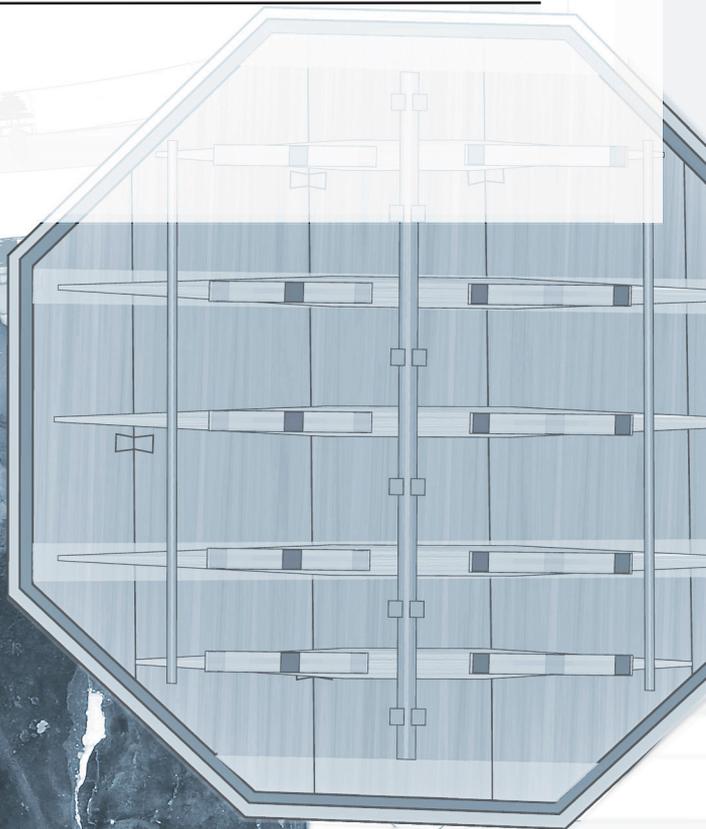


DISEÑO DE UN SISTEMA ELÁSTICO DE ESTABILIZACIÓN Y REFUERZO PARA UNA PINTURA SOBRE TABLA

EL CASO DE LA RESURRECCIÓN



TESINA FINAL DE MÁSTER

AUTOR: Cristina Marco Martínez
TUTORES: Dra. Eva Pérez Marín
Dra. M^o Victoria Vivancos Ramón



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



Máster en Conservación y Restauración de
Bienes Culturales
Universidad Politécnica de Valencia
Curso 2012/2013

RESUMEN:

El presente trabajo final de máster trata de establecer el sistema de estabilización y refuerzo más apropiado para el soporte de una pintura sobre tabla del siglo XVI-XVII, *La Resurrección*. Para ello, se estudian las características propias de la madera, responsables del comportamiento y de la buena o mala conservación de la pintura sobre tabla; y la evolución de los sistemas de refuerzo utilizados en la construcción de soportes; atendiendo particularmente a los sistemas elásticos que se han venido utilizando en los procesos de restauración de los últimos años, y que comprenden a la madera como un material dinámico y cambiante. Al mismo tiempo, es necesario observar y entender la tabla de *La Resurrección*, su construcción, características técnicas, peculiaridades y patologías; así como valorar el ambiente en que va a exponerse, para diseñar un sistema adecuado.

Este trabajo pretende dar a entender que la restauración de los soportes de madera requiere de un proceso de estudio crítico; que no es suficiente con una gran habilidad manual o técnica; y que no todos los sistemas son válidos para todas las obras.

ABSTRACT:

The following research tries to design the auxiliary supports system most suitable on XVI and XVII century panel painting, titled *The Resurrection*. For this purpose, we studied wood structure and features, which are responsible of good or bad conservation statement of panel paintings. We also studied the evolution of auxiliary structures in the back of paintings and we focused on flexible auxiliary support systems used recently, and which see wood is a dynamic material, continually shrinking and swelling. At the same time, it is important to study and to understand the Resurrection's panel painting structure, technical specifications and pathologies; as well as to assess his exposure environment, in order to design a right auxiliary support System.

This research aims to show that conservation of panel painting supports is a carefully calculated process: manual ability is not enough and not all structural treatments could be useful for all panel paintings.

a mi madre

ÍNDICE:

1. Introducción	5
2. Objetivos	6
3. Metodología	7
4 La madera	8
4.1. Aspectos anatómicos	8
4.2. Propiedades	9
5. Evolución de los sistemas de refuerzo tradicionales	13
5.1. Construcción de soportes	13
5.2. Antiguas intervenciones	14
6. Sistemas actuales de estabilización y refuerzo	15
6.1. Adaptación y reutilización de los sistemas tradicionales	16
6.2. Sistemas deslizantes	16
6.3. Sistemas elásticos con muelles	17
6.4. Utilización de elastómeros y otros elementos flexibles	23
6.5. Sistemas de amortiguación o aislamiento	26
7. El caso de La Resurrección	29
7.1. Ficha técnica	29
7.2. Estudio técnico	29
7.3. Estado de conservación	31
7.4. Medición de las deformaciones	35
7.4.1. Cálculo de posibles variaciones dimensionales	35
7.4.2. Medición de las deformaciones	36
7.5. Intervención sobre la obra	40
7.5.1. Eliminación del refuerzo fijo	40
7.5.2. Saneamiento del soporte y reensamblaje	41
7.6. Diseño de un sistema de estabilización y refuerzo	44
7.6.1. Selección del sistema más adecuado	44
7.6.2. Adaptación de un sistema de soporte auxiliar fijo para la tabla de la Resurrección	45
7.6.3. Determinación del grado de flexibilidad de los travesaños elásticos	51
7.7. Realización del nuevo sistema de estabilización y refuerzo	55
7.7.1. Fabricación y montaje	55
7.7.2. Valoración de resultados	57
8. Conclusiones	60
9. Bibliografía	63
10. Anexos	66
10.1. Anexo I. La Resurrección. Intervenciones previas	66
10.1.1. Antiguas intervenciones	66
10.1.2. Intervención previa al tratamiento del soporte	67
10.2. Anexo II. La madera. Tablas de propiedades y especificaciones	69

1. INTRODUCCIÓN:

La realización de este trabajo de final de máster se ha visto motivada por la necesidad de intervenir el soporte de una pintura sobre tabla del siglo XVI-XVII, *La Resurrección*.

Frecuentemente, los soportes de madera no llegan a intervenir con el detenimiento y la evaluación crítica que necesitan, por tratarse de procesos largos y complicados, y porque lo que prima, generalmente, es la estética. Se tiende a restaurar los estratos pictóricos, sin plan- tearse que con casi toda seguridad, la mayor parte de los daños que sufren se debe al estado del soporte; y que si éste no se trata, volverán a reproducirse. Encontramos, por ejemplo, gran cantidad de tablas cuyos estratos pictóricos agrietan una y otra vez en las uniones entre los pa- ños, y en muchas ocasiones los trabajos se limitan a la consolidación, estucado y reintegración, repetidamente, sin pensar en lo que está produciendo ese daño.

Ahora empezamos a darnos cuenta de la importancia del soporte de madera en la conser- vación de las pinturas sobre tabla, y de la complejidad de este tipo de intervenciones, por las propiedades y características particulares de la madera; y por el diferente comportamiento de la madera frente al resto de estratos; preparación y película pictórica.

Para realizar este trabajo, se ha estudiado en profundidad el comportamiento de la ma- dera, y cómo éste afecta a los soportes de la pintura sobre tabla. Además, se han estudiado las formas de construcción de soportes, y la evolución de los procesos de intervención en pintura sobre tabla, deteniéndonos en las intervenciones que se están llevando a cabo sobre los soportes de madera en estos últimos años. Sólo de esta forma hemos podido comprender por qué se producen los daños, y valorar de qué forma podemos tratar un soporte para evitar futuros problemas.

A partir del estudio de los sistemas actuales de estabilización y refuerzo; elásticos, frente a los rígidos sistemas utilizados antiguamente; se ha escogido el más apropiado a las caracte- rísticas de la tabla de *La Resurrección*, y se ha adaptado a sus particularidades. Es importante señalar que los procesos de restauración no son válidos para todas las pinturas, por muy bien que hayan funcionado en una u otra obra, ya que las necesidades de cada tabla son diferentes. Por ello es necesario estudiar la obra, y todo lo que va a influir en su comportamiento, como puede ser el lugar en que va a exponerse tras la restauración, ya que unas condiciones ambien- tales diferentes pueden hacer que nos decantemos por un método u otro. No son las mismas las necesidades de una obra que va a permanecer en un ambiente no controlado, con elevadas fluctuaciones de humedad relativa y temperatura, que las de otra obra que vaya a exponerse en un museo, o incluso dentro de una vitrina, en condiciones estables.

Por último, decir que además de tratar el soporte de *La Resurrección*, y de diseñar y ejecutar un sistema de estabilización y refuerzo para ella, este trabajo ha intentado, a la hora de escoger los materiales para la realización del refuerzo elástico, valorar y comprender la flexibilidad de diferentes materiales encontrados en el mercado. Con este fin se ha realizado un ensayo de flexión estática que nos permitiera observar el comportamiento de dichos listones, y seleccio- nar el más adecuado para la tabla y el sistema de refuerzo propuesto.

2. OBJETIVOS:

La realización de este trabajo de final de máster persigue varios objetivos.

- ▶ Revisar y valorar los sistemas actuales utilizados para la estabilización y refuerzo del soporte en pintura sobre tabla.
- ▶ Conocer las posibilidades a la hora de medir las deformaciones o curvaturas del soporte sobre tabla; y poner en práctica una de ellas.
- ▶ Observar las deformaciones de una tabla concreta; *La Resurrección*; y calcular sus posibles variaciones dimensionales, para tener una idea más precisa sobre las necesidades de elasticidad de la tabla, a la hora de diseñar un posible sistema de refuerzo para ésta.
- ▶ Realizar el diseño de un sistema de estabilización y refuerzo del soporte para la tabla *La Resurrección*, que permita un control de las deformaciones de la pintura, al mismo tiempo que le sirve de sostén.; y ejecutarlo sobre la obra.
- ▶ Valorar la flexibilidad de algunos materiales disponibles en el mercado, con el fin de escoger el más apropiado para la tabla y el sistema de refuerzo propuesto.

3. METODOLOGÍA:

Para cumplir los objetivos propuestos para este trabajo final de máster, se han seguido una serie de pasos.

- ▶ Realizar una revisión bibliográfica sobre las características y propiedades principales de los soportes de madera, así como de los sistemas tradicionales de refuerzo.
- ▶ Revisar la bibliografía sobre los sistemas actuales de estabilización y refuerzo del soporte utilizados en pintura sobre tabla.
- ▶ Valorar los sistemas actuales de forma crítica.
- ▶ Estudiar los diferentes métodos utilizados para la medición de las deformaciones y curvatura del soporte en pinturas sobre tabla.
- ▶ Estudiar un caso concreto: la tabla de *La Resurrección*. Observar las características técnicas y de construcción del soporte y la pintura; y examinar su estado de conservación.
- ▶ Medir las deformaciones de curvatura de la tabla; antes, durante y después de la eliminación del sistema actual de refuerzo; y calcular de forma aproximada las posibles variaciones dimensionales que podría presentar la obra.
- ▶ Diseñar un sistema de estabilización y refuerzo para *La Resurrección*, que se adapte a sus características técnicas y a su problemática; con el fin de la conservación de la obra en un ambiente no controlado.
- ▶ Realizar un ensayo de flexión estática para valorar la flexibilidad de varios listones de madera.
- ▶ Intervenir el soporte de *La Resurrección*, y ejecutar sobre la obra el sistema de estabilización y refuerzo diseñado.
- ▶ Extraer unas conclusiones basadas en el trabajo llevado a cabo, tanto en su dimensión teórica como práctica.

4. LA MADERA:

No podemos estudiar la pintura sobre tabla sin entender el comportamiento de la madera, que viene determinado por su composición¹ y por su singular anatomía. No es este el tema del trabajo presente, por lo que no vamos a detenernos en exceso en explicar la composición química de la madera, o su estructura microscópica y macroscópica.

Parece necesario hablar, sin embargo, de algunas de las propiedades más significativas de la madera, que afectarán irremediablemente a la conservación de la pintura sobre tabla, y que van a determinar gran parte de las patologías que puede sufrir este tipo de obra.

4.1. ASPECTOS ANATÓMICOS:

La madera, en su estructura microscópica, se compone de cadenas de celulosa dispuestas longitudinalmente en forma de microfibrillas; y a un mayor nivel, está formada por células que se organizan de la misma manera, siguiendo una dirección, en forma de fibras. Las células que constituyen estas fibras, serán diferentes según el tipo de madera (conífera² o frondosa³), y su pared celular será más o menos gruesa con respecto al interior de la célula, según la función de la misma (sostén, transporte de nutrientes...) y según la época del año en que dichas células hayan crecido.

Además, la estructura macroscópica de un tronco nos permite diferenciar varios “estratos” de madera, que presentan diferentes funcionalidades y característi-

cas, y se sitúan más o menos cerca del centro del tronco. De lo anterior podemos derivar algunos aspectos fundamentales.

La madera presenta tres direcciones anatómicas que determinarán su comportamiento físico-químico o mecánico. La *dirección longitudinal*, que se sitúa en el sentido de las fibras o de la veta de la madera; y las direcciones transversales, entre las que encontramos la *dirección radial*, que se corresponde con la dirección de formación de los anillos de crecimiento, desde el centro del tronco hacia el exterior; y la *dirección tangencial*, que se obtendría realizando un corte de dirección tangente a cualquiera de los anillos de crecimiento. Explicaremos la importancia de este aspecto al explicar las propiedades de la madera.

Los *anillos de crecimiento* de la madera se forman al crecer las células de forma diferente según la época del año. En primavera, cuando la temperatura es más cálida, la luz del sol es más fuerte, y la presencia de nutrientes es mayor, la madera crece con facilidad. Las células formadas en esta estación tienen paredes más finas y con menor grado de lignificación⁴. Sin embargo, en invierno, a la madera le es más difícil nutrirse y crecer, por lo que se forman células de paredes más gruesas y más lignificadas⁵.

La albura y el duramen son dos partes diferenciadas en un tronco. El *duramen* se sitúa en la zona interna del tronco. Es la parte más “vieja” y endurecida, actúa como sostén del tronco, y presenta menos cantidad de humedad. La *albura* se sitúa en la parte más externa, junto al cambium, que es la parte del tronco que se encarga del crecimiento. Se trata de madera más joven, de

¹ La madera está constituida por celulosa y hemicelulosa (60-70%), lignina (20-30%) y otros compuestos minoritarios (1-15%) entre los que encontramos taninos, colorantes, resinas, ceras, gomas, almidón, etc. Véase: UZIELLI, L. y FIORAVANTI, M. Il comportamento fisico-meccanico del legno nei dipinti su tavola. p. 41. En: CIATTI, M. et al. *Dipinti su tavola: La tecnica e la conservazione dei supporti*. Florencia. Edifir. 1999. pp. 37-58.

² Coníferas: *Gimnospermas*. Especies más antiguas, con estructura celular sencilla. Ej: Pino, abeto, ciprés, enebro, alerce.

³ Frondosas: *Angiospermas*. Especies más recientes y de mayor complejidad estructural (celular), entre las que encontramos gran cantidad de especies. Ej: Haya, nogal, roble, encina, castaño, y todos los árboles frutales.

⁴ En los anillos, estas zonas aparecen de color más claro.

⁵ De esta forma se crean las zonas oscuras de los anillos de crecimiento.

color más claro y con mayor contenido de humedad, y por lo tanto, más susceptible de ataques biológicos.

Debemos tener esto en cuenta si en una tabla nos encontramos con paneles formados por los dos tipos de madera, ya que influirá significativamente en su comportamiento y en su estado de conservación, como vamos a ver a continuación.

4.2. PROPIEDADES:

HIGROSCOPICIDAD:

La higroscopicidad es la propiedad de la madera que la hace sensible a la humedad, y que influye significativamente en su comportamiento y en su conservación, por diversos motivos.

La madera tiene la capacidad de absorber o ceder humedad al ambiente para obtener el denominado *equilibrio higroscópico*⁶. Es decir; si la humedad relativa aumenta, el contenido de humedad de la madera tenderá a equilibrarse, para lo que absorberá humedad del ambiente. Si por el contrario, la humedad relativa desciende, la madera cederá parte de su humedad al ambiente, con el mismo fin de alcanzar el equilibrio higroscópico. Por tanto, y dado que la humedad ambiental es siempre cambiante, el contenido de humedad de la madera⁷ estará también en constante cambio.

Debemos tener en cuenta que esta variación en la humedad de la madera, dará lugar a una variación dimensional de hinchazón, en el caso de la absorción de humedad, y de merma en el caso de cesión de humedad al ambiente, lo que provocará movimientos dimensionales en las tablas, influenciados por la anisotropía de la madera, de la que hablaremos más adelante.

La higroscopicidad de la madera es causa de su composición y estructura celular; y se ve influenciada por diversos factores.

La especie leñosa, la densidad de la madera, su dureza, porosidad, o el espesor de los paneles que conforman las tablas y su estado de conservación, afectan significativamente a la higroscopicidad de una madera. En maderas más duras, de mayor densidad o menor porosidad, la humedad se difundirá más lentamente que en maderas menos densas y más porosas. Por otra parte, una tabla más fina tenderá a equilibrarse antes con el ambiente que una tabla de mayor espesor. Y en cuanto al estado de conservación, la humedad penetrará más fácilmente en una madera debilitada, o atacada, por ejemplo, por insectos xilófagos, que en una madera en buenas condiciones.

Decir por último, respecto a la higroscopicidad de la madera, que dado el constante cambio en la humedad del material, pasado cierto tiempo, la madera puede llegar a la denominada *fatiga higroscópica*⁸. Esto se traducirá en una menor reacción a las variaciones termohigrométricas, o una reacción más lenta, lo que favorecerá la conservación de la pieza.

Todo esto afectará a nuestro trabajo. Cada tabla se comportará de una manera distinta ante los cambios de humedad ambiental. Y por eso no podemos establecer procesos únicos o válidos para todas las obras, sino que debemos estudiar cada obra en particular.

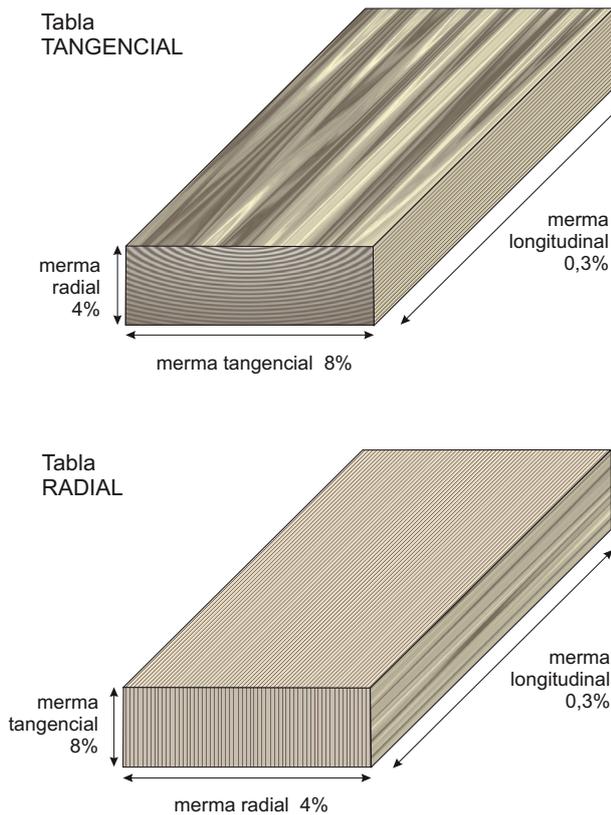
ANISOTROPÍA:

La anisotropía es otra de las propiedades principales de la madera, y es la capacidad de comportarse de diferente forma en cada una de sus direcciones principales. Ésta, viene definida por la estructura microscópica (células) y macroscópica (diferenciación

⁶ HOADLEY, R.B. Chemical and Physical Properties of Wood. p. 13. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 2-20.

⁷ El contenido de humedad de la madera, es la masa de agua que contiene respecto a la masa de la madera anhidra, y oscilará entre un 3% y un 30% para diferentes valores de humedad relativa ambiente (HR), a una temperatura de 20°C. En el Anexo II podemos ver la tabla de las humedades de equilibrio de la madera para diferentes valores de Temperatura y Humedad Relativa (T.H).

⁸ “With time, the dimensional response of wood may lessen slightly, in part because hygroscopicity of the wood may decrease or because of the mechanical effects of repeated shrinkage/swelling cycles or stress setting of the wood.” HOADLEY, R.B. Chemical and Physical Properties of Wood. p. 18. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 2-20. Trad. a. “Con el tiempo, la respuesta dimensional de la madera puede verse reducida, en parte porque podría haber disminuido la higroscopicidad de la madera o por los efectos mecánicos de repetidos ciclos de hinchazón/contracción o por el efecto de tensiones en la madera.”

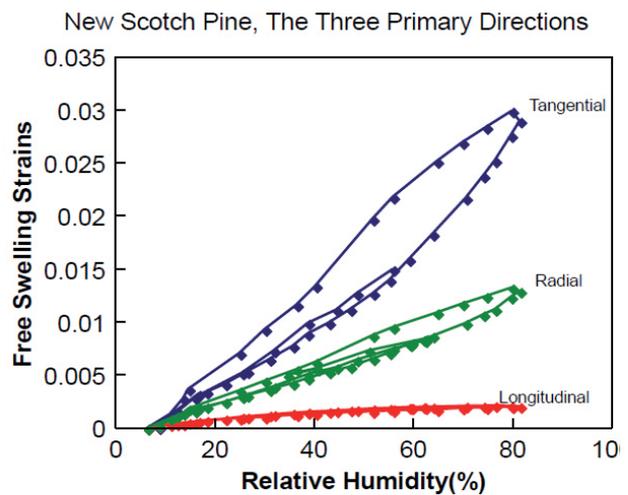


f.1. Contracción de las tablas de corte tangencial y radial.

de albura y duramen, anillos de crecimiento) de la madera, e influirá en otras de sus propiedades, como lo son las variaciones dimensionales con los cambios de humedad, o su comportamiento mecánico.

Si nos centramos en las variaciones dimensionales que sufre la madera por causa de su higroscopicidad, tendremos que diferenciar tres tipos de merma (o hinchazón). La *merma longitudinal*, que se producirá en el sentido de la fibra; la *merma radial*, en la dirección de los radios de la madera desde el centro del tronco al exterior; y la *merma tangencial*, en dirección tangente a los anillos de crecimiento.

