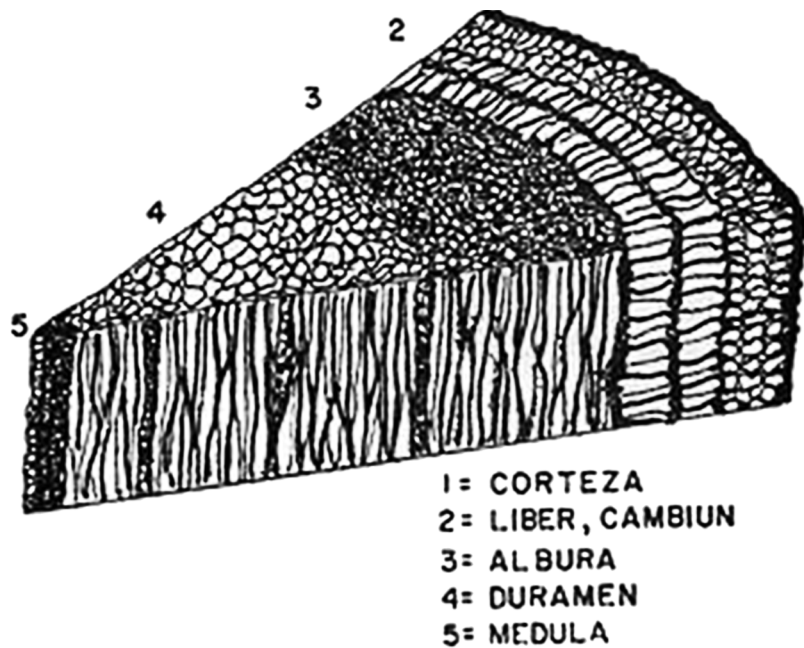


Imagen 34. Partes de la madera.



Imagen 35. Anillos de crecimiento en una madera de conífera.

Nos encontramos ante dos grandes familias de vegetales leñosos comercialmente maderables, las gimnospermas y las angiospermas. Dentro de las gimnospermas, las coníferas son el grupo más importante, consideradas también maderas blandas, llamadas coníferas porque producen sus semillas en conos mientras que de las angiospermas o maderas duras, lo son las frondosas³². Este trabajo se centrará solo en las características anatómicas de las coníferas, ya que el soporte base utilizado para la realización de probetas pertenece a dicha familia, concretamente el abeto.

Las coníferas poseen una estructura anatómica más sencilla que las frondosas, ya que se componen mayoritariamente de traqueidas (un 90-95%). Las traqueidas son tejidos fibrosos que componen el elemento más cuantioso en la madera formando alineaciones paralelas al tronco, siendo unicelulares, alargadas y con numerosas punteaduras areoladas³³. Los radios leñosos tienen importancia en las características de identificación y en las propiedades de la madera. En los radios leñosos de las coníferas, estos forman los elementos perpendiculares a la madera, estando constituido por células epiteliales, donde están formados los canales resiníferos (estos pueden existir o no en las coníferas), formados por un espacio intercelular en dichas células; el parénquima radial, que se distingue por sus paredes lisas, paralelas y punteaduras simples. Estas son de gran valor ya que junto con las traqueidas radiales, forman los campos de cruce (img.36).

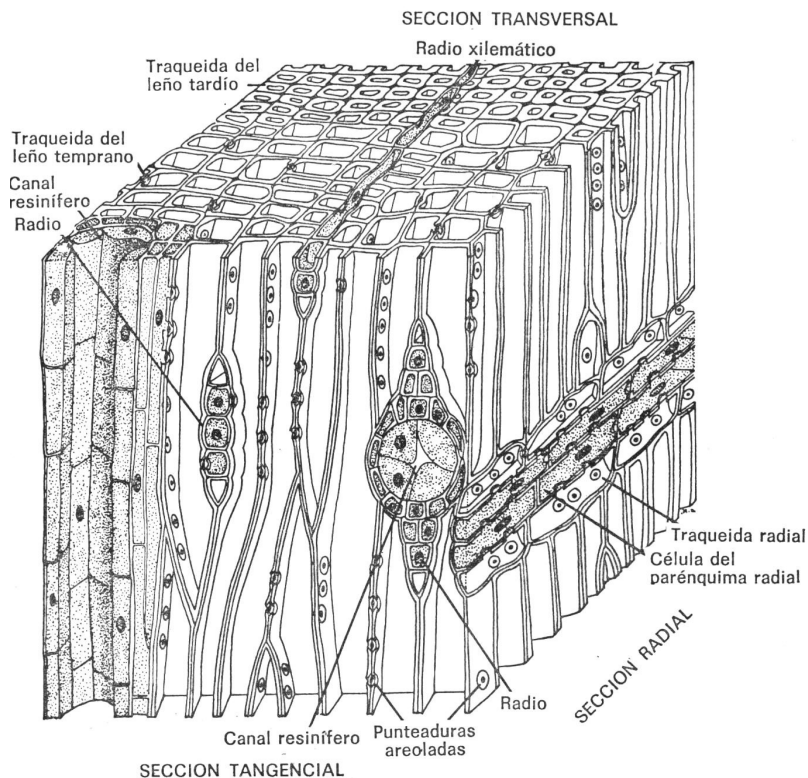


Imagen 36. Estructura interna de una conífera.

32 EMARY, Alfred Bethuen; DE LA CERA ALONSO, José. *Curso de carpintería y ebanistería: incluye manejo de maquinaria*. Limusa, 2008.

33 CARRERAS RIVERY, Raquel, *Introducción al estudio de la madera y su importancia en los bienes culturales*.

Las propiedades físicas son las que establecen el comportamiento de la madera frente a los factores que interceden en el medio, sin que produzcan cambios mecánicos o químicos en su estructura. Estas propiedades son el brillo, el color, la textura, la porosidad, el veteado, olor, la densidad, hinchazón y merma por el agua y dilatación térmica.

El brillo no tiene especial relevancia, ya que pueden ser modificados artificialmente mediante productos como la cera o el barniz. El color es una de las propiedades físicas más importantes de la madera, debiéndose a las sustancias de reserva contenidas dentro de la célula o impregnadas en sus paredes.

La orientación de las fibras, al ser distintas, producen fenómenos de refracción dando diferentes tonalidades a la madera.

La textura de la madera viene determinada por la forma en que están ordenadas las diferentes células. También depende de tipo de especie, las coníferas tiene una estructura más homogénea mientras que las frondosas la tienen más compleja. En la textura también queda determinado por el diámetro de los poros en las frondosas o las traqueidas en las coníferas.

El veteado de la madera es debido a la combinación de diferentes características naturales del crecimiento de los anillos. La diferencia en el crecimiento de la madera temprana y la tardía, la densidad de los anillos de crecimiento y la disposición concéntrica de estos, los defectos físicos de la madera y sus enfermedades, influye en el veteado.

La celulosa y la lignina, componentes principales y básicos de la madera, no emiten olores, por lo que son las sustancias de reserva y las paredes de células impregnadas, son los que emiten estos olores por emisión de moléculas libres. El olor de la madera suele ser por lo general de percepción muy débil.

En cuanto a la densidad de la madera, es la relación entre la masa y el volumen y ambos quedan afectados por la humedad. Es la densidad de la pared celular, sin contar los huecos que esta presenta. Las coníferas presentan una densidad de 520 kg/m^3 , mientras que las frondosas muestran diferentes tipos de densidad que varían desde 730 a 900 kg/m^3 , dependiendo de la zona de donde se encuentren (zonas tropicales o zonas templadas).

La relación que existe entre la madera y el agua es muy importante, ya que su comportamiento físico-mecánico depende de ello. La madera, como material orgánico, es muy higroscópica, es decir que pierde y gana humedad en función de las variaciones de humedad y temperatura del ambiente en el que se encuentre hasta conseguir cierto equilibrio. El agua se encuentra en el interior de la madera de dos formas distintas, dentro de los espacios microscópicos de la pared celular y como agua libre en las cavidades de las células.

Este proceso donde pierde y gana humedad, provoca las mermas e hinchazones de la madera, y se cuantifica por medio de los factores de contracción y de hinchazón volumétrica. La variación volumétrica de la madera implica una variación de sus dimensiones, y debido a su anisotropía, esta variación no es igual en todas sus direcciones. Estos cambios continuos

pueden ser un problema, ya que causan muchas deformaciones. Las dilataciones térmicas también van ligadas a estos fenómenos de hinchazón y merma³⁴.

La madera presenta muchos defectos en su estructura, los más comunes son las grietas, rajaduras que se producen en el sentido de los radios medulares, producido por una desecación excesiva por una pérdida de humedad, al igual que las hendiduras que se producen desde el exterior hasta el interior del árbol.

Otros defectos de la madera mayormente conocidos son los nudos y los tumores. Los nudos se forman debido a la desviación de las ramas que crecen en diferente dirección al tronco, mientras que los tumores son formaciones defectuosas por una mala cicatrización de los nudos cuando estas ramas se rompen. Es frecuente también, por la acción del medio ambiente, encontrarnos defectos en la madera como el corazón excéntrico, donde el corazón aparece descentrado, o el corazón hueco, donde el corazón se pudre debido a la pudrición roja, haciendo que esta se descompona, ocurriendo sobre todo en árboles viejos.

5.2. Materiales empleados en la realización de las probetas

A continuación se mostrarán los materiales utilizados para este trabajo, los diferentes adhesivos (tabla 4), así como el tipo de madera utilizada (tabla 5), mediante tablas y descripciones de su procedencia y preparación para el trabajo.

5.2.1. Adhesivos empleados

Tabla 4. Adhesivos utilizados.

	Adhesivos utilizados	Nomenclatura
Colas animales	Cola de conejo en placa	CPL
	Cola de conejo en polvo	CP
	Cola de conejo en grano	CG
	Coletta Italiana	I
	Cola fuerte	F
	Cola de carpintero	C
Cola vegetal	Shofu Jin Nori	SJN

34 Elementos de la identificación carpintería de madera Jaime Ortiz Gutiérrez. Pág. 14-22

5.2.1.1. Cola de conejo

Cola de naturaleza proteica proveniente de los tejidos delicados, pieles, y las partes cartilaginosas o huesos del conejo, solubles en agua, presentando una buena adhesión y buena reversibilidad. Su presentación puede ser en placa (img.37), encontrándolas en pastillas de 15-17 cm y 2 mm de grosor aproximadamente, siendo translucido de un color tono melaza, teniendo marcadas una de sus caras formando rombos³⁵, en grano (img.38), teniendo una forma cilíndrica/granular, o en polvo (img.39), siendo sus recetas de preparación son muy variadas³⁶.

Preparación:

Se debe hidratar la cola de conejo con agua durante 12/24 horas (en proporciones variadas), en un recipiente alto y ancho ya que al hidratarse de agua la cola de conejo ocupara el doble de espacio. Para diluir completamente la cola de conejo se calienta al baño maría, removiéndose para que gane toda su elasticidad y poder adhesivo. La cola nunca debe llegar a hervir, ya que perderá gran parte de sus propiedades elásticas y adhesivas³⁷.



Imagen 37. Cola de conejo en placa

35 MARTÍNEZ, Enriqueta González-Alonso. *Tratado del dorado, plateado y su policromía: tecnología, conservación y restauración*. Ed. Univ. Politéc. Valencia, 1997 p.70

36 Aquí tenemos diferentes recetas de la preparación de la cola de conejo extraídas de los libros de diferentes autores como pueden ser:

Materiales y técnicas del arte por Ralphs Mayer: 75g de cola + 900 ml de agua.

Restauración básica de muebles y nociones de pintura decorativa por Jaime Mesalles de Zunzunegui: 100 g de cola + ½ litro de agua.

Como restaurar muebles antiguos por María de la Lastra: 100g de cola + 1litro de agua.

Restauración de muebles por Julia de Bierre y James Bain Smith: 160 g de cola + 250 ml de agua.

37 John R. Hubbard explica en su apartado de Colas Animales en el Manual de Adhesivos que un calentamiento destructivo de la cola libera humedad libre y retenida, seguida de una marca de hinchazón, carbonización y una eventual desintegración, dejando solamente cenizas residuales.



Imagen 38. Cola de conejo en grano.



Imagen 39. Cola de conejo en polvo.

5.2.1.2. Coletta Italiana

Es un famoso adhesivo de origen italiano, que lleva empleándose desde hace siglos como consolidante y adhesivo. Antiguamente, la receta se preparaba con diferentes tipos de cola fuerte provenientes de animales como de vacuno, cordero, conejo, buey o pescado, añadiendo una cantidad de agua, melaza de caña, hiel de buey concentrada, vinagre y fungicida (img.40).

En la actualidad la receta ha sido modificada, eliminando algunos de los componentes mencionados para la antigua, como la melaza de caña, o sustituidos como la hiel de buey concentrada por la rectificada.

La cola utilizada para el aporte de adhesión, puede ser tanto de pescado como de conejo, actuando el agua destilada como disolvente. La hiel de buey rectificada y el vinagre ejercen de tensoactivos y disminuyen la tensión superficial, pero el vinagre tiene otro papel fundamental y es evitar la aparición de microorganismos, que junto al fenol actúan como fungicidas. En la actualidad, el fenol ha sido sustituido por otros productos menos tóxicos para el restaurador.

Preparación:

La cola elegida se hidrata durante 24 horas por saturación de agua. Una vez hidratada se calentará al baño maría. Una vez disuelta toda la cola, se irán añadiendo los componentes poco a poco, el agua destilada, la hiel de buey y el vinagre. Una vez todo bien mezclado, se añadirá por último el fenol, habiéndose retirado ya del fuego. Ya finalizada la mezcla, se verterá en bandejas con un máximo de dos dedos de grosos. La coletta se dejará enfriar hasta que se convierta en estado gel, para poder así cortarla en cuadrados, los que se separarán y secarán por todos lados³⁸.



Imagen 40. Coletta italiana.

5.2.1.3. Cola fuerte

Se obtiene de la cocción de huesos y pieles de animales mayores³⁹ como el caballo, el buey, y la ternera, aunque también se emplean las colas de animales pequeños como la de conejo. Se trata de una mezcla de diferentes tipos de cola, como la cola de hueso (ya que es más dura

38 Receta del blog de la Doctora Victoria Vivancos Ramón: 1 kg de cola de conejo, 1 litro de agua, 50 ml de hiel de buey (tensoactivo que reduce la tensión superficial), 1 litro de vinagre (también favorece la penetración gracias al ácido acético y 0'50 gramos de fenol.

39 MARTÍNEZ, Enriqueta González-Alonso. *Tratado del dorado, plateado y su policromía: tecnología, conservación y restauración*. Ed. Univ. Politéc. Valencia, 1997. p.70

pero menos flexible) y cola de pieles (ricas en elasticidad, aportando más flexibilidad a la mezcla)⁴⁰. La cola fuerte se comercializa en perlas (img.41) o en pastillas, y prepara de igual forma que la de conejo.



Imagen 41. Cola fuerte.

5.2.1.4. Cola de carpintero

Esta cola ha sido muy utilizada en los talleres de carpintería y ebanistería (img.42). Está formada por la misma mezcla de colas animales de diferentes que la cola fuerte, pero está preparada con otros posibles aditivos como la sandáraca, trementina, y alcohol⁴¹. Existen otras formulas, donde se utiliza el formol en una proporción del 5% para un empleo rápido de la cola.

Si el encolado requiere un proceso lento, se le añade a la cola en caliente un 10% de trioximetileno y un 5% de ácido oxálico. Por último, se les añade fenol, nafto o fluoruro de sodio como biocidas para evitar que las colas se pudran⁴².

Preparación:

Se mezclan todos los ingredientes, menos el alcohol, que será añadido después de retirar la mezcla al baño maría del fuego.

40 Formulas y secretos de taller, para el trabajo de la madera y del mueble. Ediciones G.Gili S.A. P. 90

41 Sandáraca 6 gramos, trementina 6 gramos y alcohol 50 gramos.

42 Formulas y secretos de taller, para el trabajo de la madera y del mueble. Ediciones G.Gili S.A. P. 93-94



Imagen 42. Cola fuerte.

5.2.1.5. Shofu Jin Nori

Se trata de una cola tradicional japonesa de pasta de almidón de trigo (img.43), que se ha utilizado por más de 1000 años, y sigue utilizándose en la actualidad, ya que es el adhesivo que utilizan los conservadores y artistas allí.

Es un adhesivo muy fuerte incluso diluyéndolo con agua. Forma una capa más flexible que el adhesivo de almidón de arroz, siendo adecuado para muchos procesos de conservación como consolidante, entre otras aplicaciones como encolado de libros.

El Shofu Jin Nori tiene diferentes formas de preparación:

Se mezcla cuatro partes de agua destilada con una parte de Shofu Jin Nori en una olla. La mezcla se remueve constantemente a fuego alto hasta que la pasta empieza a hervir. Una vez hirviendo, se baja a fuego lento y se sigue removiendo la pasta hasta conseguir la consistencia deseada durante 30 minutos. La pasta debe dejarse reposar antes de ser utilizada como adhesivo. También puede prepararse con microondas mezclando cinco partes de agua destilada por una de Shofu Jin Nori a máxima potencia durante 20/30 segundos, retirando y mezclando y repetir el proceso durante un total de tiempo de 3 o 4 minutos hasta obtener una consistencia deseada.



Imagen 43. Shofu Jin Nori en pasta.

5.2.2. Madera

Tabla 5. Datos técnicos sobre el abeto blanco, extraído del libro Mil maderas de Manuel Soler.

ABETO BLANCO (Abies alba, Miller)	
Hábitat	Este y centro de Asia, Sur y centro de Europa y Norteamérica.
Altura	70 metros.
Diámetro	1 metro.
Densidad	0'45
Color	Blanco
Usos	Construcción, ebanistería, embalajes y pulpa.
Otros nombres	Abete, abeto, pinabete, sebo y silver fir.
Microscopio L.M	Cortes radial (img.44), tangencial (img.45) y transversal (img.46).

El abeto es un árbol perennifolio⁴³ que pertenece a la familia de la pináceas y se encuentra en el centro de y el sur de Europa, en Asia central y oriental, y es muy importante en Norteamérica. Dentro de Europa su zona de crecimiento se localiza entre los Pirineos y Rusia, en zonas montañosas (img.47).

Tiene una forma piramidal estrecha o cónica. La madera de este abeto es de color blanco cremoso/ocre, con un veteado ligeramente rosado. Del grupo de las coníferas resinosas, es el árbol con el olor más débil. Sus hojas son llamadas acículas por la forma de la aguja, siendo rectas y lineales de 1'5 a 3 cm de largo y 1'5 a 2 cm de ancho.

Es un árbol bastante longevo, hasta los 100 años crece y madura en altura y forma, pudiendo vivir hasta 400 años. Al pertenecer al grupo de las coníferas, el abeto está clasificado como madera blanda y de crecimiento rápido, y es muy fácil de trabajar.

Esto no quiere decir que lo sea, ya que el abeto está considerada una madera semiblanda, ya que puede tener una dureza igual o mayor a la de una madera dura, siendo solo su ligereza mayor. Es una madera muy empleada en la carpintería de armar, en la de taller y en la ebanistería, armazones de muebles o cajas para instrumentos musicales.



Imagen 44. Corte radial a 2.5 x aumentos.

⁴³ La palabra perennifolio se designa a los árboles o arbustos que poseen hojas vivas a lo largo de todo el año, en contraposición a los árboles caducifolios.



Imagen 45. Corte tangencial a 2.5 x aumentos.

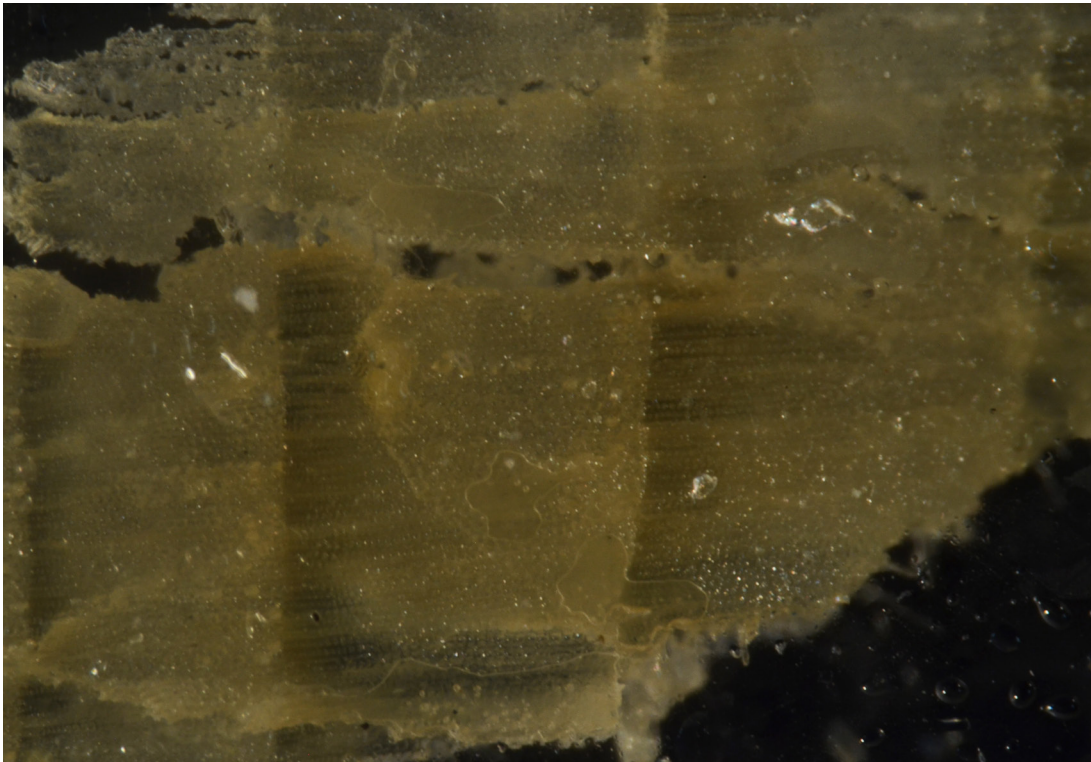


Imagen 46. Corte transversal a 2.5 x aumentos.



Imagen 47. Madera de abeto blanco.

5.2.2.1. Ensamble de tablones

Centrándonos solo en tres de los gremios donde el empleo de estos dos materiales han sido fundamentales, empezariamos por el campo de la carpintería, donde se realizaban trabajos sobre soporte ligneo y se encolaban los tablones con cola natural (img.48), siendo esta la famosa cola de carpintero, que tanto tiempo los ha acompañado y que ocupa un importante lugar en la construcción y solidez del encolado de tablones (img.49).

En el encolado de madera, se ha seguido siempre un meticuloso proceso en el que se calentaba la madera a cierta temperatura, y preparándose también el adhesivo en caliente, donde se extendía la solución de cola caliente sobre la superficie de madera. Esta iba enfriando hasta alcanzar la temperatura de esta.

La cola va solidificando en forma de gel, volviéndose pegajosa. El encolado se hacía antes de que la cola hubiese pasado la fase pegajosa, de forma que, cuando la cola ha solidificado se formaba una unión continua y homogénea entre las dos caras, haciéndose cada vez más fuerte por la rigidez que adquiere el adhesivo y también gracias al agua que se difunde en con adhesivo y la madera.

El encolado por unión mecánica era el más utilizado, donde la cola más o menos fluida se introduce en los poros de la superficie a unir de la madera, y después por fraguado. La cola se convierte en un sólido de gran cohesión, anclado fuertemente a ambas piezas quedando



Imagen 48. Encolado de tabloncitos con cola animal.

perfectamente adheridas. La calidad del encolado dependía de la rugosidad de la superficie de la madera, el número de poros y si estos estaban limpios, y de que la cola penetrase bien en la madera. Las colas debían tener una baja viscosidad y tensión superficial y crear una gran resistencia una vez fraguadas.

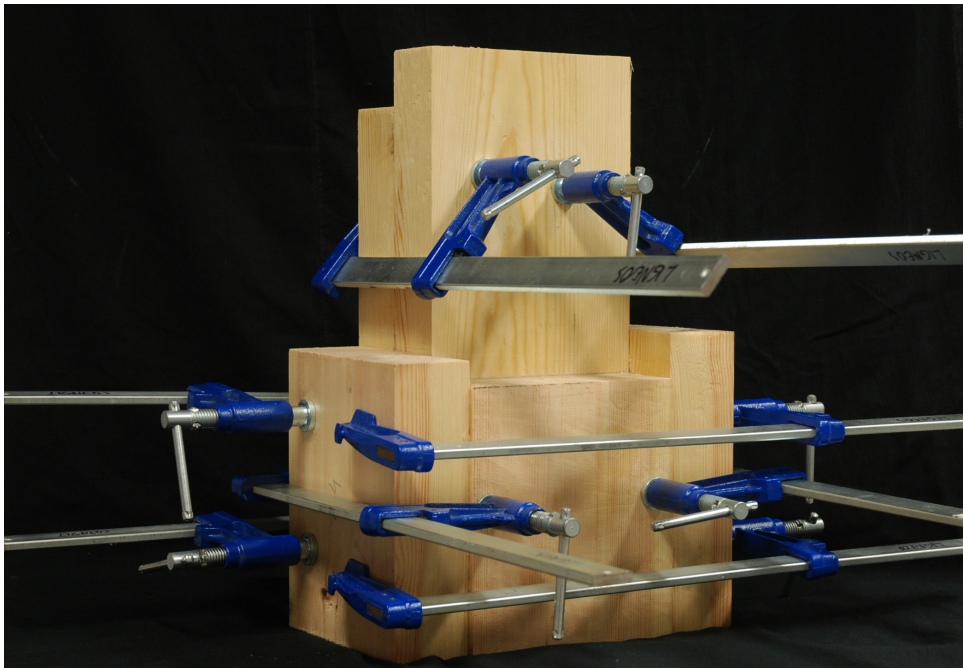


Imagen 49. Encolado de tabloncitos.

5.3. Instrumental empleado

5.3.1. Cámaras de envejecimiento acelerado:

Hoy en día disponemos de métodos capaces de provocar, en breves periodos de tiempo, los procesos de alteración que tienen lugar de forma natural, anticipándonos así a sus efectos. El proceso de envejecimiento artificial está basado en una serie de variaciones cíclicas de cada parámetro, inducidas con una frecuencia mayor a la real y programables. Los aparatos son automáticos siguiendo un programa de variaciones en función al problema específico.

5.3.1.1. Cámara de corrosión

Envejecimiento artificial acelerado en atmosfera saturada de dióxido de azufre (SO_2). Cámara de corrosión en atmosfera saturada con dióxido de azufre, modelo VCK-300 de la marca DYCOMETAL (img.50).

5.3.1.2. Cámaras de humedad y temperatura

Cámara climática Dycometal²⁶ DI-100 con rango de temperatura de $-25^{\circ}C$ a $150^{\circ}C$, con rango de HR de 15% a 98% y con una velocidad de refrigeración y calentamiento de 1 y $2^{\circ}C/min$ (img.51).

5.3.1.3. Cámara de ultravioletas

Cámara de envejecimiento artificial acelerado por radiación ultravioleta modelo QUV, de la marca Accelerated Weathering Tester. Utiliza 8 lámparas UVB-313EL (Q-Panel Lab Products) que reproducen los efectos dañinos de la luz solar, producen longitudes de onda corta UV con máximo de intensidad en 310 nm equivalentes a lámparas fluorescentes con 40 W, dispuestas en 2 bancadas de 4 lámparas cada uno. Se mantiene la temperatura de $45^{\circ}C$ (img.52).



Imagen 50, 51 y 52. Cámara de corrosión, humedad y temperatura y ultravioleta.

5.3.2. Ensayos de abrasión con Linear Abraser Tabber 5750

El Linear abraser TABER 5750 mide la resistencia a la abrasión y otras propiedades de los materiales y productos de cualquier forma y tamaño.

Se puede utilizar tanto en húmedo como en seco. Tiene incorporado un brazo horizontal que tiene un movimiento lineal. Unido al brazo extremo del brazo, tiene un eje que permite el movimiento en vertical ida y vuelta. Tiene un soporte de peso montado en la parte superior para mantener mejor la estabilidad del brazo (img.53).

Las funciones ajustables permiten al usuario seleccionar la velocidad y el número de ciclos específicos. Incluye seis botones de velocidad preestablecidos, con la capacidad de ajustar la velocidad de 2 a 75 ciclos por minuto.



Imagen 53. Linear Abraser Tabber.