Cada una de ellas tiene un valor diferente, siendo la merma longitudinal casi inapreciable, la merma radial de aproximadamente el 4 ó 5%, y la merma tangencial de entre el 7 y 10%. Dependerá del tipo de madera y su higroscopicidad, que la merma sea mayor o menor.⁹



f.2. Deformación de la madera de pino en sus direcciones fundamentales, con la variación de HR.¹⁰

Sabiendo ésto, podemos entender cómo una tabla de corte transversal, otra de corte radial, y una última de corte tangencial, se comportarán de diferente forma ante las variaciones de humedad relativa, puesto que la merma en cada una de las tres direcciones fundamentales afectará de forma distinta a las tablas.

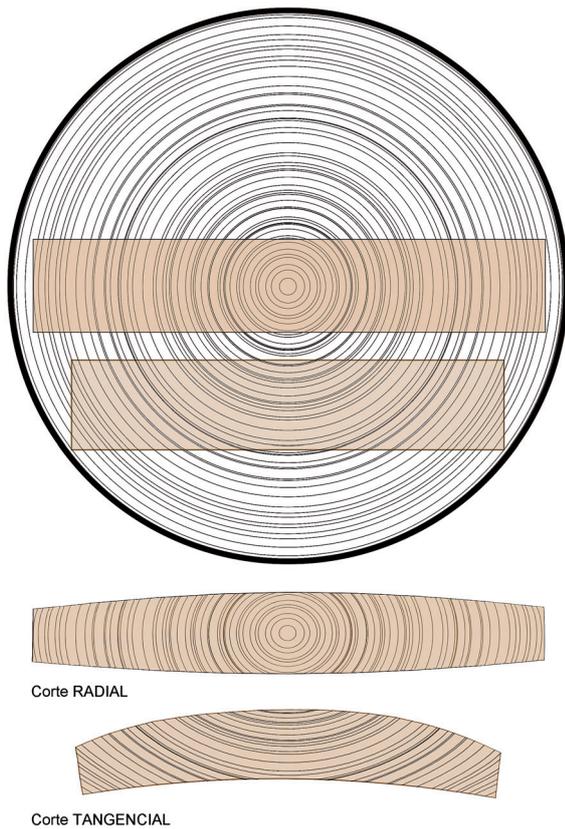
Podemos observar, en el croquis (f.1), la diferencia en la merma de una tabla radial y otra tangencial, que son las que podemos encontrar en pintura sobre tabla. También en la gráfica (f.2) observamos este fenómeno. Muestra la deformación que sufre la madera en sus tres direcciones fundamentales con la variación de HR.

Además, debemos tener en cuenta que la pérdida de humedad será mayor al alejarnos del centro del tronco (y mucho más elevada en la albura que en el duramen), por lo que la madera tenderá a deformar en sentido contrario de los anillos de crecimiento, al producirse mayor contracción en los anillos más externos. Este tipo de deformación, que producirá curvaturas o alabeos en las tablas, se observa claramente en las tablas de corte tangencial, aunque se produce también, de un modo distinto, en las tablas radiales. Lo observamos en el croquis de la siguiente página (f.3).

Podríamos resumir todo lo dicho sobre la anisotropía de la madera del siguiente modo:

⁹ Ver tabla de mermas para diferentes tipos de madera en el anexo II (I.2).

¹⁰ Gráfica extraída de: MECKLENBURG, M. y FUSTER, L. *Estudio de las propiedades mecánicas y dimensionales de los materiales pictóricos*. No publicado. Apuntes de la asignatura de Máster en Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Universidad Politécnica de Valencia. Curso 2012/2013.



f.3. Deformaciones de la madera.

I movimenti causati dai condizionamenti ambientale possono essere distinti in due tipologie: le variazioni dimensionali lineari, ossia ritiri e rigonfiamenti che seguono le tre direzioni anatomiche fondamentali e le deformazioni manifestati da imbarcamenti e da svergolamenti dipendenti dalle caratteristiche anatomiche del legno e dovute al tipo di taglio proprio di ciascuna tavola.¹¹

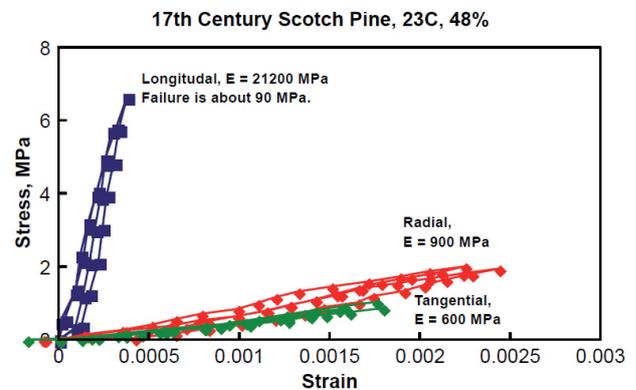
COMPORTAMIENTO MECÁNICO:

En primer lugar, debemos decir que el comportamiento mecánico de la madera es anisótropo, es decir, diferente en cada una de sus direcciones fundamenta-

les. Así, en la dirección longitudinal, obtenemos máxima resistencia y rigidez; mientras que en las direcciones transversales (radial y tangencial), la resistencia y la rigidez son mínimas; y la deformabilidad por las variaciones de humedad relativa, máxima.

Para entender el comportamiento de la madera, debemos diferenciar el comportamiento elástico del comportamiento plástico.

El *comportamiento elástico* dependerá del *Módulo de Young*, o *Módulo E*, y se podría definir como la capacidad de la madera de volver a su forma inicial tras producirse una deformación, ya sea por variaciones termohigrométricas, o por haber sido sometida a cargas mecánicas o tensiones. A mayor Módulo E (lo observamos en las gráficas f.4 y f.5 con una pendiente mayor de la curva tensión-deformación), la madera será más rígida y por tanto su deformación menor. A menor Módulo E (menor pendiente), la deformabilidad será mayor, dentro del límite elástico. El *límite elástico* establece el punto tras el que la madera dejaría de comportarse de forma elástica (recuperando su forma original) y pasaría a comportarse de forma plástica.

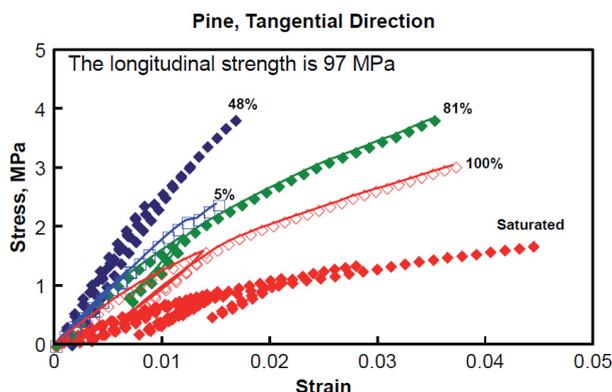


f.4. Curvas tensión-deformación (Módulo E) de la madera en cada una de sus direcciones fundamentales.¹²

¹¹ SANTACESARIA, A. I fattori di degrado dei supporti lignei. p. 107. En: CIATTI, M. et al. *Dipinti su tavola: la tecnica e la conservazione dei supporti*. Florencia. Edifir. 1999. pp. 99-168. Trad. a. “Los movimientos causados por las condiciones ambientales pueden ser de dos tipologías diferentes: las variaciones dimensionales lineales; es decir merma e hinchazón, siguiendo las tres direcciones anatómicas fundamentales y las deformaciones de curvatura y alabeo dependientes de las características anatómicas de la madera y debidas al tipo de corte propio de cada tabla.”

¹² Gráfica extraída de: MECKLENBURG, M. y FUSTER, L. *Estudio de las propiedades mecánicas y dimensionales de los materiales pictóricos*. No publicado. Apuntes de la asignatura. Máster en Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Universidad Politécnica de Valencia. Curso 2012/2013.

Hemos de pensar que tanto el módulo de elasticidad como el límite elástico varían con los cambios de humedad relativa. Así que a elevada HR, el módulo de una madera será menor (será, por tanto, menos rígida y más deformable) y también lo será su límite elástico.



f.5. Variación del Módulo E para diferentes valores de Humedad Relativa.¹³

El *comportamiento plástico* se produce al sobrepasar el límite elástico, y se traduce en deformaciones permanentes. Es decir, una vez se vuelve a las condiciones “normales” de HR, o bien se deja de someter a la madera a una tensión, ésta no es capaz de recuperar su forma original; y se dice que se ha deformado plásticamente.

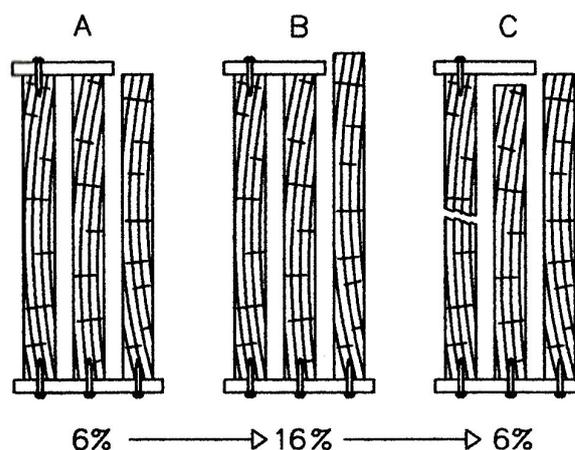
Y es aquí donde encontramos los problemas en pintura sobre tabla. Si una madera se deja “libre”, es decir, si permitimos su movimiento con las variaciones de HR, podrá recuperar su forma original, al no sobrepasar el límite elástico. Si por el contrario, la madera está fija (a un bastidor o travesaños) y (por ejemplo) aumenta la HR; al querer mover y no poder hacerlo,

sufrirá tensiones internas y se deformará plásticamente por compresión, al superar el límite elástico¹⁴. De este modo, cuando las condiciones de HR vuelvan a la normalidad, y la madera empiece a perder humedad, y por tanto volumen, podría llegar a romper (f.6).

Lo explica muy bien P. van DUIN:¹⁵

In response to fluctuations in humidity, unrestricted wood moves in radial and tangential directions but moves to only a negligible extent in the longitudinal direction. As a result of lower levels of humidity, wood wants to shrink. If a crossbar or stretcher is attached to a panel, it prevents the wood from shrinking freely. The forces that lead to shrinkage are very large and often cause damage in the form of cracks and/or warping of the panel.

Así que es muy importante, en pintura sobre tabla, entender cómo se producen las deformaciones temporales y las deformaciones permanentes, y los problemas que pueden llegar a causar.



f.6. Comportamiento de la madera libre y fija con las variaciones de HR.¹⁶

¹³ Ídem.

¹⁴ Si nos fijamos en el caso concreto de La Resurrección, podemos pensar que la obra ha sufrido este tipo de compresión plástica con un aumento de la humedad relativa, por lo que al recuperar una humedad relativa “normal”, las tensiones internas provocaron una separación de los paños, ya que el adhesivo de unión no tuvo la suficiente fuerza para mantenerlos unidos. De otra forma, la madera hubiera agrietado por sus zonas más débiles, que en este caso fueron las uniones, así que en cierto modo es una ventaja que el adhesivo “rompiese”.

¹⁵ van DUIN, P. *Panels in Furniture: Observations and Conservation Issues*. p. 93. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. Trad. a. “En respuesta a las fluctuaciones de humedad, la madera libre mueve en las direcciones radial y tangencial pero mueve de forma inapreciable en la dirección longitudinal. Como resultado de bajos niveles de humedad, la madera tiende a contraer. Si la tabla está fija a un travesaño o bastidor, éste impedirá a la madera contraer libremente. Las fuerzas que producirá el intento de contraer serán muy elevadas y es frecuente que provoquen daños en forma de grietas o de curvatura del panel.”

¹⁶ Dibujo extraído de: UZIELLI, L. y FIORAVANTI, M. *Il comportamento fisico-meccanico del legno nei dipinti su tavola*. p. 53. En: CIATTI, M. et al. *Dipinti su tavola: la tecnica e la conservazione dei supporti*. Florencia. Edifir. 1999. pp. 37-58.

5. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE REFUERZO TRADICIONALES:

5.1. CONSTRUCCIÓN DE SOPORTES:

A la hora de estudiar los sistemas de refuerzo que se han venido utilizando tradicionalmente, debemos separar la zona norte de Europa (pintura flamenca) de la zona mediterránea, dado que podemos encontrar diferencias en los procesos de fabricación de tablas y sus sistemas de estabilización y refuerzo, de una zona geográfica a otra.

Como *elementos de estabilización*, se han utilizado frecuentemente la tela y la estopa, tanto en anverso como en reverso, y situadas en toda la superficie de la tabla o únicamente en las uniones entre los paños. También podemos encontrar algunas tablas que han sido protegidas por el reverso con una capa de preparación, o incluso de color. O tablas bifaces, es decir, pintadas por ambas caras.

Trataremos ahora los sistemas originales de refuerzo más utilizados.

PINTURA FLAMENCA:

En las tablas del norte de Europa, las tablas se reforzaban por medio de *marcos perimetrales*. Entre ellos, podemos diferenciar varios tipos. Los más utilizados aparecen en el croquis f.7. La ventaja de los dos últimos es que permiten a la madera cierta movilidad; y eso, junto con el hecho de que los flamencos solían utilizar tablas de corte radial para sus pinturas, ha facilitado que sus obras lleguen en buen estado; si es que no han sido intervenidas.

PINTURA MEDITERRÁNEA:

En el sur de Europa, también se utilizaron los marcos con función de refuerzo, aunque es más común la colocación de otros elementos por el reverso.

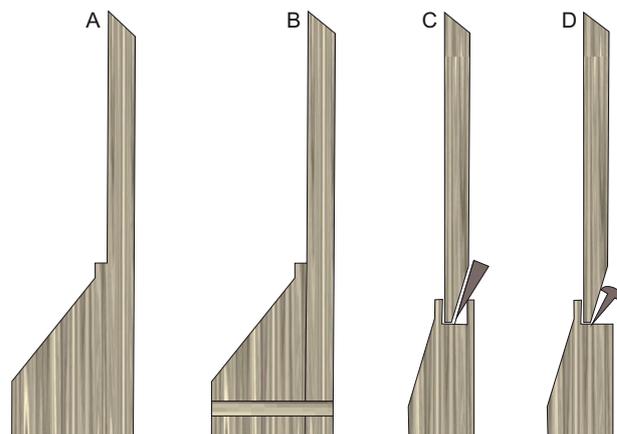
En un inicio, se utilizaban piezas o *travesaños* de madera claveteados (generalmente desde el anverso). Éstos se posicionaban de diferente forma, según la zona geográfica en que se realizasen.

En España, podemos diferenciar la zona de Castilla (travesaños horizontales) y la zona de la Corona de Aragón (utilización del *Aspa de San Andrés*¹⁷), principalmente. En el croquis (f.8) podemos observar las configuraciones más comunes.

Este tipo de refuerzo era fijo, y no permitía los movimientos de hinchazón y merma o de curvatura de las tablas; lo que ha provocado daños en las pinturas.

También era común la utilización de marcos a modo de *bastidores perimetrales* de refuerzo, situados en el reverso.

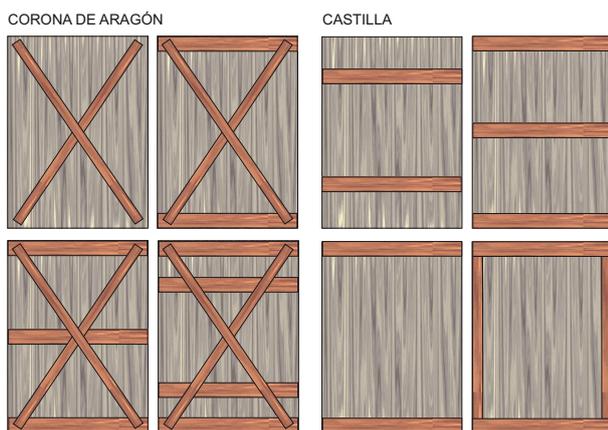
Posteriormente, comienzan a utilizarse *travesaños deslizantes*, dado un mayor conocimiento del comportamiento y problemática de la madera. Podemos encontrar diferentes tipos, como los travesaños de sección trapezoidal o de cola de milano



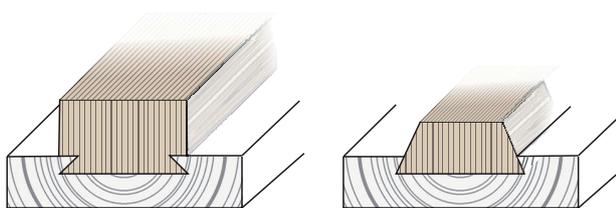
f.7. Enmarcados perimetrales: A, marco tallado en la tabla; B, el marco adosado a la tabla; C, marcos de caja con rebaje perimetral de la tabla y elementos de sujeción; D, marco de apoyo con elementos de sujeción (clavos) en el reverso.¹⁸

¹⁷ El aspa de San Andrés la constituyen dos travesaños colocados en cruz, en forma de aspa o X. Se denomina así por el martirio de San Andrés, que fue crucificado en una cruz de este tipo.

¹⁸ Véase: WADUM, J. Historical Overview of Panel-Making Techniques in the Northern Countries. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 149-177.



f.8. Disposición de los travesaños en la pintura española.¹⁹



f.9. Travesaños deslizantes de sección trapezoidal.²⁰

(f.9), o travesaños sujetos con abrazaderas o puentes, tanto de madera como de metal.

Este tipo de travesaños deslizantes, cuya función era permitir los movimientos de la madera no han funcionado como se esperaba, dado que prevén los movimientos horizontales (hinchazón y merma) de la madera, pero no los movimientos en el plano

(de alabeo o curvatura). De este modo, este tipo de sistemas quedaban bloqueados convirtiéndose en travesaños fijos, con los problemas ya señalados.

5.2. ANTIGUAS INTERVENCIONES:

Los soportes de las tablas llevan interviniéndose desde muy antiguo, con la intención de reforzar la madera y devolver la planitud a las pinturas. Con este fin, se han utilizado diferentes tipos de sistema. Transposiciones²¹, injertos en forma de doble cola de milano²², situados a contraveta, travesaños fijos encolados o incluso atornillados, paneles de madera encolados al reverso a contraveta, bastidores, etc.

También se han utilizado travesaños deslizantes, en sección de cola de milano, o sujetos con puentes o abrazaderas. Se han llegado a realizar en las tablas embarrotados, a base de travesaños deslizantes; o engatillados²³, con el fin de devolver a las tablas su planitud, permitiendo al mismo tiempo los movimientos de contracción e hinchazón de las tablas. Aunque observamos ya cierta intención de permitir los movimientos naturales de la madera, los sistemas utilizados no son los más adecuados²⁴. Su problema principal es que no prevenían las deformaciones de curvatura, por lo que terminaban bloqueándose y convirtiéndose en perjudiciales refuerzos fijos, además muy rígidos.

¹⁹ Croquis realizado por la autora a partir de: VIVANCOS, V. *La conservación y restauración de pintura de caballete*. Madrid. Editorial Tecnos. 2007. p. 64.

²⁰ Véase: UZIELLI, L. Historical Overview of Panel-Making Techniques in Central Italy. En: VV.AA. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 110-135.

²¹ Traslado de los estratos pictóricos a otro soporte, generalmente de tela.

²² Aparecen en el S. XVI, por lo que su utilización en pinturas de época anterior necesariamente es de una intervención de "restauración".

²³ El engatillado empezó a utilizarse en el S. XVIII, y consiste en una serie de travesaños verticales encolados a la tabla, a través de los cuales se deslizan otra serie de travesaños horizontales, libres. Véase:

²⁴ "...nella storia degli interventi sui supporti lignei si notano già dalla fine dell'Ottocento una serie di accorgimenti che dimostrano un deciso inizio di seria riflessione sulle operazioni da condurre in relazione alla caratteristiche costruttive; e, d'altra parte, interventi di pochi anni fa, si a pur condotti con abilità operativa, mostrano purtroppo dei cedimenti dovuti all'insorgere di varie piccole concomitanza che, sommate tra loro, hanno invalidato l'intervento peggiorando lo stato di conservazione dell'opera." SANTACESARIA, A. I fattori di degrado dei supporti lignei. p. 127. En: CIATTI, M. et al. *Dipinti su tavola: La tecnica e la conservazione dei supporti*. Florencia. Edifir. 1999. pp. 99-168. Trad. a. "En la historia de las intervenciones sobre soporte de madera, a finales del S. XIX, se aprecian una serie de intervenciones que demuestran el comienzo de serias reflexiones sobre las operaciones a realizar en relación con las características constructivas; y, por otra parte, intervenciones de hace pocos años, se han llevado a cabo con habilidad operativa, mostrando desafortunadamente su inadecuación debido a la conjunción de varios factores, que juntos, han invalidado dichas intervenciones al empeorar el estado de conservación de las obras."

6. SISTEMAS ACTUALES DE ESTABILIZACIÓN Y REFUERZO:

El mal estado de conservación de algunas pinturas sobre tabla ha hecho que los restauradores se pregunten los motivos de los daños, y se den cuenta de que los sistemas de refuerzo que se estaban utilizando no eran válidos, además de ser muy invasivos. Hoy en día, se opta por sistemas que permitan los movimientos de la madera, para evitar que aparezcan tensiones internas que puedan llegar a causar problemas no sólo en el soporte sino también en los estratos pictóricos.

Además, debemos pensar que cada tabla tiene unas necesidades concretas, que también variarán según el lugar donde la pieza vaya a ser expuesta. Esto hace que no podamos aplicar sistemáticamente los mismos métodos sobre diferentes obras, sino que debemos adaptarlos y estudiarlos específicamente para cada caso.

La finalidad de los sistemas actuales de estabilización y refuerzo es doble: por una parte, proporcionar a la tabla el “soporte”, o la fuerza necesaria para mantenerse en buenas condiciones; y por otra parte, permitir cierta flexibilidad, que facilite los movimientos de hinchazón y merma o de curvatura de la madera, pero de forma controlada. Por lo tanto, debemos exigir estas dos propiedades a un buen refuerzo. Debe ser resistente y al mismo tiempo flexible; no nos serviría un sistema demasiado rígido, al igual que no funcionaría uno demasiado permisivo.

Todo esto ya lo han dicho algunos autores/restauradores, a los que parece necesario citar.