5.3.3 Ensayos de tracción con Electronic adhesión Tester KN-10

El equipo de tracción Electronic adhesión Tester KN-10 de Neurtek Instruments es un equipo desarrollado para medir la adherencia de las capas de pintura, recubrimientos y materiales de construcción de cualquier tipo de sustrato (img.54). Es un instrumento electrónico exacto, con una pantalla digital (img.55) para medir las pruebas de adherencia de los diferentes materiales, utilizando soportes de 20 mm y 50 mm respectivamente.

La prueba se realiza cuando un soporte se adhiere a una la superficie (circular) que va a ser probado. El instrumento se coloca en la superficie circular, y al girar la rueda, una fuerza alta ejerce progresivamente sobre la pieza. En el momento de la separación, la pantalla electrónica muestra la fuerza ejercida (para más datos técnicos véase anexos 7.4.1).



Imagen 54 y 55. A la izq. el Electronic adhesión Tester KN-10. A la dcha. La pantalla digital.

5.3.4. Ensayos de viscosidad con Visco Star plus

La serie Visco Star plus determina la viscosidad y otras características reológicas de muestras homogéneas. Estos instrumentos son indispensables en laboratorios de control de calidad y departamentos de investigación (img.56).

Normas: El diseño de los husillos estándar y los principios de medición de Fungilab viscosímetros, son los que se describen en la norma ISO 2555 e ISO 1652 (para más datos técnicos véase anexos 7.4.2).



Imagen 56. Visco Star Plus.

5.3.5. Ensayos de flexibilidad con Deben Microtest Materials testing modules V5.2

Deben Microtest tracción/compresión/flexión se han diseñado especialmente para su uso dentro de un espacio confinado en una cámara de SEM, aunque su uso también es adecuado para microscopía óptica AFM, máquinas de difracción de Rayos-X, o como módulos de prueba de registro de datos (img.57).

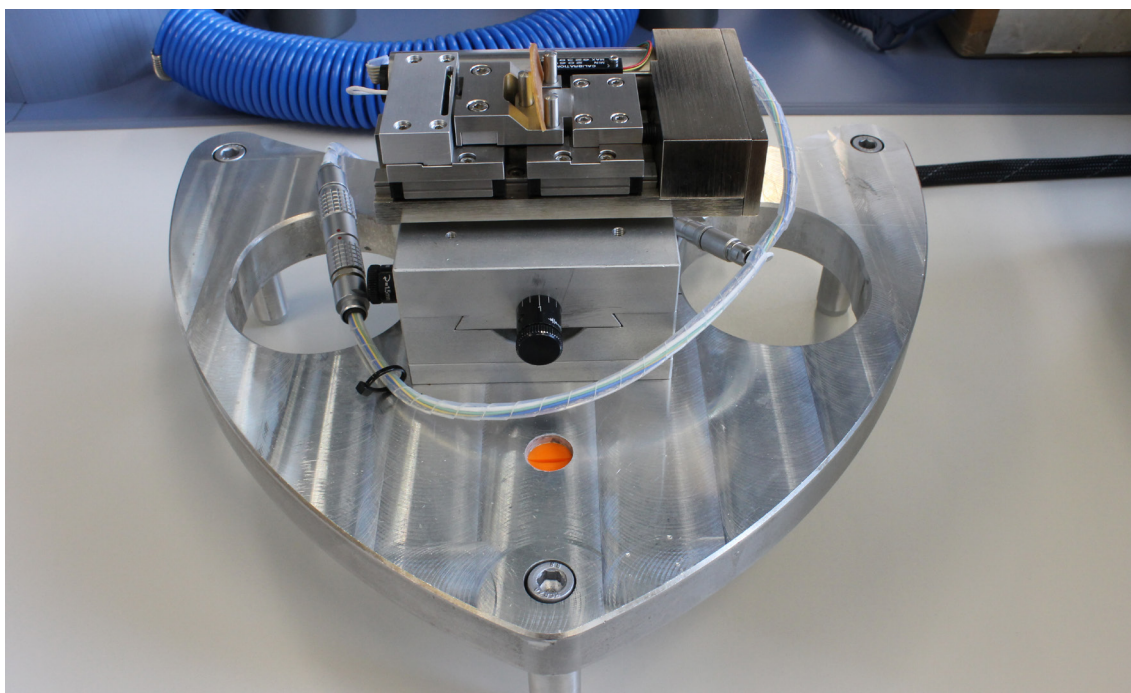


Imagen 57. Deben Microtest Materials testing modules V5.2

Los módulos permiten que diferentes materiales puedan ser deformados y estirados, con cargas de hasta 500kg. (5kN)). LA carga máxima depende de la célula de carga equipada, que se encuentran disponibles desde los 2kN hasta los 5kN. La elección de estas células depende del tipo de muestra elegida y de los ensayos llevados a cabo (para más datos técnicos véase anexos 7.4.3).

5.3.6. Medición de pH

Se trata de un instrumento utilizado para determinar la acidez o alcalinidad que posee una disolución. Mide la diferencia de potencial existente entre dos electrodos, el cloruro de mercurio o calomel, y una fina vara de vidrio. Estos electrodos al estar sumergidos en una sustancia generan una corriente eléctrica (que dependerá de la concentración de iones de hidrógeno que presente la disolución). Realizar una buena calibración del electrodo asegurará mediciones de pH fiables. Se utilizaron dos tipos de pH-metros, pH-metro de contacto, para medir el pH de sustancias sólidas (img.58) y un pH-metro sumergible, que mide sustancias líquidas (img.59).



Imagen 58. pH-metro de contacto.



Imagen 59. pH-metro sumergido.

5.3.7. Microscopía óptica (LM):

La microscopía óptica es una de las técnicas de investigación científica más importantes que se utilizan en el campo de la conservación y restauración.

Las microfotografías fueron adquiridas con un microscopio estereoscópico modelo MZ APO de la marca Leica (img.60). Tiene una apertura numérica de 0'2 y una resolución de 600 LP/mm con un zoom de 10:01, el microscopio MZ APO imparte una gran cantidad de información detallada con un rango de aumentos de 8x hasta 80x, con sistema fotográfico digital conectado e iluminación por fibra óptica bilateral, captando estructuras extremadamente finas.

También se empleó el microscopio óptico de la marca Olympus BH-2 (img.61), con lámpara halógena de 100W que proporciona una iluminación brillante para una amplia gama de aplicaciones, con aumentos de 50x hasta 1000x, junto con cámara fotográfica "Nikon D50".



Imagen 60. Microscopio MZ APO de Leica.



Imagen 61. Microscopio Olympus BH-2.

5.3.8. Espectrofotómetro CM-2600D para ensayos colorimétricos

Espectrofotómetro con esfera geométrica y orientación horizontal. El espectrofotómetro de mano CM-2600d está concebido para su uso con una sola mano, y tiene la capacidad de medir simultáneamente el control numérico de brillo en los modos SCI y SCE (img.62). Es el primer instrumento portátil a nivel mundial en ofrecer el Control numérico de UV patentado, que reduce drásticamente la duración de los procedimientos de calibración y medición. El dispositivo incluye una apertura seleccionable entre 8 mm y 3 mm, en base al tamaño de lo que se va a medir (para más datos técnicos véase anexos 7.4.4).

5.3.9. Medición de humedad de la madera con xilohigrómetro

Mide el porcentaje de la humedad de la madera, la humedad del ambiente HR, y la temperatura, permitiendo seleccionar diferentes grupos de materiales para su medición.

Descripción del xilohigrómetro utilizado:

El testo 606-2 es un instrumento de medición de la humedad en materiales y de la humedad y temperatura ambiente (img.63). Se utiliza generalmente para determinar la cantidad de humedad presente en la madera (con opción de elegir varios tipos de madera) o en los materiales de construcción, así como la humedad ambiente (para más datos técnicos véase anexos 7.4.4).



Imagen 62. Espectrofotómetro CM-2600D.



Imagen 63. Xilohigrómetro utilizado.

5.4. Aplicación de los adhesivos en las probetas

En primer lugar se humectó la superficie con agua y alcohol para una mayor penetrabilidad del adhesivo y para así saturar el poro, pero el adhesivo penetró demasiado, impidiendo que este quede en superficie. Se ha decidido entonces, aplicar el adhesivo directamente con brocha (img.64), sin humectar la superficie, alternando la dirección del aplicado entre capa y capa, siendo este perpendicular y paralelo a la veta.

En cuanto al secado de las capas, el adhesivo se ha dejado secar lo suficiente para que al aplicar la siguiente, esta no remueva, ya que la aplicación se realiza en caliente. El objetivo de dar varias capas de adhesivo al soporte, es el de adquirir un grosor adecuado para la realización de la posteriores pruebas, dejando una superficie totalmente lisa y uniforme.



Imagen 64. Aplicación del adhesivo en brocha.

Las siguientes tablas muestran las cantidades utilizadas para la preparación de la cola, tiempo de hidratación, aplicación, tipo de secado y número de capas de cada uno de los adhesivos utilizados:

Tabla 6. Proceso de preparación y aspecto final de la probeta CPL.


Cola de conejo en placa	
Preparación: 100 gramos de cola de conejo en placa + 400 ml de agua desionizada.	
Tiempo de hidratación: se troceó la placa para que el tiempo de hidratación fuese menor ¹ . El tiempo estimado que se dejó para la hidratación fue de entre 12 a 24 horas.	
Aplicación: Es fácilmente aplicable.	
Tiempo de secado entre capa y capa: era de 40-50 min.	
Número de capas: Siete.	

Tabla 7. Proceso de preparación y aspecto final de la probeta CP.


Cola de conejo en polvo	
Preparación: 100 gramos de cola de conejo en polvo + 400 ml de agua desionizada.	
Tiempo de hidratación: de 20 a 30 minutos. Hidratación rápida ya que cuanto más pequeño es el grano más rápido absorbe el agua.	
Aplicación: fácil aplicación.	
Tiempo de secado entre capa y capa: 40-50 minutos.	
Número de capas: seis.	

Tabla 8. Proceso de preparación y aspecto final de la probeta CG.


Cola de conejo en grano	
Preparación: 100 gramos de cola de conejo en grano + 400 ml de agua desionizada.	
Tiempo de hidratación: 30-40 minutos.	
Aplicación: fácil aplicación.	
Tiempo de secado entre capa y capa: entre 40-45 minutos.	
Número de capas: Siete.	

Tabla 9. Proceso de preparación y aspecto final de la probeta I.

Coletta Italiana	
Preparación: 100 gramos de coletta italiana+ 400 ml de agua desionizada.	
Tiempo de hidratación: 12-24 horas.	
Aplicación: fácil aplicación.	
Tiempo de secado entre capa y capa: 40-45 minutos.	
Número de capas: nueve.	

Tabla 10. Proceso de preparación y aspecto final de la probeta C.

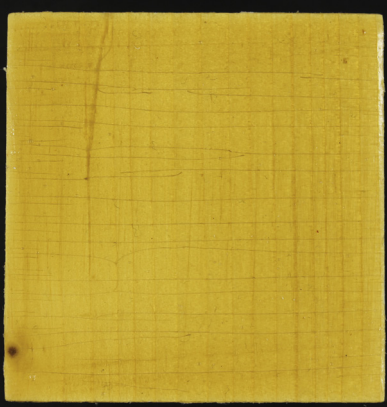
Cola de carpintero	
Preparación: 100 gramos de cola de carpintero + 400 ml de agua desionizada.	
Tiempo de hidratación: 12-24 horas.	
Calentado de la madera: 1 minuto.	
Aplicación: aplicación difícil, ya que era muy líquido.	
Tiempo de secado entre capa y capa: 50 minutos -1 hora.	
Número de capas: ocho.	

Tabla 11. Proceso de preparación y aspecto final de la probeta F.



Cola fuerte	
Preparación: 100 gramos de cola fuerte + 400 ml de agua desionizada.	
Tiempo de hidratación: 40-45 minutos.	
Aplicación: aplicación difícil, ya que era muy líquido.	
Tiempo de secado entre capa y capa: 50 minutos -1 hora.	
Número de capas: Siete.	

Tabla 12. Proceso de preparación y aspecto final de la probeta SJN.

Shofu Jin Nori	
Preparación: Con este adhesivo se realizaron varias pruebas, ya que al aplicarlo puro, cuando secaba este se escamaba y se volvía pulverulento, por lo que se realizaron pruebas diluyendo el adhesivo en agua destilada calentándolo, a varias proporciones.	
Proporción que se utilizó: 20 gramos de Shofu jin nori + 10 ml de agua destilada.	
Aplicación: Bebido a que era muy espeso, tuvo que ser aplicado mediante espátula.	
Tiempo de secado entre capa y capa: 1h30 - 2 horas.	
Número de capas: Tres.	

5.5. Ensayos realizados

5.5.1. Cámaras de envejecimiento acelerado

5.5.1.1. Cámara de corrosión

A través de la cámara de corrosión, se pretende conocer qué tipo de reacción experimentan los adhesivos expuestos al dióxido de azufre (SO_2)⁴⁴, ya que es un factor de alteración causado por la contaminación del aire y por la acción del hombre, siendo un compuesto continuamente presente en nuestro ambiente.

Se introdujeron dos veces con ciclos distintos un número de cinco probetas por cada adhesivo. En la primera las probetas han estado expuestas a dos ciclos de 24 horas y la segunda a tres ciclos de 24 horas (img.65).

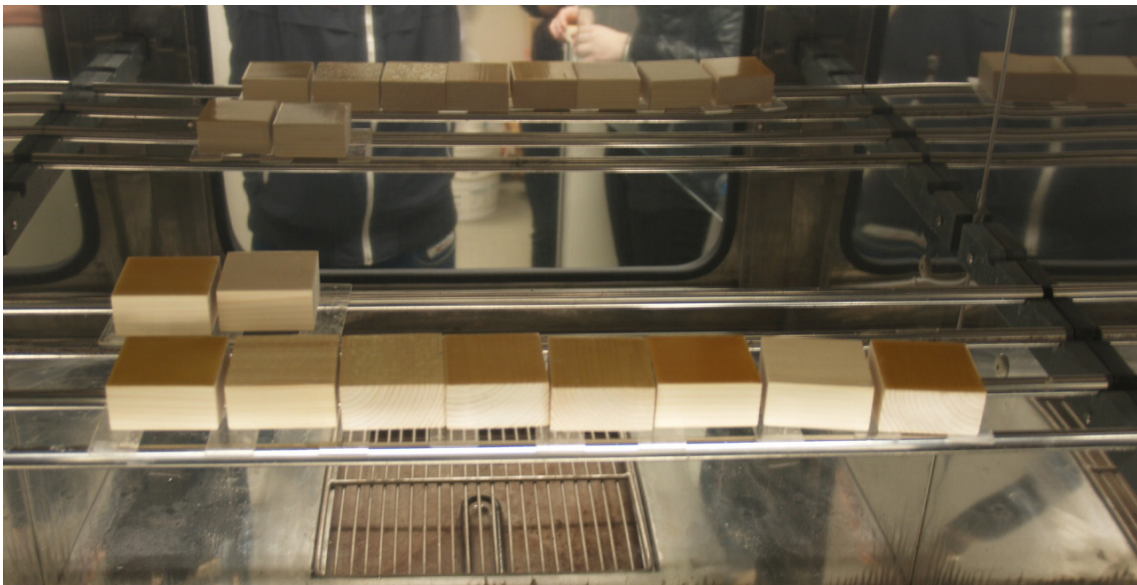


Imagen 65. Probetas en la cámara de corrosión.

5.5.1.2. Cámara de humedad y temperatura

Los cambios de temperatura y la presencia de agua en cualquiera de sus formas, favorecen y provocan un deterioro en la mayoría de materiales, siendo estos uno de los factores más destructivos.

Por lo tanto, se han utilizado cinco probetas de cada adhesivo para esta cámara, una para los ciclos elegidos en humedad, donde prima la humedad (tabla 13), variando mientras la temperatura es constante), y otra para temperatura (tabla 14), primando esta, estando la humedad

44 El dióxido de azufre (SO_2) es el contaminante más frecuente presente en la atmósfera. Este procede de los combustibles utilizados en industrias, vehículos o calefacciones domésticas. Es un gas incoloro o licuado de olor acre. Este puede transformarse en trióxido de azufre (SO_3) pudiéndose presentar en dos estados: estado gaseoso, debido a los efectos causados por la luz ultravioleta (por mecanismos fotoquímicos), o en estado líquido debido a las partículas de agua que gracias a una acción catalítica, acompañado de contaminantes del polvo, este se transforma a SO_3 .

constante, pudiendo valorar los efectos causados en los adhesivos, tanto por unos parámetro como por otros (img.66).



Imagen 66. Probetas en la cámara de humedad y temperatura.

Tabla 13. Parámetros elegidos para prueba de humedad: 2 semanas con ciclos de 24 horas alternados.

Ciclos	humedad	temperatura
1	85-90%	25°C
2	50-55%	25°C

Tabla 14. Parámetros elegidos para la prueba de temperatura.

Ciclos	temperatura	humedad
1 mes	45°C	50%

5.5.1.3. Cámara de ultravioleta

La luz ultravioleta es una de las principales causantes de degradación de las superficies de madera y de los recubrimientos que se encuentren sobre ella, causando deterioros visibles como cambios de color provocados por la degradación del material⁴⁵.

⁴⁵ ANDRÉS, Acevedo, et al. efecto de un envejecimiento acelerado mediante rayos uv en la propagación superficial de grietas de debobinado en tableros contrachapados de Eucalyptus nitens. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 2013, vol. 15, no 1, p. 45-56.

Se han introducido cinco probetas de cada adhesivo, para valorar los daños causados por la radiación UV en la película adhesiva, y como consiguiente en la madera. Las probetas se han dividido en tres partes. Cada parte será expuesta a la radiación ultravioleta de este modo:

En primer lugar se introducen las probetas en la cámara (encajadas en cartón pluma dispuestas en fila (img.67) para que la radiación abarque toda la superficie del adhesivo por igual. Una vez terminado el primer ciclo de 100 horas, se ha cubierto con film de aluminio una parte de cada adhesivo, para que las dos partes restantes sean expuestas a otro ciclo de 100 horas, realizando el mismo proceso hasta dejar solo una parte expuesta con 100 horas más (tabla 15).



Imagen 67. Probetas en la cámara de ultravioleta.

Esta división por partes, servirá para la ver la reacción que ha tenido el adhesivo a cada ciclo expuesto, quedando divididas de la siguiente manera:

Tabla 15. Ciclos elegidos para el ensayo de Ultravioleta.

Ciclos UV	
1º parte	100 horas
2º parte	200 horas
3º parte	300 horas

5.5.2. Ensayos de abrasión con Linear Abraser TABER 5750

Mediante un lápiz abrasivo, se comprobará la dureza de los adhesivos seleccionados, para valorar así el rallado que ejerce este en superficie.

Se ha realizado el rallado de todos los adhesivos con el mismo lápiz de abrasión H-18 phone: 716- 694-4000 (img.68), a una velocidad de 60 ciclos por minuto. Se han utilizado tres ciclos diferentes, adaptándose a las características de cada adhesivo, empezando de menos a más ciclos, conforme el resultado obtenido.

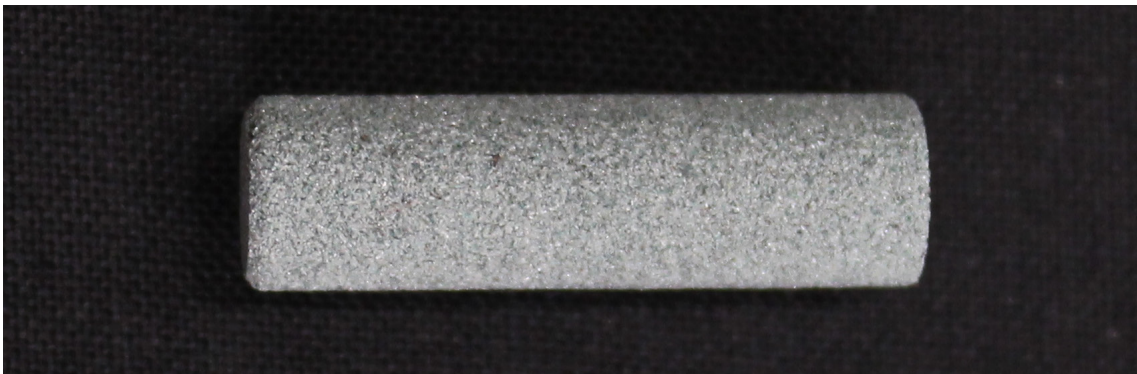


Imagen 68. Lápiz abrasivo H-18.

5.5.3. Ensayos de tracción con electronic adhesion tester KN-10

Se ha de valorar la fuerza a la tracción que ejercen dos superficies de madera encoladas con los adhesivos utilizados, evaluando que adhesivo tiene más fuerza al despegado. Se ha modificado el formato de las probetas para poder realizar esta prueba, adaptando y acondicionando la madera a las características de esta máquina. Las probetas constan de dos piezas, una pieza circular con un diámetro de 4,5 cm y 1,5 cm de alto, que será la pieza donde irá aplicado el adhesivo orgánico; y otra de forma rectangular de 7,2 cm de ancho y 6,8 cm de largo, que será la pieza base.

Las piezas de madera fueron alisadas mediante lijas finas. Una vez preparadas, se utilizó la escofina para dejar la zona donde va aplicado el adhesivo más irregular, consiguiendo con esto que al colocar las piezas en la prensa, no resbalasen y quedasen centradas.

Se dejaron en la prensa 24 horas para garantizar una buena adhesión. Una vez sacadas de la prensa, se procedió al pegado de la pletina metálica de la máquina de tracción a la madera circular, utilizando una resina epoxi (Araldite Standard bicomponente A y B extra fuerte (img.69) para todos los materiales, resistente a cargas). Se ha aplicado el adhesivo mediante espátula, dejando un tiempo de secado de 48 horas (img.70).



Imagen 69. Aplicación de la resina epoxi.



Imagen 70. Pletinas metálicas adheridas a la madera.

El tornillo que va atornillado a la pletina metálica, mantendrá la probeta de madera sujeta a la máquina de tracción, e inmovilizada con una pieza metálica circular (img.71 y 72) para su posterior despegado. Se han realizado un número de cinco ensayos para poder sacar posteriormente una media en kgf/cm^2 y mPa .

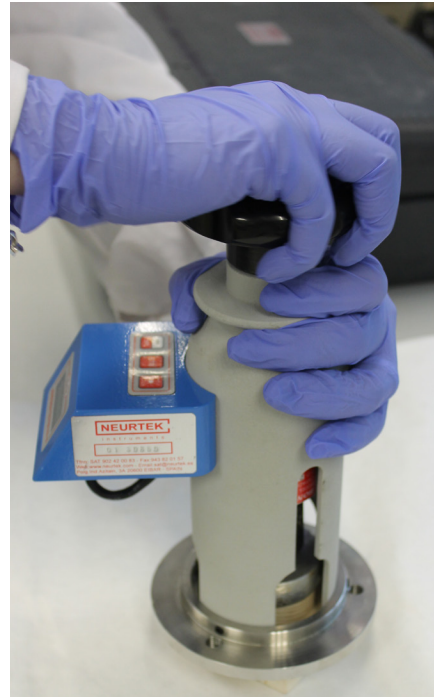
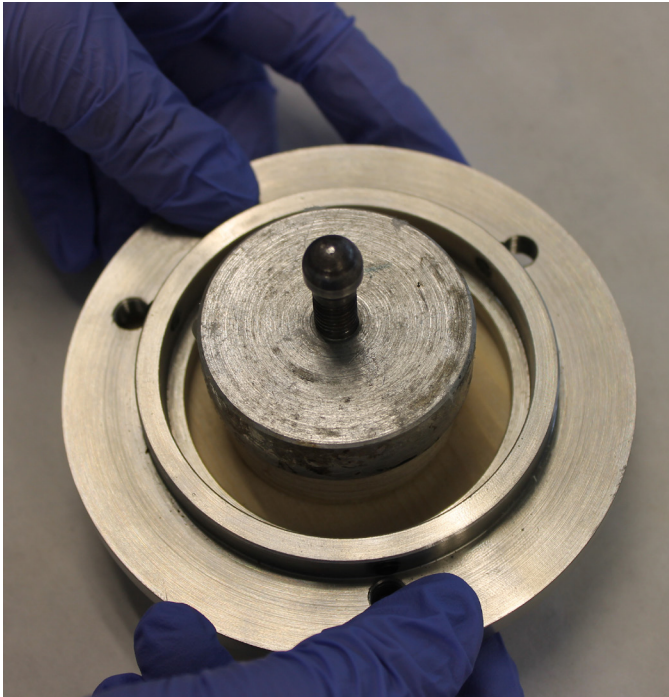


Imagen 71 y 72. A la izq. Probeta atornillada con la base circular. A la dcha. La máquina de tracción.

5.5.4. Ensayos de viscosidad con Visco Star Plus

El viscosímetro ha de determinar la viscosidad de los adhesivos seleccionados para valorar la viscosidad de los adhesivos, clasificándolos en más líquidos o más densos.

Se requiere una cantidad mínima de 250 ml por cada adhesivo y que todos estén a la misma temperatura para poder realizar unas mediciones correctas. Una vez las colas pasaron a un estado líquido, se ha procedido a la medición de los adhesivos, utilizando dos tipos de husillo, el R2 para colas más líquidas, y el R7 para los más densos (img. 73).

La medición de estos se establecerán con la unidad física de viscosidad dinámica de los adhesivos empleados en mili pascales por segundo⁴⁶, para así determinar la viscosidad de cada uno, determinando si son muy viscosos o muy densos.

Se evaluó la viscosidad de los adhesivos en dos tiempos, la primera se midió en un tiempo de treinta segundos, y la segunda en sesenta segundos, para comprobar si la viscosidad podía variar en ese intervalo de tiempo, midiéndose en mini pascales por segundo. Se utilizó una velocidad a 200.0 partes por millón (rpm), con todos los adhesivos a una misma temperatura que oscilaban entre 22,6 a 23 °C.

46 En el Sistema internacional de unidades de medida (SI), la unidad física de viscosidad dinámica para la medición de la viscosidad de fluidos es el pascal-segundo (Pa.s). El Pa.s corresponde a 1N.s/m² o 1 kg (m.s). Está definida como la unidad viscosidad de un fluido homogéneo, en el que el movimiento uniforme de una superficie plana de 1m² da lugar a una fuerza retardatriz de 1 N.



Imagen 73. Medición de la viscosidad del SJN.

5.5.5. Ensayos de flexibilidad con Deben Microtest Materials testing modules V5.2

La única prueba donde no se ha requerido que el adhesivo esté sobre el soporte de madera es la prueba de flexibilidad, donde se prepararon unas probetas solamente de adhesivo, adaptándose a las características de la máquina Deben Microtest.

Las probetas realizadas para la prueba de flexibilidad, tuvieron que ser producidas por medio de un molde que permitiera un desmoldeado fácil y flexible. Para la extracción de las muestras adhesivas, se elaboró un molde (img.74) de elastómero RTV silicónico SILASTIC 3483/83 (Para más datos sobre la composición de la silicona véase anexos 7.6). El molde se elaboró apto para la fabricación de una lámina cuadrada delgada de adhesivo 6 x 6 cm, con un mínimo de 2 mm de grosor para que su medición sea idónea. Al calentarse las colas, se han vertido en el interior del molde, dejándolas entrar en forma gelatinoso (img.75).

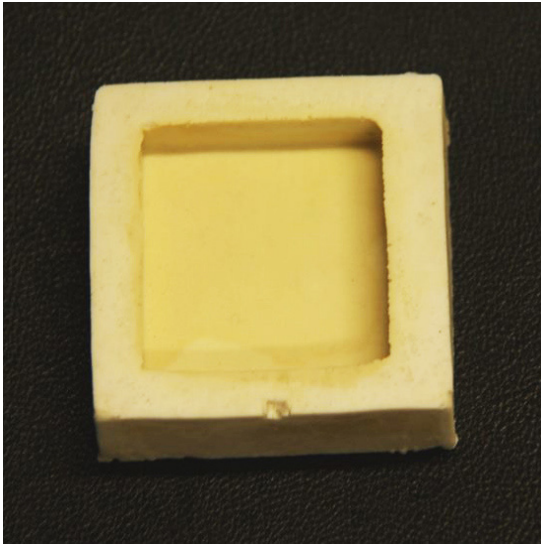


Imagen 74. Molde de silicona.

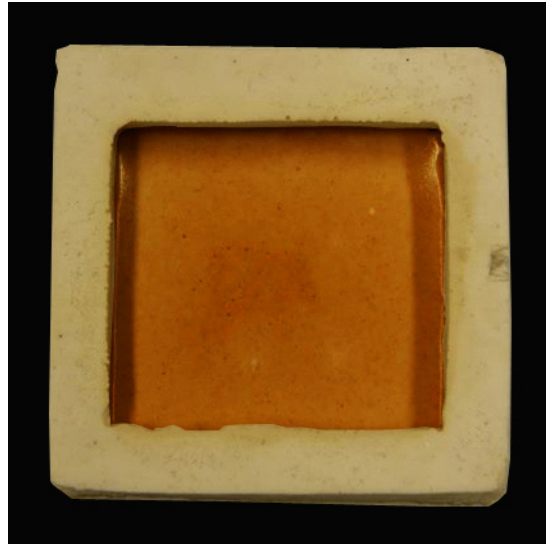


Imagen 75. lámina de adhesivo en el molde

Después de adquirir el estado gel, se sacaron del molde y se dejaron las láminas bajo peso entre papel melinex y un trozo de madera, desapareciendo así el agua de la lámina de adhesivo. Una vez sólida, la lámina cuadrada se ha cortado a partes iguales con ayuda de una Dremel en pequeñas láminas rectangulares aptas para la prueba de flexibilidad (img.76), realizándose tres láminas por cada adhesivo. No se ha podido adquirir una lámina homogénea con el adhesivo Shofu jin nori (véase anexos 7.3).

La opción utilizada del microtest para la prueba es la de flexión por un punto, donde la lámina de adhesivo es colocada horizontalmente entre tres puntos que van cerrándose para comprobar la flexibilidad de la pieza (img.77). Es necesario introducir las medidas exactas en el programa de microtest para una correcta medición de la flexibilidad (tabla16).



Imagen 76. Laminas de los adhesivos seleccionados.

Tabla 16. Medidas de las probetas.

	CPL	CP	CG	I	C	F
Largo	41 mm	42 mm	45 mm	42 mm	48 mm	46 mm
Ancho	13 mm	13 mm	11 mm	13 mm	13 mm	15 mm
Grosor	0'79 mm	0'62 mm	0'403 mm	0'526 mm	0'39 mm	0'47mm

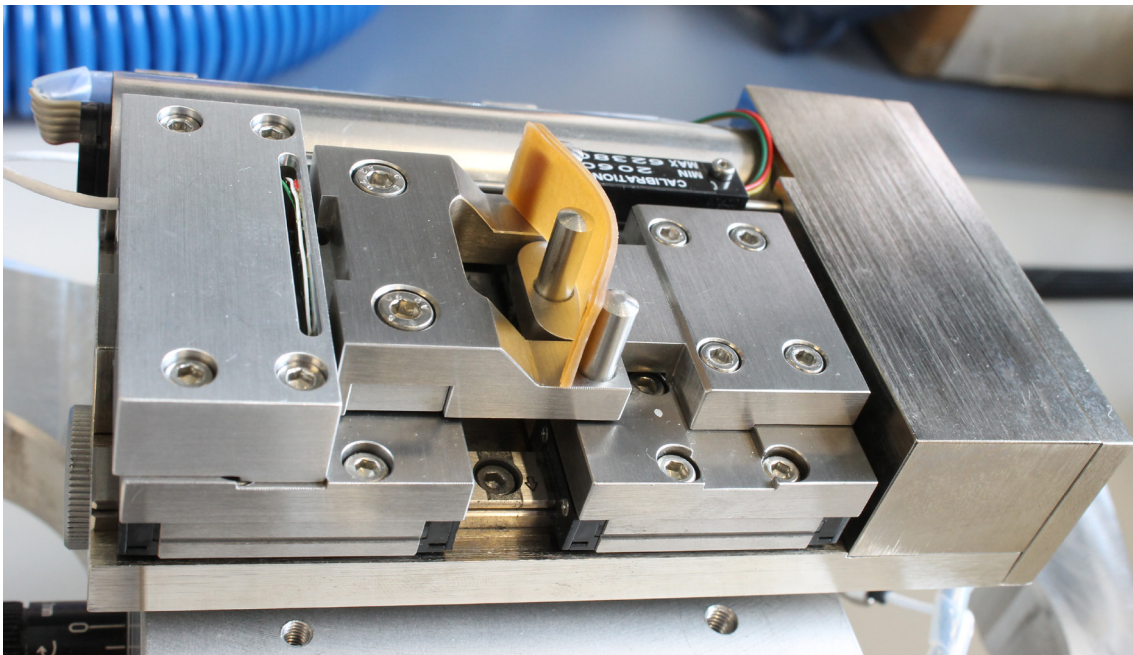


Imagen 77. Prueba de flexión por punto.

5.5.6. Medición de pH

Es importante realizar una medición del pH de los adhesivos seleccionados, para determinar si son ácidos o alcalinos. Para la medición de pH en los adhesivos orgánicos se utilizaron dos sistemas, el pH-metro de contacto (img.78), que se realizaron sobre las mismas probetas (donde el adhesivo ya estaba aplicado y seco), y el pH-metro sumergido (img.79), que se realizó directamente en la cola líquida.

Se tomaron mediciones de dos sistemas diferentes de pH-metro para hacer una comparativa entre los resultados y comprobar que las mediciones no oscilaban demasiado de unas a otras. A partir de estos resultados obtenidos con las diferentes mediciones, se ha podido realizar un pH intermedio entre ambos.

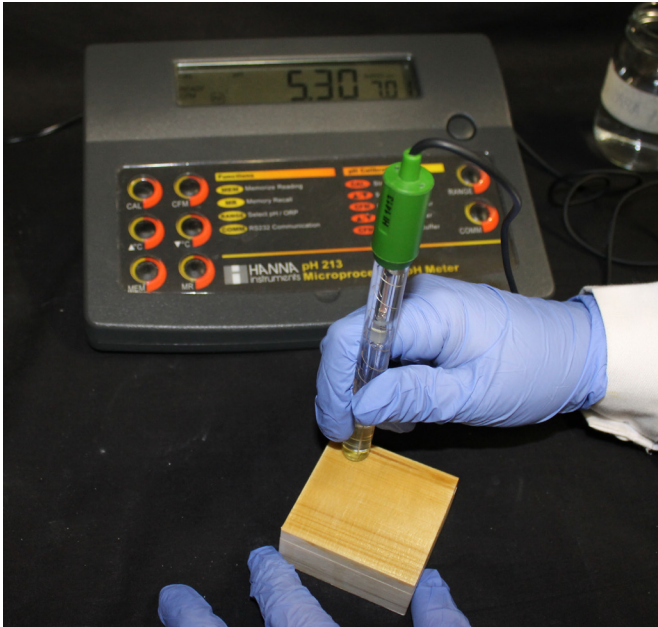


Imagen 78y 79. A la izq. pH de contacto sobre el adhesivo seco. A la dcha. pH sumergido sobre adhesivo líquido.

5.5.7. Ensayos de colorimetría

Es fundamental realizar ensayos colorimétricos a las probetas envejecidas, debido a que varias de las pruebas han provocado un cambio cromático evidente en ellas. Las probetas que presentar mayor cambio cromático son las sometidas a la cámara de ultravioleta, donde todas presentan un oscurecimiento al tono inicial. Las probetas de la cámara de corrosión presentan también un cambio de cromatismo a más claro. Para poder ver la variación de tonalidad que han sufrido estas probetas, también se han realizado ensayos colorimétricos a las probetas madre (img.80).

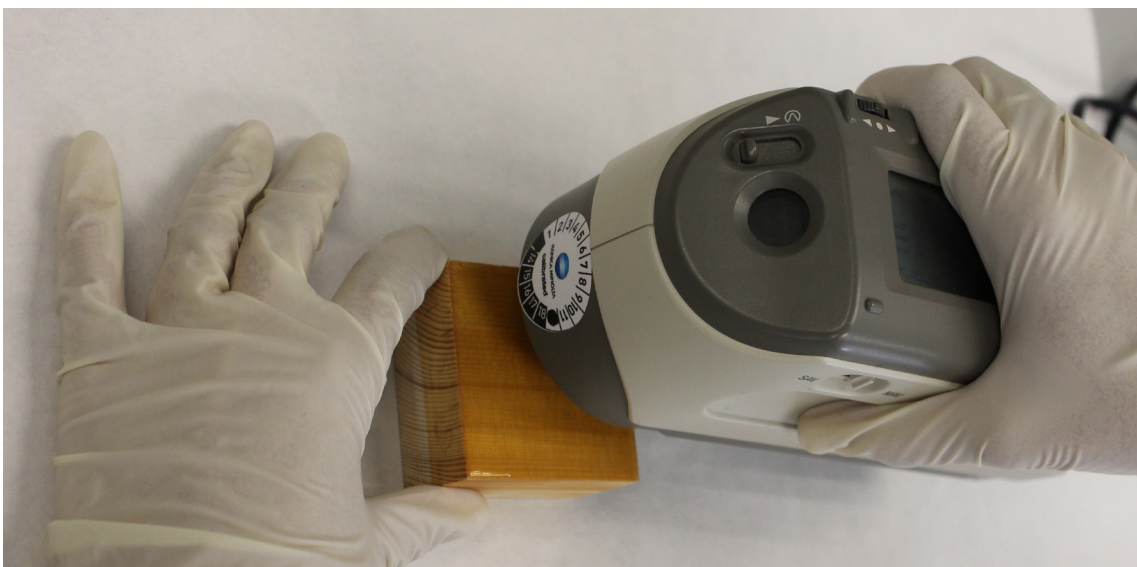


Imagen 80. Ensayo colorimétrico.

5.5.8. Ensayos de reversibilidad

La reversibilidad es uno de las necesidades fundamentales que se demandan a la hora de elegir un adhesivo u otro, con la posibilidad de ser eliminado tiempo después de haber sido aplicado. Con la prueba de reversibilidad se ha pretendido mostrar si el adhesivo puede ser eliminado, o en su defecto, reblandecerse mediante el uso de disolventes, con ayuda de una cuidadosa intervención mecánica.

El método empleado ha sido por capilaridad⁴⁷. El formato de las probetas se adaptó al recipiente contenedor de los disolventes seleccionados, teniendo estos una medida de 4'1 x 1'9 cm.

Se ha cortado una sección de las probetas de reversibilidad perpendicular a la veta, de 5 cm x 1 cm. Dicha sección se ha dividido en cinco partes (img.81), pasando por un proceso de lijado, hasta adquirir una medida de 2'8 x 0'7 cm, aptas para el interior del recipiente.

Los disolventes elegidos para este método de reversibilidad ordenados de menos a mayor poder agresivo han sido el agua (ya que es el disolvente con el que se diluyen las colas), la acetona, el alcohol, que a pesar de ser menos agresivo que la acetona, lo hemos considerado más agresivo porque volatiliza mucho más lento que la acetona, siendo su tiempo de actuación mayor, y el xileno (veáse anexo 8.7.), ya que es un disolvente poco utilizado para este tipo de adhesivos. Con ayuda de una jeringuilla, se ha introducido dentro de los recipientes una cantidad de 5 ml de cada disolvente (img.82), metiendo las probetas en el interior con la cara del adhesivo hacia arriba, tapándose con su respectivo tapón para que los disolventes no evaporasen. Se han dejado actuar durante 24 horas (img.83).

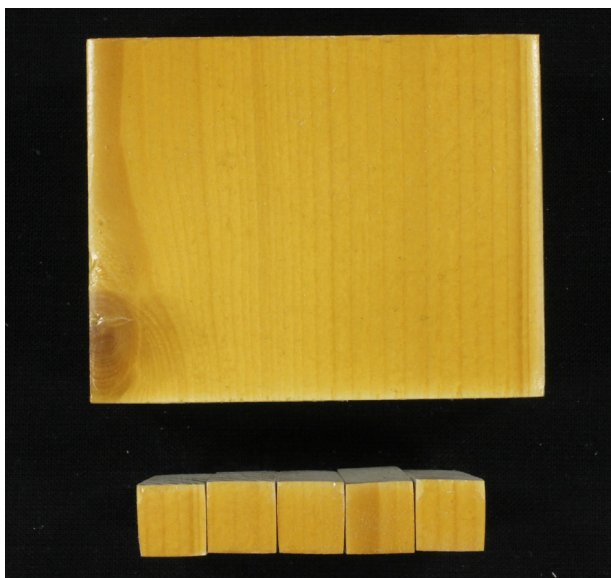


Imagen 81. Probetas para reversibilidad.

47 Fenómeno por el cual la superficie de un líquido en contacto con un sólido sube por las paredes hasta cierto límite. Este proceso de los líquidos depende de su tensión superficial, que le confiere la capacidad de subir o bajar por un tubo capilar.

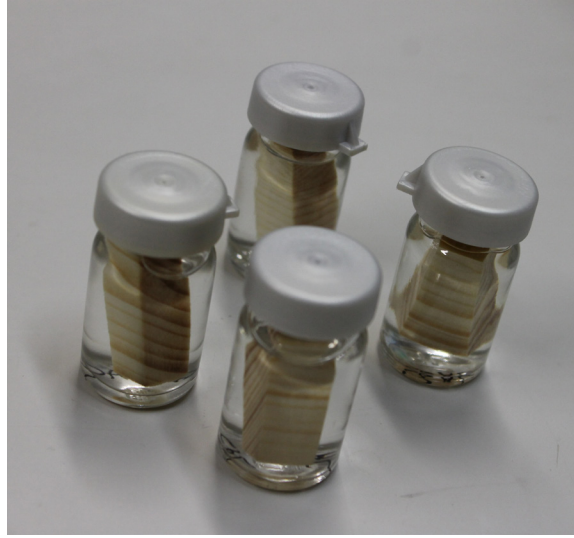
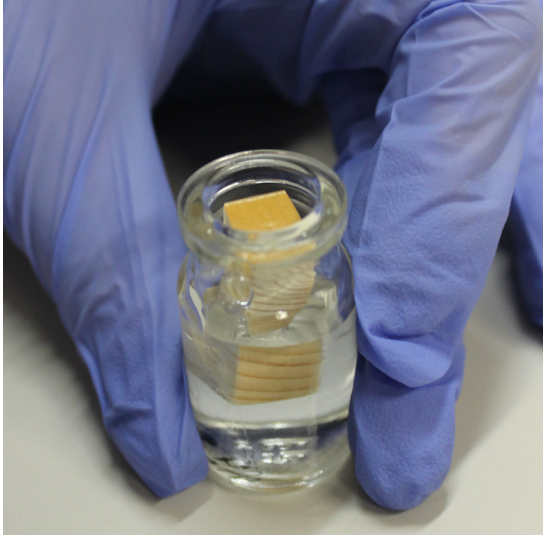
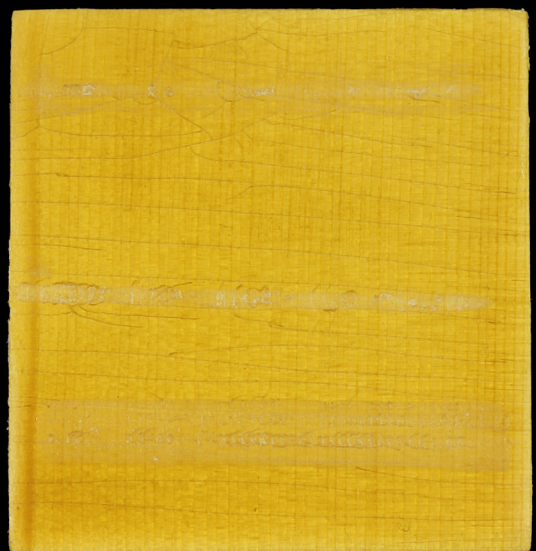


Imagen 82 y 83. Proceso de absorción por capilaridad.

Resultados



6. Resultados

6.1. Cámaras de envejecimiento acelerado

6.1.1. Resultados de cámara de corrosión

Cola de conejo en placa	
2 ciclos de 24 horas	La cola ha resistido perfectamente sin experimentar ningún cambio.
3 ciclos de 24 horas	Ha perdido ligeramente el brillo y la coloración. En cuanto a la textura, también ha variado mínimamente, siendo más áspera comparada con la probeta madre, debido a la aparición de pequeñas perforaciones en la superficie.
Temperatura después de la cámara	12.6 %.
Imágenes	Aspecto antes y después (Img.84 y 85), microscopio LM (Img.86)



Imagen 84 y 85. A la izq. Aspecto del antes y después de la cola de conejo en placa en la cámara de corrosión.



Imagen 86. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

Cola de conejo en polvo	
2 ciclos de 24 horas	No ha habido cambios en el adhesivo.
3 ciclos de 24 horas	Ha variado ligeramente la coloración, mientras que el brillo ha permanecido igual. La textura ha variado levemente siendo más áspera (más incluso que la cola de conejo en placa), por la aparición de minúsculas perforaciones.
Temperatura después de la cámara	14,3 %.
Imágenes	Aspecto del antes y después (Img.87 y 88), microscopio LM (Img.89).



Imagen 87 y 88. Aspecto antes y después de la cola de conejo en polvo en la cámara de corrosión.



Imagen 89. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

Cola de conejo en grano	
2 ciclos de 24 horas	El adhesivo ha perdido todo el brillo, quedando muy mate, perdiendo también ligeramente su coloración.
3 ciclos de 24 horas	Ha decolorado más que en los dos primeros ciclos, quedándose de un tono muy claro, con una pérdida total del brillo. Donde más se ha notado el cambio ha sido en la textura del adhesivo, que ha pasado de una superficie muy lisa a una totalmente rugosa/áspera, quedando únicamente los bordes ligeramente brillantes y lisos.
Temperatura después de la cámara	14,2 %.
Imágenes	Aspecto final (Img.90 y 91), microscopio LM (Img.92)



Imagen 90 y 91. Aspecto del antes y después de la cola de conejo en grano en la cámara de corrosión.

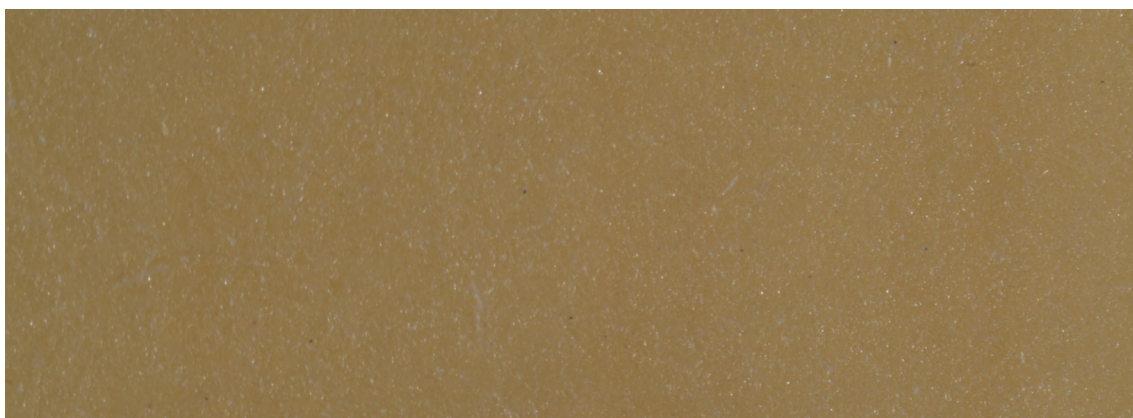


Imagen 92. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

Coletta italiana	
2 ciclos de 24 horas	No ha experimentado ningún cambio brusco, solo una pérdida mínima del color.
3 ciclos de 24 horas	El adhesivo presenta un cambio notable del color, habiendo aclarado bastante. Ha experimentado también una pérdida del brillo, aunque no total, ya que por el centro el adhesivo ha quedado mate, mientras que por los bordes las zonas de brillo son moteadas. La textura no ha variado.
Temperatura después de la cámara:	11,1 %.
Imágenes	Aspecto final (Img.93 y 94), microscopio LM (Img.95)



Imagen 93 y 94. Aspecto del antes y después de la coletta italiana en la cámara de corrosión.

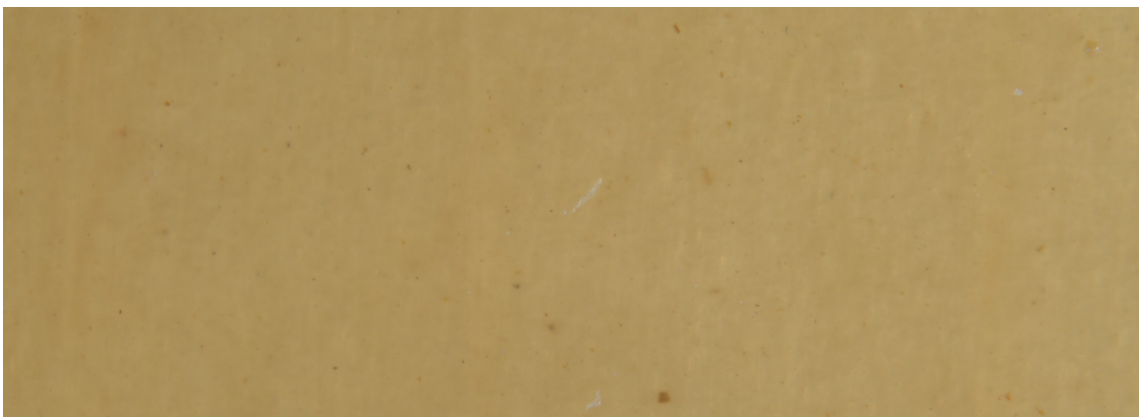


Imagen 95. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

Cola fuerte	
2 ciclos de 24 horas:	En los dos primeros ciclos el adhesivo no ha experimentado ningún tipo de cambio.
3 ciclos de 24 horas:	El adhesivo ha perdido parte de su brillo. La textura ha quedado más lisa, ya que las burbujas que este presentaba anteriormente han desaparecido, quedando marcadas como un moteado.
Temperatura después de la cámara:	13,7 %.
Imágenes	Aspecto antes y después (Img.96 y 97), microscopio LM (Img.98)

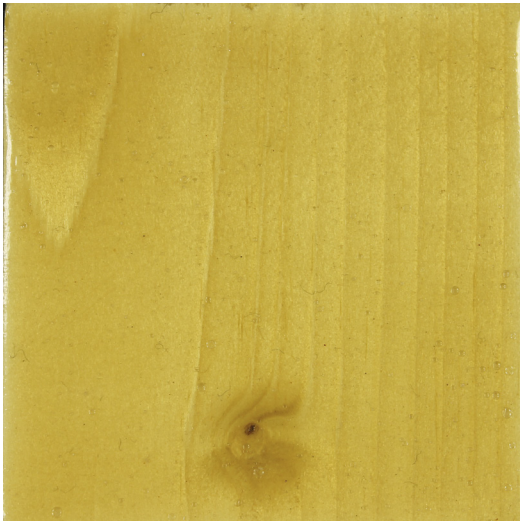


Imagen 96 y 97. Aspecto final del antes y después de la cola fuerte en la cámara de corrosión.

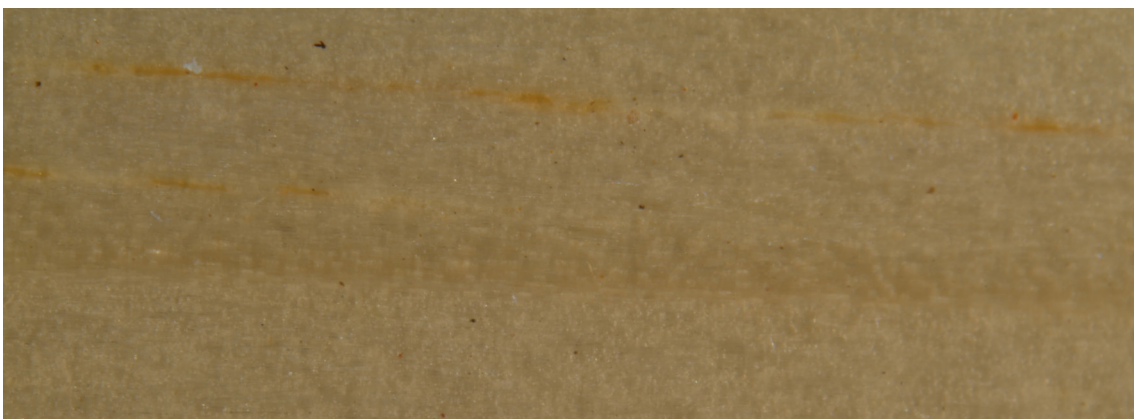


Imagen 98. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

Cola de carpintero	
2 ciclos de 24 horas:	Presenta también una pérdida de brillo y de color al que tenía inicialmente.
3 ciclos de 24 horas	Ha experimentado un gran cambio, el craquelado a contra veta ha desaparecido, quedando la superficie totalmente lisa.
Temperatura después de la cámara	12,8 %.
Imágenes	Aspecto antes y después (Img.99 y 100), microscopio LM (Img.101)

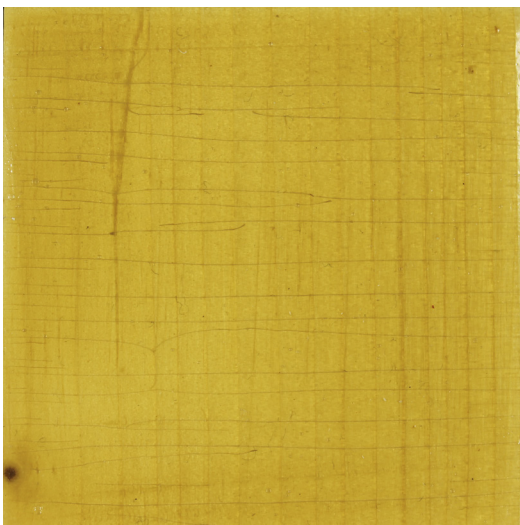


Imagen 99 y 100. Aspecto del antes y después de la cola de carpintero en la cámara de corrosión.



Imagen 101. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

Shofu Jin Nori	
2 ciclos de 24 horas:	Presenta un craquelado mayor al que mostraba inicialmente.
3 ciclos de 24 horas:	El adhesivo está bastante craquelado (son craqueladuras muy pequeñas de forma triangular). Hay zonas donde el adhesivo está levantado, sufriendo una descamación provocando pérdidas.
Temperatura después de la cámara:	12.3 %.
Imágenes	Aspecto del antes y después (Img.102 y 103), microscopio LM (Img.104)



Imagen 102 y 103. Aspecto del antes y después del Shofu Jin Nori en la cámara de corrosión.



Imagen 104 Detalle del microscopio LM del SJN, con aumento 1.0 x.

6.1.1.1 Ensayos colorimétricos de las probetas expuestas a corrosión

En las tablas 17 y 18, se muestran los datos numéricos del antes y después de la claridad (L*), croma(C*) y tono (h), con sus correspondientes colores.

Tabla 17. Resultados numéricos del antes y después de L* C* h y raíz.

Nombre	L*	L*	C*	C*	h	h	Raíz
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	
CPL	74,63	78,71	36,70	31,74	80,40	85,24	8,04
CP	72,71	77,76	35,85	31,18	79,07	83,37	8,12
CG	66,49	72,44	41,94	35,71	77,55	81,18	9,35
I	65,30	75,41	46,90	42,83	74,37	80,83	10,50
C	68,37	77,52	45,49	39,33	79,85	82,90	14,63
F	72,72	79,02	38,71	34,74	81,67	84,35	7,91
SJN	84,18	86,30	22,16	22,67	81,36	82,82	2,63

Tabla 18. Resultados del antes y después de claridad, croma y tono.

Nombre	L* Claridad		C* Croma		h Tono	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
CPL	Claro	Muy claro	Medio	Medio	Amarillo anaranjado	Amarillo anaranjado
CP	Claro	Muy claro	Medio	Medio	Amarillo anaranjado	Amarillo anaranjado
CG	Claro	Claro	Medio	Medio	Naranja amarillo	Amarillo anaranjado
I	Claro	Muy claro	Fuerte	Medio	Naranja amarillo	Amarillo anaranjado
C	Claro	Muy claro	Fuerte	Medio	Amarillo anaranjado	Amarillo anaranjado
F	Claro	Muy claro	Medio	Medio	Amarillo anaranjado	Amarillo anaranjado
SJN	Muy claro	Muy claro	Débil	Débil	Amarillo anaranjado	Amarillo anaranjado

A continuación se muestran los diagramas CIELAB de las probetas introducidas en la cámara de corrosión. Los dos primeros diagramas (img 105 y 106) representan a los parámetros correspondientes a las medidas L^* , a^* y b^* . El siguiente diagrama muestra los resultados de las diferencias entre la claridad (L^*), croma (C^*) y tono (h). (img. 107).