El empleo de sistemas de refuerzo elásticos parte de la necesidad de dotar al soporte de una estructura o travesaño de refuerzo que, por una parte, proporcione fuerza y cohesión al conjunto, y por otra, se adapte a los naturales movimientos de hinchazón y merma de la madera sin generar tensiones o bloqueos que puedan derivar en nuevas deformaciones o, incluso, roturas de la madera.²⁵

... nessun sistema di traversatura può essere considerato “perfetto” (cioè in grado di garantire in misura ottimale la conservazione a seguito di qualsiasi variazione termoisigrometrica ambientale), né “universale” (cioè applicabile in qualsiasi circostanza e su qualsiasi tavolato; talora ciò purtroppo avviene, quando una soluzione validamente studiata e specificamente applicata in un caso, tende a diventare una “moda” e viene sistematicamente applicata, più o meno acriticamente, in casi anche molto diversi).²⁶

In fact, there are no standardized methods that can be applied uniformly in all cases –rather, intervention is adapted to the single, individual characteristics of the specific work being treated.²⁷

A la hora de diseñar un refuerzo para una pintura sobre tabla tendremos también en cuenta los criterios actuales de conservación y restauración. De este modo, nuestras intervenciones deberían ser poco invasivas, dentro de lo posible; e igualmente reversibles, o lo más reversibles que se pueda, al menos. Además, cuidaremos al máximo la materia original de la obra de

²⁵ PÉREZ, E. y BARROS, J.M. Empleo de un sistema elástico con muelles para el refuerzo de una pintura sobre tabla. p. 512. En: *Actas del XVIII Congreso Internacional de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. Granada. 2011.

²⁶ UZIELLI, L. y FIORAVANTI, M. Il comportamento fisico-meccanico del legno nei dipinti su tavola. p. 56. En: CIATTI, M. et al. *Dipinti su tavola: La tecnica e la conservazione dei supporti*. Florencia. Edifir. 1999. pp. 37-58. Trad. a. “Ningún sistema de refuerzo puede ser considerado «perfecto» (es decir, capaz de garantizar un grado óptimo de conservación como resultado de cualquier variación termohigrométrica ambiental) ni «universal» (es decir, aplicable en cualquier circunstancia y sobre cualquier tabla; lo que sucede a veces, por desgracia, cuando una solución válidamente estudiada y específicamente aplicada en un caso, tiende a generar una moda y se aplica sistemáticamente, más o menos acriticamente, en casos también muy diversos.”

²⁷ CIATTI, M. y CASTELLI, C. The conservation of panel painting supports at the Opificio delle Pietre Dure: Experiences and methodologies. p. 28. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 25-35. Trad. a. “De hecho, no hay métodos estandarizados que puedan ser aplicados de manera uniforme en todos los casos –más bien, la intervención se adapta a las características únicas e individuales de la obra específica que se está tratando.”

arte, salvo que sea necesario actuar sobre ella de algún modo para garantizar su estabilidad.

Pasamos ahora a revisar los diferentes sistemas utilizados. Explicaremos sus características y funcionamiento básico, sabiendo que sobre cada uno de ellos, existirían múltiples variaciones, atendiendo a la pieza a tratar.

6.1. ADAPTACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE LOS SISTEMAS ORIGINALES:

En ocasiones, se conservan los sistemas originales de refuerzo. Y aunque sólo sea como documento, deberíamos intentar mantenerlos, aunque para ello haya que adaptarlos a los nuevos criterios.

La ventaja de hacer esto es que conservamos la materia original, y una lectura estética más acorde a la obra. Podemos encontrar diferentes formas para reutilizar estos sistemas, de una forma más adecuada para la obra.

TRAVESAÑOS DESLIZANTES DE COLA DE MILANO:

Para mantener este tipo de sistema de refuerzo y evitar futuros daños a la obra, una de las soluciones es proporcionar al antiguo travesaño una curvatura similar a la de la tabla, y aplicarle parafina (o algún otro tipo de cera, como la microcristalina) para facilitar su deslizamiento.²⁸

TRAVESAÑOS O BASTIDORES ORIGINALES:

Otra posibilidad es introducir en el espesor de los travesaños originales, un sistema elástico, con elementos flexibles (como elastómeros) o con muelles, que facilite su adaptación a los cambios dimensionales de las tablas, sin la necesidad de sustituirlos por unos nuevos.²⁹

A pesar de ello, suele ser complicada su reutilización, dado que las maderas no suelen llegar en buen estado (por ataques de xilófagos, etc.), o por no cumplir los requisitos necesarios para alojar el nuevo sistema. Además, son pocos los sistemas originales que llegan hasta nuestros días, y los que solemos encontrar son fruto de intervenciones previas.

UTILIZACIÓN DE MICROCLIMAS:

Una última opción, si creemos que la obra no va a soportar la eliminación del sistema de refuerzo que lleva, por producirse un gran estrés durante el proceso, sería el mantenimiento del sistema original y la colocación de la obra en un microclima o vitrina que nos permita controlar las fluctuaciones de humedad relativa y temperatura. Posteriormente hablaremos sobre la construcción de vitrinas.³⁰

6.2. SISTEMAS DESLIZANTES:

Los sistemas deslizantes fueron los primeros en desarrollarse. Su finalidad era permitir el desplazamiento lateral de los travesaños, que correspondería a los movimientos de hinchazón y merma de la madera. En un inicio no contemplaban las deformaciones de curvatura de la madera. Con el tiempo, se han desarrollado, y añadido otros elementos, para obtener una mayor versatilidad.

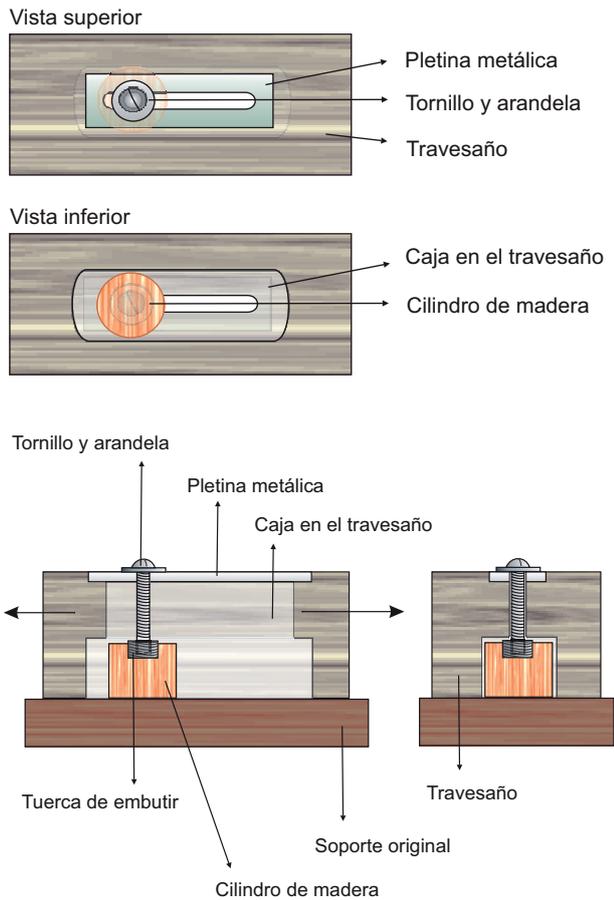
TRAVESAÑOS DESLIZANTES A BALLESTA:

Este sistema está constituido por travesaños de madera que se deslizan horizontalmente. Para realizarlo, se abren dos cajas en el travesaño: una en la parte inferior, que alojará unos cilindros de madera que se encolarán al reverso de la tabla; y otra en la parte superior, para alojar la pletina de aluminio que

²⁸ Un ejemplo de ello es el tratamiento que se hizo a la tabla de Eva, de Dürero. Véase: BISACCA, G. y de la FUENTE, J. The treatment of Dürer's Adam and Eve panels at the Prado Museum. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 10-24.

²⁹ Podemos ver una intervención de este tipo en: BARBERO, J.C. Nuevo sistema de travesaños móviles para la consolidación de soportes en pinturas sobre tabla. AA.VV. *Aportaciones teóricas y experimentales en problemas de conservación. Actas del II Seminario sobre restauración de bienes culturales. Aguilar de Campoo, 19-21 de julio de 2006*. Fundación Santa María La Real. 2007. pp. 103-128

³⁰ Ver apartado 6.5.



f.10. Sistema deslizante a ballesta.

permitirá el deslizamiento del sistema.³¹ Los cilindros de madera llevarán embutida una tuerca, en la que se introducirá el tornillo desde la parte superior de la pletina metálica. Para comprender su estructura y funcionamiento, podemos observar los siguientes croquis (f.10).

Las ventajas de este sistema son varias. Permite el desplazamiento horizontal de los travesaños³²; su construcción es relativamente sencilla, y económica; es fácilmente reversible, ya que únicamente lleva encolados al reverso de la tabla los cilindros de madera; y se podría utilizar en los travesaños originales (si su espesor fuera suficiente para alojar el sistema).

Su gran inconveniente es que sólo prevé los desplazamientos horizontales, y no permite los movimientos de curvatura de las tablas. Por lo que podrá ser utilizado únicamente en tablas que no tiendan a curvar, o que vayan a situarse en climas controlados.

6.3. SISTEMAS ELÁSTICOS CON MUELLES:

L'elemento "molla" costituisce una modificazione importante nei sistemi di controllo dei movimenti del supporto e ci ha permesso d'intervenire con efficacia su diverse tipologie di dipinti grazie soprattutto alla varietà di forme che queste offrono e alla propria versatilità.³³

Encontramos una gran variedad de sistemas basados en la utilización de muelles, incorporados tanto en sistemas deslizantes como fijos. Pero todavía es un campo en desarrollo, y hay que tener en cuenta que algunos de los sistemas que se han estudiado³⁴, no han llegado a utilizarse por ser demasiado complejos, caros, o poco prácticos a la hora de aplicarlos sobre obra real. Nos centraremos, por tanto, en los que se han utilizado con buenos resultados.

³¹ Véase: CASTELLI, C. y SANTACESARIA, A. Il restauro dei supporti lignei. En: CIATTI, M. et al. *Dipinti su tavola: La tecnica e la conservazione dei supporti*. Florencia. Edifir. 1999. pp. 169-195; CASTELLI, C. The Restoration of Panel Painting Supports. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 316-340; y CASTELLI, C., PARRI, M. y SANTACESARIA, A. Supporti lignei: problemi di conservazione. En: AA.VV. *Problemi di restauro. Riflessioni e ricerche*. Edifir. Florencia. 1999. pp. 41-63.

³² Los travesaños pueden ser de madera maciza o laminada. La ventaja de los travesaños laminados es su resistencia, y su menor respuesta dimensional ante las variaciones termohigrométricas; por lo que son más estables.

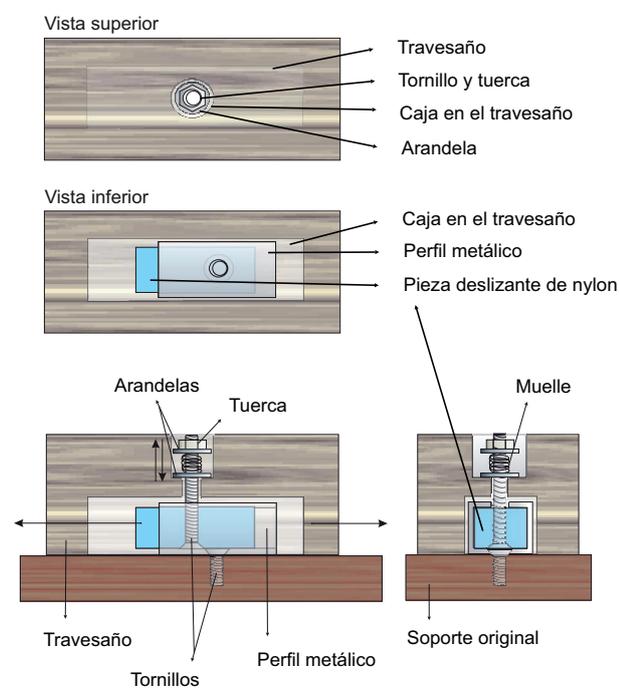
³³ CASTELLI, C. y SANTACESARIA, A. Il restauro dei supporti lignei. p. 190. En: CIATTI, M. et al. *Dipinti su tavola: La tecnica e la conservazione dei supporti*. Florencia. Edifir. 1999. pp. 169-195. Trad. a. "Los muelles constituyen una modificación importante en los sistemas de control de los movimientos del soporte, y han permitido intervenir con eficacia sobre diversas tipologías de pintura, gracias sobretodo a la variedad de formas que ofrecen y a su propia versatilidad."

³⁴ Tenemos un buen ejemplo de ello en los siguientes artículos: MILLER, M.A., BISACCA, G. y GALITZINE, D. The Development of a Spring Mechanism for use in Conjunction with Auxiliary Supports for Previously Thinned Panels. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 59-68; y HOPFNER, I. The Development of Flexible Auxiliary Support Systems for Panel Paintings and the Monitoring of Panel Movement by Strain Gauges. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 69-81.

La ventaja de utilizar muelles es que ofrecen un control elástico de las deformaciones de la tabla, y permiten no sólo los movimientos de hinchazón y merma, sino también los de curvatura, por lo que su efectividad es mayor.

Antes de pasar a describirlos, decir que la mayoría de estos sistemas (a excepción de los deslizantes) se pueden utilizar tanto en obras planas como en obras curvadas, variando para ello el tipo de travesaño o bastidor, que o bien será recto, o bien se amoldará a la curvatura de la obra.

También decir que tanto bastidores como travesaños pueden realizarse con madera laminada, por medio del encolado de listones de poco espesor, para reducir su respuesta dimensional y otorgarles una mayor estabilidad.



f.11. Sistema deslizante con muelle recto.



f.12. Perfil metálico y pieza de nylon.



f.13. Restauración del soporte de la *Purificación de la Virgen*, de Pedro de Campaña.³⁵

TRAVESAÑOS ELÁSTICOS CON MUELLE RECTO Y SISTEMA DESLIZANTE:³⁶

El funcionamiento de este sistema es similar al anterior, pero añade la elasticidad de los muelles.

Se trata de travesaños de madera en los que se realizan dos cajas; una en la parte superior, para alojar el muelle; y otra en la parte inferior, para alojar el sistema deslizante (f.11, f.13); compuesto por un perfil metálico (de latón o aluminio) a través del cuál se desplaza una pieza de nylon o teflón (f. 12).

³⁵ Museo del Prado. <http://www.museodelprado.es/investigacion/restauraciones/restauracion-de-empla-purificacion-de-la-virgenem-de-pedro-de-campana/soporte/>

³⁶ Véase: CASTELLI, C. y SANTACESARIA, A. Il restauro dei supporti lignei. En: CIATTI, M. et al. *Dipinti su tavola: La tecnica e la conservazione dei supporti*. Florencia. Edifir. 1999. pp. 169-195; CASTELLI, C., PARRI, M. y SANTACESARIA, A. Supporti lignei: problemi di conservazione. En: AA.VV. *Problemi di restauro. Riflessioni e ricerche*. Edifir. Florencia. 1999. pp. 41-63; MILLER, M.A., BISACCA, G. y GALITZINE, D. The Development of a Spring Mechanism for use in Conjunction with Auxiliary Supports for Previously Thinned Panels. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 59-68; y CASTELLI, C. The Restoration of Panel Painting Supports. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 316-340. ³² Véase: MILLER, M.A., BISACCA, G. y GALITZINE, D. The Development of a Spring Mechanism for use in Conjunction with Auxiliary Supports for Previously Thinned Panels. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 59-68.



f.14. Varillas metálicas deslizantes con sistema de muelles.³⁷

El sistema deslizante se adapta a los movimientos horizontales de la tabla, mientras que el muelle le confiere algo de elasticidad, permitiendo los movimientos leves de curvatura. Esta es una de sus ventajas, además de que puede utilizarse en travesaños originales, o que permite regular la tensión ejercida por los muelles, según varíen las necesidades de la tabla.

Uno de sus puntos débiles, al igual que en el caso anterior, es el necesario grosor (y por consiguiente, el excesivo peso) del travesaño resultante, para dar cabida al sistema. Además, su adaptación a la curvatura de la tabla es mínima; y para su correcto funcionamiento, el sistema va anclado al soporte original por medio de tornillos, lo que implica cierta invasividad.

TRAVESAÑOS METÁLICOS DESLIZANTES CON SISTEMA DE MUELLES.³⁸

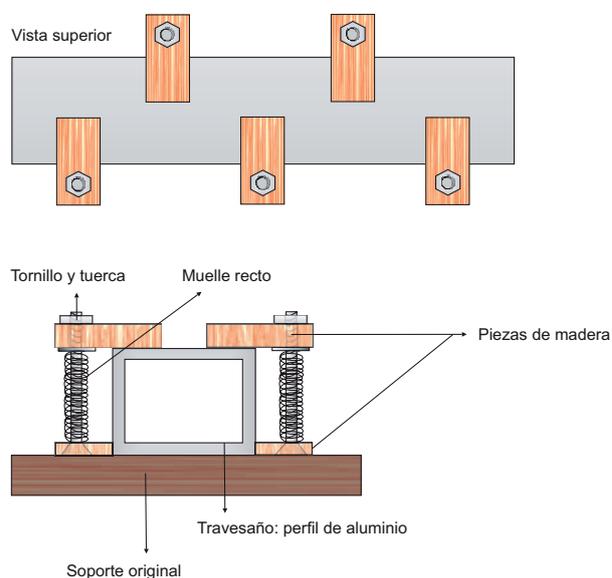
Este sistema está formado por varillas metálicas de sección circular (acopladas a un bastidor también metálico), que actuarán a modo de travesaños, y se deslizarán a través de unos cilindros de metacrilato (f. 14). Estos cilindros alojarán el sistema de muelles, que quedará unido al soporte original por medio de unos cilindros de madera, que incluirán una ranura en la que alojar el otro extremo del muelle. Los cilindros de madera se encolarán al reverso de tabla, y podrán variar su altura para ajustarse a las irregularidades del soporte.

La ventaja de este sistema es que permite el deslizamiento horizontal, además de un leve desplazamiento vertical, que se amoldará a los movimientos de curvatura de la tabla. Es fácilmente reversible, al llevar encolados al soporte únicamente los cilindros de madera.

Uno de sus inconvenientes principales es que las varillas metálicas, podrían no ser suficientemente fuertes para aguantar las tensiones producidas por la tabla. Además, los materiales no son tan afines al original, y su aspecto estético llama demasiado la atención.

TRAVESAÑOS CON ABRAZADERAS ELÁSTICAS:

Un último sistema, más sencillo, y que puede funcionar bien en algunas obras, y sobre todo, si tenemos un presupuesto reducido, consiste en utilizar travesaños de madera o metálicos, sujetos por abrazaderas que incorporarán un muelle en su estructura. De este modo, el travesaño podrá deslizarse, y si la obra curva levemente, no tenderá a bloquear como los antiguos sistemas. Una buena opción es intercalar la situación de las abrazaderas, es decir, en lugar de colocar puentes que crucen de lado a lado del travesaño, utilizar abrazaderas que alternen su posición, a un lado y a otro del mismo (f.15).



f.15. Travesaño metálico con abrazaderas elásticas.

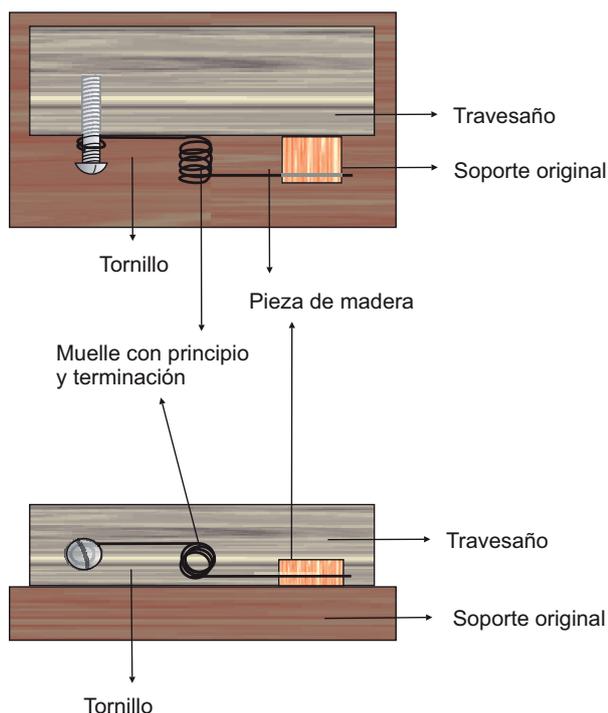
³⁷ Véase: MILLER, M.A., BISACCA, G. y GALITZINE, D. The Development of a Spring Mechanism for use in Conjunction with Auxiliary Supports for Previously Thinned Panels. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 59-68.

³⁸ Ídem.

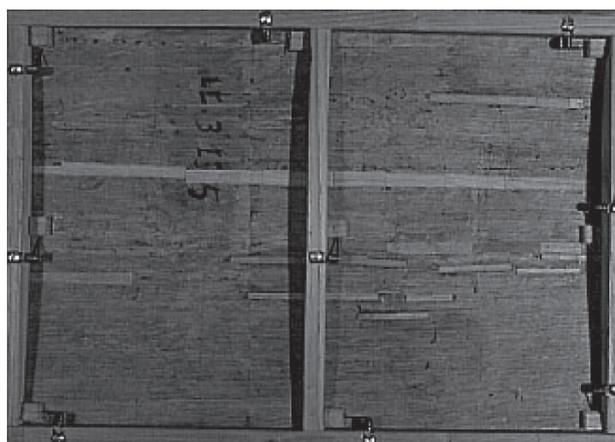
BASTIDOR PERIMETRAL CON MUELLES DE TORSIÓN:³⁹

Este sistema se basa en la utilización de un bastidor perimetral con puntos de fijación elásticos, que permite amortiguar y repartir las tensiones producidas en la tabla. Para ello, se utilizan muelles de torsión fijados al bastidor por medio de un tornillo, y al soporte original, por medio de piezas de madera encoladas (f.16 y f.17). La particularidad de este sistema es que invierte la posición de los muelles, por lo que en lugar

Vista superior



f.16. Bastidor perimetral con muelles.



f.17. Herri met de Bles. *Jesus and Saint Peter on the Water*.⁴⁰

de situarse perpendicularmente a la tabla, se sitúan en paralelo. Esto proporciona una ventaja, y es que ocupa mucho menos espacio, por lo que el tamaño y peso del conjunto disminuye. Además es bastante sencillo de construir, y económico. Otra de sus ventajas es que los puntos de fijación son pequeños, por lo que el sistema es bastante reversible; y se puede regular la tensión ejercida por los muelles mediante el tornillo que los acopla al bastidor.