Diagrama CIELAB de las probetas de corrosión

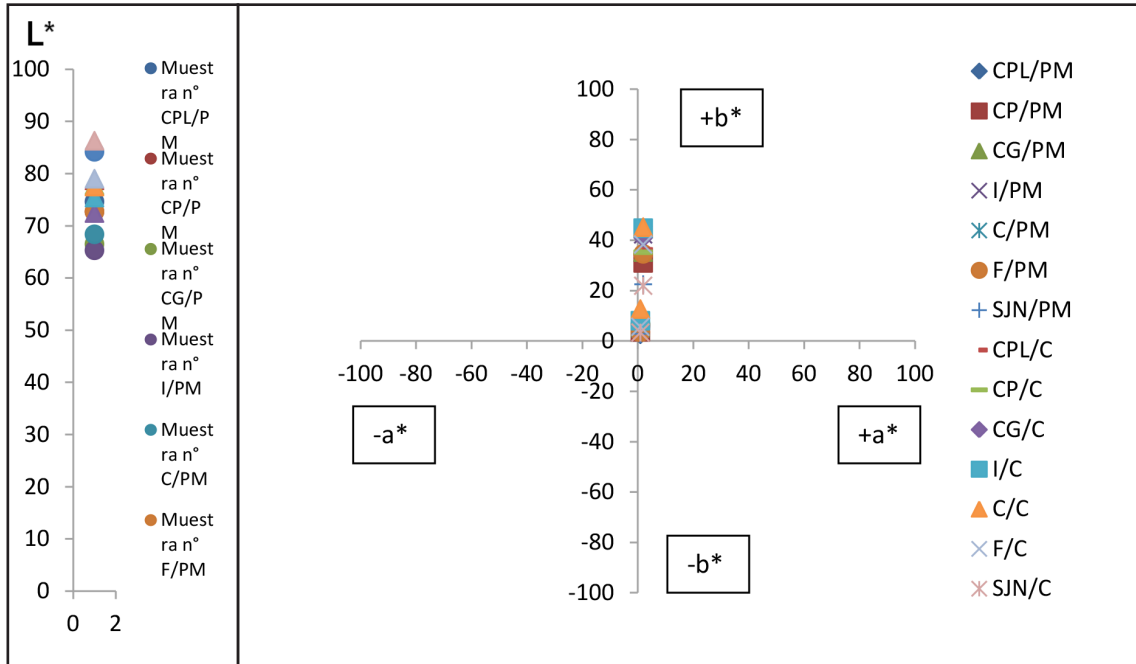


Imagen 105 y 106. Resultados de L^* , a^* y b^* . Diagrama CIELAB de las probetas de corrosión.

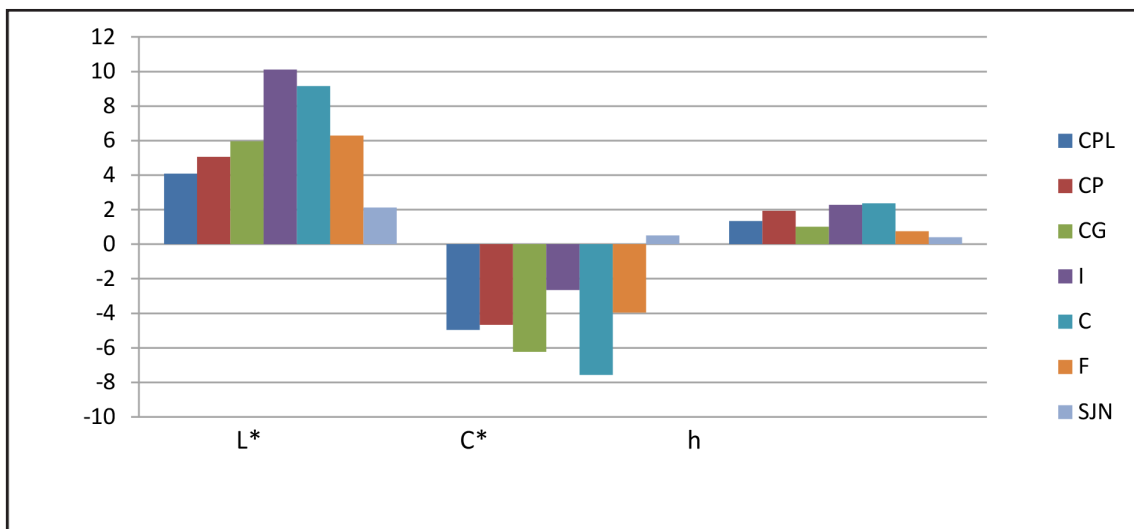


Imagen 107. Diagrama con resultados de las diferencias entre L^* , C^* y h.

6.1.2 Resultados de cámara de ultravioleta

Ciclos	Cola de conejo en placa
100 h	Ha habido un cambio notable de color, pasando de un tono ocre a un tono ocre rojizo. En cuanto a la textura y el brillo, no han sufrido modificaciones.
200 h	El color ha oscurecido muy ligeramente, siendo su percepción muy débil.
300 h	No ha experimentado ningún cambio a los otros dos ciclos.
Imágenes	Aspecto antes y después (img.108 y 109), microscopio LM (img.110)



Imagen108 y 109. Aspecto del antes y después de la cola de conejo en placa en la cámara UV.



Imagen 110. detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

Ciclos	Cola de conejo en polvo
100 h	El color ha virado a un tono más oscuro, cambiando de un ocre a una sombra tostada. La textura ha permanecido intacta, mientras que si que ha perdido brillo, mateando ligeramente.
200 h	Ha sufrido un oscurecimiento muy ligero, muy poco perceptible.
300 h	No ha experimentado ningún cambio a los otros dos ciclos.
Imágenes	Aspecto antes y después (img.111 y 112), microscopio LM (img.113)



Imagen 111 y 112. Aspecto del antes y después de la cola de conejo en polvo en la cámara UV.



Imagen 113. detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

Ciclos	Cola de conejo en grano
100 h	La estructura del adhesivo no ha experimentado apenas cambios, estando el brillo y la textura intactos. En cuanto al color, ha sufrido un ligero viraje, pasando de un ocre amarillento a otro más anaranjado.
200 h	No ha experimentado cambios respecto al ciclo anterior.
300 h	No ha experimentado ningún cambio a los otros dos ciclos.
Imágenes	Aspecto antes y después (img.114 y 115), microscopio LM (img.116)



Imagen 114 y 115. Aspecto del antes y después de la cola de conejo en grano en la cámara UV.



Imagen 116. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

Ciclos	Coletta italiana
100 h	El adhesivo ha cuarteado perpendicular a la veta, siendo estos muy rectos y paralelos entre ellos. El brillo y la textura no han sido modificados, pero el color ha virado ligeramente de un tono ocre anaranjado a ocre rojizo.
200 h	No ha experimentado cambios respecto al ciclo anterior.
300 h	No ha experimentado ningún cambio a los otros dos ciclos.
Imágenes	Aspecto antes y después (img.117 y 118), microscopio LM (img.119).

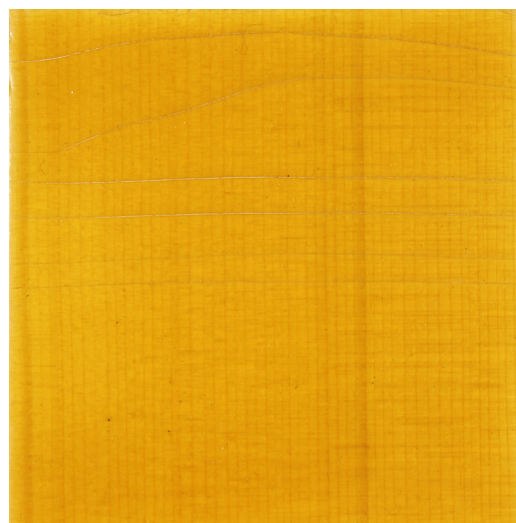


Imagen 117 y 118. Aspecto del antes y después de la coletta italiana en la cámara UV.



Imagen 119. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

Ciclos	Cola fuerte
100 h	Han aparecido grietas rectas perpendiculares a la vete de la madera. El color del adhesivo ha cambiado de un tono ocre amarillo a ocre rojizo. Sin embargo el brillo y la textura no han sido modificados.
200 h	El color ha oscurecido muy ligeramente, apreciándose muy poco..
300 h	No ha experimentado ningún cambio a los otros dos ciclos.
Imágenes	Aspecto antes y después (img.120 y 121), microscopio LM (img.122).

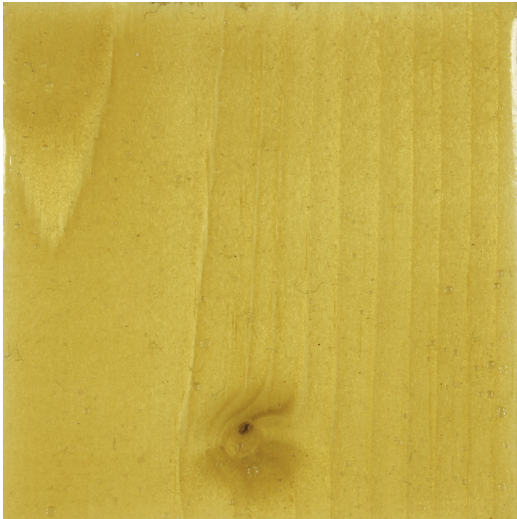


Imagen 120 y 121. Aspecto del antes y después de la cola fuerte en la cámara UV.



Imagen 122. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

Ciclos	Cola de carpintero
100 h	El cuarteado es superior al presentado inicialmente, ya que era perpendicular a la veta, y ha pasado a cuartear en todas direcciones (siendo estos más acentuados en los bordes). Ha perdido ligeramente el brillo, y hay un cambio notable de la textura debido a los craquelados aparecidos. El color ha virado de un tono ocre verdoso a ocre rojizo.
200 h	No ha experimentado cambios respecto al ciclo anterior.
300 h	No ha experimentado ningún cambio a los otros dos ciclos.
Imágenes	Aspecto antes y después (img.123 y 124), microscopio LM (img.125).

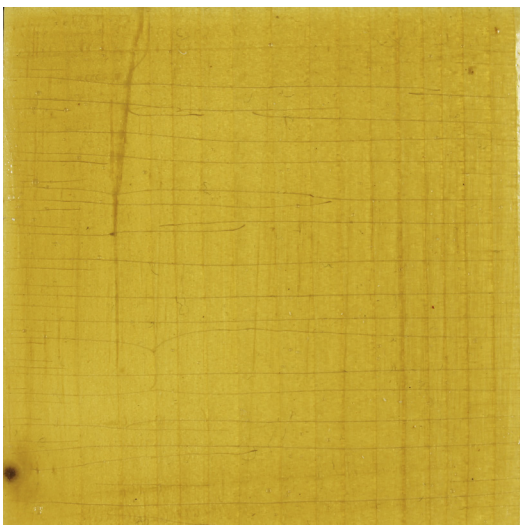


Imagen 123 y 124. Aspecto del antes y después de la cola de carpintero en la cámara UV.



Imagen 125. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

Ciclos	Shofu Jin Nori
100 h	EL color ha cambiado notablemente, pasando de un tono blanco opaco a un tono sombra tostada. El cuarteado es superior al que presentaba inicialmente, y por ello su textura es también más basta.
200 h	No ha experimentado cambios respecto al ciclo anterior.
300 h	No ha experimentado ningún cambio a los otros dos ciclos.
Imágenes	Aspecto antes y después (img.126 y 127), microscopio LM (img.128 y 129).



Imagen 126 y 127. Aspecto del antes y después del Shofu Jin Nori en la cámara UV.



Imagen 128. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.



Imagen 129. Detalle al microscopio LM aumento 1.6 x.

6.1.2.1. Ensayos colorimétricos de las probetas expuestas a radiación ultravioleta.

En las tablas 19 y 20, se muestran los datos numéricos del antes y después de la claridad (L*), croma(C*) y tono (h), con sus correspondientes colores.

Tabla 19. Resultados numéricos del antes y después de L* C* h y raíz.

Nombre	L*	L*	C*	C*	h	h	Raíz
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	
CPL	74,63	62,37	36,70	42,68	80,40	70,82	16,66
CP	72,71	63,22	35,85	39,21	79,07	70,19	13,42
CG	66,49	60,71	41,94	40,58	77,55	72,25	7,96
I	65,30	59,34	46,90	48,65	74,37	68,27	8,70
C	68,37	62,28	45,49	47,00	79,85	72,08	9,99
F	72,72	62,07	38,71	44,65	81,67	71,51	15,87
SJN	84,18	64,26	22,16	37,50	81,36	67,62	28,65

Tabla 20. Resultados del antes y después de claridad, croma y tono.

Nombre	L* Claridad		C* Croma		h Tono	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
CPL	Claro	Claro	Medio	Medio	Amarillo anaranjado	Naranja amarillento
CP	Claro	Claro	Medio	Medio	Amarillo anaranjado	Naranja amarillento
CG	Claro	Claro	Medio	Medio	Naranja amarillo	Naranja amarillo
I	Claro	Claro	Fuerte	Fuerte	Naranja amarillo	Naranja amarillento
C	Claro	Claro	Fuerte	Fuerte	Amarillo anaranjado	Naranja amarillo
F	Claro	Claro	Medio	Medio	Amarillo anaranjado	Naranja amarillo
SJN	Muy claro	Claro	Debil	Medio	Amarillo anaranjado	Naranja amarillento

A continuación se muestran los diagramas CIELAB de las probetas introducidas en la cámara de ultravioleta. Los dos primeros diagramas (img 130 y 131) representan a los parámetros correspondientes a las medidas L^* , a^* y b^* . El siguiente diagrama muestra los resultados de las diferencias entre la claridad (L^*), croma (C^*) y tono (h). (img. 132).

Diagrama CIELAB de las probetas de ultravioleta.

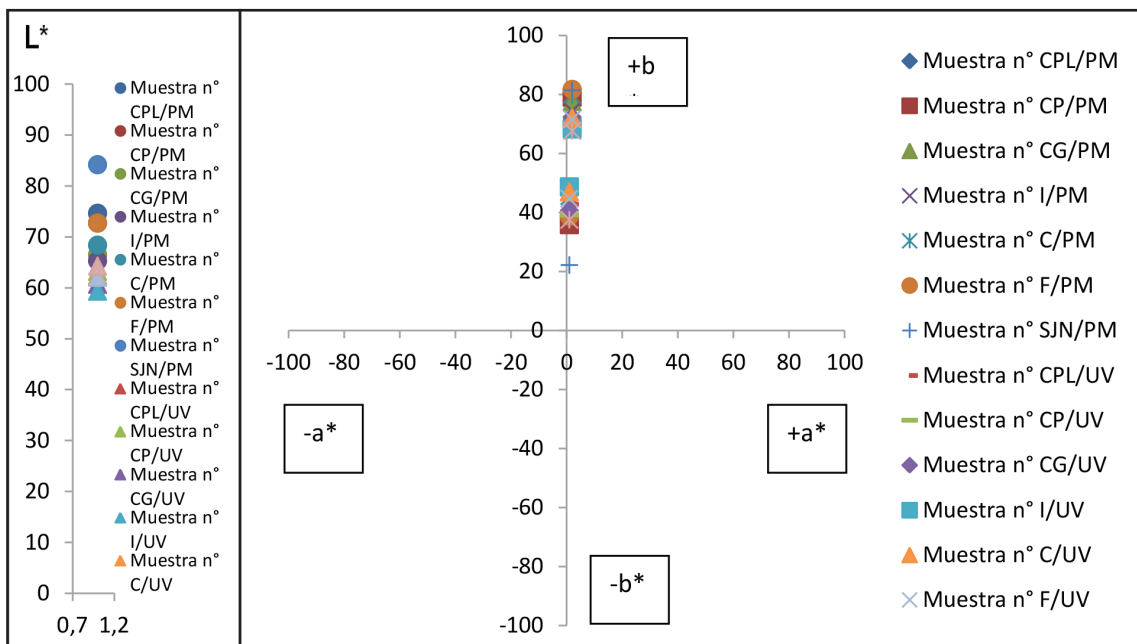


Imagen 130 y 131. Resultados de L^* , a^* y b^* . Diagrama CIELAB de las probetas de UV.

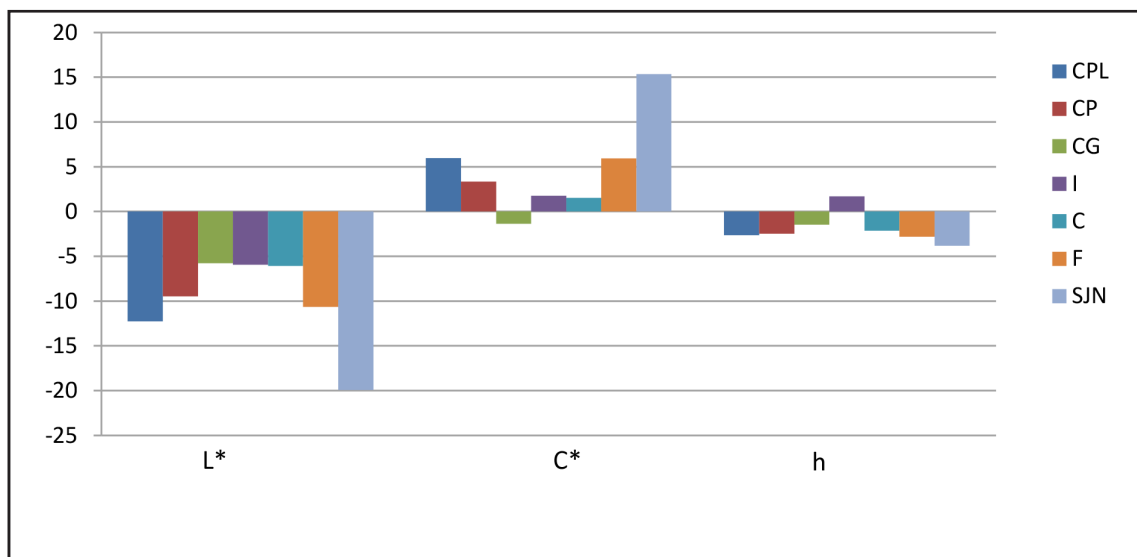


Imagen 132. Diagrama con resultados de las diferencias entre L^* , C^* y h .

6.1.3. Resultados de cámara de Humedad y temperatura

A continuación se exponen los resultados obtenidos en la cámara de humedad y temperatura en una misma tabla en secciones separadas, ya que las probetas se introdujeron en la misma cámara en dos tandas. Primero, se introdujeron las probetas de humedad durante dos semanas con dos ciclos diferentes de 24 horas, alternados cada día de 85-90 HR y 50-55 HR con una temperatura constante de 25°C. Una vez retiradas, se introdujeron las probetas de temperatura en la cámara durante un mes, en unas condiciones de 45°C de temperatura con un 50% de humedad. Los parámetros fueron ajustados apropiadamente para ver los efectos causados en el adhesivo tanto por la humedad como por temperatura, pudiendo hacer así una comparativa.

Cola de conejo en placa		
Humedad	Ciclos 85-90 %HR 25 °C	El adhesivo no ha experimentado modificaciones en su estructura, tanto el brillo, textura y color siguen como el presentado inicialmente. (img.133 y 134) y microscopio LM (img.135)
Temperatura	Ciclos 45°C 50% HR	El adhesivo no ha experimentado modificaciones en su estructura, tanto el brillo, textura y color siguen como el presentado inicialmente. (img.136 y137) y microscopio LM (img.138)



Imagen 133 y 134. Aspecto final de la cola de conejo en placa en la cámara de HR



Imagen 135. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

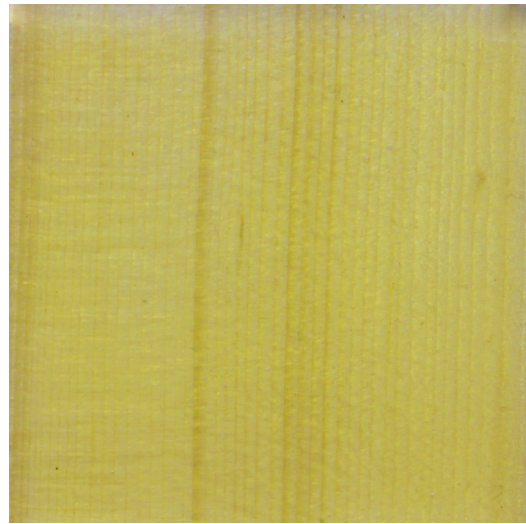
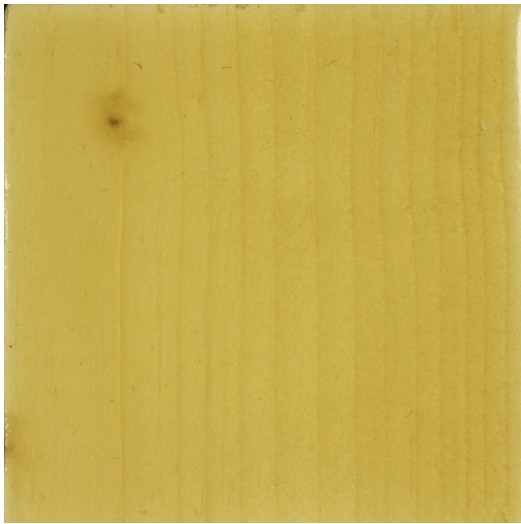


Imagen 136 y 137. Aspecto final de la cola de conejo en placa en la cámara de T

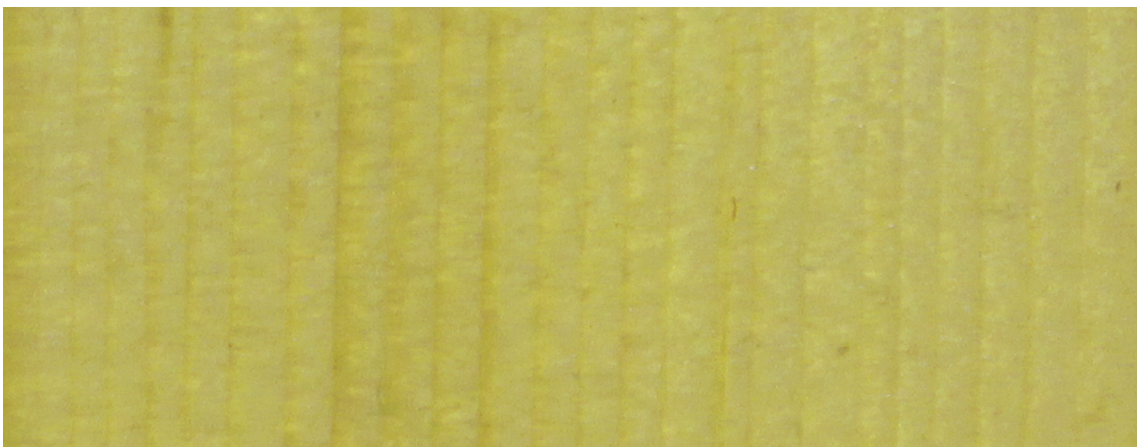


Imagen 138. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

Cola de conejo en polvo		
Humedad	Ciclos 85-90 %HR 25 °C	El resultado ha sido el mismo a la cola de conejo en placa, no ha sufrido ningún cambio en su estructura. (img.139 y 140) y microscopio LM (img.141)
Temperatura	Ciclos 45°C 50% HR	El resultado ha sido el mismo a la cola de conejo en placa, no ha sufrido ningún cambio en su estructura. (img.142 y 143) y microscopio LM (img.144)



Imagen 139 y 140. Aspecto final de la cola de conejo en polvo en la cámara de HR



Imagen 141. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.



Imagen 142 y 143. Aspecto final de la cola de conejo en polvo en la cámara de T



Imagen 144. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

Cola de conejo en grano		
Humedad	Ciclos 85-90 %HR 25 °C	La única modificación que esta cola ha sufrido es que ya no presenta el brillo que tenía inicialmente, ya que ha mateado un poco.(img.145 y 146) y microscopio LM (img.147)
Temperatura	Ciclos 45°C 50% HR	El adhesivo presenta el mismo resultado que las dos colas de conejo anteriores, no presenta modificaciones de ningún tipo. (img.148 y 149) y microscopio LM (img.150)



Imagen 145 y 146. Aspecto final de la cola de conejo en grano en la cámara de HR



Imagen 147. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.



Imagen 148 y 149. Aspecto final de la cola de conejo en grano en la cámara de T



Imagen 150. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

Coletta Italiana		
Humedad	Ciclos 85-90 %HR 25 °C	La película adhesiva ha perdido el espesor que presentaba originalmente. En cuanto al brillo, textura y color no han sufrido cambios. (img.151 y 152) y microscopio LM (img.153)
Temperatura	Ciclos 45°C 50% HR	El adhesivo ha perdido el brillo que presentaba inicialmente. (img.154 y 155) microscopio LM (img.156).



Imagen 151 y 152. Aspecto final de la coletta italiana en la cámara de HR



Imagen 153. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.



Imagen 154 y 155. Aspecto final de la coletta italiana en la cámara de T



Imagen 156. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

Cola fuerte		
Humedad	Ciclos 85-90 %HR 25 °C	No ha sufrido modificaciones de ningún tipo (img.157 y 158) y microscopio LM (img.159).
Temperatura	Ciclos 45°C 50% HR	El adhesivo no ha experimentado modificaciones en su estructura, tanto el brillo, textura y color siguen como el presentado inicialmente. (img.160 y 161) y microscopio LM (img.162).

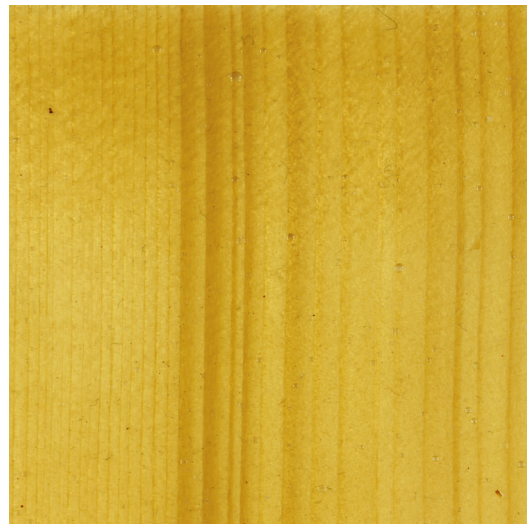


Imagen 157y 158. Aspecto final de la cola fuerte en la cámara de HR



Imagen 159. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

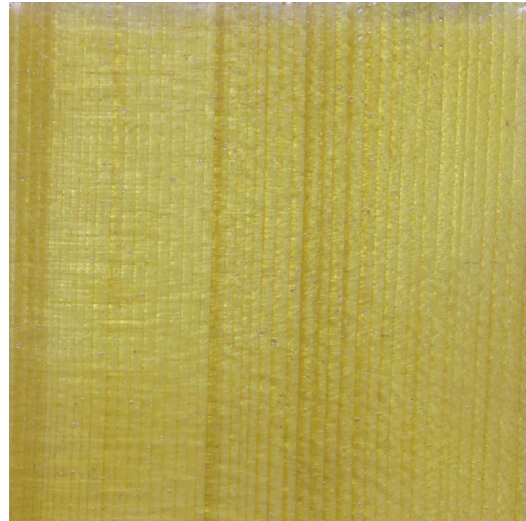


Imagen 160 y 161. Aspecto final de la cola fuerte en la cámara de T

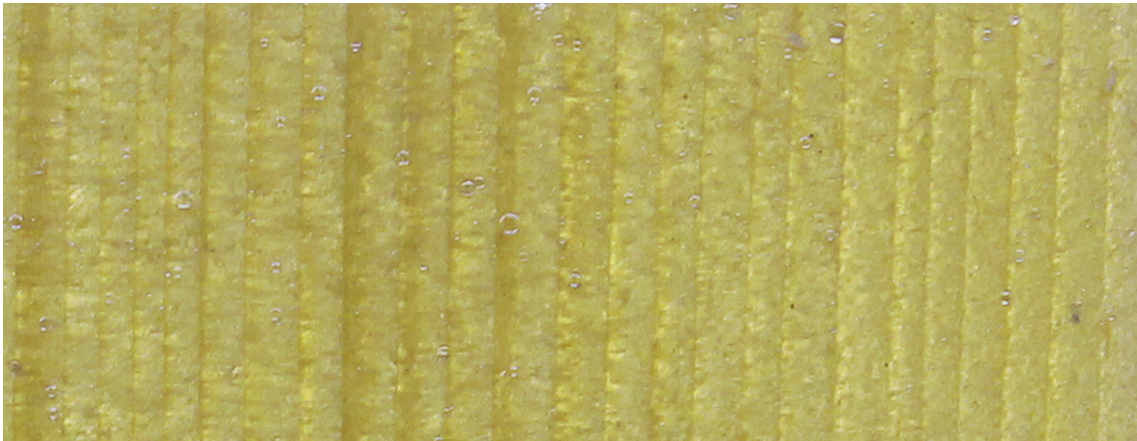


Imagen 162. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

Cola de carpintero		
Humedad	Ciclos 85-90 %HR 25 °C	La estructura del craquelado es distinta a la que presentaba en un principio, dejando de ser un craquelado perpendicular a la veta y paralelos entre ellos, a un craquelado que va en las dos direcciones, perpendicular y paralelo a la veta. Aspecto final (img.163 y 164) y microscopio LM (img.165).
Temperatura	Ciclos 45°C 50% HR	Ha aparecido un craquelado nuevo superpuesto al que ya presentaba inicialmente, siendo este mucho más acusado. (img.166 y 167) y microscopio LM (img.168).

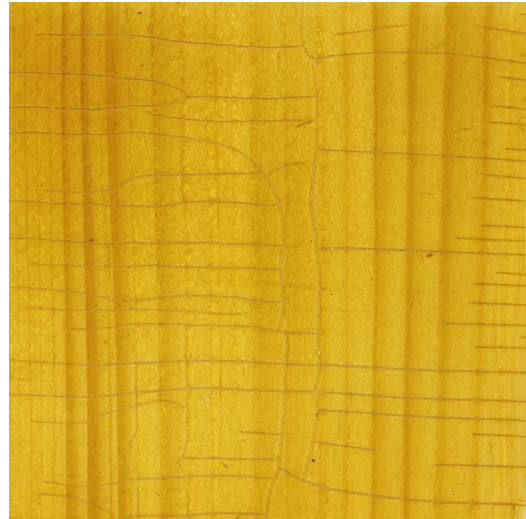
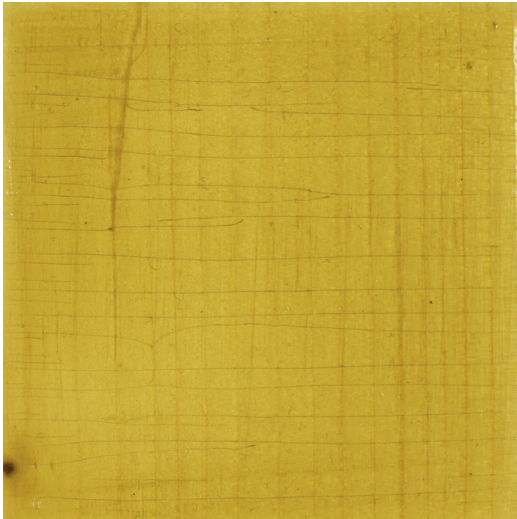


Imagen 163 y 164. Aspecto final de la cola de carpintero en la cámara de HR

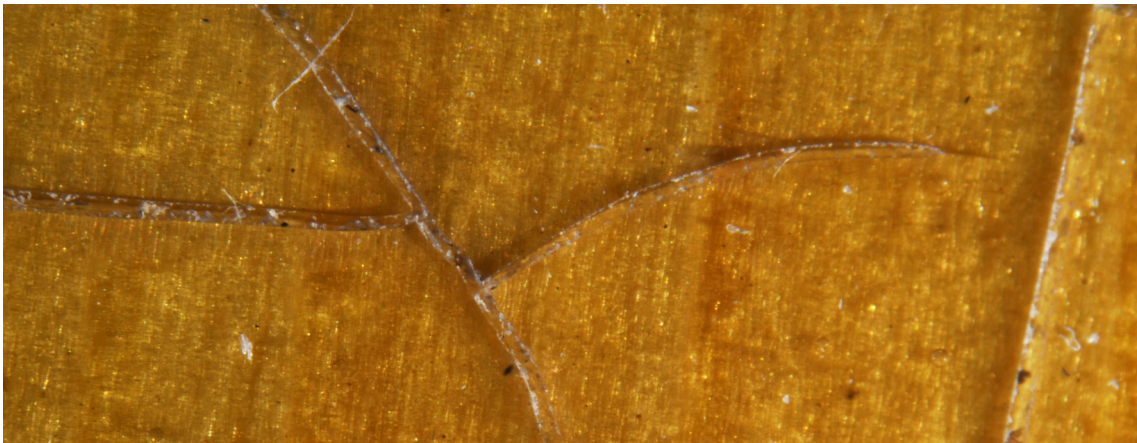


Imagen 165. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

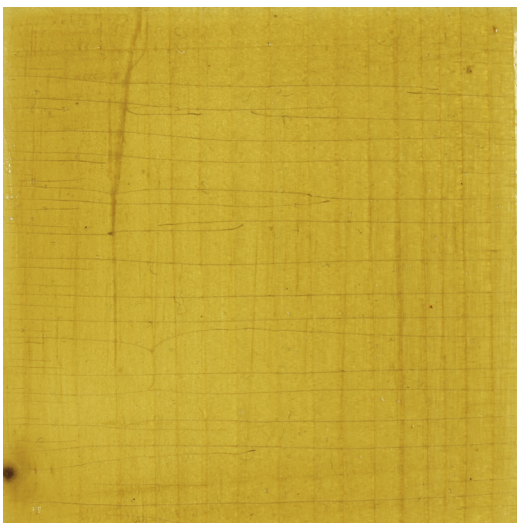


Imagen 166 y 167. Aspecto final de la cola de carpintero en la cámara de T

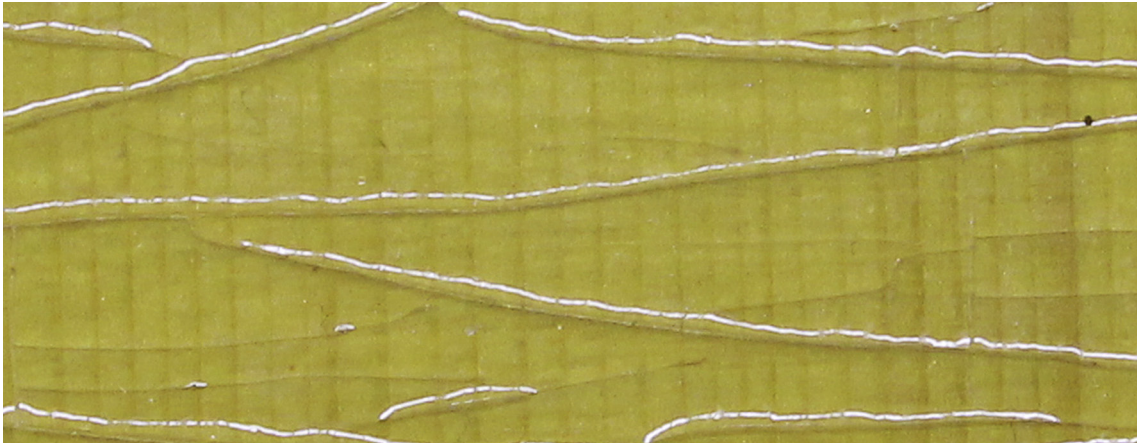


Imagen 168. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

Shofu Jin Nori		
Humedad	Ciclos 85-90 %HR 25 °C	El craquelado también ha variado, siendo en consecuencia la textura más áspera. Aspecto final (img.169 y 170). y microscopio LM (img.171).
Temperatura	Ciclos 45°C 50% HR	El craquelado ha cambiado, siendo este mucho más pequeño, habiéndose levantado en algunas zonas pequeñas escamas. (img.172 y 173) y microscopio LM (img.174)



Imagen 169 y 170. Aspecto final de la cola shofu jin nori en la cámara de HR



Imagen 171. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.



Imagen 172 y 173. Aspecto final de la cola shofu jin nori en la cámara de T



Imagen 174. Detalle al microscopio LM aumento 1.0 x.

6.1.3.1. Ensayos colorimétricos de las probetas expuestas a humedad.

En las tablas 21 y 22, se muestran los datos numéricos del antes y después de la claridad (L*), croma(C*) y tono (h), con sus correspondientes colores.

Tabla 21. Resultados numéricos del antes y después de L* C* h y raíz.

Nombre	L*	L*	C*	C*	h	h	Raíz
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	
CPL	74,63	72,05	36,70	37,17	80,40	79,93	2,66
CP	72,71	71,02	35,85	36,00	79,07	78,96	1,69
CG	66,49	65,03	41,94	42,65	77,55	76,71	1,83
I	65,30	63,35	45,49	44,25	79,85	77,18	3,53
C	68,37	69,52	46,90	45,81	74,37	74,08	1,62
F	72,72	70,46	38,71	39,61	81,67	79,59	3,21
SJN	84,18	84,95	22,16	21,30	81,36	77,71	3,82

Tabla 22. Resultados del antes y después de claridad, croma y tono.

Nombre	L* Claridad		C* Croma		h Tono	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
CPL	Claro	Claro	Medio	Medio	Amarillo anaranjado	Naranja amarillo
CP	Claro	Claro	Medio	Medio	Amarillo anaranjado	Naranja amarillo
CG	Claro	Claro	Medio	Medio	Naranja amarillo	Naranja amarillo
I	Claro	Claro	Fuerte	Fuerte	Amarillo anaranjado	Naranja amarillo
C	Claro	Claro	Fuerte	Medio	Naranja amarillo	Naranja amarillo
F	Claro	Claro	Medio	Medio	Amarillo anaranjado	Amarillo anaranjado
SJN	Muy claro	Muy claro	Debil	Debil	Amarillo anaranjado	Amarillo anaranjado

A continuación se muestran los diagramas CIELAB de las probetas introducidas en la cámara de humedad. Los dos primeros diagramas (img 175 y 176) representan a los parámetros correspondientes a las medidas L^* , a^* y b^* . El siguiente diagrama muestra los resultados de las diferencias entre la claridad (L^*), croma (C^*) y tono (h). (img. 177).

Diagrama CIELAB de las probetas de humedad.

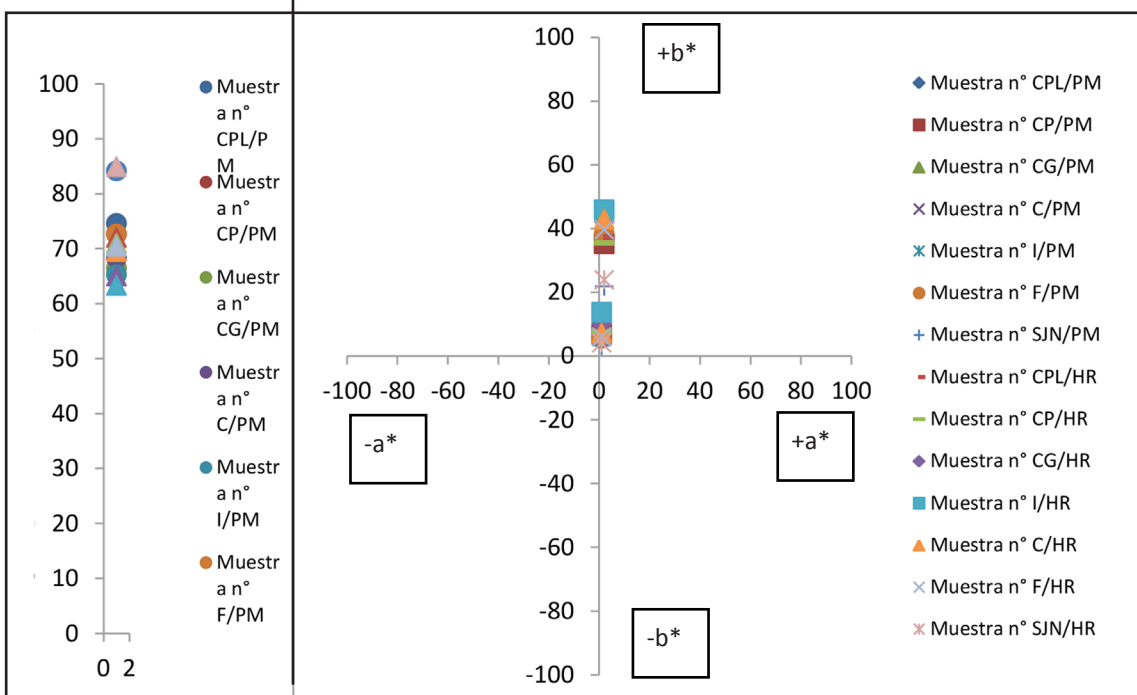


Imagen 175 y 176. Resultados de L^* , a^* y b^* . Diagrama CIELAB de las probetas de HR.

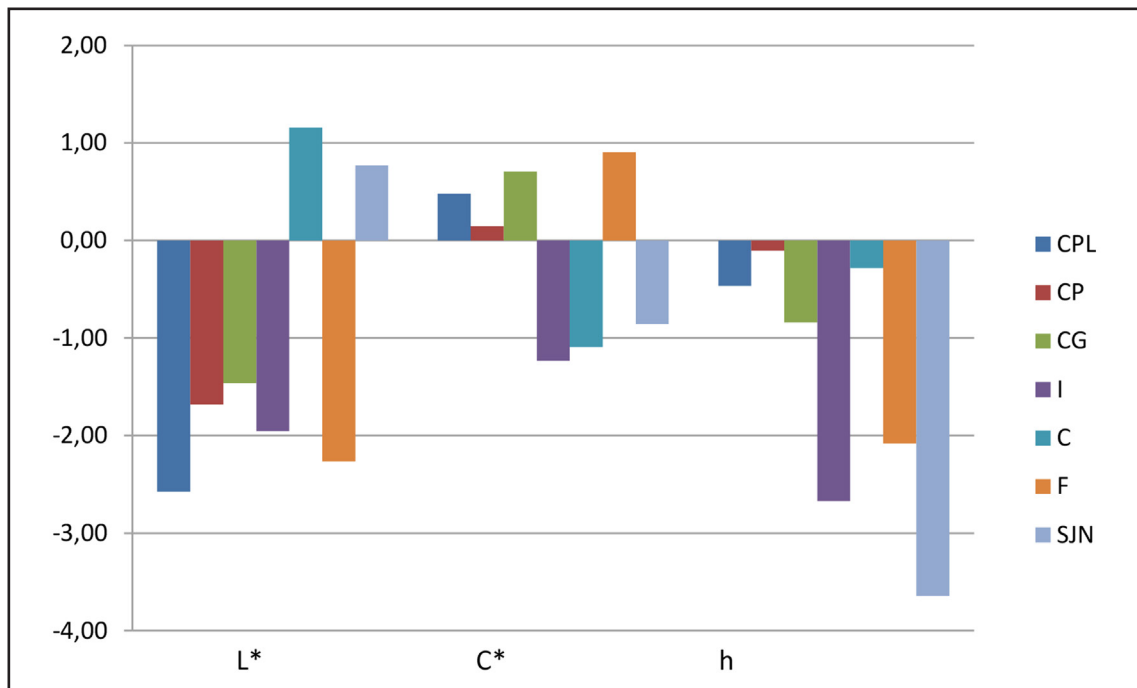


Imagen 177. Diagrama con resultados de las diferencias entre L^* , C^* y h .

6.1.3.2. Ensayos colorimétricos de las probetas expuestas a temperatura.

En las tablas 23 y 24, se muestran los datos numéricos del antes y después de la claridad (L*), croma(C*) y tono (h), con sus correspondientes colores.

Tabla 23. Resultados numéricos del antes y después de L* C* h y raíz.

Nombre	L*	L*	C*	C*	h	h	Raíz
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	
CPL	74,63	70,06	36,70	38,17	80,40	77,93	5,40
CP	72,71	70,78	35,85	36,30	79,07	77,96	2,26
CG	66,49	63,41	41,94	41,65	77,55	75,71	3,60
I	65,30	62,36	45,49	48,25	79,85	72,18	8,67
C	68,37	69,51	46,90	44,81	74,37	77,08	3,61
F	72,72	65,93	38,71	39,61	81,67	79,59	7,17
SJN	84,18	81,94	22,16	23,30	81,36	79,71	3,00

Tabla 24. Resultados del antes y después de claridad, croma y tono.

Nombre	L* Claridad		C* Croma		h Tono	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
CPL	Claro	Claro	Medio	Medio	Amarillo anaranjado	Naranja amarillo
CP	Claro	Claro	Medio	Medio	Amarillo anaranjado	Naranja amarillo
CG	Claro	Claro	Medio	Medio	Naranja amarillo	Naranja amarillo
I	Claro	Claro	Fuerte	Fuerte	Amarillo anaranjado	Naranja amarillo
C	Claro	Claro	Fuerte	Medio	Naranja amarillo	Naranja amarillo
F	Claro	Claro	Medio	Medio	Amarillo anaranjado	Amarillo anaranjado
SJN	Muy claro	Muy claro	Debil	Debil	Amarillo anaranjado	Amarillo anaranjado

A continuación se muestran los diagramas CIELAB de las probetas introducidas en la cámara de temperatura. Los dos primeros diagramas (img 178y 179) representan a los parámetros correspondientes a las medidas L^* , a^* y b^* . El siguiente diagrama muestra los resultados de las diferencias entre la claridad (L^*), croma (C^*) y tono (h). (img. 180).

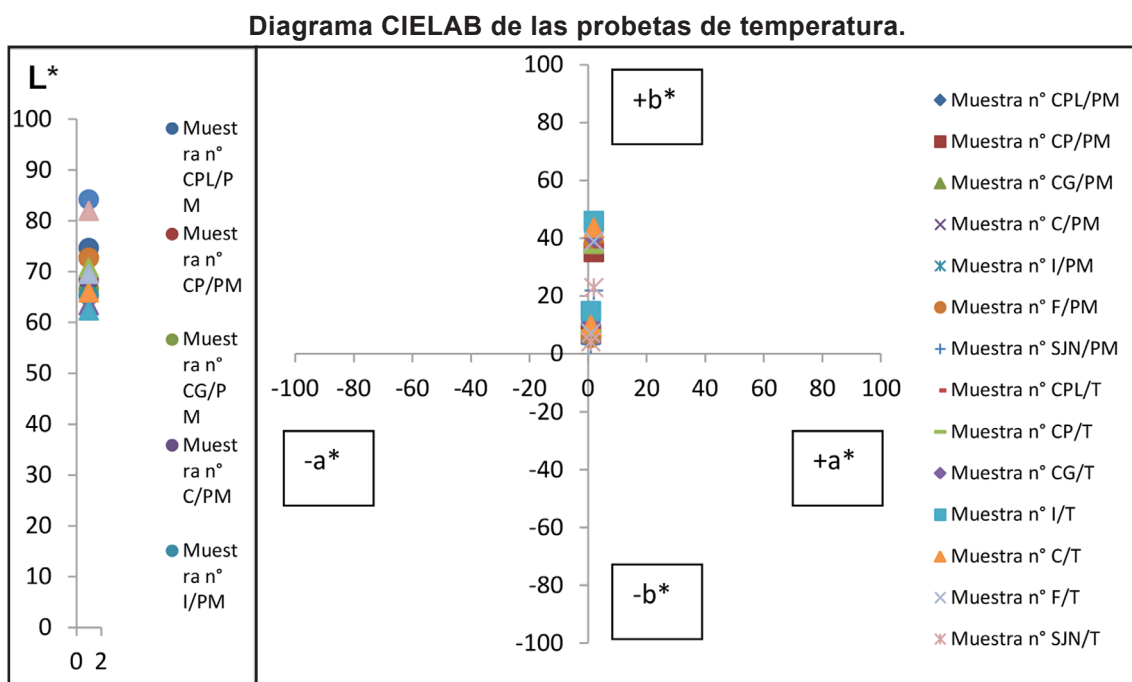


Imagen 178 y 179. Resultados de L^* , a^* y b^* . Diagrama CIELAB de las probetas de temperatura..

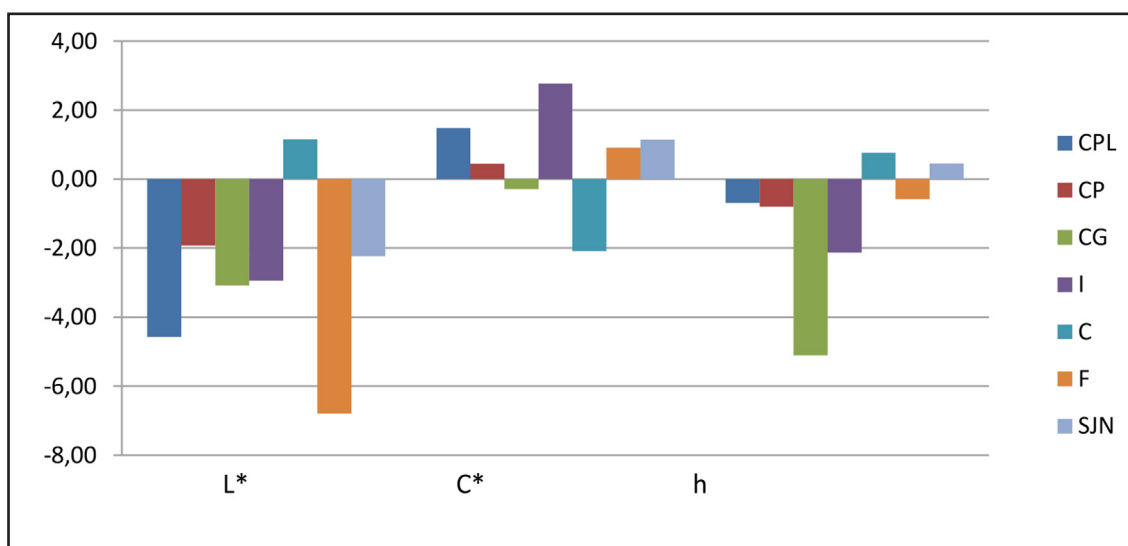


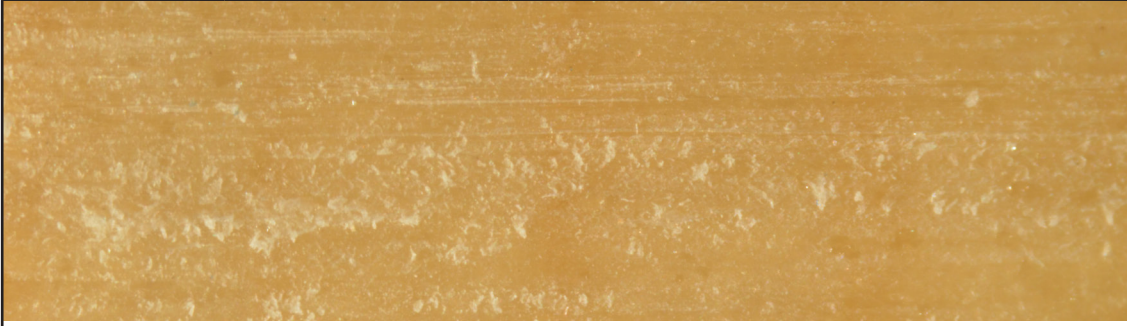
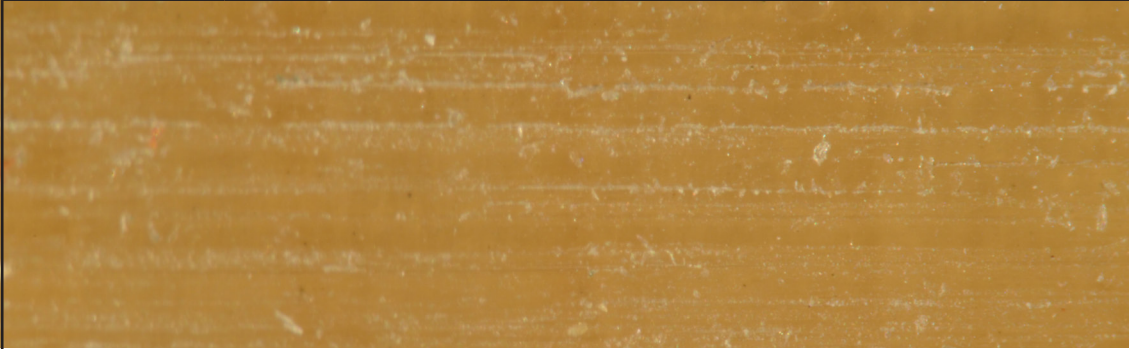
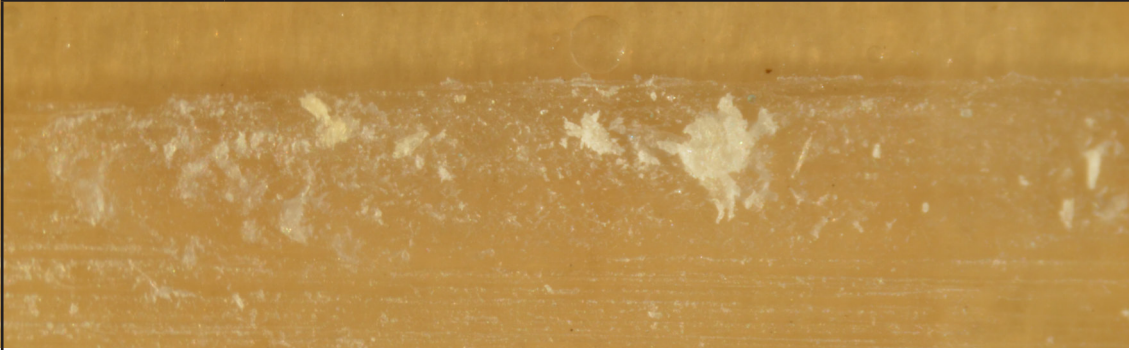
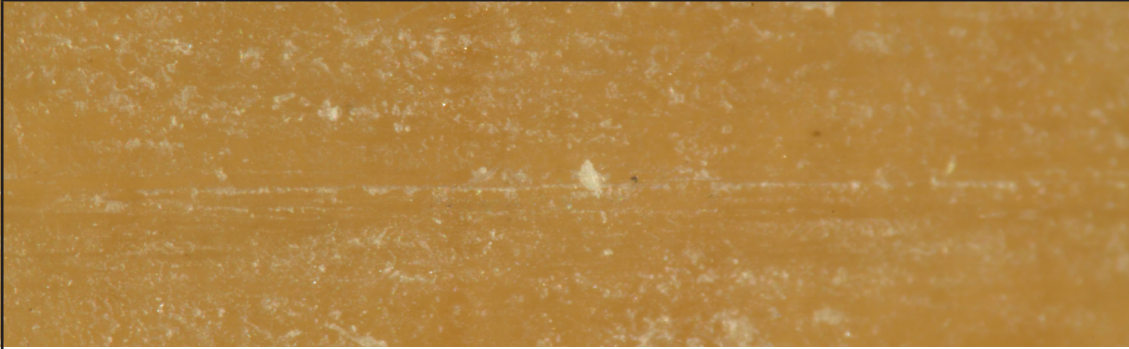


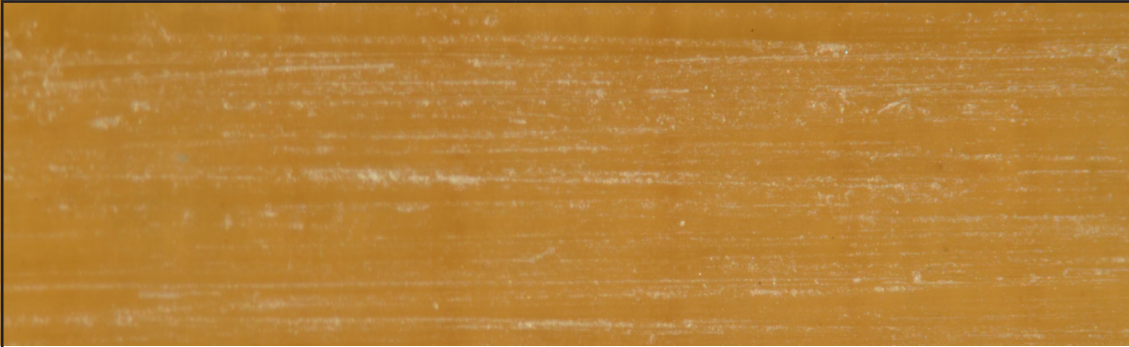


Imagen 180. Diagrama con resultados de las diferencias entre L^* , C^* y h .