Su inconveniente principal es que no es capaz de soportar grandes deformaciones. Y por otra parte, hay que estudiar muy bien la obra para distribuir correctamente los puntos de tensión.

MUELLES HELICOIDALES DE COMPRESIÓN:⁴¹

Los muelles cónicos o helicoidales permiten diseñar sistemas de refuerzo muy versátiles y prácticos.

³⁹ Véase: BISACCA, G. Structural Considerations in the Treatment of a Nativity by Francesco di Giorgio Martini. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 341-358; BISACCA, G., y de la FUENTE, J. Consideraciones técnicas de la construcción y restauración del soporte de las Tres Gracias de Rubens. Madrid. Museo del Prado. 1998. pp. 51-66; CASTELLI, C. The Restoration of Panel Painting Supports. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 316-340; y RODRÍGUEZ, I.C. y SANTOS, I. Restauración de dos tablas flamencas. Valencia. *Re&R Restauración y Rehabilitación*. Febrero de 2005, n° 95. pp. 52-59.

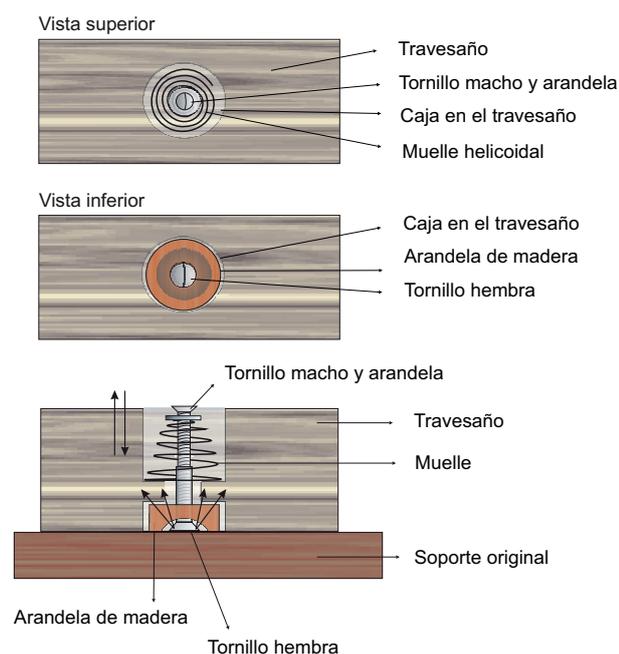
⁴⁰ Imagen de: CASTELLI, C. The Restoration of Panel Painting Supports. p. 329. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 316-340

⁴¹ Véase: CASTELLI, C., PARRI, M. y SANTACESARIA, A. Supporti ligne: problemi di conservazione. En: CIATTI, M. et al. *Problemi di restauro: Riflessioni e ricerche*. Florencia. Edifir. 1999. pp. 41-63; CASTELLI, C., PARRI, M. y SANTACESARIA, A. L'intervento di restauro del supporto. En: CIATTI, M. et al. *Il Gentile Risorto*. Firenze. Edifir. 2006. pp. 157-160; CASTELLI, C. y SANTACESARIA, A. Il restauro dei supporti lignei. En: CIATTI, M. et al. *Dipinti su tavola: la tecnica e la conservazione dei supporti*. Florencia. Edifir. 1999. pp. 169-191; MILLER, M.A., BISACCA, G. y GALTZINE, P. The Development of a Spring Mechanism for Use in Conjunction with Auxiliary Supports for Previously Thinned Panels. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 59-68; y MONFARDINI, P. Structural and Climate Control Systems for Thinned Panel Paintings. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 48-58.

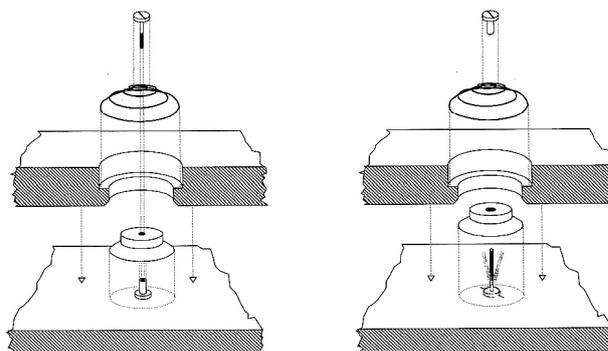
Su peculiaridad es que permiten movimientos tanto en vertical como oscilantes en todas sus direcciones (f.19), por lo que se acoplan muy bien a las deformaciones de las tablas, repartiendo y absorbiendo las tensiones. Se han utilizado tanto en obra de gran formato como de medio formato, y generalmente por medio de bastidores perimetrales (f.20), aunque funcionan también con travesaños.

El sistema es relativamente sencillo. En el travesaño o bastidor se realizan dos cajas (f.18). Una superior circular, que alojará el muelle, y otra inferior, también circular, que alojará las piezas de madera que se encolarán al soporte. Estas piezas de madera o “arandelas”, con un orificio interno, darán cabida a la cabeza del tornillo, con suficiente espacio para permitirle oscilar. De este modo, al colocar el muelle, el sistema podrá mover tanto de forma vertical como inclinada, ofreciendo una buena movilidad y elasticidad.

Su gran inconveniente es el peso que adquiere el sistema, al ser necesario, para alojar todos los elementos,



f.18. Sistema de muelles cónicos.



f.19. Sistema de muelles cónicos.⁴²



f.20. Bastidor perimetral con muelles cónicos.⁴³

un travesaño o bastidor de suficiente espesor. Por otra parte, no sería recomendable utilizarlo en tablas muy deformadas, irregulares o débiles, dado que a pesar de ser un sistema bastante elástico, tiene sus limitaciones.

MUELLES DE COMPRESIÓN CON SISTEMA DE CADENA:

Este sistema se diseñó para la restauración de la tabla de Adán⁴⁴, de Durero (f.22), y consiste en la utilización de un muelle lineal de compresión alojado en

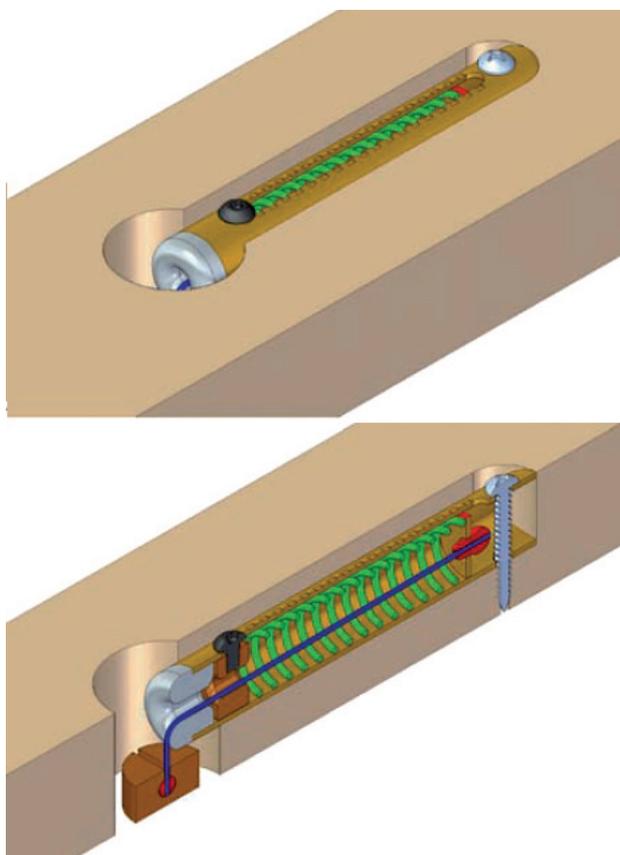
⁴² Imagen de: CASTELLI, C. y SANTACESARIA, A. Il restauro dei supporti lignei. p. 192. En: CIATTI, M. et al. *Dipinti su tavola: la tecnica e la conservazione dei supporti*. Florencia. Edifir. 1999. pp. 169-191

⁴³ PÉREZ, E. y BARROS, J.M. Empleo de un sistema elástico con muelles para el refuerzo de una pintura sobre tabla. p. 512. En: AA.VV. *Actas del XVIII Congreso Internacional de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. Granada. 2011.

⁴⁴ Véase: BISACCA, G. y de la FUENTE, J. The Treatment of Dürer's Adam and Eve Panels at the Prado Museum. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 10-24; *Video: Consideraciones generales sobre el proyecto de restauración del Adán y Eva de Durero. Proceso de restauración del soporte de Adán*. de la FUENTE, J. Madrid. Museo del Prado. 2010.

un perfil metálico, y conectado a una cadena flexible⁴⁵. Esta cadena va inserta en un botón de bronce que se adhiere al soporte original; y será la que conectará la tabla con el sistema elástico. Por su sistema de unión, por medio de una esfera, el mecanismo permite los movimientos en todas las direcciones, proporcionando una gran elasticidad al conjunto, que es capaz de absorber las tensiones y deformaciones de la tabla (f.21).

Su punto fuerte es su funcionamiento, y su gran flexibilidad. Y además, es un sistema fácilmente reversible y poco invasivo, al ser los botones de bronce el único elemento encolado al soporte original. Por otra parte, requiere de poco espacio o espesor del bastidor, al situarse el muelle en paralelo a la tabla y no en perpendicular.



f.21. Muelle de compresión con cadena flexible.⁴⁶

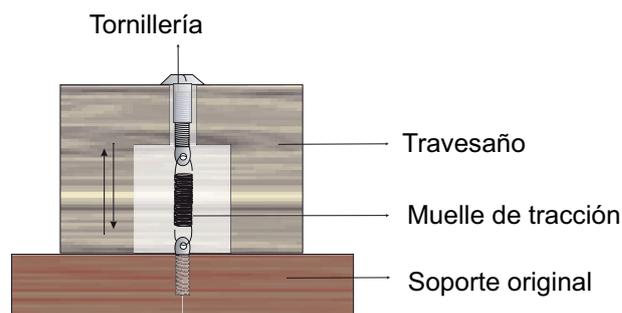
Por contra, se trata de un sistema específico, y caro, que por el momento, está reservado a obras valiosas, o colecciones de museos que pueden permitirselo.

MUELLES DE TRACCIÓN:

Para terminar, nombrar la utilización de muelles de tracción (f.23). Al igual que en los sistemas anteriores⁴⁷,



f.22. Adán y Eva. Reversos.⁴⁸



f.23. Travesaño con muelle de tracción.

⁴⁵ MILLER, M.A., BISACCA, G. y GALITZINE, P. The Development of a Spring Mechanism for Use in Conjunction with Auxiliary Supports for Previously Thinned Panels. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 59-68.

⁴⁶ MILLER, M.A., BISACCA, G. y GALITZINE, P. op. cit. p. 67.

⁴⁷ Ver: sistema deslizante a ballesta (p. 16), travesaños elásticos con muelle recto y sistema deslizante (p. 18), muelles helicoidales de compresión (pp. 20-21).

⁴⁸ Imagen: BISACCA, G. y de la FUENTE, J. The Treatment of Dürer's Adam and Eve Panels at the Prado Museum. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. p. 23.

éste mecanismo funciona por medio de la realización de una caja en el travesaño, en la que se situará el muelle. La conexión del muelle al soporte original se realizará por medio de un tornillo sin cabeza, con un orificio para alojar la terminación del resorte.

Se trata de un sistema sencillo y funcional, que sin embargo tiene una desventaja importante, y es la necesidad de introducir las cabezas de tornillo en el soporte original, con los inconvenientes y riesgos que ello conlleva.

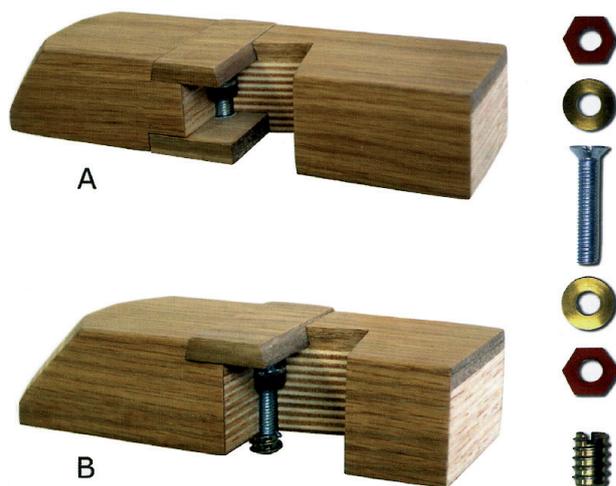
6.4. UTILIZACIÓN DE ELASTÓMEROS Y OTROS ELEMENTOS FLEXIBLES:

Los muelles no han sido los únicos elementos elásticos utilizados en los tratamientos del soporte de la pintura sobre tabla, sino que se han desarrollado otros estudios basados en la aplicación de elastómeros, como el Plastazote^{®49} u otros⁵⁰; o de otro tipo de materias flexibles; como puede ser la madera, aplicada de forma específica.

TRAVESAÑOS DE JUNTAS ELÁSTICAS CON ELASTÓMEROS:

Los elastómeros son materiales muy flexibles y elásticos, que tienen la capacidad de recuperar su forma original después de haber estado sometidos a una tensión. Por ello, se desarrolló este sistema⁵¹, en el que la movilidad o elasticidad del travesaño se ve facilitada por los elastómeros.

Consiste en la introducción de elastómeros intercalados entre la tornillería (f.24), en una caja realizada en el travesaño, proporcionándole de este modo la elasticidad suficiente para permitir leves deformaciones de



f.24. Travesaño con elastómeros. A. Fijación indirecta con piezas de madera. B. Fijación directa al soporte original.⁵²

la madera del soporte, sin que éste se vea sometido a grandes tensiones internas.

A la hora de elegir el elastómero a utilizar, su densidad o espesor, deberemos tener en cuenta las necesidades de la tabla sobre la que estamos trabajando, ya que la gama de productos o cauchos disponibles es amplia. A pesar de todo ello, el sistema no permite una excesiva flexibilidad, por lo que su uso estará limitado a tablas poco higroscópicas o estables, o a obras que vayan a situarse en un ambiente controlado.

Una ventaja de este sistema es que, mediante la realización de unas pestañas de madera en el travesaño, cuya función es sujetar la tornillería, podremos comprobar periódicamente el estado del material elástico; y si es necesario, sustituirlo. Además, su fijación al soporte original puede realizarse por medio de piezas de madera en las que se colocará una tuerca de embutir para enroscar el tornillo. Otra posibilidad es atornillar el travesaño directamente a la obra, aunque esto constituiría una desventaja, al dañar el soporte original.

⁴⁹ El plastazote es una espuma reticulada de polietileno, expandida con nitrógeno que se presenta en distintas densidades y espesores. Puede ser de alta densidad (HDPE) o de baja densidad (LDPE). Es química y biológicamente inerte, libre de aditivos, fácil de cortar, y absorbe los golpes eficazmente. Se ablanda a los 105-115°C y se descompone a los 300°C. Ver: *Plastazote* [online]. Grupo Español de Conservación (GE-IIC). En: http://ge-iic.com/index.php?option=com_fichast&Itemid=83&tasko=viewo&task=view2&id=11

⁵⁰ Por ejemplo: Caucho de estireno butadieno (SBR), caucho de etileno propileno dieno (EDPM), silicona o caucho de silicona metilo-vinilo (MVQ). Véase: BARBERO, J.C. Nuevo sistema de travesaños móviles para la consolidación de soportes en pinturas sobre tabla. p. 112. En: VVAA. *Aportaciones teóricas y experimentales en problemas de conservación*. Aguilar del Campo. 2006.

⁵¹ BARBERO, J.C. Nuevo sistema de travesaños móviles para la consolidación de soportes en pinturas sobre tabla. En: VVAA. *Aportaciones teóricas y experimentales en problemas de conservación*. Aguilar del Campo. 2006. pp. 103-128.

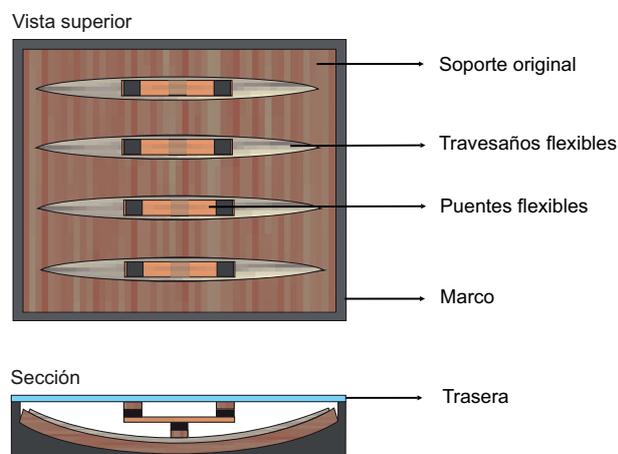
⁵² BARBERO, J.C. op. cit. p. 113.

Para terminar, decir que la utilización de elastómeros también es válida para modificar travesaños originales⁵³, proporcionándoles algo de elasticidad.

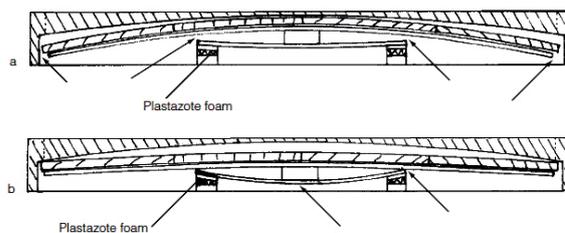
SOPORTE AUXILIAR FLEXIBLE; SISTEMA BOBAK⁵⁴

El sistema Bobak consiste en un soporte de apoyo, que se sitúa sobre el reverso de la obra sin ningún tipo de fijación, y es la trasera rígida (que se clava sobre el marco), la que realiza la función de mantener los elementos en su lugar, y proporcionar la tensión suficiente para sostener la tabla, permitiendo a su vez una gran flexibilidad. El mecanismo es bastante sencillo (f.25).

En primer lugar, es necesario un marco o *bandeja* sobre la que descansará la obra. Este marco, en su interior, se adaptará a la curvatura de la tabla, para proporcionarle una superficie homogénea de apoyo, que a su vez se cubrirá con un elemento amortiguador (por ejemplo, Plastazote®). En el reverso de la tabla, se situará una serie de listones de madera flexibles o *espinas*, en sentido perpendicular a la fibra de la madera, que serán los que funcionarán de apoyo, controlando los movimientos de curvatura de la tabla.



f.25. Elementos del sistema Bobak.



f.26. Funcionamiento del sistema Bobak.⁵⁵

Los elementos que proporcionarán la tensión necesaria para soportar la tabla, al mismo tiempo que permitirán sus movimientos, son unos puentes flexibles, realizados a partir de un listón de madera flexible, con un *cojín* de apoyo central en su parte inferior (en contacto con las espinas); y dos *cojines* en los extremos en su parte superior (en contacto con la trasera).

Si la tabla aumenta o disminuye su curvatura, tanto los listones como los puentes de madera se flexionarán y adaptarán a la nueva forma de la obra (f.26), mientras que ejercen un cierto control sobre estos movimientos.

El sistema tiene muchas ventajas. Es muy flexible; nada invasivo y completamente reversible, ya que no va anclado al soporte original en ningún punto; y proporciona un enmarcado o sistema portante, que permitirá colgar la obra sin que el peso recaiga sobre ella.

Su inconveniente es que sólo sirve para obras que mantienen una integridad suficiente como para no necesitar un apoyo mayor.

As a a general rule, if an unframed panel cannot be handled confidently or will not safely support its own weight when placed horizontally on a surface, then an attached support should be considered in order to provide the required reinforcement. It is almost impossible to reinforce a weak panel without using an attached support. But an attached support can be designed to ensure that it is in sympathy with the panel's requirements.⁵⁶

⁵³ BARBERO, J.C. op. cit. pp. 121-128.

⁵⁴ BOBAK, S. A Flexible Unattached Auxiliary Support. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 371-381.

⁵⁵ Imagen de: BOBAK, S. A Flexible Unattached Auxiliary Support. p. 378. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 371-381.

⁵⁶ MARCHANT, R. The development of a Flexible Attached Auxiliary Support. p. 384. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 382-402. Trad. a. "Como regla general, si un panel libre no puede ser manipulado con seguridad, o es capaz de soportar su propio peso cuando se coloca horizontalmente sobre una superficie, debería considerarse utilizar un soporte auxiliar fijo para proporcionarle el refuerzo requerido. Es casi imposible reforzar un panel debilitado sin utilizar un soporte de refuerzo adjunto. Pero este soporte debe diseñarse con la seguridad de que se adapta a los requerimientos de la tabla.

SOPORTE AUXILIAR FLEXIBLE FIJO:

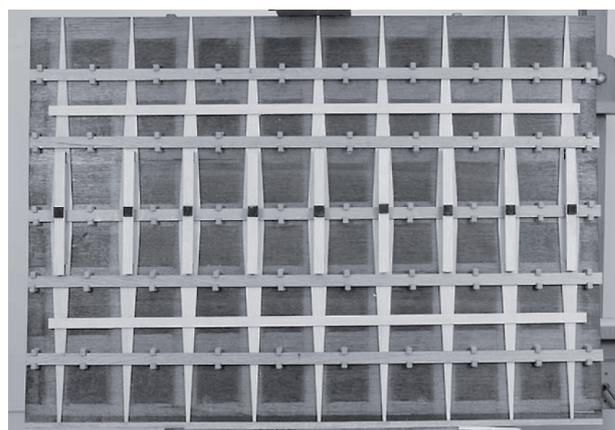
A partir del diseño de Bobak, se desarrolló este otro.⁵⁷ Su funcionamiento es el mismo; pero surge de la necesidad de utilizar el sistema anterior (con todas sus ventajas) sobre obras de mayor formato, o más debilitadas, y con una mayor necesidad de apoyo.

Para ello, se añaden algunos elementos. En primer lugar, se fijan los listones o espinas flexibles por medio de otros travesaños o listones verticales. Estos listones únicamente sirven de sujeción, y no realizan ninguna otra función, salvo la de formar un conjunto, en forma de retícula. En segundo lugar, se añaden otros listones o travesaños deslizantes (perpendicularmente a las espinas, es decir, en dirección de la veta de la madera). Estos travesaños serán los que fijarán el refuerzo a la obra, ya que quedarán sujetos por medio de abrazaderas de madera, que irán encoladas al reverso de la tabla, y su número dependerá de la obra, de la mayor o menor elasticidad que necesite, etc. Por último, se invierte la posición de los puentes flexibles, para situar sobre la obra dos puntos de apoyo, en lugar de uno, obteniendo un mayor control de los listones flexibles (f.27 y f.28), y poder, además, situar el cojín exterior sobre una barra central de madera (y no sobre la trasera), para poder así rebajar el peso y espesor de la trasera (o suprimirla, incluso).