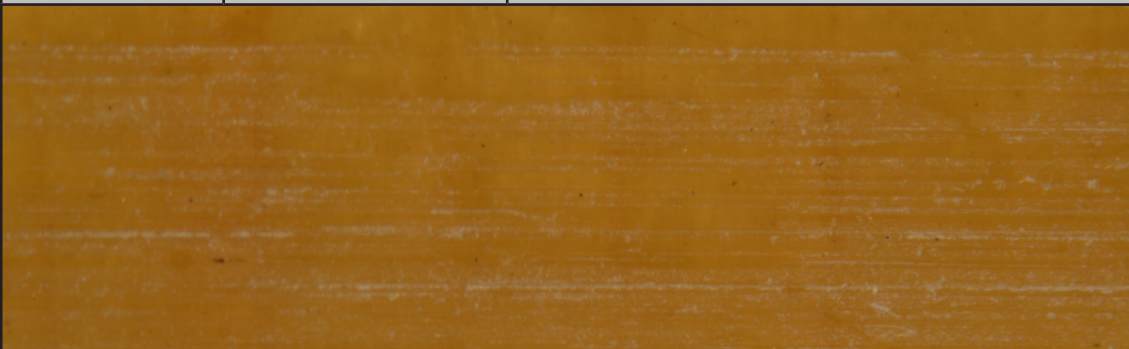
6.2. Resultados de los ensayos de abrasión



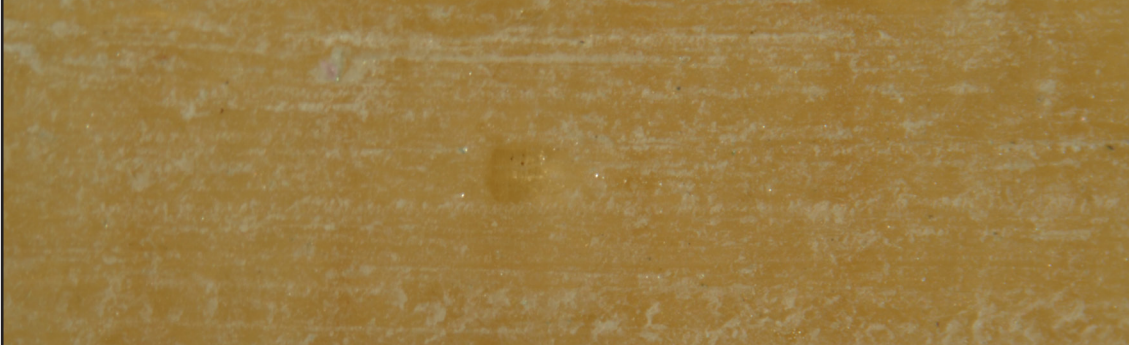
En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos por el diferente número de ciclos utilizados en la superficie de cada adhesivo, mostrando el comportamiento que ha tenido el lápiz abrasivo sobre ellos a una velocidad de sesenta.



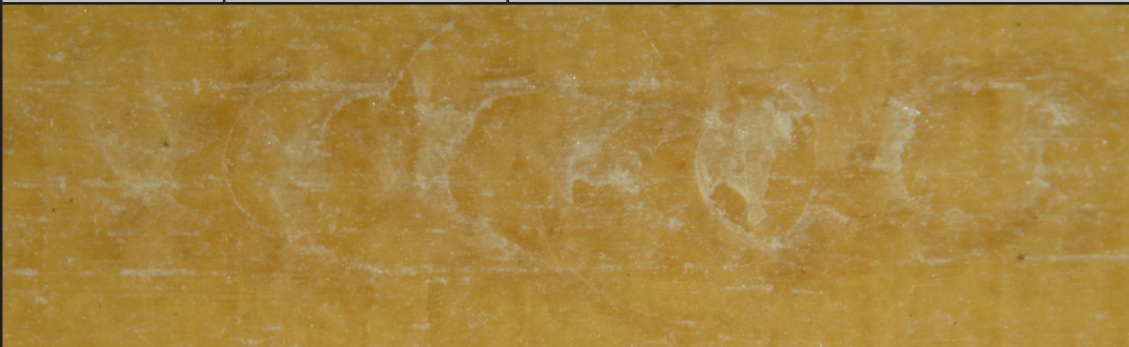
Cola de conejo en placa	Tipo de rallado	Descripción (img.181, 182 y 183.)
10 ciclos	Rallado superficial	El lápiz abrasivo ha devastado ligeramente la cola de la superficie.
		
Imagen 181. Detalle del rallado con 10 ciclos a 1.0 X aumentos.		
25 ciclos	Rallado medio	El rallado ha sido mayor.
		
Imagen 182. Detalle del rallado con 25 ciclos a 1.0 X aumentos.		
35 ciclos	Rallado agresivo	El lápiz abrasivo ha desbastando notablemente la zona del adhesivo pero sin llegar a la madera.
		
Imagen183. Detalle del rallado con 35 ciclos a 1.25 X aumentos.		

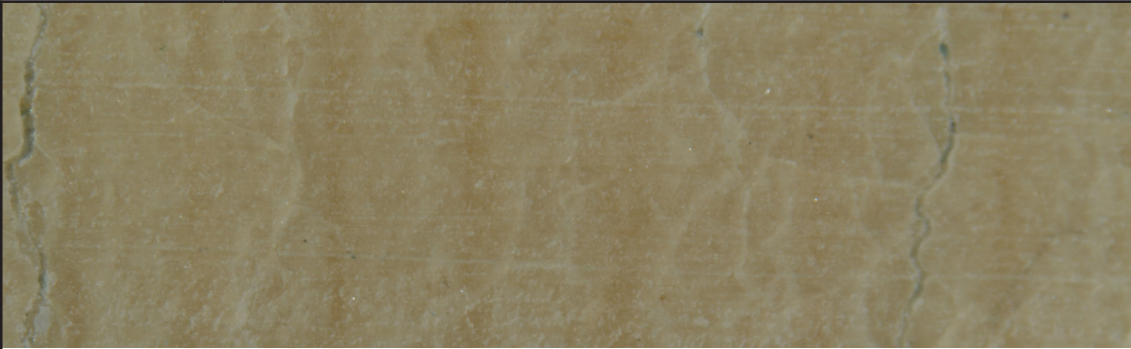
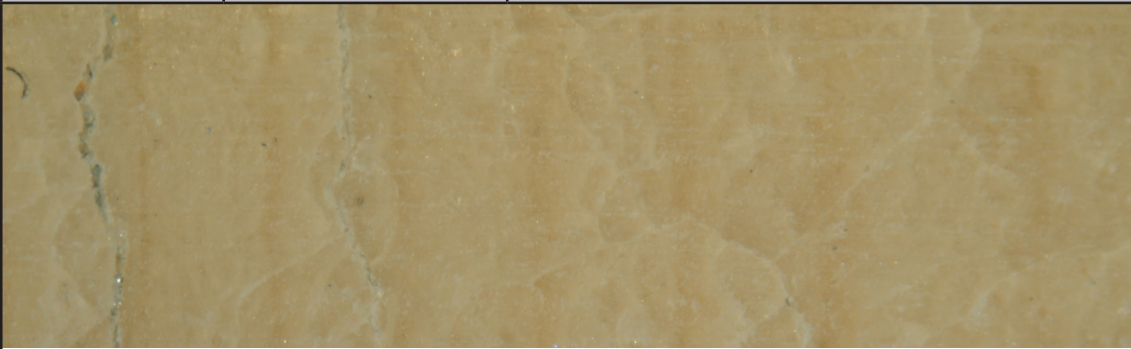
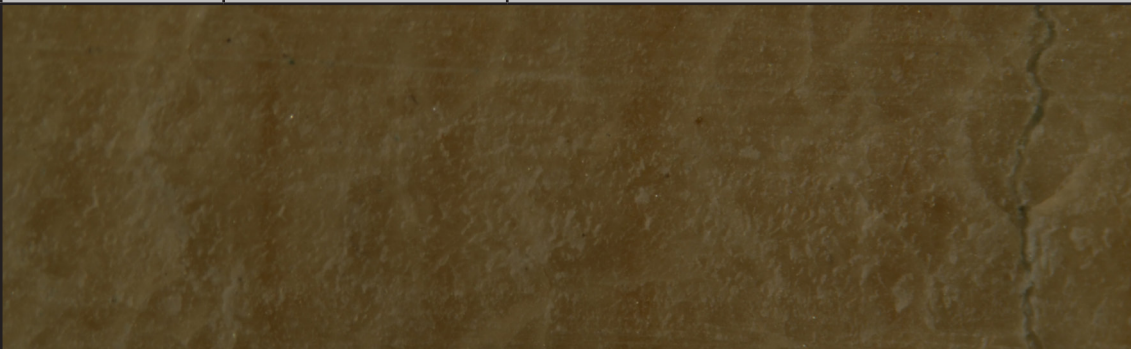
Cola de conejo en polvo	Tipo de rallado	Descripción (img.184, 185 y 186.)
10 ciclos	Rallado superficial	El lápiz abrasivo ha ejercido un rallado muy superficial, sin abarcar toda la zona.
		
<p align="center">Imagen184. Detalle del rallado con 10 ciclos a 2.0 X aumentos.</p>		
30 ciclos	Rallado medio	El rallado ha sido más uniforme, abarcando toda la zona por igual.
		
<p align="center">Imagen 185. Detalle del rallado con 30 ciclos a 1.6 X aumentos.</p>		
40 ciclos	Rallado agresivo	Rallado también uniforme, siendo más agresivo.
		
<p align="center">Imagen 186. Detalle del rallado con 40 ciclos a 2.0 X aumentos.</p>		


Cola de conejo en grano	Tipo de rallado	Descripción (img.187, 188 y 189.)
25 ciclos	Rallado superficial	El lápiz no llego a devastar el adhesivo, rallando muy ligeramente la zona.
		
Imagen 187. Detalle del rallado con 10 ciclos a 1.6 X aumentos.		
50 ciclos	Rallado superficial	El resultado fue el mismo que con los 10 ciclos.
		
Imagen 188. Detalle del rallado con 30 ciclos a 1.6 X aumentos.		
100 ciclos	Rallado medio	Se aumento considerablemente el número de ciclos para conseguir un mayor rallado, pero no se consiguió un resultado notable.
		
Imagen 189. Detalle del rallado con 100 ciclos a 1.25 X aumentos.		

Coletta Italiana	Tipo de rallado	Descripción (img.190, 191 y 192.)
10 ciclos	Rallado superficial	Apenas ha rallado mucho el adhesivo, siendo este muy ligero.
		
<p align="center">Imagen 190. Detalle del rallado con 10 ciclos a 1.25 X aumentos.</p>		
30 ciclos	Rallado superficial	El rallado es muy similar a los 10 primeros ciclos ejercidos.
		
<p align="center">Imagen 191. Detalle del rallado con 30 ciclos a 1.6 X aumentos.</p>		
60 ciclos	Rallado medio	El rallado es ligeramente superior a los 30 ciclos, pero apenas se ha rallado mucho el adhesivo.
		
<p align="center">Imagen 192. Detalle del rallado con 60 ciclos a 1.6 X aumentos.</p>		

Cola fuerte	Tipo de rallado	Descripción (img.193, 194 y 195.)
10 ciclos	Rallado superficial	Ha ejercido un rallado ligero en la superficie.
		
Imagen 193. Detalle del rallado con 10 ciclos a 1.6 X aumentos.		
30 ciclos	Rallado medio	Si hay diferencia con el rallado de 10 ciclos, abarcando este toda la zona.
		
Imagen 194. Detalle del rallado con 30 ciclos a 1.25 X aumentos.		
40 ciclos	Rallado agresivo	Ha devastado bastante el adhesivo, pero sin llegar a la madera.
		
Imagen 195. Detalle del rallado con 40 ciclos a 1.6 X aumentos.		

Cola de carpintero	Tipo de rallado	Descripción (img.196, 197 y 198.)
10 ciclos	Rallado superficial	La línea de rallado ha sido muy fina y ligera, devastando poca zona.
		
<p align="center">Imagen 196. Detalle del rallado con 10 ciclos a 1.6 X aumentos.</p>		
30 ciclos	Rallado medio	La línea de rallado ha sido fina pero más profunda al haber aumentado los ciclos.
		
<p align="center">Imagen 197. Detalle del rallado con 30 ciclos a 1.25 X aumentos.</p>		
60 ciclos	Rallado agresivo	La línea de rallado ha sido más gruesa, siendo el devastado más agresivo pero sin llegar a la madera.
		
<p align="center">Imagen 198. Detalle del rallado con 60 ciclos a 1.25 X aumentos.</p>		

Shofu Jin Nori	Tipo de rallado	Descripción (img.199, 200, 201 y 202.)
10 ciclos	Rallado superficial	El rallado ha sido muy ligero, afectando muy poco a la zona del adhesivo.
		
<p align="center">Imagen 199. Detalle del rallado con 10 ciclos a 1.25 X aumentos.</p>		
20 ciclos	Rallado superficial	Ha sido ligeramente más agresivo, siendo poca la diferencia con los 10 ciclos.
		
<p align="center">Imagen 200. Detalle del rallado con 20 ciclos a 1.25 X aumentos.</p>		
30 ciclos	Rallado medio	Poca diferencia con los 20 ciclos, pero si es notable con los 10.
		
<p align="center">Imagen 201. Detalle del rallado con 30 ciclos a 1.6 X aumentos.</p>		

60 ciclos	Rallado agresivo	Notablemente más agresivo, llegando a devastar no solo el adhesivo si no también la madera.
		
<p>Imagen 202. Detalle del rallado con 60 ciclos a 1.6 X aumentos.</p>		

6.3. Resultados de los ensayos de tracción

La prueba de tracción se ha realizado en cinco ocasiones, obteniendo cinco resultados distintos en kg/f, de los que se sacará una media para poder convertirlos en kgf/cm² y a MPa, de acuerdo con la sufridera utilizada, en este caso de 50 mm de diámetro.

A continuación se mostrarán mediante tablas, los resultados obtenidos (tabla 25) y descripciones de lo ocurrido en cada adhesivo por la prueba de tracción. En estas descripciones, se adjunta como ejemplo una fotografía de ambas piezas, para una mayor visualización de estas.

Tabla 26. Resultados obtenidos en los cinco ensayos de tracción realizados con sufridera de 50 mm de diámetro.

Adhesivos	CPL	CP	CG	I	F	C	SJN
Adhesivos	114	240	244	166	160	126	70
Por sufridera circular de 50 mm de diámetro kg/f	120	230	210	154	170	118	69
	130	156	257	68	175	120	158
	116	180	216	130	168	126	84
	127	179	214	124	174	114	121
	Total	121.4	197	228.2	108.4	169.6	120.8
Kgf/cm²	6.11	10.19	11.20	5.09	8.15	6.11	5.09
MPa	0.60	1.00	1.10	0.50	0.80	0.60	0.50

Cola de conejo en placa

Ha arrancado madera de ambas tanto de la pieza circular como de la base, quedándose adheridas en la superficie de cada una, dejando muchos más restos en la pieza circular, quedando fibras levantadas (img. 203).



Imagen 203. Detalle de la fuerza ejercida por el adhesivo CPL.

Cola de conejo en polvo

Parte de la pieza base ha quedado adherida a la pieza circular y viceversa, quedando sobre todo en la circular fibras levantadas (img. 204).



Imagen 204. Detalle de la fuerza ejercida por el adhesivo CP.

Cola de conejo en grano

Apenas ha arrancado madera de ambas piezas, dejando levantadas algunas fibras (img. 205).



Imagen 205. Detalle de la fuerza ejercida por el adhesivo CG.

Coletta Italiana

Este adhesivo muestra muy baja resistencia a la tracción, habiendo despegado muy fácilmente. Este no ha arrancado nada de madera de ninguna de las piezas (img. 206).



Imagen 206. Detalle de la fuerza ejercida por el adhesivo I.

Cola fuerte

Unos de los adhesivos que más resistencia ha ejercido. La pieza circular ha arrancado bastante madera de la pieza base, llevándose un gran trozo de esta (img. 207).

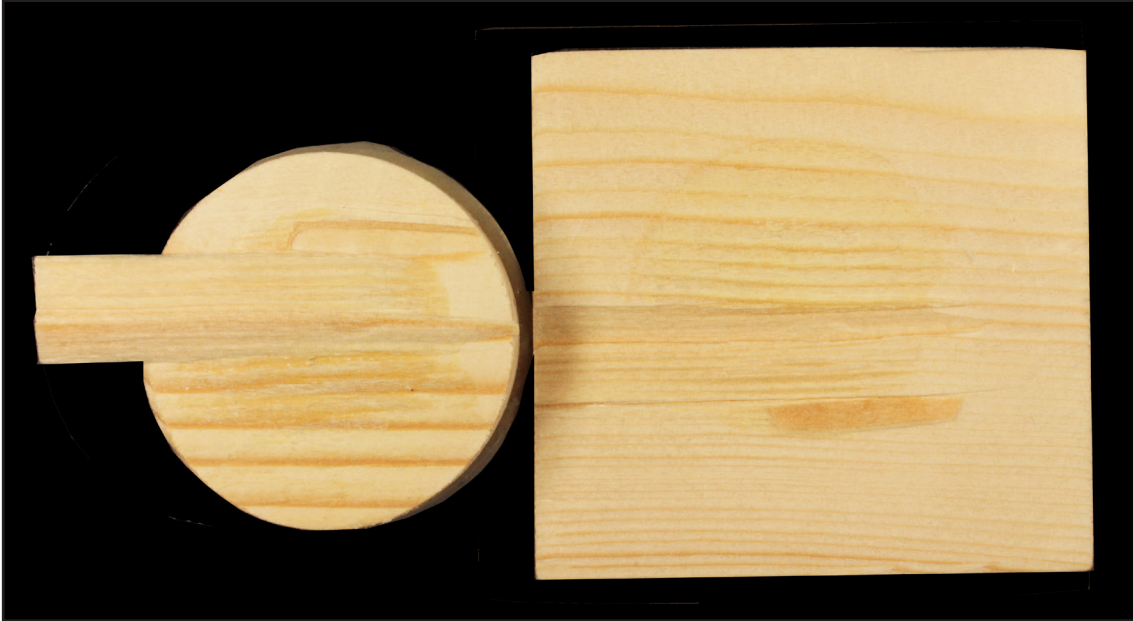


Imagen 207. Detalle de la fuerza ejercida por el adhesivo F.

Cola de carpintero

Esta cola ha despegado fácilmente. La poca madera que ha arrancado, ha quedado pegada a la pieza circular (img. 208).



Imagen 208. Detalle de la fuerza ejercida por el adhesivo C.

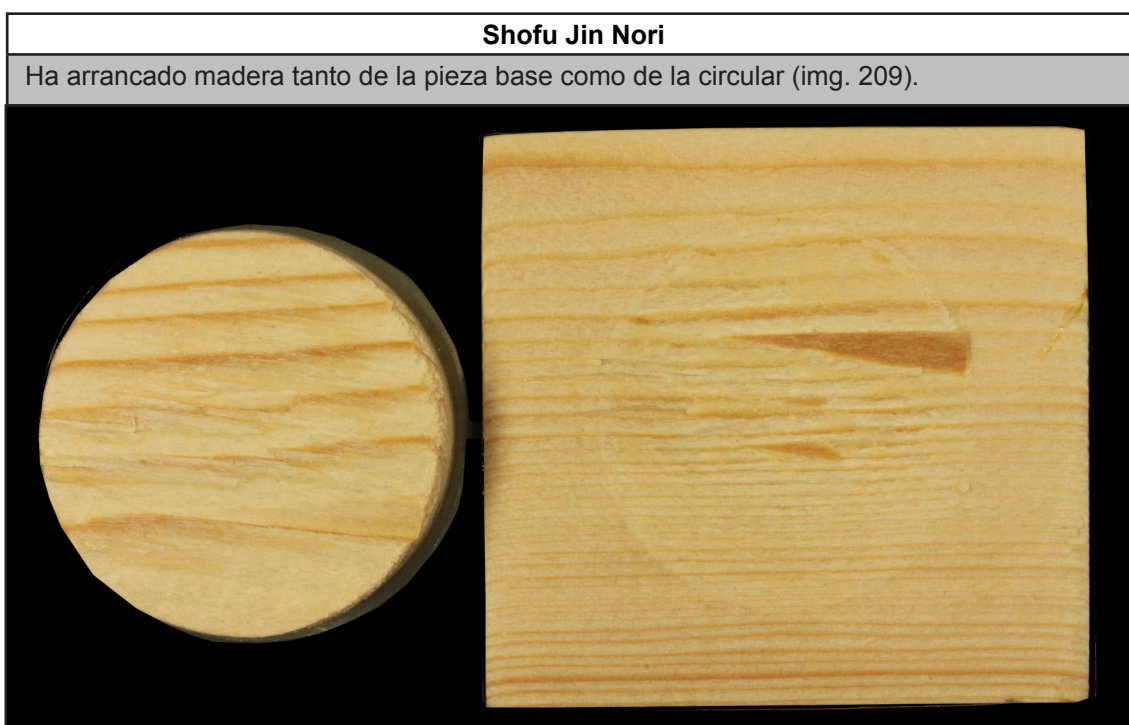


Imagen 209. Detalle de la fuerza ejercida por el adhesivo SJN.

A continuación se muestra en la tabla 27 los adhesivos ordenados de mayor a menor resistencia.

Tabla 27. Adhesivos ordenados de mayor a menor fuerza.

Orden	Adhesivos
1°	Cola de conejo en grano
2°	Cola de conejo en polvo
3°	Cola fuerte
4°	Cola de conejo en placa
5°	Cola de carpintero
6°	Coletta italiana
7°	Shofu Jin Nori

6.4. Resultados de los ensayos de viscosidad

En la siguiente tabla 28 se mostrará la densidad que presentan los adhesivos medidos en minipascales por segundo, previamente calentados a una misma temperatura.

Tabla 28. Husillo utilizado, temperatura y estado del adhesivo y tiempo estimado para la medición en 30 " y 1 '.

Cola de conejo en placa	
Husillo	R2
RPM	200.0
T°	22,6 °C
mPa.s	30": 101.7 1': 102.1
Estado	El adhesivo se encuentra en un estado líquido,
Cola de conejo en polvo	
Husillo	R2
RPM	200.0
T°	22,9 °C
mPa.s	30": 160.8 1': 162.6
Estado	El adhesivo se midió en un estado líquido.
Cola de conejo en grano	
Husillo	R2
RPM	200.0
T°	22,8 C
mPa.s	30": 113.3 1': 112.5
Estado	El adhesivo se encuentra en un estado líquido,
Coletta Italiana	
Husillo	R2
RPM	200.0
T°	23 °C
mPa.s	30": 75.1 1': 76.2
Estado	El adhesivo se encuentra en un estado líquido,
Cola fuerte	
Husillo	R2
RPM	200.0
T°	22,6 °C
mPa.s	99.4 99.8
Estado	El adhesivo se encuentra en un estado muy líquido,

Cola de carpintero		
Husillo	R2	
RPM	200.0	
T°	22,7 °C	
mPa.s	63.7	63.7
Estado	El adhesivo se encuentra en un estado muy líquido.	
Shofu Jin Nori		
Husillo	R7	
RPM	200.0	
T°	22,8 °C	
mPa.s	137343	139265
Estado	El adhesivo esta en un estado muy denso.	

6.5. Resultados de la medición de pH

En la tabla 29 se muestran los resultados obtenidos con los dos pH-metro utilizados. Con esta prueba se comprueba si la diferencia entre ambas mediciones oscila mucho de una a otra. Una vez obtenidos los resultados del peachímetro de contacto y el sumergido, obtenemos un pH intermedio entre ambos.

Tabla 29. pH de los diferentes adhesivos utilizados.

Adhesivos	Contacto	Sumergido	pH intermedio
Cola de conejo en placa	4,35	4,20	4'27
Cola de conejo en polvo	5,63	5,30	5'46
Cola de conejo en grano	4,73	4,93	4,83
Coletta italiana	4,80	4,42	4'61
Cola fuerte	5,61	5,74	5,67
Cola de carpintero	5,33	5,31	5,32
Shofu Jin Nori	5,42	4,01	4,71

En la tabla podemos observar como la diferencia entre los dos tipos de mediciones es mínima, estando en un intervalo de 0'02 a 0'40. El único adhesivo donde la diferencia de la medición es más alta es el Shofu Jin Nori, siendo de 1'41.

6.6. Resultados de los ensayos de flexibilidad

Se han convertido las gráficas extraídas por el programa Microtest en la prueba de flexibilidad, por el programa Microsoft Excel, mostrando los siguientes resultados elongación, fuerza y posición del adhesivo, utilizando una escala para los resultados de muy flexible, flexible y medianamente flexible (tabla 30).

Tabla 30. Resultado de la prueba de flexibilidad de los diferentes adhesivos.

Adhesivo	CPL	CP	CG	I	F	C	SJN
Rotura	No	No	No	No	No	No	X
Resultado	Muy flexible (img.210)	Medianamente flexible (img.211)	Medianamente flexible (img.212)	Flexible (img.213)	Muy flexible (img.214)	Flexible (img.215)	No se pudo realizar probeta ⁴⁸

Cola de conejo en placa

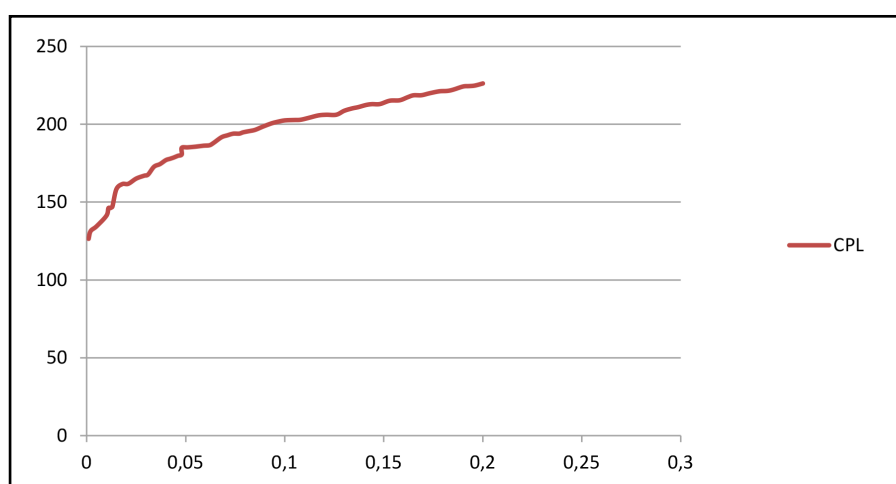


Imagen 210. Curva de fuerza x elongación sobre la muestra de cola de conejo en placa.

48 Véase anexos 7.3

Cola de conejo en polvo

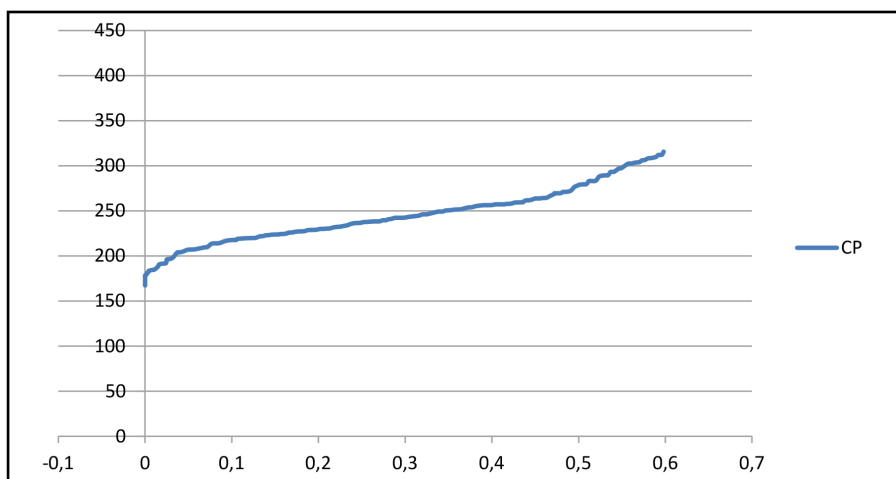


Imagen 211. Curva de fuerza x elongación sobre la muestra de cola de conejo en polvo.

Cola de conejo en grano

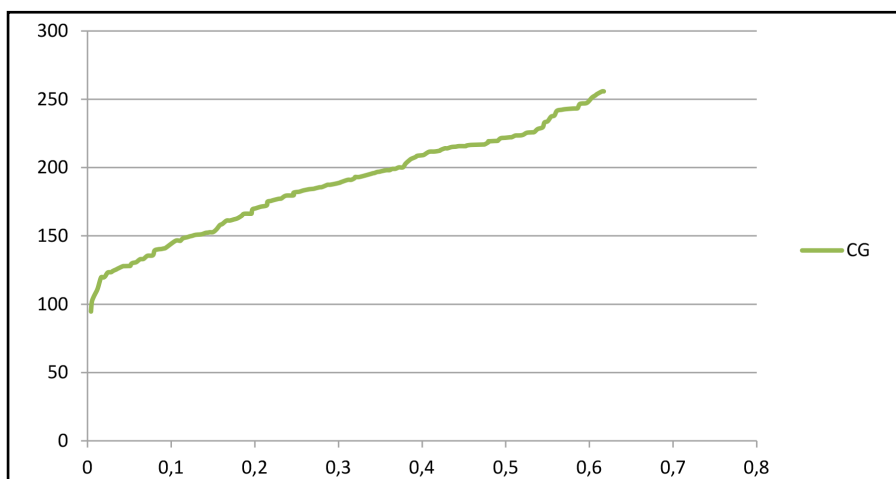


Imagen 212. Curva de fuerza x elongación sobre la muestra de cola de conejo en grano.

Coletta Italiana

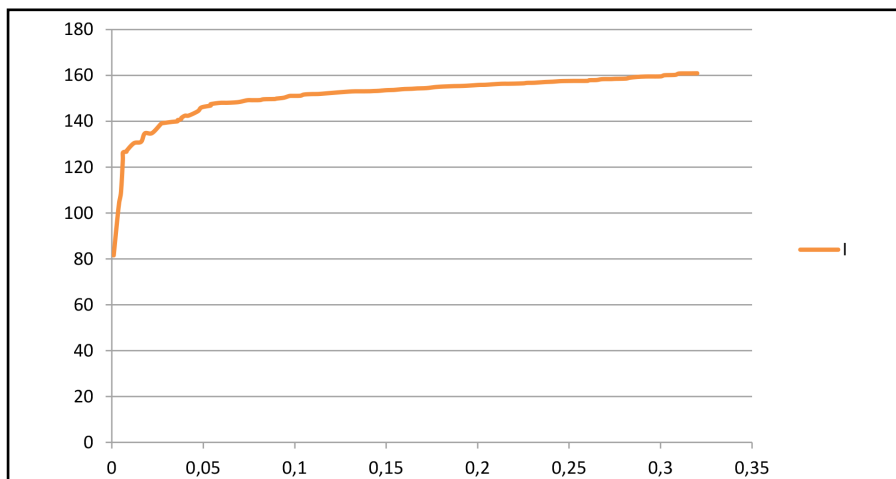


Imagen 213. Curva de fuerza x elongación sobre la muestra de coletta italiana.

Cola fuerte

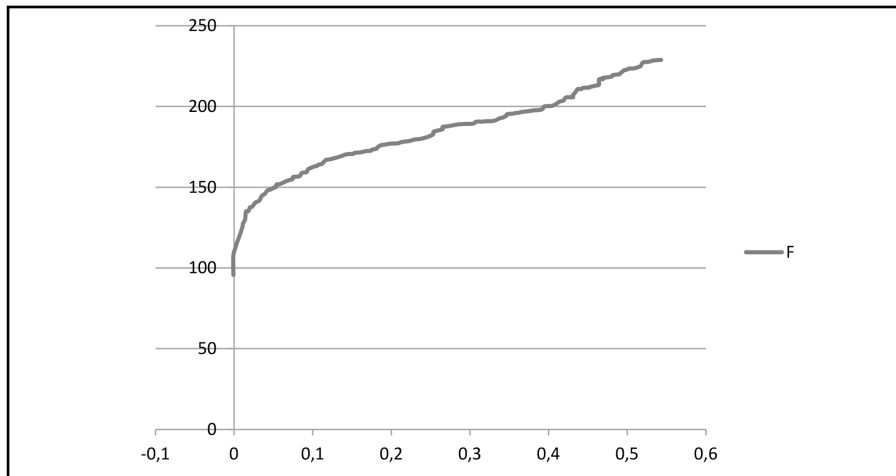


Imagen 214. Curva de fuerza x elongación sobre la muestra de cola fuerte.

Cola de carpintero

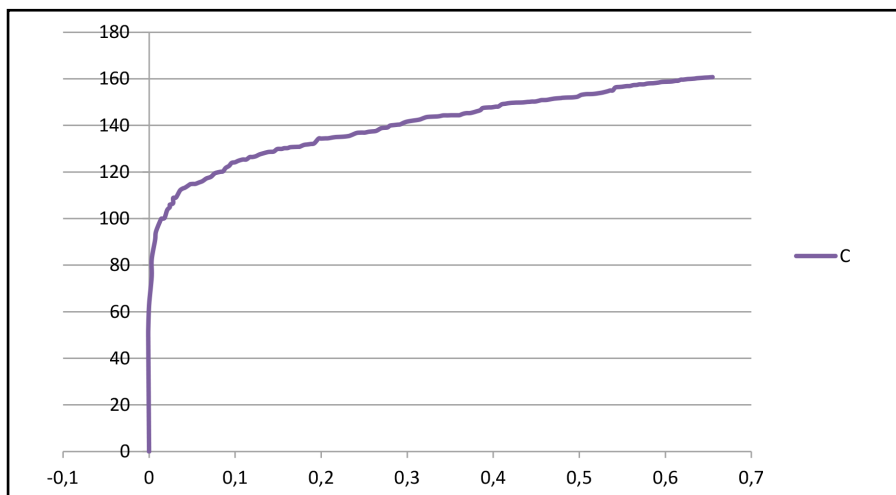


Imagen 215. Curva de fuerza x elongación sobre la muestra de cola de carpintero.

6.7. Resultados de los ensayos de reversibilidad

Tras los ensayos realizados con los diferentes disolventes para la prueba de reversibilidad, se exponen mediante diferentes tablas (31, 32, 33 y 34) los diferentes resultados obtenidos en los adhesivos seleccionados (para ver el proceso de reversibilidad véase anexos 7.7):

Tabla 31. Resultados de la reversibilidad de los adhesivos con agua mediante capilaridad.

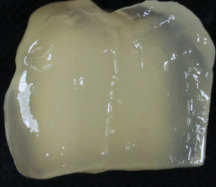

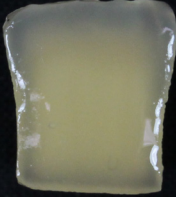
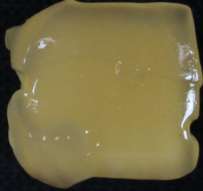



Agua		Imagen
CPL	La cola ha hinchado, volviendo a estado gel. La capa de adhesivo se ha retirado fácil con pinzas.	
CP	Mismo resultado que la CPL, pero se ha necesitado un bisturí para separar la cola de la madera.	
CG	Igual resultado que CP. El adhesivo ha hinchado pero ha requerido de bisturí para poder ser retirado.	
I	Mismo resultado que CPL y CG.	
C	Mismo resultado que CPL y CG.	
F	Mismo resultado que CPL y CG.	
SJN	El adhesivo no ha hinchado, pero si ha reblanecido, retirándose fácilmente con bisturí.	

Tabla 32. Resultados de la reversibilidad de los adhesivos con acetona mediante capilaridad.








Acetona		Imagen
CPL	No ha afectado a la estructura del adhesivo de ninguna forma, estando el adhesivo intacto y seco sin poder ser retirado.	
CP	No ha afectado a la estructura del adhesivo de ninguna forma, estando el adhesivo intacto y seco sin poder ser retirado.	
CG	No ha afectado a la estructura del adhesivo de ninguna forma, estando el adhesivo intacto sin poder ser retirado.	
I	El adhesivo ha craquelado perpendicular a la veta. Ha perdido algo de brillo pero el resto de la capa está bien adherida y seca.	
C	No ha afectado a la estructura del adhesivo de ninguna forma, estando el adhesivo intacto y seco sin poder ser retirado.	
F	No ha afectado a la estructura del adhesivo de ninguna forma, estando el adhesivo intacto y seco sin poder ser retirado.	
SJN	No ha afectado a la estructura del adhesivo de ninguna forma, estando el adhesivo intacto y seco sin poder ser retirado.	

Tabla 33. Resultados de la reversibilidad de los adhesivos con alcohol mediante capilaridad.












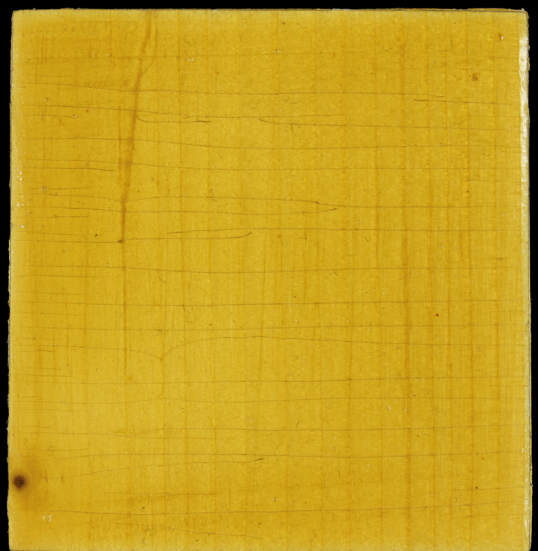
Alcohol		Imagen
CPL	No ha afectado a la estructura del adhesivo de ninguna forma, estando el adhesivo intacto y seco sin poder ser retirado.	
CP	El adhesivo ha mateado un poco, pero el resto no ha experimentado cambio, estando seco, sin poder ser retirado.	
CG	El adhesivo ha mateado un poco,	
I	No ha experimentado cambios, estando la capa seca, sin poder retirarse.	
C	El adhesivo ha cuarteado más, presentando también una pérdida de espesor.	
F	No ha experimentado cambios, estando la capa seca, sin poder retirarse.	
SJN	El adhesivo ha perdido mucho espesor, quedando casi disuelto, estando la fina capa que queda más cuarteada que la presentada inicialmente.	

Tabla 34. Resultados de la reversibilidad de los adhesivos con xileno mediante capilaridad.

Xileno		Imagen
CPL	No ha provocado cambios en el adhesivo, estando seco y sin poder ser retirado.	
CP	No puede ser retirado, está seco y apenas ha sufrido cambios, Ha perdido algo de brillo, habiendo mateado un poco.	
CG	No ha provocado cambios en el adhesivo, estando seco y sin poder ser retirado.	
I	No puede ser retirado, está seco y apenas ha sufrido cambios, Ha perdido algo de brillo, habiendo mateado un poco.	
C	El craquelado que ya presentaba inicialmente esta mucho más acentuado. El adhesivo se levanta fácilmente con ayuda del bisturí.	
F	La capa de adhesivo se ha levantado de la madera por los bordes. Ha reblandecido pero no ha hinchado, retirándose fácil con bisturí.	
SJN	La capa ha perdido espesor, pero no puede retirarse.	

Conclusiones



7. Conclusiones

Ya finalizados los resultados conseguidos en los ensayos, a continuación se muestran las conclusiones obtenidas, donde se expone que adhesivo ha resistido mejor a cada ensayo realizado, y determinar así, el adhesivo más idóneo para utilizar en el ensamblado de madera.

7.1. Conclusión final

Una vez desarrollado el estudio comparativo entre los diferentes adhesivos naturales elegidos para este trabajo de fin de máster, conocidas sus propiedades físico-químicas, ventajas e inconvenientes, a través de los diferentes ensayos en las cámaras de envejecimiento acelerado y los ensayos de resistencia, hemos podido comprender el porqué la famosa cola de carpintero, adhesivo utilizado en los procesos de ensamblado de madera, tanto en la elaboración de esculturas como en la confección de muebles, ha sido el adhesivo que mayores problemas ha presentado en todos los ensayos realizados, sufriendo numerosos cambios en su estructura, siendo estas muy visibles.

En cada ensayo de las cámaras de envejecimiento acelerado, el adhesivo presenta un craquelado distinto, siendo unos más acusados que otros (Véase anexos 7.2). En cuanto a los ensayos de resistencia, la cola de carpintero también ha presentad una baja fuerza a la tracción y al rallado abrasivo.

Los tres tipos de cola de conejo utilizadas, ya sea en placa, en polvo o en pellet, han sido sin duda, los tres adhesivos que mejor resultado han presentado en las cámaras de envejecimiento acelerado, sin sufrir apenas un mínimo/o ningún cambio en su estructura, siendo los resultados obtenidos muy buenos, presentando muy bien una gran fuerza al despegado y resistente al rallado abrasivo.

Es por esto que, la cola de carpintero dejó de utilizarse, sustituyéndose por los adhesivos sintéticos, a pesar de existir otros adhesivos alternativos que, aunque requieren un calentamiento previo de la cola, no requieren un calentamiento del soporte.

Anexos



8. Anexos

8.1. Tipos de craquelados y grietas aparecidos en los ensayos realizados.

Hemos podido apreciar que en cada ensayo realizado la cola de carpintero y el Shofu jin nori han experimentado un tipo de grietas o craquelados distintos.

Es por ellos que a continuación mostramos mediante tablas, el nombre de cada probeta, el tipo de craquelado y grieta junto con el dibujo del respectivo craquelado (tablas 35 y 36).

Tabla 35. Tipos de grietas y craquelados de la cola de carpintero.

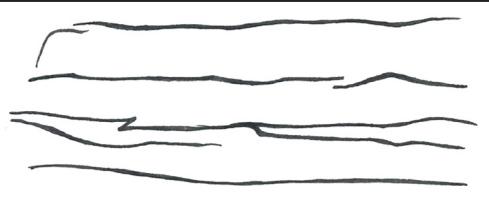
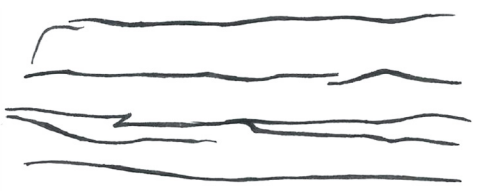
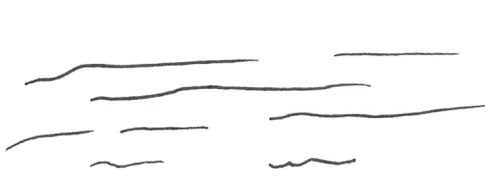
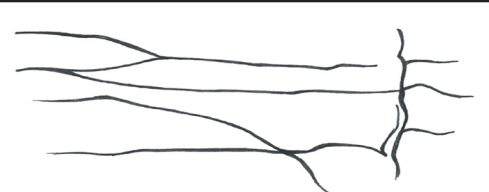
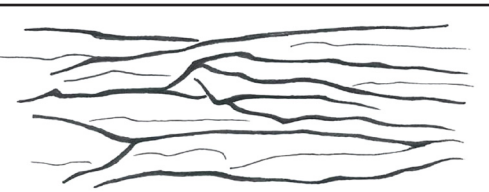
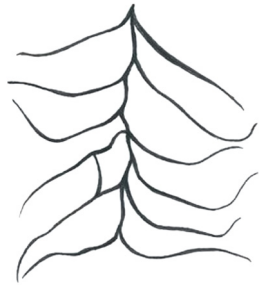

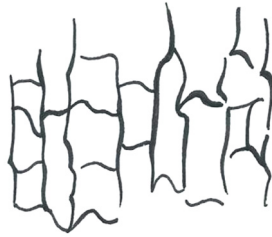
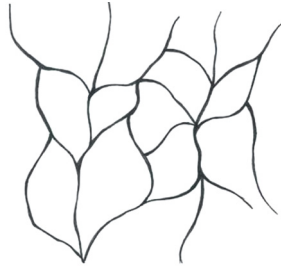
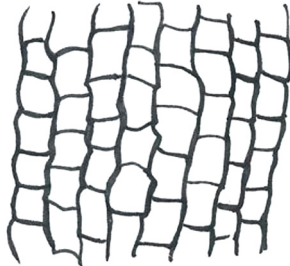
Cola de carpintero		
Probeta	Tipo de craquelado / grieta	Dibujo
Probeta madre	Grietas quebradas cerradas	
Ultravioleta	Craquelado trapecio	
Corrosión	Grieta fusiforme	
Humedad	Grietas quebradas cerradas	
Temperatura	Grietas quebradas abiertas	

Tabla 36. Tipos de grietas y craquelados del Shofu Jin Nori.

Shofu Jin Nori		
Probeta	Tipo de craquelado	Dibujo
Probeta madre	Craquelado doble bifurcación	
Ultravioleta	Craquelado triangular	
Corrosión	Craquelado rectángulo	
Humedad	Craquelado doble bifurcación	
Temperatura	Craquelado cuadrado	

8.2. Probeta Shofu Jin Nori para flexibilidad

Al igual que el resto de adhesivos, para el Shofu jin nori también se preparó una lámina de adhesivo para la prueba de flexibilidad con el Deben Microtest. El adhesivo se aplicó puro mediante espátula sobre un papel melinex bajo peso para que adquiriese una superficie lisa, pero el resultado no fue el deseado ya que el adhesivo cuarteó hasta romperse en diferentes trozos.

Es por ello que se decidió repetir la prueba diluyendo el adhesivo con agua desionizada, para rebajar así su fuerza adhesiva y evitar el cuarteado. En la tabla 37, quedan expuestas las diferentes soluciones realizadas para esta probeta, con su consiguiente resultado.

Tabla 37. Resultados de la probeta de flexibilidad del shofu jin nori.

Preparación	Resultado	Imagen
Adhesivo puro en frío aplicado mediante espátula	El adhesivo ha cuarteado hasta romperse en trozos, oscureciéndose también de un tono blanquecino a un tono amarillento.	
20 gramos de SJN + 10 ml de agua desionizada aplicado en caliente	El adhesivo ha cuarteado en trozos más pequeños hasta romperse.	
15 gramos de SJN + 20 ml de agua desionizada aplicado en caliente	El adhesivo ha curvado y cuarteado sin llegar a romperse del todo.	

Por ello, fue imposible conseguir una lámina adecuada que se adaptara al ensayo de flexibilidad, por lo que finalmente se decidió no realizarla.

8.3. Otros datos técnicos de la instrumentación utilizado

8.3.1. Electronic adhesión Tester KN-10

- Normas: EN 24624, ISO 4624-78, ASTM D 4541-95 para capas de pintura y EN 1015-12 para revestimientos y morteros en construcción.
- Escala: 5-1000 kg/f (desde 0,05 a 10.00 KN).
- Resolución: 1 kg/f.
- Versión: 0302700 probador de adherencia electrónica de acuerdo a la norma UNE EN 1015-12.

Equipamiento básico:

Modelo para construcción, morteros y revestimientos (EN 1015-12) (código Neurtek 0302700):

- Probador de adherencia.
- 5 soportes de aluminio de 50 mm de diámetro.
- Trépano de 50 mm de diámetro o herramienta de corte de carburo de tungsteno.
- Bola de tracción de 75 mm y enchufe conjunto.
- Arandela de apoyo.
- Llave Allen de 2,5 mm.
- Adhesivo.
- Maleta de transporte.

8.3.2. Visco Star Plus

Características principales:

- Lectura directa en una pantalla de cristal iluminada.

- Datos de la pantalla:
 - RPM velocidad seleccionada.
 - Husillo seleccionado SP.
 - CP lectura viscosidad (mPa.s) o cSt.
 - Porcentaje de escala %.
 - Temperatura de la muestra C° F°
 - Velocidad de deformación (con husillos coaxiales) SR (s⁻¹).
 - Esfuerzo cortante (con husillos coaxiales) SS (N/m²).
 - Densidad g/cm³.
- Determinaciones relativas y absolutas de viscosidad.
- Lectura de la viscosidad: viscosidad dinámica (cP o mPa · s) o la viscosidad cinemática (cSt).
- Posibilidad de cambiar las unidades de datos de SI a CGS.
- Tiene 19 velocidad fija, 0,3 a 200 rpm.
- El equipo realiza una AUTO-TEST con alarmas acústicas y visuales en caso de cualquier mal funcionamiento.
- Sonido de alarma cuando se trabaja por debajo del 15% de la escala.
- Función AUTO-RANGE.
- 10 memorias de trabajo.
- Lectura de la temperatura por PT100.
- Viscosímetro calibrado por el usuario (viscosidad y temperatura).
- Interfaz: RS232, I2C, Plotter.
- 8 opciones de idioma.
- Software Datalogger: Descargando obtiene resultados a un PC en formato Excel.

8.3.3. Deben Microtest Materials testing modules V5.2

Tiene un software ejecutable con Windows XP y Windows 7 para el control de módulos y de visualización en tiempo real de la curva de fuerza-extensión. También es posible con el software opcional y una tarjeta mostrar las capturas de la pantalla del PC en una televisión, teniendo también opciones como guardar y recuperar imágenes de la muestra.

- 2KN y 5 KN etapa de compresión a la tracción y flexión horizontal

Los módulos microtest 2 kN y 5kN se han diseñado específicamente para permitir la observación en tiempo real de la alta tensión de una muestra con el SEM, microscopio óptico AFM o del sistema DRX.

El conjunto de software de Windows 7XP/07 coge los parámetros y los muestra con una curva de esfuerzo/deformación en directo en la pantalla del ordenador.

Las células de 150 NN a 5kN cubren la mayoría de las aplicaciones, con tasas de extensión de 0.005mm/min a 50mm/min.

Todas las etapas tienen escalas lineales para la medición de elongación y codificadores ópticos para el control de velocidad.

Las opciones incluyen tres y cuatro abrazaderas de flexión de punto, abrazaderas de fibra y adaptadores de montaje para microscopio. Los módulos son controlados por el software de ensayos de tracción Microtest y con sus versiones especiales pueden ajustarse a los requisitos de los clientes.

8.3.4. Espectrofotómetro CM2600D

- Portátil: diseño que se ajusta a su mano, ligero, puede alimentarse por baterías o un adaptador de AC.
- Dos diámetros de medición: puede seleccionarse de 8mm o 3 mm, en base de lo que se va a medir.
- Compacto: las mediciones pueden tomarse desde muchos ángulos distintos.
- Pantalla de cristal líquido (LCD): tiene visualizaciones múltiples, y presenta una función de inversión para que la pantalla pueda leerse sin importar que mano sostiene el dispositivo.
- Fácil de usar: solo tiene dos botones principales, uno para medir y el otro, la rueda de navegación, que recorre las opciones y se presiona para seleccionar.
- Mediciones SCI y SCE: puede calcular y exhibir ambas simultáneamente.

- Seis idiomas: inglés, español, francés, alemán, italiano y japonés.
- Software opcional SpectraMagic™ NX: permite a los usuarios realizar una inspección y análisis de color exhaustivos.
- Visor iluminado: hace aún más fácil la toma de mediciones.

8.3.5. Xilohigrómetro

Datos técnicos del Testo 606-2:

- Sensores: Resistencia eléctrica (medición de la conductividad), sensor de humedad Testo, sensor de temperatura NTC.
- Parámetros de medición: % humedad del material (madera, material de construcción), %HR, td, wb, °C, °F.
- Rangos de medición: Humedad del material.
Material 1: 9.0 – 93.7 % - Material 7: 0.0- 22.9%;
-10 -50°C, 14 – 122 °F,
0 – 100 %
- Directiva CE: 89/336/CEE.

8.4. Otros instrumentales utilizados

8.4.1. Fotografías con cámara Canon EOS 1100D

Para el estudio fotográfico de los procesos realizados durante el trabajo se ha utilizado la cámara fotográfica de la casa Canon, modelo EOS 1100D.

Es una cámara SLR digital de alto rendimiento, con un sensor CMOS incorporado de elevado nivel de detalle con aproximadamente 12,2 megapíxeles efectivos. DIGIC 4. AF de 9 puntos de alta precisión y alta velocidad, disparos en serie aproximadamente de 3 fps, disparo con Visión en Directo y grabación video de alta definición. La cámara responde rápidamente al fotografiar en cualquier momento, proporciona muchas funciones adecuadas para la fotografía avanzada ofreciendo otras características.

8.4.2. Balanza de precisión KERN 440

La balanza de precisión electrónica modelo KERN 440 versión 4.1 09/2009 E determina el peso del material de pesaje (img.56). Esta balanza ha sido diseñada como balanza no auto-

mática, es decir, que el material de pesaje se tiene que colocar de manera manual y cuidadosa en el centro del platillo de pesaje. En cuanto se obtenga el valor de pesaje estable, se puede proceder a leer el valor indicado en la balanza. Tiene una capacidad máxima de 40 g y una mínima de 0,001 g (tabla 38).

Tabla 38. Datos técnicos.

KERN	440 -21N	440 -21A	440 -33N
Lectura (d)	0,001 g	0,001 g	0,01 g
Gama de pesaje (max)	40 g	60 g	200 g
Gama de taraje (substractivo)	40 g	60 g	200 g
Reproducibilidad	0,001 g	0,001 g	0,01 g
Linealidad	±0,003 g	±0,003 g	±0,02 g
Peso mínimo de pieza con piezas contadas	0,002 g	0,002 g	0,02 g
Tiempo de calentamiento	2 horas	2 horas	30 minutos
Cantidad de piezas referencial con piezas contadas	5, 10, 25, 50		
Unidades de pesaje Pormenores	„Unidades de pesaje“ cap. 7.9		
Peso de ajuste recomendado, no adjunto (clase)	40g (F1)	50g (F2)	200g (M1)
Tiempo de estabilización (típico)	3 sec.		
Temperatura de servicio	+ 5° C + 35° C		
Humedad del aire	max. 80 % (no condensado)		
Carcasa (A x p x a) mm	165 x 230 x 80		
Plataforma de pesaje mm	Ø 81	Ø 81	Ø 105
Peso kg (neto)	1,0	1,0	1,0
Dispositivo de pesaje sumergido	-	-	Estándar
Gancho de pesaje sumergido	-	-	Opción

8.5. Datos de la silicona empleada

Es un caucho de silicona altamente resistente, compuesto por dos componentes, una solución fluida y un endurecedor SILASTIC 83, que al mezclarlos catalizan a temperatura ambiente, mediante una reacción de condensación (tabla 39).

Tabla 39. Propiedades de la silicona empleada en el molde para probetas de reversibilidad.

PROPIEDADES	VALOR
Mezcla de base y agente de curad (100:5 en peso)	
Viscosidad en la mezcla	15.000
Color	Azul claro
Tiempo de aplicación de la mezcla catalizada a 23°C (73,4 °F)	90-120
Tiempo de curado	24 h
Curado después de 7 días a 23°C (73,4 °F)	
Dureza (shore A)	
Resistencia a la tracción	2.1
Alargamiento a la rotura	450
Resistencia al desgarre	6
Densidad relativa a 23°C (73,4 °F)	1,15
Contracción lineal	0,4-0,5

8.6. Imágenes de las pruebas de reversibilidad

Estas son unas de las imágenes de como se comprobó la reversibilidad de los adhesivos en las pruebas de reversibilidad en diferentes disolventes de cada adhesivo (img. 216 - 220):

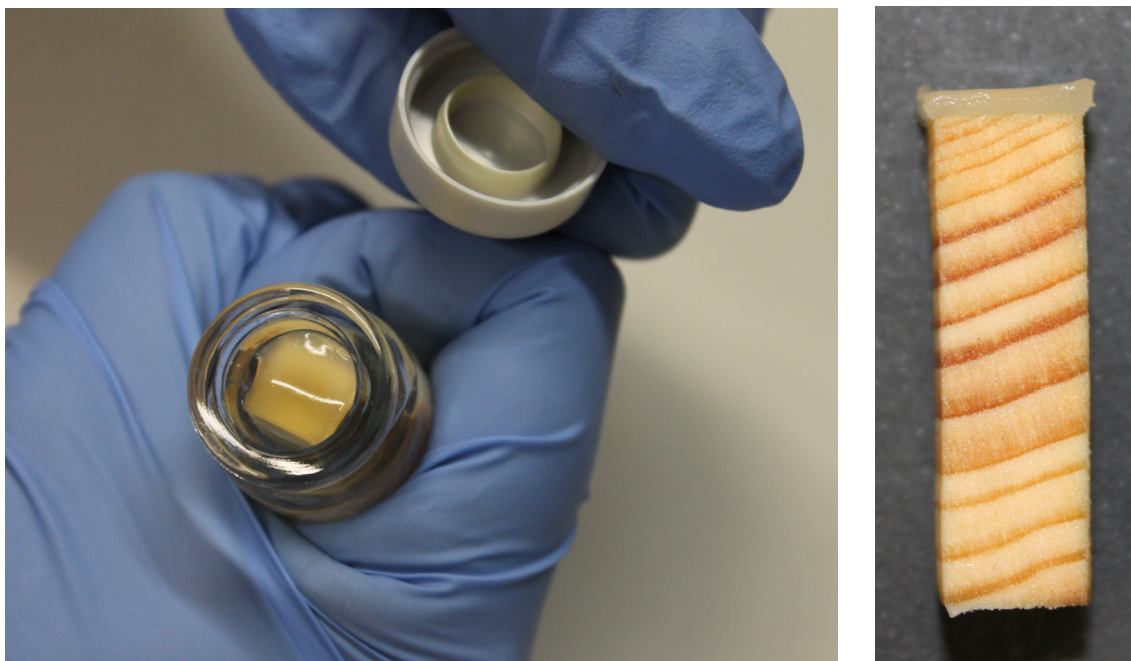


Imagen 216 y 217. Probeta dentro del disolvente y capa de adhesivo hinchada.