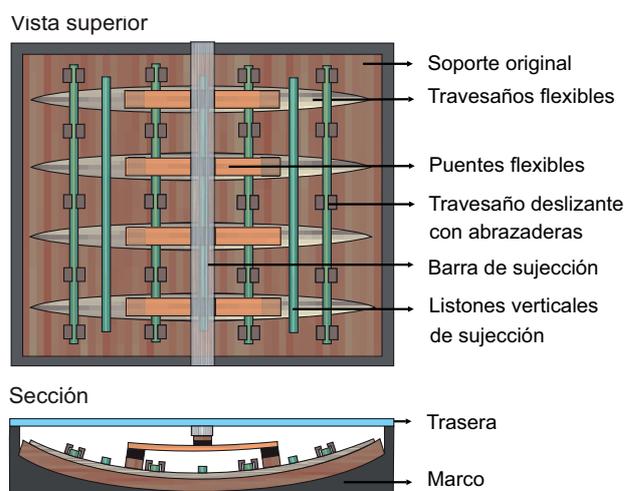
Este sistema ha sido bastante utilizado por los restauradores de pintura sobre tabla, y se han hecho numerosas modificaciones sobre él, siguiendo los mismos principios de funcionamiento, para adaptarlo a las necesidades de cada obra.⁵⁸

MARCO PERIMETRAL CON FLEJES:

Otro sistema sencillo y práctico es la utilización de marcos perimetrales para acoger la obra por el anverso (con Plastazote® u otro elastómero, como elemento amortiguador), mientras se sitúan unos flejes metálicos flexibles en el reverso⁵⁹, que la mantendrán en el sitio,



f.27. Tabla flamenca del S. XVII.⁶⁰



f.28. Soporte auxiliar flexible.

permitiendo sus posibles movimientos o variaciones dimensionales. En este tipo de sistema, es muy importante la situación de los flejes (f.29). Si tenemos una obra que tiende a curvar mucho, situaremos puntos de fijación en el centro de la tabla, pero dejaremos los laterales libres, para permitir las deformaciones.

El inconveniente de este sistema es que no proporciona un gran refuerzo, por lo que se utilizará únicamente para tablas en buen estado de conservación, o de pequeños formatos.

⁵⁷ MARCHANT, R. op. cit. pp. 382-402.

⁵⁸ Se hablará más sobre ello en el apartado 7.6.2.

⁵⁹ Véase: LEBAS, F. *The Cradling of a Relief of the Annunciation Attributed to Martin Shaffner*. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 359-363; y KOSTECKI, G. y HOLA, A. *Structural Consolidation and Stabilization of Panel Paintings at the Academy of Fine Arts, Kraków*. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 204-205.

⁶⁰ Imagen de: GRIESBACH, M. *A Hybrid Approach to the Structural Treatment of Panel Paintings: Case Studies from American Collections*. p. 86. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 82-91.

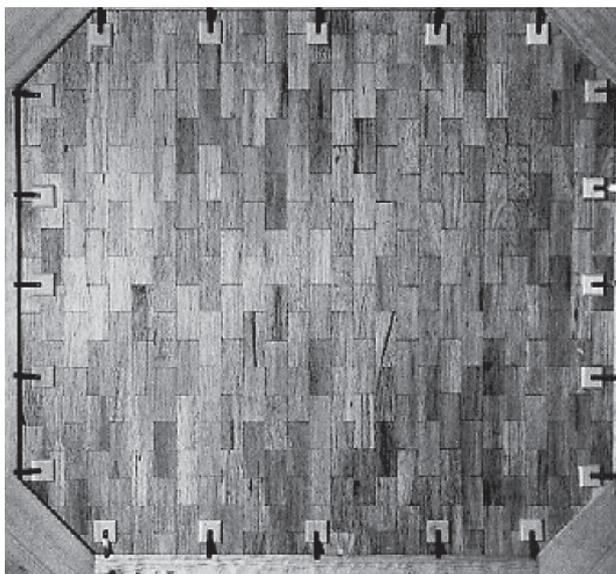
MARCO PERIMETRAL CON BASTIDOR Y FLEJES:

Si tenemos una obra más grande, o con mayor necesidad de refuerzo que sólo de forma perimetral, utilizaremos esta variante del sistema anterior, en la que los flejes irán conectados a un bastidor y no al marco.

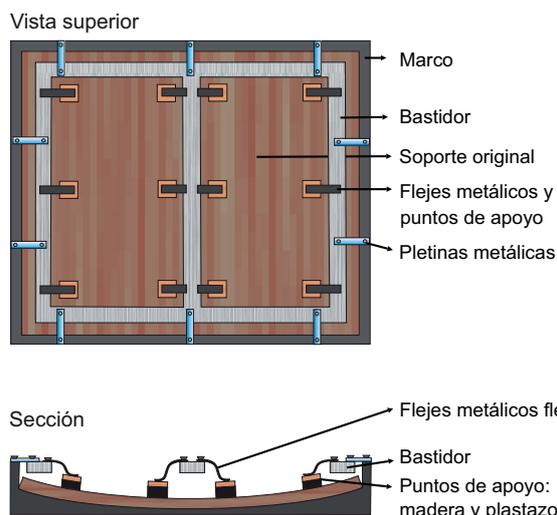
El bastidor quedará separado del reverso, para evitar el rozamiento y permitir una mayor deformación, y se fijará al marco por medio de pletinas metálicas, como podemos observar en el siguiente croquis (f.30).

6.5. SISTEMAS DE AMORTIGUACIÓN O AISLAMIENTO:

Hoy en día se está trabajando mucho en este campo, al tratarse de una forma de proteger y ayudar a la conservación de la obra, poco invasiva y muy eficaz.



f.29. Martin Schaffner (atrib.) *Annunciation*.⁶¹



f.30. Marco con bastidor perimetral y flejes flexibles.

Diferenciaremos entre dos tipos de sistema: la utilización de barreras aislantes o paneles de compensación, por un lado; y la colocación de las obras en microclimas o vitrinas, por otro.

BARRERAS AISLANTES Y PANELES DE COMPENSACIÓN:

La utilización de este tipo de elementos en los procesos de intervención en el soporte, es una solución práctica y más económica que la colocación de las obras en vitrinas, lo que no siempre puede hacerse por falta de presupuesto, etc.

Encontramos, por una parte, obras en las que se han utilizado paneles o listones finos de madera como barrera aislante a las variaciones termohigrométricas, al reducir el intercambio de humedad entre la tabla original (cuyo reverso queda cubierto por otra capa de madera) y la atmósfera.

En algunos casos, se ha realizado un *emparquetado* de madera⁶², a partir de pequeñas piezas dispuestas alternativamente sobre la superficie del reverso (f.29)⁶³, y

⁶¹ Imagen de: LEBAS, F. *The Cradling of a Relief of the Annunciation Attributed to Martin Schaffner*. p. 362. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 359-363.

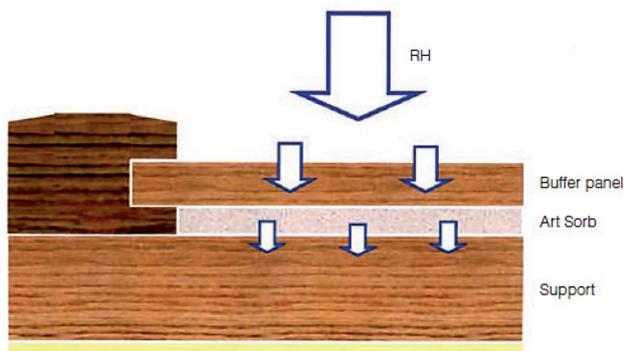
⁶² No confundir con el *engatillado*, al que también se ha llamado *emparquetado*.

⁶³ Véase: LEBAS, F. *The Cradling of a Relief of the Annunciation Attributed to Martin Schaffner*. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 359-363; GLATIGNY, J.A. *Backings of Panel Paintings: Reinforcement and Constraint*. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 364-370; y REEVE, A.M. *Structural Conservation of Panel Paintings at the National Gallery, London*. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 403-417.

encoladas con cera-resina (previa impermeabilización con Paraloid B-72®), o con adhesivo epoxi⁶⁴, en la dirección de la veta de la madera.

En otros casos, se ha protegido el reverso con largos listones de madera, con un espacio de separación intermedio, en el que podía colocarse un material amortiguador o de control de la humedad relativa⁶⁵, como el ArtSorb®.⁶⁶

Además de estos paneles de compensación de madera, podemos utilizar láminas de material inerte con una misma función: actuar de barrera amortiguadora



f.31. Barrera aislante de madera y ArtSorb®.⁶⁷

del intercambio de humedad relativa entre el reverso de la tabla y la atmósfera. Entre este tipo de materiales encontramos el cartón pluma, las planchas de metacrilato o policarbonato, o cualquier otro tipo de lámina estable que ejerza de barrera. Debemos tener en cuenta, si utilizamos un material poco poroso, practicar unos orificios de ventilación para evitar condensaciones de agua en la superficie interior, y evitar la aparición de microorganismos.

CREACIÓN DE MICROCLIMAS O VITRINAS:

Cuando se tienen los medios, ésta es la mejor solución para la conservación de una pintura sobre tabla, dado que se frenan las variaciones dimensionales de la madera, al conseguir una humedad relativa y temperatura constantes, o con un rango de variación mínimo. De este modo, la madera se estabiliza y se eliminan las tensiones internas, responsables de gran parte de los daños sufridos tanto en el soporte como en la película pictórica.

La creación de una vitrina nos permite, al mismo tiempo, filtrar los contaminantes atmosféricos, o la radiación ultravioleta.

A la hora de diseñar una vitrina, se deben tener en cuenta algunos factores. El tamaño de la tabla, su curvatura, su estado de conservación; y algo muy importante, el rango de humedad en que se quiere mantener; que dependerá en gran medida de las condiciones previas en que haya permanecido la obra. Y para obtener ese rango de humedad deseado, y mantenerlo, pueden utilizarse materiales como el gel de sílice⁶⁸, el ArtSorb® o el ProSorb®⁶⁹, todos ellos capaces de absorber o ceder humedad según las necesidades del ambiente.

⁶⁴ NEW, B. y MARCHANT, R. The Repair and Support of Thinned Panel Paintings: A Case Study in Modifying Established Techniques. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 36-47.

⁶⁵ MONFARDINI, P. Structural and Climate Control Systems for Thinned Panel Paintings. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 48-58.

⁶⁶ ArtSorb® es un producto de sílice sensible a la humedad, que la absorbe o desprende compensando los cambios ambientales del espacio en que se encuentra. Su capacidad es superior a la del gel de sílice, y se encuentra disponible en perlas, hojas o cartuchos. Ver: *ArtSorb®*, Stem productos. <http://www.stem-museos.com/es/productos/otros/art-sorb>; y *ArtSorb Material Safety Data Sheet*. GE-IIC. En: <http://ge-iic.com/files/fichas/%20productos/art-sorb.pdf>

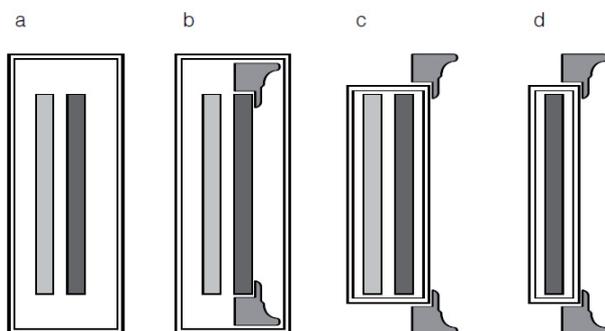
⁶⁷ Imagen de: MONFARDINI, P. Structural and Climate Control Systems for Thinned Panel Paintings. p. 55. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 48-58.

⁶⁸ RICHARD, M. Further Studies on the Benefit of Adding Silica Gel to Microclimate Packages for Panel Paintings. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 140-147.

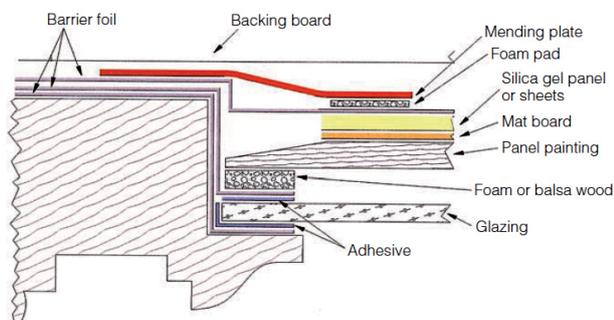
⁶⁹ La elección del producto, y la cantidad necesaria del mismo, vendrá en función del rango de humedad relativa que se quiera obtener, el volumen de aire en la vitrina, y el espacio disponible, al presentarse en diferentes formatos.

Debemos tener en cuenta, además, que la vitrina no sólo es un elemento de protección y estabilización, sino que tiene un componente estético, importante a valorar. Es necesario decidir si se quiere una *vitrina vista*, que incluya en su interior la obra y su marco; o una *vitrina oculta*, que se situará en el interior del marco, acogiendo únicamente la obra (f.32).

Las partes constituyentes de una vitrina pueden variar en función de la obra que vayan a albergar, pero generalmente vamos a encontrarnos con algunos componentes básicos: el cristal o metacrilato de la parte anterior, cuya función es de protección, a la vez que



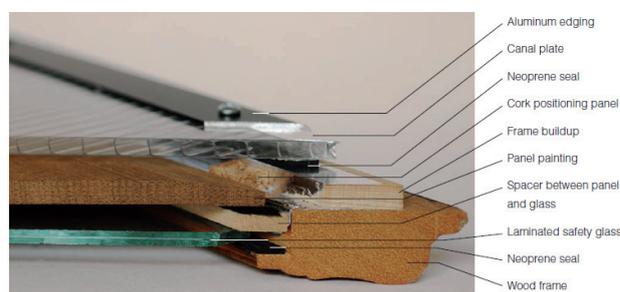
f.32. Tipos de vitrina: a, vitrina con la obra y material amortiguador de las variaciones de humedad relativa, sin marco; b, vitrina con la obra enmarcada y material amortiguador; c, vitrina oculta, enmarcada desde el exterior, con la obra y material amortiguador; d, vitrina oculta, con la obra.⁷⁰



f.33. Partes de una vitrina.⁷¹

estética, por lo que debe proporcionar una buena visibilidad de la obra, evitando al máximo los reflejos producidos por la iluminación; un material amortiguador que proteja la superficie pictórica que vaya a entrar en contacto con el enmarcado; y un panel o lámina inerte de barrera por el reverso. Podemos observar la situación de todos los elementos constituyentes de una vitrina en las imágenes f.33 y f.34.

De un modo más sencillo, pero con el mismo concepto, se han realizado microclimas por medio del sellado o envoltorio de las obras con Marvelseal[®]⁷², cuya utilización puede venir muy bien en obras de pequeño formato.⁷³



f.34. Partes de una vitrina.⁷⁴



f.35. Creación de microclimas con Marvelseal[®].⁷⁵

⁷⁰ WADUM, J. Microclimate Boxes for Panel Paintings. p. 510. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 497-524.

⁷¹ RICHARD, M. Further Studies on the Benefit of Adding Silica Gel to Microclimate Packages for Panel Paintings. p. 141. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 140-147

⁷² Film de barrera de polietileno y nylon aluminizado, resistente a la humedad, y utilizado para cerrar paquetes herméticamente. Ver: *Marvelseal 360*. Stem productos. <http://www.stem-museos.com/es/productos/films-tejidos-y-soportes/marvalseal-360>

⁷³ SOZZANI, L. Microclimate Vitrines for Panel Paintings: An Update. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 148-157.

⁷⁴ SOZZANI, L. op cit. pp. 148-157.

⁷⁵ SOZZANI, L. op cit. pp. 149 y 155.

7. LA RESURRECCIÓN:

7.1. FICHA TÉCNICA:

Título	La Resurrección
Autor	Desconocido
Fecha	Siglo XVI-XVII
Técnica	Temple graso sobre tabla
Tema	Religioso
Dimensiones	Altura: 974 mm. Anchura: 958 mm. Espesor: 9 a 18 mm.
Propietario	Propiedad particular
Restaurador	Cristina Marco Martínez

7.2. ESTUDIO TÉCNICO:

SOPORTE:

Se trata de un soporte de madera de formato octogonal, de dimensiones totales: 974 mm. por 958 mm., y cuyo espesor varía entre 9 y 18 mm. Podemos pensar que éstas no son las medidas originales, dada la disposición de las figuras y la composición⁷⁶, o su forma octogonal, no convencional y muy irregular; así como por la extraña disposición y número de los antiguos travesaños. Es fácil creer que la obra fue cortada para obtener el formato y dimensiones que presenta en la actualidad.

La madera utilizada para realizar el soporte es madera de conífera, concretamente de pino, que fue la más utilizada en la pintura sobre tabla de la Corona de Aragón, por ser también la más común, fácilmente

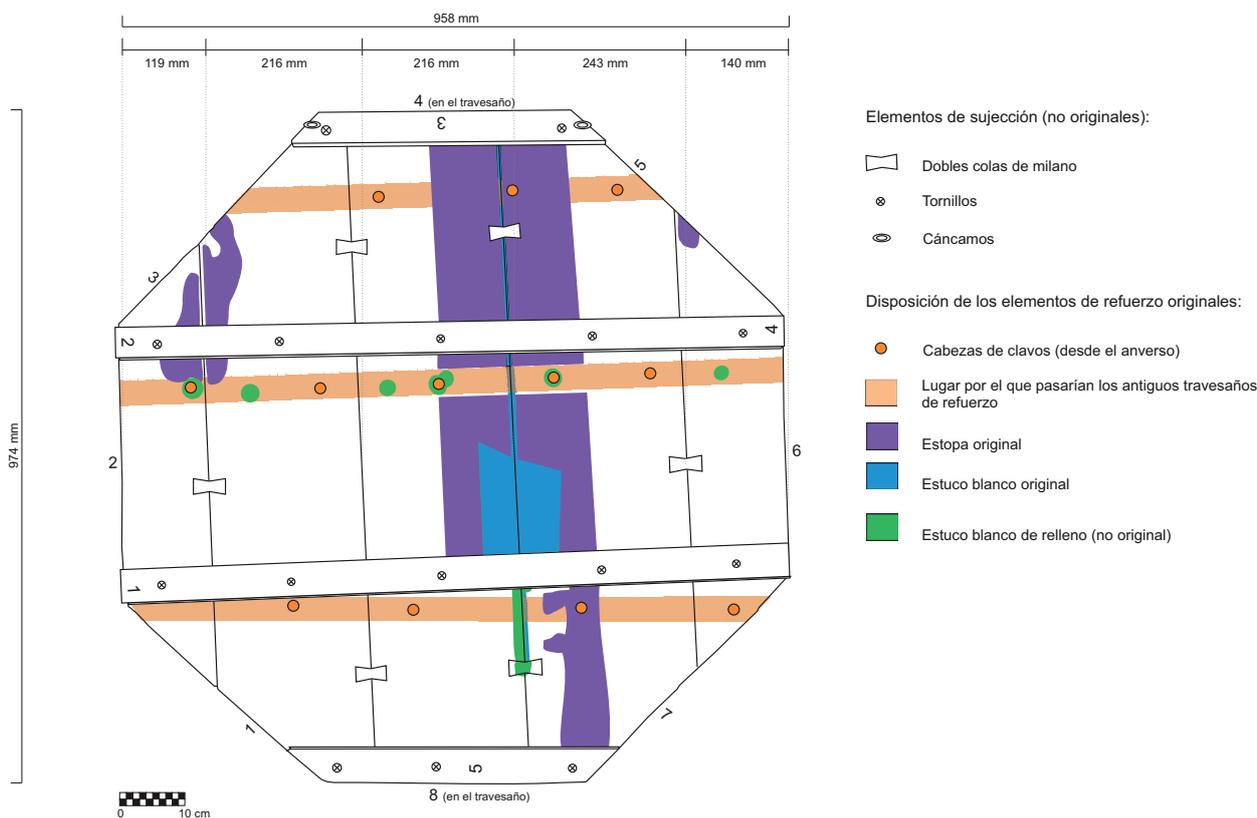


f.36. Anverso



f.37. Reverso

⁷⁶ No es usual que en una pintura de la época se cortase la mano al soldado situado a la derecha.



f.38. Diagrama del soporte

accesible y de bajo precio. En la tabla aparecen algunos nudos de poca relevancia, salvo un nudo de gran tamaño que se sitúa en la zona inferior del primer paño situado a la izquierda, y que se encuentra en buen estado.

La tabla está formada por cinco paños encolados a unión viva; y cuyas fibras se disponen en dirección vertical. El corte que presentan los diferentes paneles es tangencial y subradial, y realizado de forma manual⁷⁷.

Encontramos también cuatro travesaños de refuerzo no originales, situados a contraveta, atornillados y encolados con un adhesivo vinílico, por lo que suponen un sistema de refuerzo fijo y muy rígido. Podemos observar, además, que para su colocación, el soporte original fue rebajado en espesor, a lo largo de cuatro carriles horizontales, para obtener una superficie uniforme sobre la que apoyarlos.

También encontramos seis dobles colas de milano no originales, situadas en las uniones entre paños, a contraveta, y encoladas con gran cantidad de adhesivo. Probablemente fueron realizadas en la misma época en

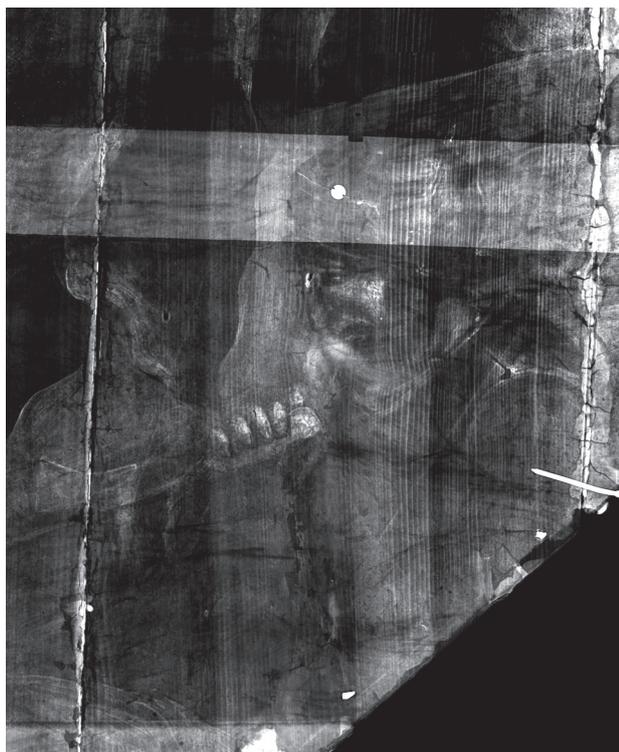
que se colocaron los nuevos travesaños; ya que tanto el tipo de madera, su aspecto y estado de conservación así como el adhesivo utilizado, es similar al de éstos.

Frente a estos cuatro travesaños no originales; podemos observar también los orificios dejados por los clavos de tres travesaños originales desaparecidos; que no coinciden en su posición con los actuales. La situación de éstos puede hacernos pensar, nuevamente, que el soporte original fue mutilado para adaptarlo a un nuevo formato.



f.39. Rebaje del soporte original para la colocación de los travesaños

⁷⁷ Observamos por el reverso, con iluminación rasante, las marcas dejadas al trabajar la madera con una hachuela.



f.40. Detalle de la radiografía en el que observamos las fibras de estopa.

Como elemento de estabilización, el soporte presenta estopa. En el reverso, la estopa se sitúa en las uniones entre los paños; mientras que en anverso ocupa toda la superficie (bajo la preparación). Se observa muy bien en la radiografía (f.40). Por su disposición, pensamos que ambas son originales.

Encontramos, además, dos tipos de estuco blanco. Uno de ellos, original⁷⁸, cubre algunas zonas del reverso y una de las uniones entre los paños, junto con listones de madera a modo de injertos. Esta unión, probablemente se encontrase separada ya en origen, dado que hay tanto estopa como estratos pictóricos en anverso, ocupando dicho espacio. El otro estuco, más blanco y duro, no es original, y probablemente se colocó en una antigua intervención para rellenar los orificios o faltantes de madera dejados por los antiguos clavos.

ESTRATOS PICTÓRICOS:

Aunque lo que más nos interesa ahora es estudiar el soporte, realizaremos una breve descripción de los estratos pictóricos, entre los que podemos encontrar:

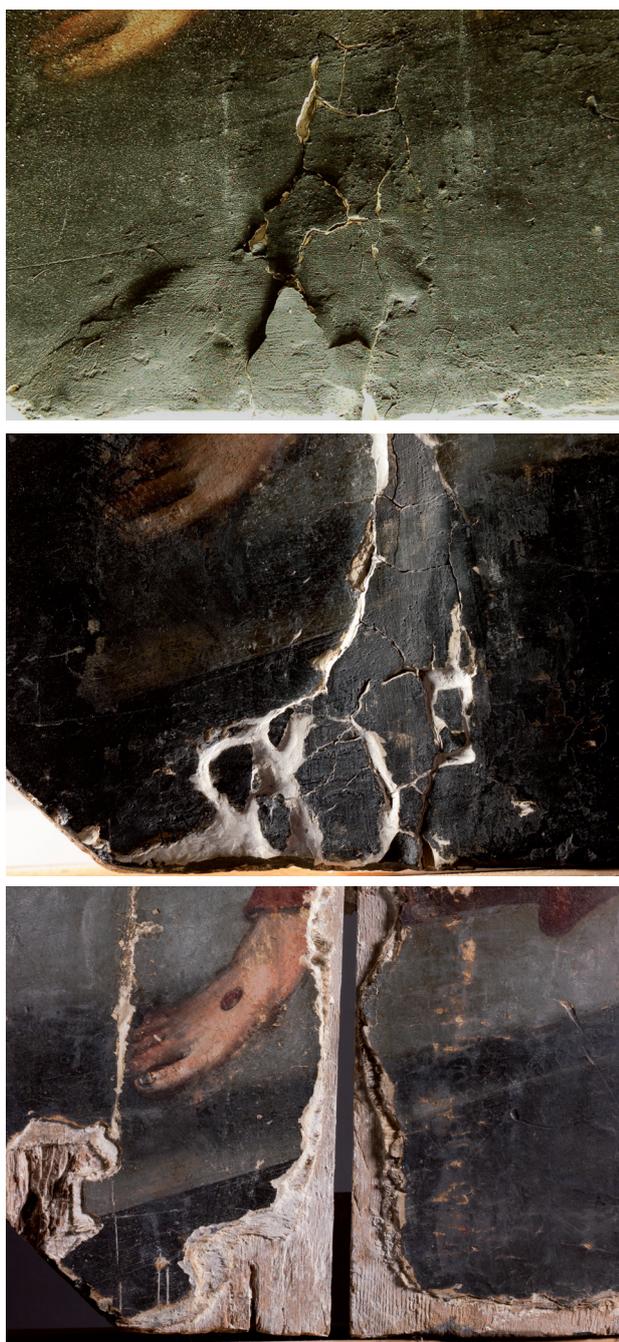
preparación, estucos no originales, película pictórica (original y no original), y barniz.

- La *preparación* es tradicional, de color blanco y espesor medio bastante irregular. Está compuesta por un aglutinante de tipo protéico (cola animal) y una carga inerte (sulfato cálcico), que eran los más utilizados en la preparación de tablas de la época, en la zona de Valencia.
- En numerosas zonas, la obra presentaba *estucos* de relleno de color blanco y de elevado grosor y dureza. Éstos se colocaron en una antigua intervención, y fueron eliminados durante el proceso de limpieza del anverso.
- En la *película pictórica* podemos diferenciar tres tipos de estrato. Nos encontramos con una pintura realizada con temple grasoso, es decir, una mezcla de temple de huevo y aceite, cuyo espesor es fino y sin empastes. Además, encontramos una zona dorada, realizada con purpurina en polvo y aglutinada probablemente con el mismo temple grasoso, en la aureola del Cristo. Por último, podíamos observar también numerosos repintes realizados con óleo sobre toda la superficie pictórica. Éstos han sido eliminados en el proceso de limpieza de suciedad y barnices.
- En cuanto al *barniz*, probablemente se tratase de un barniz a base de resina, evidentemente no original, al situarse sobre los repintes y estucos. Este estrato también fue eliminado en gran parte durante el proceso de limpieza.

7.3. ESTADO DE CONSERVACIÓN:

Esta obra está en proceso de restauración. Por ello, el estado en que estaba antes de comenzar dicho proceso y su estado actual, son diferentes. Como el refuerzo debe realizarse sobre la tabla, tal y como nos la encontramos hoy día, el estudio de su estado de conservación se realizará sobre el estado de la obra ahora, aunque se citará su anterior estado y los procesos de intervención que sobre la obra se han llevado a cabo, para entender mejor su problemática y estado actual.

⁷⁸ Aparece también bajo la estopa.



f.41. Etapas de la limpieza y eliminación de estucos.

SOPORTE:

Para entender la problemática de esta pieza, debemos saber que la mayor parte de los daños que sufre, están ocasionados por el soporte de madera; y más concretamente por el refuerzo rígido que la obra presentaba.

Nos encontramos con una madera de pino⁷⁹, muy higroscópica, y de corte tangencial⁸⁰ y subradial, que se encuentra totalmente deformada y alabeada, individualmente en cada uno de sus paños. Además, las uniones entre los paneles se han separado, llegando a formar aberturas entre ellos de hasta casi 1 cm. la más importante.

La presencia de elementos de refuerzo fijos y extremadamente rígidos (travesaños y dobles colas de milano encolados), impedía los movimientos naturales de la madera, lo que ha originado que se ocasionen tensiones y que la tabla agriete por las zonas más débiles; en este caso las uniones entre los paños; aunque también encontramos una grieta de poca profundidad que cruza casi todo el tercer panel.

Diferentes autores nos hablan de ello; pondremos dos ejemplos:

Quando la deformazione igroscopica del legno è impedita (interamente o parzialmente) dalla presenza di vincoli, nel materiale si sviluppano tensioni interne, di entità anche elevata, che possono condurre a deformazioni permanenti ad addirittura a rottura.⁸¹

Rigid systems, defined as all the structural systems that work on a single axis, prevent the warping of the panel. In panels with tangential sections (which tend to warp in a curve), this restriction is even more stress inducing, given the dynamics cited above. The results of the application of a rigid system are generally

⁷⁹ “El pino es una madera muy sensible a los cambios de temperatura y humedad, lo que se traduce en continuos movimientos de hinchazón y merma, que acaban por debilitar las uniones de las piezas.” Ver en: PÉREZ, E. y BARROS, J.M. *Proceso de restauración: San Matías y San Felipe*. UPV. Valencia. 2010.

⁸⁰ Ya Monfardini, en: MONFARDINI, P. P. *Structural and climate control systems for thinned panel paintings*, p. 50; en AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*, Los Ángeles, The Getty Conservation Institute, 2011, pp. 48-58; dice “the use of tangentially cut boards in the construction of supports is the main reason for the poor preservation of the supports.” Trad. a. “el uso de paneles de corte tangencial en la construcción de soportes, es el motivo principal para la mala conservación de los soportes.”

⁸¹ UZIELLI, L. y FIORAVANTI, M. *Il comportamento fisico-meccanico del legno nei dipinti su tavola*. pp. 52-53. En: CIATTI, M. et al. *Dipinti su tavola: La tecnica e la conservazione dei supporti*. Firenze, Edifir, 1999, pp. 37-58. Trad. a. “Cuando la deformación higroscópica de la madera es impedida (entera o parcialmente) por la presencia de elementos restrictivos, en el material se producen tensiones internas, de intensidad elevada, que pueden conducir a deformaciones permanentes o incluso a la rotura”.

negative for the surface of the painting and for the support, which in given situations cracks and causes diffuse structural deformations.⁸²

Por ello, el que la madera estuviera sujeta por este sistema de refuerzo también ha ocasionado que sus deformaciones, y por tanto su curvatura, convexa si la observamos desde el reverso, aparezca más acentuada. Una vez iniciado el proceso de intervención del soporte, con la eliminación de los travesaños fijos, se ha podido observar una relajación del conjunto de la tabla.

La tabla presenta además daños de otro tipo, aunque éstos mucho menos significativos que los ya mencionados.

Encontramos, por ejemplo, algunos pequeños faltantes, y los orificios dejados por los clavos de los antiguos travesaños, así como una ligera erosión en toda la superficie del reverso.

Mencionar también, un leve ataque de insectos xilófagos de la especie *Anobium Punctatum*⁸³. La presencia de los orificios y galerías dejados por estos insectos no es grave, y no compromete significativamente la estabilidad de la madera.



f.42. Reverso. Iluminación rasante.

Por último, destacar la gran diferencia de espesor del soporte entre unas zonas y otras (con una variación de espesor desde 9 a 18 mm.), bien por las deformaciones y la merma de la madera, bien por los carriles que se han practicado para colocar los cuatro travesaños que presentaba la obra en la actualidad.

ESTRATOS PICTÓRICOS:

En cuanto a los estratos pictóricos, encontramos numerosos faltantes de preparación y película pictórica, que coinciden en su mayor parte con las zonas de unión entre paños, además de con la grieta de la madera, en el segundo paño, y con las cabezas de los clavos de los antiguos travesaños. Además, en estas mismas zonas, los estratos pictóricos se encuentran agrietados en toda su longitud. Anteriormente, todos estos faltantes se encontraban cubiertos con gruesos estucos, también fuertemente agrietados, y repintados; pero se han eliminado en el proceso de limpieza del anverso.



f.43. Anverso. Iluminación rasante.

⁸² MONFARDINI, P. P. *Structural and climate control systems for thinned panel paintings*. p. 51. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*, Los Ángeles, The Getty Conservation Institute, 2011. Trad. a. “Los sistemas rígidos, definidos como todos aquellos sistemas estructurales que trabajan en un único eje, previenen la deformación de los paneles. En paneles de corte tangencial (con tendencia a curvarse), esta restricción induce a un mayor estrés, dada la dinámica antes citada. Los resultados de la aplicación de sistemas rígidos normalmente es negativa para la superficie pictórica y para el soporte, que en situaciones dadas, provocan grietas y deformaciones estructurales generalizadas.”

⁸³ Carcoma común.



f.44. Faltantes y grietas en la película pictórica.

Podemos observar, además, un gran faltante de película pictórica en la zona superior de la pintura. También éste se hallaba repintado, y tras la eliminación de los repintes, nos encontramos en esta zona con el estrato de preparación. Al igual que en esta zona superior, todo el perímetro de la pintura se encuentra dañado.

Vemos, además, las deformaciones producidas en los estratos pictóricos, debido a las deformaciones de la tabla, y apreciamos tanto su curvatura como el desnivel entre los paños.

7.4. MEDICIÓN DE LAS DEFORMACIONES:

7.4.1. CÁLCULO DE POSIBLES VARIACIONES DIMENSIONALES.

Atendiendo al tipo de corte de una tabla, al porcentaje de merma de la madera de que está constituida, y a las posibles variaciones de humedad relativa; podemos hacer un cálculo aproximado de las variaciones dimensionales que podrá sufrir dicha tabla⁸⁴, para valorar la necesidad de flexibilidad del sistema de refuerzo.

Para calcular la variación dimensional máxima de la tabla de *La Resurrección*, se han tomado los siguientes datos.

1. Tabla de corte tangencial (dado que todos los paños son de corte tangencial o subtangencial, tomaremos una única medida, total, de la tabla): la merma longitudinal se producirá en la altura de la tabla; la merma radial se producirá en espesor; y la merma tangencial en anchura.

2. Madera de pino:⁸⁵

Merma longitudinal= 0'4%

Merma radial= 4%

Merma tangencial= 7'7%

3. La tabla es de un particular de Castellón, por lo que se expondrá en un ambiente no controlado, probablemente una casa familiar. Para escoger el rango de variación de la humedad relativa, observamos los valores de humedad relativa máxima y mínima registrados en Castellón a lo largo de un año.⁸⁶

El valor máximo de humedad relativa registrado en Castellón en 2012 fue del 99%, a una temperatura de 17'5 °C, el 21 de Octubre. Suponemos que fue en un día de lluvia; y sabemos que la estación meteorológica que registró los datos se encuentra en el exterior. A pesar de ello, tomaremos ese valor máximo de HR, porque en Castellón, donde se registran con frecuencia valores del 75-85% de HR en los meses de verano; y en el interior de una casa; el aire acondicionado, al reducir las temperaturas, provoca un aumento de la humedad relativa, que puede llegar a valores muy elevados.

Por otra parte, el valor mínimo de HR registrado en Castellón en 2012 fue del 11%, a 20'5 °C, el 5 de Enero. Se trata de un pico aislado y puntual, que no se mantuvo por el tiempo suficiente⁸⁷ para que una madera fuera capaz de equilibrarse, por lo que tomaremos el siguiente valor, más cercano a los valores mínimos frecuentes de HR; que fue del 15%, a 17'4 °C, el 28 de Octubre. Estos valores mínimos se han producido con temperaturas medias. Si se hubiesen registrado valores muy bajos de HR con valores igualmente bajos de temperatura, hubiera sido más peligroso, al producirse también un descenso de la HR en los hogares por el efecto de la calefacción.

4. Podemos establecer los valores de humedad de equilibrio (H_{eq}) de la madera que corresponden a los valores anteriores, máximo y mínimo, de la humedad relativa ambiente. Para un 99% de HR ambiente, a una temperatura de 17'5 °C, el valor de H_{eq} de la madera es del 4%, para una humedad de saturación (H_{sat}) del 31%. Para un 15% de HR ambiente a 17'4 °C, la H_{eq} de la madera es del 30%.⁸⁸

Con estos datos, podemos proceder a realizar los cálculos.

$$\Delta H_{eq} = 30\% - 4\% = 26\% \text{ (de una } H_{sat} \text{ de } 31\%).$$

$$\Delta \text{Dimensional} = \Delta H_{eq} \times \text{Merma} \times \text{longitud (mm.)}$$

⁸⁴ UZIELLI, L. y FIORAVANTI, M. Il comportamento fisico-meccanico del legno nei dipinti su tavola. p. 46-47. En: CIATTI, M. et al. *Dipinti su tavola. La tecnica e la conservazione dei supporti*. pp. 37-58.

⁸⁵ UZIELLI, L. y FIORAVANTI, M. op. cit. p. 49.

⁸⁶ Datos de la estación meteorológica de Castellón de la Plana, registrados entre el 1 de Noviembre de 2011 y el 31 de Octubre de 2012. Consulta del día 7/7/2013 a través de: [http://www.tutiempo.net\(Estaciones/Castellon-de-la-Plana](http://www.tutiempo.net(Estaciones/Castellon-de-la-Plana)

⁸⁷ De una HR del 15%, se descendió al valor del 11%, y se recuperó nuevamente el del 15%, por espacio de 1 hora y 30 minutos. Ver: http://www.tutiempo.net/Estaciones/Castellon-de-la-Plana/5_de_Enero_de_2012

⁸⁸ UZIELLI, L. y FIORAVANTI, M. op. cit.. p. 45.

$$\Delta\text{altura} = 26/31 \times 0.4/100 \times 976 = 3'27 \text{ mm.}$$

$$\Delta\text{anchura} = 26/31 \times 7.7/100 \times 958 = 61'86 \text{ mm.}$$

$$\Delta\text{espesor} = 26/31 \times 4/100 \times 18 = 0'50 \text{ mm.}$$

De los resultados deducimos que la mayor variación dimensional se producirá a lo ancho; siendo la máxima variación posible de aproximadamente 61 mm.; mientras que las variaciones dimensionales en altura y espesor son despreciables para el tamaño de la tabla.

Teniendo en cuenta que estos 61 mm no van a verse reflejados únicamente en forma de expansión lateral (es decir de hinchazón o merma en el plano), sino también en forma de curvatura de la tabla (f.45), podemos establecer que las necesidades de flexibilidad del refuerzo son muy elevadas.

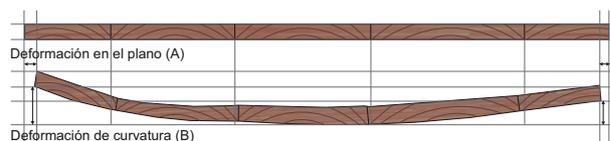
Por otra parte, podemos pensar que 61 mm es una gran deformación; y lo es, pero se trata de la deformación máxima de la tabla, es decir, de su punto de mayor tamaño al de menor. Por lo que si colocamos la tabla en una situación “media”, que podría ser la actual, las variaciones realmente no van a ser tan grandes.

7.4.2. MEDICIÓN DE LAS DEFORMACIONES.

Actualmente, existe una gran variedad de métodos para medir las deformaciones sufridas por una pintura sobre tabla.

Entre los métodos que se basan en la medición del *posicionamiento* de diferentes puntos de la tabla, para establecer la variación en la curvatura, encontramos los siguientes.

Deformación total = A + B



f.45. Deformaciones de una tabla tangencial.

El *comparador centesimal*⁸⁹, cuya utilización está basada en la medida de la variación en la posición de una serie de puntos fijados, a partir de una medición previa con la que comparar la desviación. Es fácil de utilizar, y no requiere del procesado informático de los datos. Su inconveniente es la necesidad de mantener fija la tabla cuyas variaciones van a medirse, con respecto a la posición del comparador centesimal; si se desplaza sus mediciones no serían válidas.

Los *transductores electrónicos de desplazamiento inductivo* o *transductores de desplazamiento lineal (LVDT)*⁹⁰, calculan la deformación del soporte con respecto a una línea recta fija, a través de una serie de puntos de medida. Un tipo de sistema de medición ideado a partir de sensores de este tipo es el *Deformometric Kit*⁹¹, una conjugación del método y el equipo necesario, capaz de observar tanto las deformaciones de la tabla en el plano (hinchazón o merma) como las de curvatura. Este tipo de sensores requieren de un procesado informático, y la línea de medición debe ser constante. La ventaja es que obtenemos información sobre la curvatura de la tabla respecto a una línea recta, y sus variaciones en el tiempo.

⁸⁹ SANTACESARIA, A. Il fattori di degrado dei supporti lignei. p. 108. En: *Dipinti su tavola: La tecnica e la conservazione dei supporti*. pp. 99-168; y BORRALLO, M. *Propuesta de un sistema de estabilización para una pintura sobre tabla del S.XVIII*. Tesina final del máster en conservación y restauración de bienes culturales. Universidad Politécnica de Valencia. 2011.

⁹⁰ SANTACESARIA, A. Il fattori di degrado dei supporti lignei. p. 108. En: *Dipinti su tavola: La tecnica e la conservazione dei supporti*. pp. 99-168; y DIONISI-VICI, P., MAZZANTI, P., y UZIELLI, L. Mechanical response of wooden boards subjected to humidity step variations: climatic chamber measurements and fitted mathematical models. *Journal of Cultural Heritage*, 7, 2006, pp. 37-48.

⁹¹ UZZIELLI, L. et al. The Deformometric Kit: A method and an apparatus for monitoring the deformation of wooden panels. *Journal of Cultural Heritage*, 13S, 2012, pp. S94-S101; y MARCON, B. Mechanical study of a support system for cupping control of panel paintings combining crossbars and springs. *Journal of Cultural Heritage*, 13S, 2012, pp. S109-S117.

Los medidores de deformación de aluminio o *foil strain gauges*⁹², son sensores que se colocan sobre la obra, y que se conectan a un equipo informático, para obtener datos sobre los movimientos producidos.

Los *sensores de rejilla de fibra de Bragg (FBG)*⁹³ son sensores de fibra óptica de longitud de onda modulada, y alta resolución, que se han utilizado para monitorizaciones continuas de pintura sobre tabla, con la particularidad de poder realizarse in-situ. Esto es una gran ventaja, ya que permite realizar diagnósticos in-situ, y observar el comportamiento de las obras en el lugar en que están expuestas, y sus variaciones con los cambios termohigrométricos.

Todos estos sistemas requieren de un contacto físico con la obra que se está estudiando, lo que puede ser una desventaja.

Por otra parte, se encuentran los sistemas ópticos, basados en la utilización de diferentes tipos de radiación o iluminación. La mayoría de ellos no requieren de un contacto físico con la obra, y pueden utilizarse a distancia.

Los sistemas de diagnóstico y monitorización por medio de *interferometría holográfica e interferometría Speckle*⁹⁴, permiten obtener mapas de la deformación de una superficie con una gran precisión.

Los sistemas interferométricos requieren del procesado de los datos; que no puede realizarse sin un equipo informático, al igual que los métodos que veremos a continuación.

La *shearografía* y la *imagen terahertz* son métodos no destructivos de evaluación 2D y 3D⁹⁵, basados en la interferometría speckle y en la radiación terahertz, que requieren de equipos específicos.