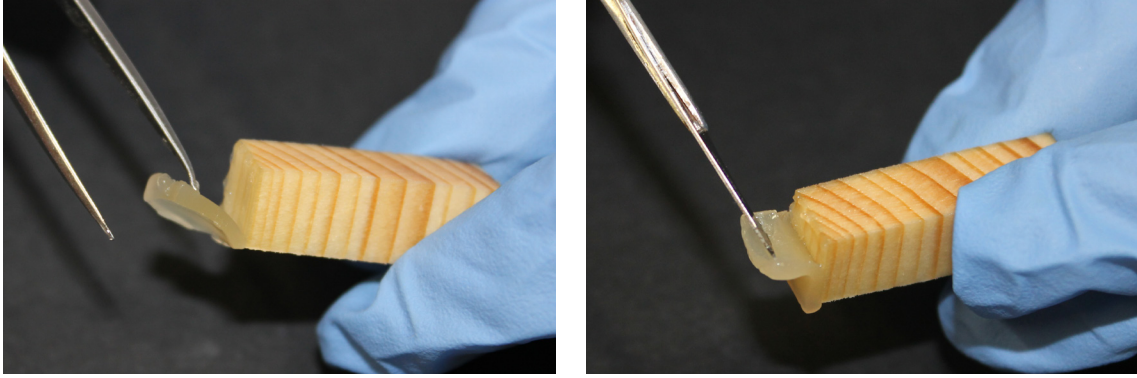


Imagen 218 y 219. Retirada de la capa de adhesivo con pinzas y bisturí.

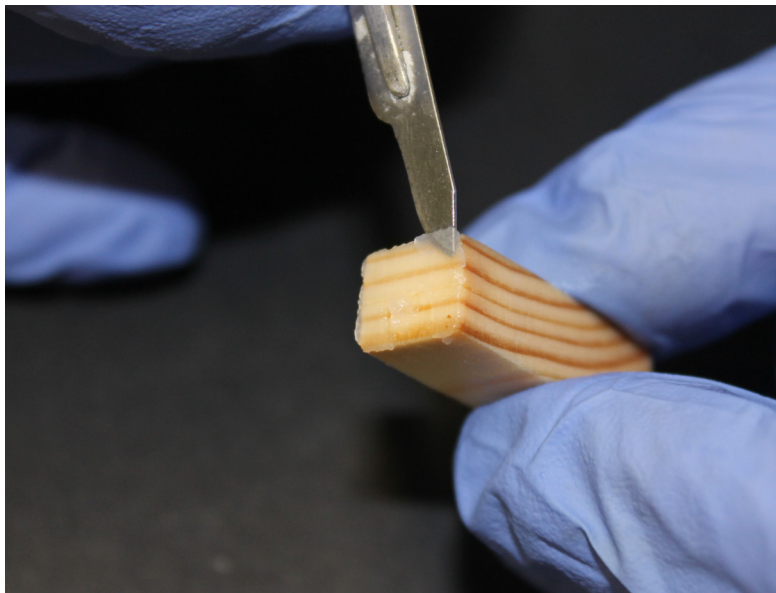


Imagen 220. Levantamiento de la capa de adhesivo con bisturí.



Imagen 211. Detalle de como no puede ser retirado.

8.7 Disolventes utilizados en la prueba de reversibilidad.

A continuación se describen detalladamente los cuatro disolventes utilizados en la prueba de reversibilidad.

Agua desionizada:

El agua o H_2O , es una sustancia sin olor, color ni sabor, que se encuentra en la naturaleza en estado más o menos puro, formando ríos, lagos y mares, ocupando las tres cuartas partes del mundo (cubre cerca del 71 % de la corteza terrestre), formando parte también de los seres vivos, siendo esencial para la supervivencia de todos los seres vivos. La molécula está constituida por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno.

Acetona:

La acetona o dimetil cetona, 2 propanona y beta ketopropane, con una fórmula química $CH_3(CO)CH_3$, es un compuesto químico del grupo de las cetonas, que se encuentra naturalmente en el medioambiente formándose a través de las plantas, árboles, gases volcánicos, incendios forestales y como producto de la descomposición de la grasa corporal. Los procesos industriales también pueden aportarlo. A temperatura ambiente se presenta como un líquido incoloro, inflamable y con un olor muy penetrante. Se evapora fácilmente, el vapor es más denso que el aire, y puede extenderse a ras del suelo. Es empleado como disolvente orgánico y es soluble en agua.

Alcohol etílico:









El etanol o alcohol etílico CH_3-CH_2-OH (C_2H_6O), es un compuesto químico del grupo de los alcoholes. Es un líquido incoloro, con un olor característico, inflamable y de alta volatilidad, siendo sus vapores más pesados que el aire. Es soluble en agua a cualquier proporción. Se obtiene principalmente al tratar el etileno con ácido sulfúrico concentrado con su posterior hidrólisis. También puede obtenerse de forma natural a través de la fermentación, por medio de las levaduras de algunos alimentos. Es muy utilizado como disolvente en muchos campos como fármacos, plásticos, cosméticos, entre otros.

Xileno:

El xileno, xilol o dimetilbenceno $C_6H_4(CH_3)_2$, es un hidrocarburo obtenido de los gases de coque (gases combustibles que arden con llama luminosa y que se forman por destilación seca de hulla o carbón de piedra sin aire, a unas temperaturas de 1200 - 1300°C) o de los gases obtenidos de la destilación seca de la madera (de ahí su nombre xilol que significa madera en griego) y en algunos petróleos. Se trata de un líquido incoloro, inflamable y de un olor similar al tolueno, soluble en alcohol y en éter, e insoluble en agua. Industrialmente, los xilenos son buenos disolventes y se usan como tales. También se utilizan para la producción del ácido tereftálico que es el compuesto de partida para la obtención de poliésteres, también para lacas, esmaltes industriales y forman parte de varias formulaciones de combustibles de gasolina donde destacan por su elevado índice de octano.








8.8. Fichas técnicas

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ACETONA		ICSC: 0087 Abril 2009	
CAS: 67-64-1 RTECS: AL3150000 NU: 1090 CE Índice Anexo I: 606-001-00-8 CE / EINECS: 200-662-2		2-Propanona Dimetil cetona Metil cetona $C_3H_6O / CH_3-CO-CH_3$ Masa molecular: 58.1	
			
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, espuma resistente al alcohol, agua en grandes cantidades o dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Las mezclas vapor/aire son explosivas. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICIÓN			
Inhalación	Dolor de garganta. Tos. Confusión mental. Dolor de cabeza. Vértigo. Somnolencia. Pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio y reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Piel seca.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa.	Gafas de protección de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Náuseas. Vómitos. (Ver Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Enjuagar la boca. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Eliminar toda fuente de ignición. Ventilar. Protección personal: filtro para gases y vapores orgánicos de bajo punto de ebullición adaptado a la concentración de la sustancia en el aire. NO verterlo en el alcantarillado. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. Eliminarlo a continuación con agua abundante.		Clasificación UE Símbolo: F, Xi R: 11-36-66-67 S: (2)-9-16-26 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: II Clasificación GHS Peligro Líquido y vapores muy inflamables. Provoca irritación ocular.	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Código NFPA: H1; F3; R0		A prueba de incendio. Separado de: Ver Peligros Químicos. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.	
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2009			
 IPCS International Programme on Chemical Safety	 WHO	 ILO	 UNEP
	 MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACIÓN	 INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO	


VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ACETONA		ICSC: 0087 Abril 2009	
CAS: RTECS: NU: CE Índice Anexo I: CE / EINECS:	67-64-1 AL3150000 1090 606-001-00-8 200-662-2	2-Propanona Dimetil cetona Metil cetona C ₃ H ₆ O / CH ₃ -CO-CH ₃ Masa molecular: 58.1	
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, espuma resistente al alcohol, agua en grandes cantidades o dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Las mezclas vapor/aire son explosivas. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICIÓN			
Inhalación	Dolor de garganta. Tos. Confusión mental. Dolor de cabeza. Vértigo. Somnolencia. Pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio y reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Piel seca.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa.	Gafas de protección de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Náuseas. Vómitos. (Ver Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Enjuagar la boca. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Eliminar toda fuente de ignición. Ventilar. Protección personal: filtro para gases y vapores orgánicos de bajo punto de ebullición adaptado a la concentración de la sustancia en el aire. NO verterlo en el alcantarillado. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. Eliminarlo a continuación con agua abundante.		Clasificación UE Símbolo: F, Xi R: 11-36-66-67 S: (2)-9-16-26 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: II Clasificación GHS Peligro Líquido y vapores muy inflamables. Provoca irritación ocular.	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Código NFPA: H1; F3; R0		A prueba de incendio. Separado de: Ver Peligros Químicos. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.	
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2009			
 IPCS International Programme on Chemical Safety	 WHO	 UNEP	
 MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACIÓN		 INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO	

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ETANOL (ANHIDRO)	ICSC: 0044 Octubre 2000
Alcohol etílico	
CAS: 64-17-5 RTECS: KQ6300000 NU: 1170 CE Índice Anexo I: 603-002-00-5 CE / EINECS: 200-578-6	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} / \text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ Masa molecular: 46.1
	

TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con oxidantes fuertes.	Polvo, espuma resistente al alcohol, agua en grandes cantidades, dióxido de carbono,
EXPLOSIÓN	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
Inhalación	Tos. Dolor de cabeza. Fatiga. Somnolencia.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
Piel	Piel seca.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar con agua y jabón.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Quemazón.	Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Sensación de quemazón. Dolor de cabeza. Confusión. Vértigo. Pérdida del conocimiento.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO
Ventilar. Eliminar toda fuente de ignición. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos. Eliminar el residuo con agua abundante.	Clasificación UE Símbolo: F R: 11 S: (2)-7-16 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: II

RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S1170. Código NFPA: H 0; F 3; R 0;	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes.

IPCS International Programme on Chemical Safety						
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2005						

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ETANOL (ANHIDRO)

ICSC: 0044

DATOS IMPORTANTES

ESTADO FÍSICO; ASPECTO:

Líquido incoloro, de olor característico.

PELIGROS FÍSICOS:

El vapor se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas.

PELIGROS QUÍMICOS:

Reacciona lentamente con hipoclorito cálcico, óxido de plata y amoníaco originando peligro de incendio y explosión. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes tales como ácido nítrico, nitrato de plata, nitrato de mercurio o perclorato magnésico, originando peligro de incendio y explosión.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN:

TLV: 1000 ppm (como TWA), A4 (no clasificable como cancerígeno humano) (ACGIH 2004).
MAK: 500 ppm; 960 mg/m³; Categoría de limitación de pico: II(2), Cancerígeno: categoría 5, Mutágeno: categoría 5, Riesgo para el embarazo: grupo C (DFG 2004).

VÍAS DE EXPOSICIÓN:

La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y por ingestión.

RIESGO DE INHALACIÓN:

Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante lentamente una concentración nociva en el aire.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN:

La sustancia irrita los ojos. La inhalación de altas concentraciones del vapor puede originar irritación de los ojos y del tracto respiratorio. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA:

El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afectar al tracto respiratorio superior y al sistema nervioso central, dando lugar a irritación, dolor de cabeza, fatiga y falta de concentración. Ver Notas.

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de ebullición: 79°C
Punto de fusión: -117°C
Densidad relativa (agua = 1): 0,8
Solubilidad en agua: miscible
Presión de vapor, kPa a 20°C: 5,8
Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1,6

Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1,03
Punto de inflamación: 13°C c.c.
Temperatura de autoignición: 363°C
Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 3.3-19
Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.32

DATOS AMBIENTALES

NOTAS

El consumo de etanol durante el embarazo puede afectar al feto. La ingesta crónica de etanol puede causar cirrosis hepática. El punto de inflamación de la disolución acuosa al 50% es 24°C. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en abril de 2005: ver Límites de exposición.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2013):

VLA-EC: 1000 ppm; 1910 mg/m³









Notas: Esta sustancia tiene prohibida total o parcialmente su comercialización y uso como fitosanitario y/o biocida.

Nota legal

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

© IPCS, CE 2005

Fichas Internacionales de Seguridad Química

o-XILENO		ICSC: 0084 Marzo 2002	
CAS: RTECS: NU: CE Índice Anexo I: CE / EINECS:	95-47-6 ZE2450000 1307 601-022-00-9 202-422-2	orto-Xileno 1,2-Dimetilbenceno o-Xilol $C_6H_4(CH_3)_2$ / C_8H_{10} Masa molecular: 106.2	
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, agua pulverizada, espuma, dióxido de carbono,
EXPLOSIÓN	Por encima de 32°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Por encima de 32°C, sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra).	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICIÓN		¡HIGIENE ESTRICTA! ¡EVITAR LA EXPOSICIÓN DE MUJERES (EMBARAZADAS)!	
Inhalación	Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Piel seca. Enrojecimiento.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas de protección de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Sensación de quemazón. Dolor abdominal (para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Ventilar. Eliminar toda fuente de ignición. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal complementaria: Filtro respiratorio para vapores orgánicos y gases).		Clasificación UE Símbolo: Xn R: 10-20/21-38 S: (2-)25 Nota: C Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: III	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S1307-III Código NFPA: H 2; F 3; R 0;		A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes y ácidos fuertes.	
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2005			
 IPCS International Programme on Chemical Safety	 WHO	 ILO	 UNEP
	 MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACIÓN	 INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO	

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

o-XILENO		ICSC: 0084
DATOS IMPORTANTES		
<p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO Líquido incoloro, de olor característico.</p> <p>PELIGROS FÍSICOS Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS Reacciona con ácidos fuertes y oxidantes fuertes.</p> <p>LÍMITES DE EXPOSICIÓN TLV: 100 ppm como TWA; 150 ppm como STEL; A4; BEI establecido (ACGIH 2001). UE OEL: 50 ppm como TWA; 100 ppm como STEL (piel) (EU 2000).</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante lentamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN La sustancia irrita los ojos y la piel. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y la consiguiente neumonitis química.</p> <p>EFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La exposición a esta sustancia puede potenciar el daño auditivo causado por la exposición a ruido. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.</p>	
PROPIEDADES FÍSICAS		
<p>Punto de ebullición: 144°C Punto de fusión: -25°C Densidad relativa (agua = 1): 0,88 Solubilidad en agua: ninguna Presión de vapor, kPa a 20°C: 0,7 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3,7</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1,02 Punto de inflamación: 32°C c.c. Temperatura de autoignición: 463°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 0,9-6,7 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 3,12</p>	
DATOS AMBIENTALES		
La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos.		
NOTAS		
Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Aplicar también las recomendaciones de esta ficha a xileno de grado técnico. Consultar también la ficha FISQ 0086 p-Xileno y FISQ 0085 m-Xileno. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en enero de 2008: ver Límites de exposición.		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
<p>Límites de exposición profesional (INSHT 2014):</p> <p>VLA-ED: 50 ppm; 221 mg/m³</p> <p>VLA-EC: 100 ppm; 442 mg/m³</p> <p>Notas: vía dérmica.</p> <p>VLB: 1 g/g creatinina en orina de ácidos metilhipúricos.</p>		
NOTA LEGAL	Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.	
© IPCS, CE 2005		

Bibliografía



9. Bibliografía

MONOGRAFÍAS Y PUBLICACIONES SERIADAS

CARRERAS RIVERY, R. Identificación microscópica de las 25 maderas europeas más frecuentes en bienes culturales [Sin publicar] Manual de consulta para conservadores y restauradores del patrimonio cultural, 2013. Principios y técnicas asociadas a la identificación de soportes de madera. Universidad Politécnica de Valencia. Curso 2013/2014.

DE LA LASTRA, Maria. *Cómo restaurar muebles antiguos: manual básico para principiantes*. Prólogo de MURIEDAS, Ramón. Casa y decoración. Alianza Editorial, 1999. ISBN: 84-206-3863-3

EMARY, Alfred Bethuen; DE LA CERA ALONSO, José. *Curso de carpintería y ebanistería: incluye manejo de maquinaria*. Limusa, 2008. ISBN: 9789681842222

GARCIA ESTEBAN, Luis; GINDEO CASASÚS, Antonio; PERAZA ORAMAS, Cesar, DE PALACIOS DE PALACIOS; Paloma. La madera y su anatomía. Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar. Ediciones Mundi-Prensa. AiTIM. 2003. ISBN: 84-8476-153-3 / 84-87381-23-5

GÓMEZ GONZÁLEZ, Marisa; GÓMEZ ESPINOSA, Teresa. Diagnóstico y metodología de restauración en la escultura policromada. *Arbor*, 2001, vol. 169, no 667-668, p. 613-644. La Ciencia para los restauradores: Materiales Limpieza Adhesivos y recubrimientos Archetype Publications Ltd. 6 fitzrore Square London WIT 5HTJ ISBN 9781904982685

GONZÁLEZ, María Luisa Gómez; GÓMEZ, María Luisa. *La restauración: examen científico aplicado a la conservación de obras de arte*. Ediciones Catedra, 2005. ISBN 9788437616377

GRAHAM Weaver, Ciencia para los restauradores: Materiales, limpieza, adhesivos y recubrimientos. Traducido por FUSTER-LOPEZ Laura, YUSA-MARCO, Dolores Julia. Antique Collecto-usa, edición ilustrada, 2012. ISBN: 1904982689, 9781904982685

GUILLAUME, Janneau. Fórmulas y secretos de taller: para el trabajo de la madera y del mueble. Ediciones G.Gili, S.A. Buenos Aires. 1957.

GUTIÉRREZ, ORTIZ, Jaime. *Carpintería de madera*. Fundación Escuela de la Edificación, 2004. ISBN: 978-84-86957-95-7

HOUWINK, Roelof, SALOMON, G. Adherencia y adhesivo Volumen 1. Editorial Urmo, 1978. ISBN: 8431403195, 9788431403195.

HOUWINK, Roelof, SALOMON, G. Adherencia y adhesivo Volumen 2. Editorial Urmo, 1978. ISBN: 8431403187, 9788431403188.

JACKSON, Albert; DAY, David. *Manual completo de la madera, la carpintería y la ebanistería*.

Ediciones del Prado, SA, 1993. ISBN: 84-7838-342-5 JACKSON, Albert; DAY, David. *Manual completo de la madera, la carpintería y la ebanistería*. Ediciones del Prado, SA, 1993. ISBN: 84-7838-342-5

JOHNSON, Hugh. *La madera*. Blume, 1986 ISBN: 84-7031-090-9

MATTEINI, Mauro; MOLES, Arcangelo. *Ciencia y restauración*. Prologo de Umberto Baldini. Traducido por MMARTINEZ DE MARAÑON, Marina. Editorial NEREA, 1996. ISBN: 84-89569-53-3

MATTEINI, Mauro; MOLES, Arcangelo. *La química en la restauración: los materiales del arte pictórico*. Traducción de BRUNO, Emiliano, LAIN, Giuliana. Editorial Nerea, 2001. 978-84-89569-54-6

MERINO, Andres. Biblioteca Atrium de la Carpintería. Tomo III. Carpintería de taller y de armar. Editorial Oceano/Centrum, 1993. ISBN: 847764862X

MERINO, Andres. Biblioteca Atrium de la Carpintería. Tomo IV. Oficios afines. Editorial Oceano/Centrum, 1993. ISBN: 8477648638

PEÑA VIGNOTE, Santiago; JIMENEZ PERIS, Francisco Javier. *Tecnología de la madera*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Mundi-Prensa Libros, 2006. ISBN: 84-7114-665-7

REY, Susana Martín. *Introducción a la conservación y restauración de pinturas: pintura sobre lienzo*. Universidad Politécnica de Valencia, 2005. ISBN: 84-9705-868-2

RODRIGUEZ BARREAL, J. A. Patología de la madera. Ediciones Mundi Prensa Libros S.A, 1998. ISBN: 84-86793-44-0

SAN ANDRÉS MOYA, Margarita, DE LA VIÑA FERRER, Sonsoles. Fundamentos de química y física para la conservación y restauración, Volumen 2. Síntesis, 2004. ISBN: 8497561627, 9788497561624.

SKEIST, Irving. Manual de adhesivos. 1966. ISBN: 978-968-260-043-2.

SOLER, Manuel. *Mil maderas*. Universidad Politécnica de Valencia, 1º edición, 2001. ISBN: 978-84-9705-034-0

VIVANCOS RAMÓN, Victoria. La conservación y restauración de pintura de caballete. Pintura sobre tabla. Tecnos, 2007. Madrid. ISBN: 84-3094-651-8.

VIVANCOS RAMÓN, Victoria; PÉREZ MARÍN, Eva. La conservación y restauración de pintura de caballete. Prácticas de pintura sobre tabla. Editorial UPV, Valencia, 2002. (Libro de apuntes).

YARWOOD, Alfred. *Carpintería*. Traducido por GONZALEZ SANZ-AGÜERO, Maria Luisa.

Ediciones Pirámide S.A, 1987. ISBN: 84-368-03677-1

ZUNZUNEGUI DE MESALLES, Jaime. Restauración básica de muebles y nociones de pintura decorativa. Ed. Visión Libros, 2010. ISBN: 978-84-9886483-0

CATÁLOGOS EMPRESA

G.C. AGAR AGAR, S.L. Productos de conservación y restauración. Listado de productos de restauración. 2009

ARTICULOS DE REVISTA

ARQUILLO TORRES, Francisco. Las colas: adhesivos naturales y sintéticos. *R & R: Restauración & rehabilitación*, 2001, no 50, p. 70-75.

BAILACH BARTRA, Clara, FUSTER LÓPEZ, Laura., YUSA MARCO, Dolores, TALENS OLIAG, P., VICENTE PALOMINO, Sofía. Gelatinas y colas para el uso en tratamientos de restauración. Estado de la cuestión. *Arché*, 2011, no 6, p. 17-22.

BENÍTEZ TELLES, Julio Enrique; OLIVER VILLANUEVA, Jose Vicente; IBIZA PALACIOS, María De Sales; MARTÍNEZ RUIZ, Guillermo; GRAFIÁ SALES, Jose Vicente.; VIVANCOS RAMÓN, María Victoria. Valoración de los tratamientos de consolidación de madera deteriorada comparando los valores de módulo de elasticidad antes y después de los tratamientos. *Arché*, 2008, no 3, p. 97-102.

GARCÍA RAMOS, Rosaura; RUIZ DE ARCAUTE MARTÍNEZ, Emilio. La escultura policromada. Criterios de intervención y técnicas de estudio. *Arbor: Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 2001, vol. 169, no 667-668, p. 645-676

GARÓFANO MORENO, Isabel. Materiales orgánicos naturales presentes en pinturas y policromías. Naturaleza, usos y composición química. *PH: boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 2011, no 80, p. 56-71

Manzano, E; Romero-Pastor, J; Navas, N; Rodríguez-Simón, L.R; Cardell, C. A study of the interaction between rabbit glue binder and blue copper pigment under UV radiation: A spectroscopic and PCA approach. Dept. of Analytical Chemistry, University of Granada, Fuentenueva s/n, 18071 Granada, Spain, 2010. P.260-268

RODRÍGUEZ-ANDA, R.; FUENTES-TALAVERA, F. J. Factores que intervienen en el proceso de envejecimiento de la madera. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 2003, vol. 9, no 1, p. 95-100.

SEDANO ESPÍN, Pilar. Desde los materiales tradicionales a los nuevos materiales y métodos aplicados en la conservación de obras de arte. *Arbor*, 2001, vol. 169, no 667-668, p. 577-589.

TORRAS, M. Ángeles Calvo; ADELANTADO, Carles; MARÍN, Esther Corcuera. 18. Principales características de los hongos causantes de alteraciones en materiales celulósicos. *revista ph*, 2005, no 53 Especial.

VILLAR RUIZ, Lara; MARTÍN REY, Susana. Estudio formal y compositivo de films adhesivos no tóxicos empleados en la protección y consolidación del estrato pictórico: análisis de la pérdida de masa y rango de dureza. En *Arché*. Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV, 2010. p. 131-138.

RECURSOS WEB

Academic. Unidades de Viscosidad. <<http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/1183218>>

Amigos de la Egiptología <<http://www.egiptologia.com/museos-y-exposiciones/113-exposiciones-temporales/3339-interfaces-retratos-de-el-fayum.html>>

Caborian <<http://www.caborian.com/foro/index.php?topic=114246.0>>

Deben. The microscope accessory experts http://deben.co.uk/wp-content/uploads/2013/08/MT-manual-6_13-May-2013-SW_V6_2_65-only.pdf

Deben. The microscope accessory experts <<http://deben.co.uk/products/mini-tensile-tester-testing/2kn-5kn-tensile-compression-and-horizontal-bending-stage/>>

G.C. AGAR AGAR, S.L. <http://www.agaragar.net/>

Gelita. Improving Quality of life <<http://www.gelita.com/es/soluciones-y-productos/propiedades-viscoelasticas>>

Hanna Instruments http://www.hannainst.com/usa/electrode_care.cfm

ICT S.L. Instrumentación científica técnica. <<http://www.sun-way.com.tw/Files/DownloadFile/VISCOSTARPlus.pdf>>

Ilustrados <http://www.ilustrados.com/tema/511/Colas-animales.html>

J.Bagot Arqueología <<http://www.jbagot.com/obra/sarcofago-con-momia-humana>>

José Berenguer. NTP 164: Colas y adhesivos. Tipos y riesgos higiénicos.

http://insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/101a200/ntp_164.pdf

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0044.pdf>

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0084.pdf>

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0087.pdf>

JR Instruments <<http://www.jrinstruments.com/products-view.php?category=8>>

Kern & Sohn <http://www.kern-sohn.com/>

Neuter Instruments http://www.neurtek.com/catproductos/fichas/130_NeuAdhesionTesting.pdf

Olympus System Microscopes <http://www.alanwood.net/downloads/olympus-bh-2-brochure.pdf>

Paleorama en Red. <<http://arqueologia-paleoramaenred.blogspot.com.es/2011/02/lanza-de-madera-de-hace-38000-anos-en.html>>

Serbia Internacional <<http://voiceofserbia.org/es/content/el-fen%C3%B3meno-de-lepenski-vir>>

TAO, Arbey Orlando Vargas. Colas animales.< <http://www.ilustrados.com> >

Textos científicos. Com <<http://www.textoscientificos.com/quimica/adhesivos>>

Textos científicos. Com <http://www.textoscientificos.com/quimica/adhesivos/tipos>

Time Rime <<http://timerime.com/es/evento/1413600/La+Rueda/>>

VALENTIN, Nieves; GARCIA, Rafael. El biodeterioro de materiales orgánicos. *Instituto del Patrimonio Histórico Español, pdf*, 2008. <www.abracor.com.br/novosite/downloads/nieves_valentin >

Agradecimientos



10. Agradecimientos.

Quiero expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que han colaborado y han hecho posible la realización de este trabajo.

En primer lugar, quiero mostrar mi mayor agradecimiento a mis dos tutores. En primer lugar a José Vicente Grafía Sales, por haberme ofrecido tantas facilidades en la elaboración de las probetas para este trabajo de final de máster, haciendo uso del aula las veces que lo he necesitado, otorgándome sus muchos conocimientos en el campo de la madera, adhesivos naturales y en trabajos de carpintería, muchas gracias. En segundo lugar, y con mucho cariño a José Manuel Simón Cortés, por tantas horas dedicadas a este trabajo, por su paciencia y comprensión en todo momento, por su confianza depositada en mi, por tantas risas en todo este tiempo, que han hecho de este trabajo, el más ameno y agradable posible, haciendo que disfrutase de cada prueba realizada y cada conocimiento adquirido. Porque has sido un gran director, mil gracias por estar ahí en todo momento.

Gracias al departamento de conservación y restauración de bienes culturales y al Instituto de restauración de Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia, en especial a Laura Osete, por sus horas dedicadas en la realización de cada ensayo. A Sofía Vicente Palomino, José Regidor y Xaviér Más por el instrumental prestado para la realización de los ensayos.

A ese grupo que se formó junto a mi desde el primer año de bellas artes, y que a día de hoy, siguen conmigo, apoyándome en este trabajo, gracias a todas vosotras, Elena, Ángela, Marisé, Patricia, Ana, Jenifer, y especialmente a ti, Laura, mi compañera de adhesivos sintéticos, y como no, mi grandísima amiga. Gracias por estos años, porque no solo he tenido el privilegio de poder estudiar junto a ti en lo que a la restauración se refiere, si no que hemos podido trabajar juntas un año como Servipolis, disfrutando un año más de tu compañía, y como no, la compañía de un magnífico jefe.

A esas amigas que también se han involucrado ayudándome en el trabajo, Angels, Bea, Sherina y Deborah. A Sara, Gemma y Noelia, por todas esas noches que hemos salido de casa para no tener que pensar en el trabajo.

A mi familia, especialmente a mis padres, sobre todo a mi hermana y a mi pareja por apoyarme y por la ayuda prestada en este tiempo, gracias por estar siempre ahí.

De nuevo, mil gracias a todos por haber hecho posible este trabajo.