Los *sensores de desplazamiento por triangulación láser*⁹⁶, técnica basada en cálculos geométricos que determinan la variación en la posición de los sensores, y utilizados para monitorizar la respuesta dimensional ante los cambios de humedad relativa y temperatura, con la ventaja de poder utilizarse in-situ.

Como el resto de los sensores o sistemas ópticos, se requiere del posicionamiento fijo de la obra de arte durante su análisis, por lo que no son demasiado útiles durante los procesos de restauración de las tablas.

Por último, la técnica digital del *moiré*⁹⁷, consiste en proyectar sobre el objeto una retícula moiré por medio de elementos ópticos de difracción, y permite crear un mapa 3D de las deformaciones fuera del plano.

Una de las grandes ventajas de todos estos sistemas ópticos es su elevada precisión. Otros sistemas de medición pueden dar lugar a desviaciones en los datos.

LA RESURRECCIÓN:

Para medir las deformaciones de la tabla no se ha utilizado ningún sistema de los anteriores por dos motivos. El primero, la accesibilidad y el bajo presupuesto del que disponíamos; y el segundo, que nos ha impedido utilizar sistemas más accesibles como el comparador centesimal, u otros, si hubiésemos tenido la

⁹² HOPFNER. The Development of a Flexible Auxiliary Support Systems for Panel Paintings and the Monitoring of Panel Movements by Strain Gauges. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation*. pp. 69-81.

⁹³ FALCIAI, R. et al. Continuous monitoring of wooden works of art using fiber Bragg grating sensors. *Journal of Cultural Heritage*, 4, 2003, pp. 285-290.

⁹⁴ TORNARI, V. Optical and digital holographic interferometry applied in art conservation structural diagnosis. *e-Preservation Science*, 3, 2006, pp. 51-57; BERNIKOLA, E., NEVIN, A. y TORNARI, V. Rapid initial dimensional changes in wooden panel paintings due to simulated climate-induced alterations monitored by digital coherent out-of-plane interferometry. *Applied Physics A: Material Science & Processing*, 95, 2009, pp. 387-399; AMADESI, S. et al. Holographic methods for Painting Diagnostics, *Applied Optics*, vol 13, n° 9, Septiembre 1974, pp. 2009-2013; IBARRA-CASTANEDO, C. et al. Diagnostics of panel paintings using holographic interferometry and pulsed thermography. *Quantitative InfraRed Thermography Journal*, vol 7, n° 1, 2010, pp. 85-114; y DUREISSEIX, D. et al. Follow-up of a panel restoration procedure through image correlation and finite element modeling. *International Journal of Solids and Structures*, 48, 2011, pp. 1024-1033.

⁹⁵ GROVES, R.M. 2D and 3D non-destructive evaluation of a wooden panel painting using shearography and terahertz imaging. *NDT & E International*, 42, 2009, pp. 543-549.

⁹⁶ BRATASZ, L., y KOZŁOWSKI, R. Laser sensors for continuous In-situ monitoring of the dimensional response of wooden objects. *Studies in conservation*, 50, 2005, pp. 307-315.

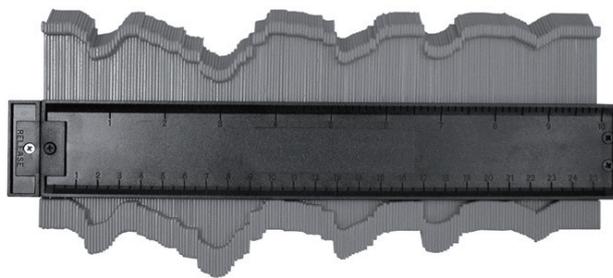
⁹⁷ SCHIRRIPA, G. et al. Digital moiré by a diffractive optical element for deformation analysis of ancient paintings. *Journal of Optics A: Pure and Applied Optics*, 5, 2003, pp. S146-S151.

posibilidad, es que la tabla no iba a estar fija en un lugar, y además estaba en proceso de restauración, por lo que la mayoría de los sistemas descritos anteriormente, no nos hubiesen permitido tomar mediciones continuas, y no nos hubieran proporcionado datos útiles.

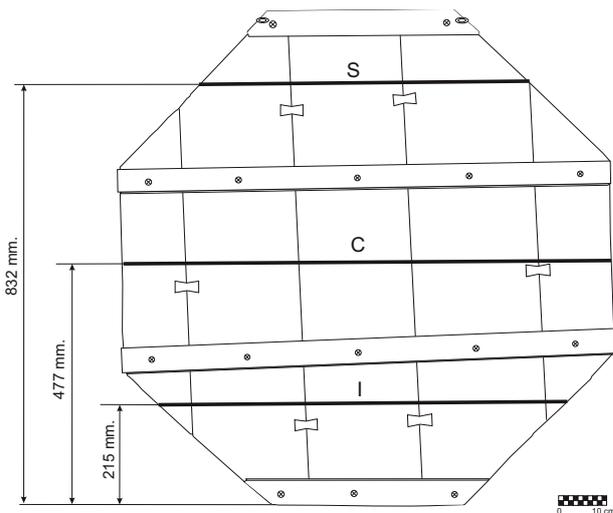
Por todo ello, se ha utilizado un método más sencillo, pero igualmente eficaz, para las necesidades que se nos planteaban, y que era comprobar las variaciones en la deformación de la tabla antes y después de la eliminación del sistema de refuerzo fijo y el reensamblaje de los paños.

Se ha utilizado una escuadra de perfiles (f.46) para obtener un dibujo preciso de la curvatura e irregularidades de la tabla a lo largo de 3 líneas de medición (f.47).

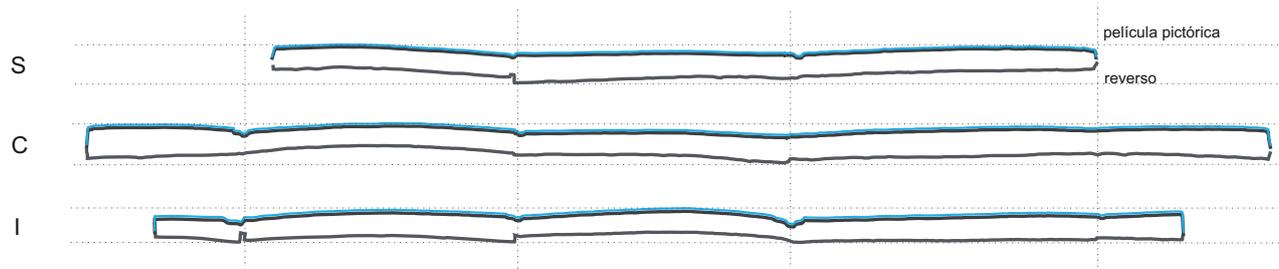
Con los dibujos obtenidos, se han realizado los siguientes diagramas. El primero (f.48) nos muestra las irregularidades de la tabla (anverso y reverso), y las diferencias de espesor entre unas zonas y otras, antes de la eliminación del refuerzo. El segundo (f.49) nos permite comparar la curvatura de la tabla antes de la eliminación del refuerzo (medición 1ª), durante la eliminación del refuerzo (medición 2ª) y tras el reensamblaje de los paños (medición 3ª). No hay una medición tras la eliminación completa del refuerzo porque dos de los paneles se separaron tras eliminar



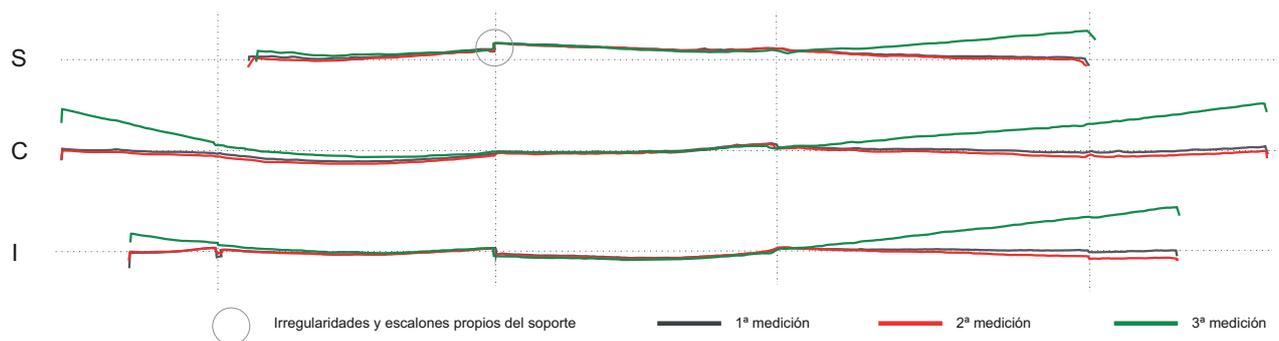
f.46. Escuadra de perfiles.



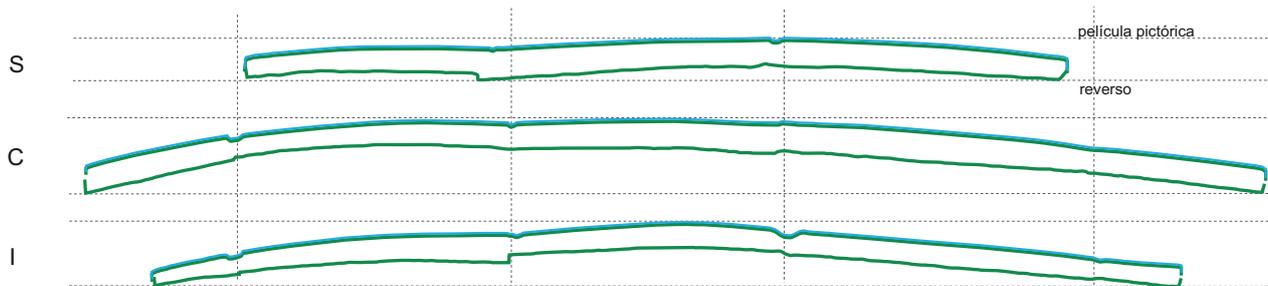
f.47. Líneas de medición.



f.48. Deformación de la tabla antes de la eliminación del refuerzo.



f.49. Comparativa de deformaciones (reverso).



f.50. Deformación de la tabla tras el reensamblaje.



f.51. Curvatura de la tabla. Antes de la eliminación del refuerzo fijo; y tras el reensamblaje.

Con esta comparativa, podemos establecer la elevada necesidad de flexibilidad del nuevo sistema de refuerzo; que debe ser capaz de adaptarse a la curvatura de la tabla y a sus posibles variaciones.

los últimos elementos. El último diagrama (f.50) nos permite observar la curvatura de la tabla tras el reensamblaje. Esta última medición se realizó en unas condiciones de 57% de humedad relativa y 24'5 °C; por lo que la humedad de equilibrio de la madera sería del 10-11%.

Además de que la tabla ha estado en constante movimiento y cambio de sus deformaciones a lo largo de la intervención sobre el soporte, debido a la eliminación del refuerzo fijo, así como durante la separación de los paños, podemos ver cómo tras el reensamblaje, la tabla ha adoptado una curvatura mayor, pero algo más homogénea, que reduce la deformación individual de cada uno de los paños para lograr una superficie más lineal, visualmente hablando.

Los escalones que se observan entre unos paños y otros, en anverso, están producidos por los faltantes de estopa y estratos pictóricos. Por lo que la superficie de la tabla se observará mucho más uniforme tras el proceso de estucado.

Los escalones que se observan en reverso (se ha señalado un ejemplo en el croquis f.49), son producto del diferente espesor y las irregularidades propias de los paños, que estaban presentes en la tabla ya antes de la intervención, y han permanecido tras el reensamblaje, al nivelar la película pictórica.

7.5. INTERVENCIÓN SOBRE LA OBRA:

7.5.1. ELIMINACIÓN DEL REFUERZO FIJO.

Dado que se iba a trabajar sobre el reverso, se realizó una protección total de la película pictórica con papel japonés y una disolución de Klucel G en agua, a 40 gramos/litro.⁹⁸ Se adherieron también tres tiras de papel japonés para no perder la referencia de las líneas de medición de deformaciones. Con este mismo fin, por el reverso, se colocaron pequeñas tiras de cinta de carroceros.

Durante la intervención, fue necesario volver a proteger la unión entre 2º y 3º paño, con presencia de película pictórica en el anverso; para evitar daños durante la manipulación. Se utilizaron dos capas de papel japonés, y gelatina técnica en una proporción de 8 gramos/100 ml. en agua desionizada.

Una vez se decidió realizar la intervención sobre el soporte, el primer paso era eliminar el refuerzo fijo que llevaba la obra.

Para ello, se fueron eliminando progresivamente los travesaños, mediante la acción mecánica con sierras y formones, hasta llegar al soporte original.

Posteriormente, fue necesario realizar una limpieza de los restos adhesivos. Se utilizaron empacos de acetona, para reblandecer el adhesivo vinílico, y bisturí o escalpelo para eliminarlo de forma mecánica. En zonas más inaccesibles se aplicó gel de acetona⁹⁹ y posteriormente se retiró el adhesivo de la misma forma, con bisturí.

Eliminados los travesaños, se procedió a eliminar las dobles colas de milano. Se serraban por el centro, y posteriormente se rebajaba la madera con formón hasta el soporte original. Fue necesario limpiar los restos adhesivos al igual que en el caso de los travesaños. Se realizó del mismo modo.

Se eliminaron todas las dobles colas de milano, excepto una, la que unía el primer y segundo paño (visto desde el reverso), que se mantuvo, por la presencia de



f.52. Eliminación de los travesaños.



f.53. Eliminación de las dobles colas de milano.

⁹⁸ La película pictórica había sido consolidada con anterioridad, por lo que no se requería de una protección muy fuerte. Simplemente para evitar daños y rozamientos durante la intervención del soporte.

⁹⁹ Se utilizó un gel de acetona y trietanolamina (TEA) siguiendo la siguiente receta: 100 ml. agua desionizada, 3 gr. Carbopol, 10 ml. TEA, y 100 ml. de acetona.



f.54. Desnivel producido en la tabla al eliminar el refuerzo.

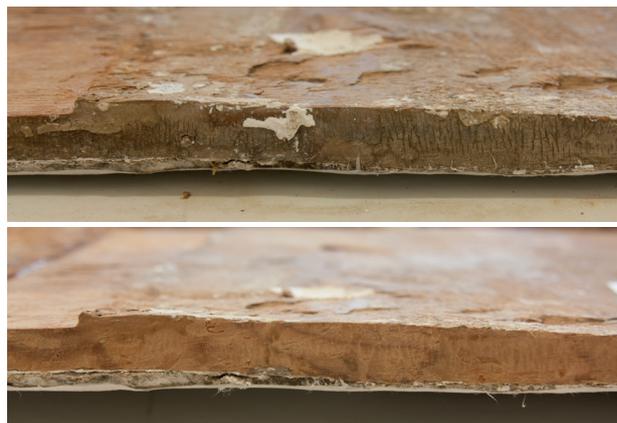
estratos pictóricos en anverso. Por la curvatura adoptada por la tabla al eliminar los travesaños, pensamos que no ejercerá tensiones inapropiadas.

Algo que se pudo observar durante la eliminación del refuerzo fijo, fueron los movimientos de la tabla, al ir dejándola libre (f.54). Dos de los paños (4º y 5º) se separaron por completo al eliminar las dobles colas de milano que los mantenían unidos.

7.5.2. SANEAMIENTO DEL SOPORTE Y REENSAMBLAJE.

Tanto las juntas de los paneles separados, como las de los paneles que permanecían unidos, necesitaron de una limpieza, para facilitar el posterior encolado. En los paños separados, se limpiaron las juntas de forma mecánica con bisturí, y posteriormente con agua e hisopo. En el resto de uniones, la limpieza fue sólo mecánica. Debemos decir que la unión entre 2º y 3º paño, estaba rellena con estuco blanco, y con listones de madera. Éstos eran originales¹⁰⁰; pero por el mal estado de los estucos, agrietados; y de los listones, en su mayoría sueltos; se decidió eliminarlos y limpiar la junta de unión hasta la estopa del anverso.

Nos encontramos también con un nudo que había sido eliminado y rellenado con estuco. Éste se estaba separando, y empujaba a la película pictórica, por lo que se decidió limpiarlo, y colocar en su lugar un injerto de madera. Antes de injertar, fue necesario reblan-



f.55. Limpieza de las juntas de unión entre paños.



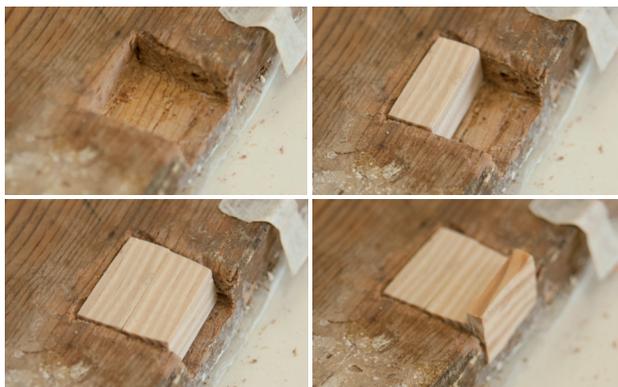
f.56. Limpieza de la unión entre el 2º y el 3º panel.

decer los estratos pictóricos con agua y alcohol al 50%, y llevarlos a nivel, con una ligera presión.

Se realizaron injertos para este nudo (f.58), para las cajas dejadas por las dobles colas de milano y para todos los orificios dejados tras la eliminación de los estucos blancos. Se utilizaron listones de madera de pino, cortados a medida, en la dirección de la veta de la madera del soporte, y superpuestos hasta cubrir los orificios. Toda la madera que se añadió al soporte, fue previamente impregnada con Perxil¹⁰¹ por inmersión.

¹⁰⁰ Encontramos en dicha unión, presencia de estopa y estratos pictóricos en el anverso, cubriendo el espacio de separación entre paños, lo que nos hace pensar que la tabla se construyó así en origen.

¹⁰¹ Perxil o PX-10 es un insecticida a base de permetrina, que actúa contra los insectos xilófagos vivos, y también con fines preventivos. Ver: *Per-Xil 10*. CTS catálogo. http://www.ctseurope.com/depliant/%7BAB344DA8-997F-498D-837F-5E443F38D059%7D_Pagine%20da%206.2%20prodotti%20biocidi-126.pdf



f.57. Injertos en las dobles colas de milano.



f.58. Limpieza e injertos de madera en el nudo.

En orificios irregulares, como el dejado por el nudo o los clavos, se utilizó, además, Araldit madera¹⁰², para homogeneizar la superficie de apoyo y rellenar los espacios inaccesibles. En las dobles colas de milano, los listones se encolaron con Vinavil 59.¹⁰³

Para el reensamblaje de los paños, se utilizó una mesa de gatos modelo IRPA. La ventaja de este tipo de sistema es que permite ejercer presión horizontal, al mismo tiempo que vertical, a lo largo de toda la junta de unión.

Se adhirieron, en primer lugar, los paños 4° y 5°. Se situaron en la mesa de gatos con el anverso hacia arriba, y niveló la película pictórica, tanto en horizontal (el dibujo) como en vertical (el nivel de la pintura, para evitar escalones). Como adhesivo se utilizó Vinavil 59.

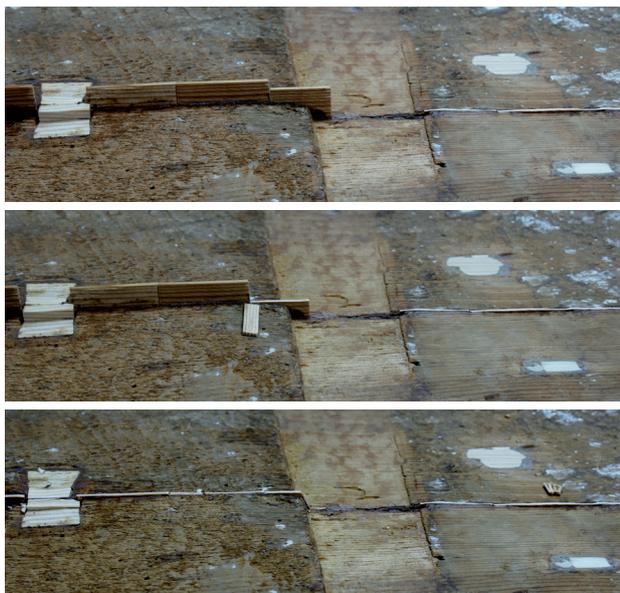
En segundo lugar, se trabajó la junta entre 2° y 3er paño, con separación en el reverso, y presencia de estopa y estratos pictóricos en parte del anverso. Se realizaron injertos en madera de pino de la anchura de la separación, y de unos 6 cm. de longitud, para toda la junta. Para su adhesión se utilizó Vinavil 59, aplicando previamente, sobre los restos de estopa, hasta cuyo nivel había que introducir los injertos, gelatina técnica a 16 gr/100 ml. en agua desionizada. El encolado de las cuñas laterales se realizó en la mesa de gatos, para comprobar que la pintura quedaba bien nivelada.



f.59. Encolado y nivelación de injertos en la mesa de gatos.

¹⁰² Araldit madera, lo componen la resina epoxídica Araldit SV 427 y el endurecedor HV 427, en la proporción 1:1 en peso. Ver: *Araldit SV 427*. CTS catálogo. http://www.ctseurope.com/depliants/%7B4DF0F93B-DD18-4F8C-8781-9DEE4519CAD8%7D_Pagine%20da%201.1.2%20resine%20epossidiche-25.pdf

¹⁰³ Vinavil 59 es un adhesivo vinílico que se presenta en dispersión acuosa, con buenas propiedades de resistencia y elasticidad, lo que lo hace muy adecuado para el encolado de madera. Ver: *Vinavil 59*. CTS catálogo. http://www.ctseurope.com/depliants/%7B4DCA8447-ECBC-4F94-90B1-0DBE3E33830C%7D_Pagine%20da%201.1.4%20resine%20viniliche-34.pdf



f.60. Realización y nivelado de injertos de unión entre paños.

Después se realizaron injertos en forma de cuña para la junta entre 1^{er} y 2^o paño, que permanecían unidos, pero no encolados, y con una leve separación.

Para terminar el reensamblaje, se llevaron las dos partes que conformaban la tabla en ese momento a la mesa de gatos. Durante todo el proceso de reensamblaje fue necesario pensar en la curvatura final de la tabla, pero el punto crítico llegó en esta fase, dado que al encolar y nivelar la tabla, debíamos proporcionar a esta una superficie más homogénea, que evitase los anteriores escalones entre los paños, y permitiese una lectura estética uniforme.

Poiché è da ritenersi ormai superata l'intenzione di raddrizzare le tavole, una delle soluzioni maggiormente praticate appare quella di trovare una curvatura generale che migliori la lettura del dipinto e che costituisca una via di mezzo fra le varie deformazioni. Infatti, non sempre si riesce ad annullare completamente questo problema, ma solo a ridurlo.¹⁰⁴

Una vez reensamblada la tabla, se estudió su curvatura y las irregularidades resultantes en el reverso, para diseñar el futuro sistema de estabilización y refuerzo;



f.61. Reensamblaje final en la mesa de gatos.



f.62. Curvatura adoptada por la tabla. Antes y después del reensamblaje final.



f.63. Tras el reensamblaje.

y se rebajaron a nivel todos los injertos realizados, con ayuda de formones.

¹⁰⁴ CASTELLI, C. y SANTACESARIA, A. Il restauro dei supporti lignei. p. 187. En: CIATTI, M. et al. Dipinti su tavola: la tecnica e la conservazione dei supporti. Florencia. Edifir. 1999. pp. 169-195. Trad. a. "Dado que se considera superada la intención de enderezar las tablas, una de las soluciones más practicadas es la de encontrar una curvatura general que mejore la lectura de la pintura y que constituya una vía a medio camino entre las deformaciones. De hecho, no siempre se consigue anular por completo este problema, sino únicamente reducirlo."

7.6. DISEÑO DE UN SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN Y REFUERZO:

7.6.1. SELECCIÓN DEL SISTEMA MÁS ADECUADO.

Como hemos visto, la tabla adoptó, tras el reen-samblaje, una curvatura pronunciada. Esto hizo necesaria la utilización de un sistema bastante flexible, que además permitiese trabajar en una obra de estas características. Por lo que, ya desde el primer momento, se descartaron los sistemas deslizantes, cuya flexibilidad fuera del plano es escasa.

En este punto, se pasó a valorar la posibilidad de utilizar un sistema de muelles, o bien algún tipo de refuerzo más flexible, como lo serían el sistema Bobak y sus variaciones¹⁰⁵, o el enmarcado y la utilización de algún sistema de flejes.

Teniendo en cuenta las dimensiones de la obra, y sus necesidades tanto de apoyo (refuerzo) como de flexibilidad, se descartaron los sistemas de enmarcado con flejes, o el sistema Bobak, sin fijación de los listones de madera, por tratarse de intervenciones muy flexibles, pero que no realizarían una suficiente acción de refuerzo, que la tabla de *La Resurrección* necesita.

Así nos encontramos con la posibilidad de utilizar dos tipos de sistema. Podríamos haber realizado un bastidor perimetral, o unos travesaños elásticos con muelles cónicos (por tratarse de los que mejor se adaptan a las deformaciones); o utilizar un soporte auxiliar flexible fijo, adaptando la variación de Marchant¹⁰⁶ del sistema Bobak a la tabla de *La Resurrección*.

A continuación, se va a valorar cada uno de los dos sistemas, y sus posibilidades, ventajas y desventajas, a la hora de utilizarlos sobre la tabla.

El sistema de muelles cónicos tenía varios puntos a favor. Se trata de un sistema de construcción más o menos sencilla; su flexibilidad es buena, adaptándose y amortiguando los posibles movimientos y deformaciones de la tabla (dentro de unos límites); y puede utilizarse en travesaños o bastidores curvados, siguiendo el perfil de la tabla.

Por otra parte, sus desventajas también son varias: el necesario grosor y peso de los travesaños o bastidor, para alojar el sistema de muelles en su interior, añadiría un peso excesivo a la tabla, sin proporcionarle un sistema portante, que permitiese colgarla (así que de todas formas sería necesario el enmarcado); la necesidad de adaptar los travesaños o el bastidor a la curvatura e irregularidades de la tabla, nos proporcionaría una superficie de apoyo uniforme, que dejaría de ser útil si la tabla aumentase o disminuyese su curvatura, produciéndose puntos de elevada tensión, principalmente en los laterales y en el centro, como vemos en el croquis de la siguiente página (f.64). Además, es necesario señalar la dificultad de construir un bastidor laminado de al menos 3 cm. de grosor, con una curvatura tan acentuada, para listones de algo menos de un metro de longitud. Sería necesario ejercer una fuerza elevada; el proceso no podría realizarse sobre el reverso de la obra, por lo que tendría que realizarse una contraforma para obtener la forma deseada; y probablemente, las tensiones generadas provocarían que tras la adhesión, el bastidor adoptase una menor curvatura de la necesaria.

Si la tabla fuese a exponerse en un ambiente controlado, con fluctuaciones mínimas de humedad relativa y temperatura, este sistema podría funcionar bastante bien. Pero dada la elevada higroscopicidad de la tabla, y el futuro lugar de exposición, en un ambiente no controlado, en el que las fluctuaciones de humedad relativa y temperatura pueden ser bastante bruscas, se ha considerado el sistema poco flexible, y se ha descartado.

¹⁰⁵ Ver apartado 6.4.

¹⁰⁶ Marchant incorpora travesaños verticales deslizantes que fijan el refuerzo al soporte original, por lo que proporciona un mayor apoyo a la tabla (apartado IV.3.4). Véase: MARCHANT, R. The development of a Flexible Attached Auxiliary Support. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 382-402.



f.64. Puntos de tensión en el sistema de muelles, con menor y mayor curvatura de la tabla.

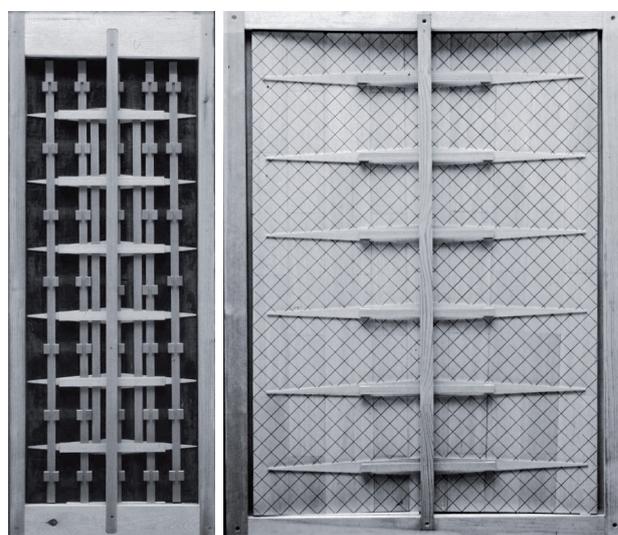
7.6.2. ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE SOPORTE AUXILIAR FIJO PARA LA TABLA DE LA RESURRECCIÓN.

Visto todo lo anterior, la utilización de un *soporte auxiliar flexible fijo* parecía la opción más adecuada por su elevada flexibilidad, y por su función de apoyo, que podría acompañar a la tabla en sus movimientos. Además, al realizar este sistema, necesariamente se colocaría la obra en un marco, que soportaría su peso. A continuación vamos a estudiar en profundidad el sistema escogido, y a diseñar la disposición de los elementos más adecuada para la tabla de *La Resurrección*.

El sistema descrito por Marchant en su artículo¹⁰⁷, ha sido utilizado satisfactoriamente en varios casos de diferentes tipologías, lo que nos da una idea de sus posibilidades de adaptación.

Encontramos por ejemplo, su utilización en obra de medio formato, para estabilizar y reforzar tablas que habían sufrido un rebaje en su espesor antes de la colocación de un engatillado¹⁰⁸. Las obras quedan reducidas a un espesor tan fino que necesitan, al

eliminar el engatillado, de un sistema auxiliar de apoyo que les dé firmeza y al mismo tiempo permita sus movimientos. Como podemos ver en el artículo de New y Marchant¹⁰⁹, se ayudan de una barra central de madera para ejercer la tensión necesaria sobre los



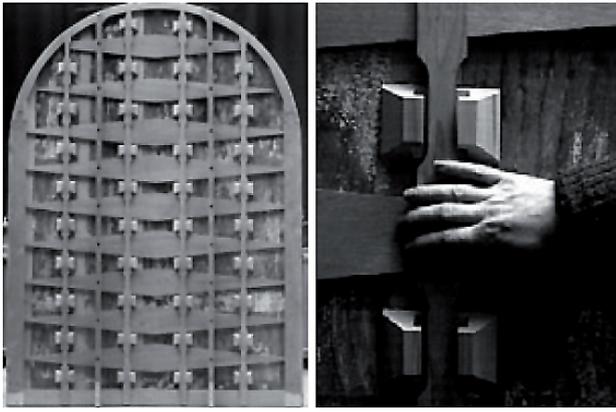
f.65. Sistema utilizado en: *The Presentation of the Virgin*, *The Marriage of the Virgin*, y *The Deposition*.¹¹⁰

¹⁰⁷ MARCHANT, R. The development of a Flexible Attached Auxiliary Support. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 382-402.

¹⁰⁸ HAMM, J. et al. Structural Treatment of a Seventeenth-Century Flemish Panel Painting. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Painting Conservation*. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 206-207.

¹⁰⁹ NEW, B. y MARCHANT, R. The repair and Support of thinned Panel Paintings: A Case Study in Modifying Established Techniques. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Painting Conservation*. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 36-47.

¹¹⁰ NEW, B. y MARCHANT, R. op cit. pp. 39 y 45.



f.66. *The Mystic Marriage of Saint Catherine*, Marco Palmezzano.¹¹¹

elementos flexibles. Además, podemos ver cómo para la tabla central, cuyo espesor era drásticamente fino; se consideró necesario encolar al reverso unas láminas de madera de balsa a modo de emparquetado, para reforzar la obra, y al mismo tiempo reducir el intercambio de humedad entre la tabla y la atmósfera. Sobre esta capa de madera de balsa se situó una variación del sistema (f.65).

Encontramos también ejemplos de la utilización de este sistema en obra de gran formato.¹¹² Para ello, se amplía considerablemente la anchura de las espigas flexibles, y de las piezas de sujeción de los travesaños deslizantes (f.66). Así se mantiene la elasticidad del sistema, proporcionando un buen apoyo a la tabla. O, en el caso de esta otra tabla de gran formato¹¹³, sin otro sistema de refuerzo que el enmarcado, se sitúan los puentes flexibles para dotar de algo de elasticidad al conjunto, eliminando el resto de elementos tanto horizontales como verticales (f.67).

Del mismo modo, Marchant, en su artículo, nos explica cómo se hizo para adaptar el sistema a una obra de superficie muy irregular.¹¹⁴ Vemos cómo varía la disposición de los elementos según la forma e



f.67. Enmarcado con puentes flexibles.¹¹⁵

irregularidades de la tabla, y cómo añade, a los listones flexibles, piezas de madera de balsa en las zonas donde, por una superficie heterogénea del reverso, éstos no apoyaban. Es importante señalar que la madera de balsa se coloca en la dirección de la veta de la madera, es decir, al contrario que la madera de los travesaños elásticos. De este modo, no influye en su flexibilidad, como dice el mismo Marchant.

... the addition of the balsa was found to have no measurable effect on the comparative flexibility of the battens. The battens were now all engaged by the retaining strips with a reasonably consistent contact over the irregularities of the panel surface.¹¹⁶

¹¹¹ BREWER, A. Practical aspects of the Structural Conservation of Large Panel Paintings. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 448-478.

¹¹² BREWER, A. op. cit. p. 469.

¹¹³ MARCHANT, R. y ORMOND, D. Alleviating Stress in the Framing of Panel Paintings. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Painting Conservation*. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 206-207.

¹¹⁴ MARCHANT, R. The development of a Flexible Attached Auxiliary Support. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 382-402.

¹¹⁵ MARCHANT, R. y ORMOND, D. op. cit. p. 207.

¹¹⁶ MARCHANT, R. op. cit. p. 395. Trad.a. “...se advirtió que la adición de madera de balsa no tiene efectos medibles en la comparativa flexibilidad de los listones. Los listones se encuentran ahora, por medio de los travesaños de retención, en continuo contacto a lo largo de las irregularidades de la superficie del panel”.



f.68. Joseph Decker, *Boy Smoking*.¹¹⁷

Por último, se han desarrollado variaciones del sistema para su utilización en obra de pequeño formato, de unas características muy particulares¹¹⁸. De nuevo se han modificado o eliminado algunos elementos, para obtener el sistema más adecuado a cada pieza (f.68).

The main purpose for including these treatments is to illustrate the benefits of adapting panel support systems to suit the specific needs of individual paintings, giving consideration to the environments in which the paintings are likely to exist.¹¹⁹

... to demonstrate the possibilities of adapting established structural conservation techniques when faced with exceptional circumstances.¹²⁰

Atendiendo al caso de *La Resurrección*, se ha intentado adaptar el sistema a la obra de la forma que se cree más adecuada para la tabla, con su gran curvatura y las irregularidades del reverso.

Los elementos que componen el sistema de apoyo auxiliar para la tabla son los siguientes: travesaños o espinas flexibles, travesaños verticales encolados, travesaño vertical deslizante, puentes flexibles, marco y trasera. Vamos a hablar de la disposición y características de cada uno de ellos.

► Los *travesaños o espinas flexibles* se disponen en horizontal, en sentido perpendicular a la veta de la madera. Tienen la función de controlar los movimientos de la tabla, y al mismo tiempo permitir las variaciones en su curvatura. Se había pensado, en un principio, por las dimensiones de la tabla, en la colocación de 7 espinas flexibles, a una distancia de aproximadamente 12 cm. entre sí. Pero observando la tabla, y la difícil adaptación de éstas a las irregularidades del reverso; se decidió utilizar únicamente 5 espinas, para aprovechar los carriles rebajados en la madera para la colocación de los travesaños fijos, realizados en una intervención previa.

Además, para salvar dichas irregularidades, ha sido necesario colocar pequeñas piezas de madera de balsa encoladas a los listones flexibles, con la veta en sentido perpendicular a la de los mimos, para cubrir los desniveles de la tabla, y lograr que los travesaños apoyen por igual en toda la superficie.

¹¹⁷ GRIESBACH, M. A Hybrid Approach to the Structural Treatment of Panel Paintings: Case studies from American Collections. p. 88. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Painting Conservation*. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 82-91.

¹¹⁸ GRIESBACH, M. op cit. pp. 82-91.

¹¹⁹ GRIESBACH, M. op. cit. p. 90. Trad. a. “El objetivo principal de incluir estos tratamientos es ilustrar los beneficios de adaptar los sistemas de soporte para tablas en respuesta a las necesidades específicas individuales de cada pintura, teniendo en consideración el ambiente en que las pinturas van a situarse.”

¹²⁰ NEW, B. y MARCHANT, R. The Repair and Support of Thinned Panel Paintings: a Case Study in modifying established techniques. p. 36. En: AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Painting Conservation*. The Getty Conservation Institute. 2011. pp. 36-47.

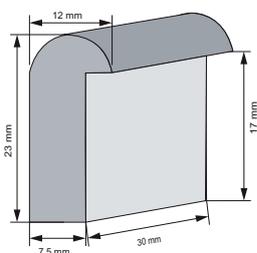
¹²¹ Como hemos visto, la madera de balsa nos permite obtener una superficie de apoyo continuo a los travesaños elásticos, sin comprometer su flexibilidad.

Los listones utilizados para la elaboración de estos travesaños, han sido de madera de pino de Flandes, de 27 mm de ancho x 5'5 mm. de espesor. En el apartado siguiente (IV.6.3) veremos cómo y por qué se ha seleccionado esta madera para los listones. Su anchura se ha ido rebajando desde el centro hasta los extremos para obtener en los laterales una mayor flexibilidad; necesaria por la mayor curvatura que adopta la obra en dicho lugar. Podemos ver su forma y dimensiones en el siguiente diagrama (f. 70).

► Los listones o *travesaños verticales* que se encolan a las espinas flexibles, únicamente tienen la función de unir el conjunto. Como la tabla es de un formato medio, y para no recargar de elementos innecesarios el sistema, se han colocado sólo 2 travesaños verticales, uno a cada lado de la tabla. Son de madera de abeto, y sus dimensiones son de 730 x 18 x 7 mm. de espesor.

► Se decidió situar únicamente un *travesaño vertical deslizante*, en el centro de la tabla, que fija el conjunto a la obra, sin rigidificar el sistema en exceso. Éste queda sujeto por abrazaderas de madera encoladas al reverso de la tabla. El travesaño es de madera de abeto, y su tamaño es de 895 x 26 x 7 mm. Las abrazaderas se realizaron en madera de pino de Flandes, siendo sus dimensiones totales de 23 mm. de altura x 12 mm. de anchura x 30 mm. de longitud (f.69). Se utilizaron 12 abrazaderas, 6 a cada lado del travesaño.

► La situación y número de los *puentes flexibles* fue otra de las decisiones más complicadas, por la irregularidad de la curvatura de la tabla y de la superficie del reverso.

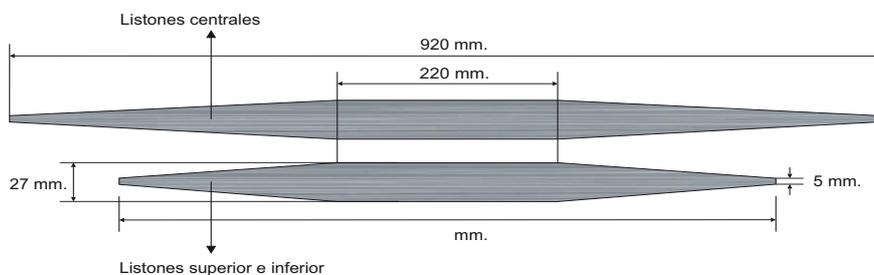


f.69. Abrazaderas. Dimensiones.

Los puentes flexibles, formados por un listón de madera de samba¹²², un cojín central en una de sus caras y dos cojines laterales en la otra cara; son los que actúan sobre la tensión que se ejerce a la tabla, y se adaptan a su mayor o menor curvatura. Por lo que es muy importante tanto su colocación como su flexibilidad. Bobak sitúa el cojín central en contacto con las espinas flexibles y los cojines de los extremos en contacto con la trasera. Marchant, por el contrario, sitúa los dos cojines en contacto con las espinas, para proporcionar dos puntos de tensión; y el cojín central en contacto con la trasera o bien con una barra central de apoyo, que evita la necesidad de situar una trasera rígida.

Tras estudiar cuál de las dos opciones sería más adecuada para *La Resurrección*, y realizar varios croquis con diferente número y situación de los puentes, se decidió, observando la curvatura de los listones flexibles al ejercer presión sobre el reverso de la tabla en varios puntos; situar dos puentes flexibles, con tres puntos de apoyo. Estos tres puntos de apoyo actúan sobre los tres paños centrales, dejando a los laterales una mayor libertad, ya que es donde se acrecenta la curvatura. Es decir, en el lado central derecho de la tabla, con menor curvatura, se situó un puente con el cojín central en contacto con la espina; mientras que en el lado central izquierdo, más curvado, se proporcionaron dos puntos de apoyo, situando el puente en posición inversa.

Los *cojines* están formados por una pieza de madera y plastazote de alta densidad. La madera es capaz de proporcionar un apoyo firme, mientras el plastazote aumenta la capacidad amortiguadora de los puentes flexibles; permitiendo también una deformación irregular, o diferente en cada uno de sus extremos.



f.70. Espinas o travesaños flexibles. Dimensiones.

¹²² Al tratarse de segmentos más cortos, necesitamos una madera más flexible, para que sea capaz de deformarse sin crear excesivas tensiones. Se explicará el porqué de esto en el apartado 7.6.3.

► El *marco*, hecho a medida, tiene la función de proporcionar un apoyo a la tabla por el anverso. Con este fin, se proporcionó al interior del marco un perfil de curvatura igual al de la tabla en todo su perímetro, para ofrecerle una superficie homogénea de apoyo. En los laterales, donde la curvatura es mayor y más variable, se dejaron 5 mm. de espacio entre el perfil del marco y la tabla, para evitar tensiones si la tabla disminuye su curvatura. Este perfil interior se realizó en madera de balsa laminada. Además, para hacerlo menos rígido, permitir una mayor amortiguación, y proteger la película pictórica, se situó plastazote de baja densidad cubriendo todo el perfil interno, tanto en la superficie inferior como en los laterales, fijado con cinta adhesiva de doble cara.

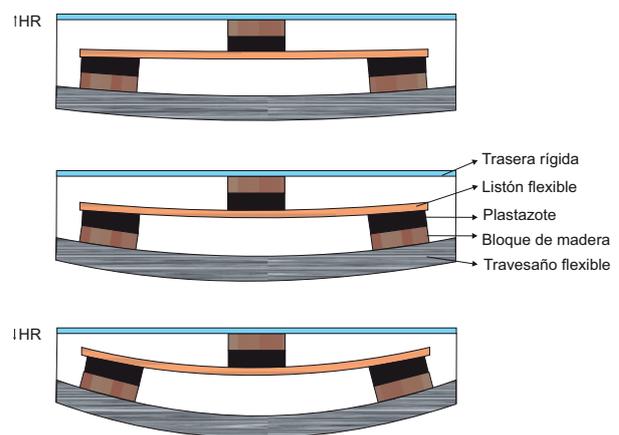
► La *traseira*, para terminar, debía cerrar el conjunto y ejercer cierta pre-tensión sobre los elementos flexibles, por medio de los puentes y travesaños, por lo que se requería un material rígido para su realización. Al mismo tiempo, buscábamos un material transparente, que nos permitiese ver el reverso de la tabla y el sistema de refuerzo en todo momento, por si surgiese algún problema. Y por último, esta traseira tendría también la finalidad de actuar como barrera de amortiguación ante las variaciones de humedad relativa.

Entre los materiales inertes incoloros se estuvieron barajando dos posibilidades: el policarbonato celular y el metacrilato. El policarbonato celular¹²³ nos ofrece la ventaja de pesar algo menos; pero su módulo de elasticidad también es menor, por lo que nos proporcionaría menos rigidez. El metacrilato cuenta con un módulo

de elasticidad mayor¹²⁴, así que para un mismo espesor, es un material más rígido. Se escogió una plancha de metacrilato incoloro de 5 mm de espesor.

Es importante señalar la realización de varios orificios de respiración. Dado que se trata de un material poco poroso, fue necesario realizar estos orificios en la trasera para evitar condensaciones de humedad, ya que no estamos tratando de crear un microclima estanco, sino utilizar la trasera rígida, con función estructural, para amortiguar al mismo tiempo el intercambio de humedad relativa entre el ambiente y la tabla.

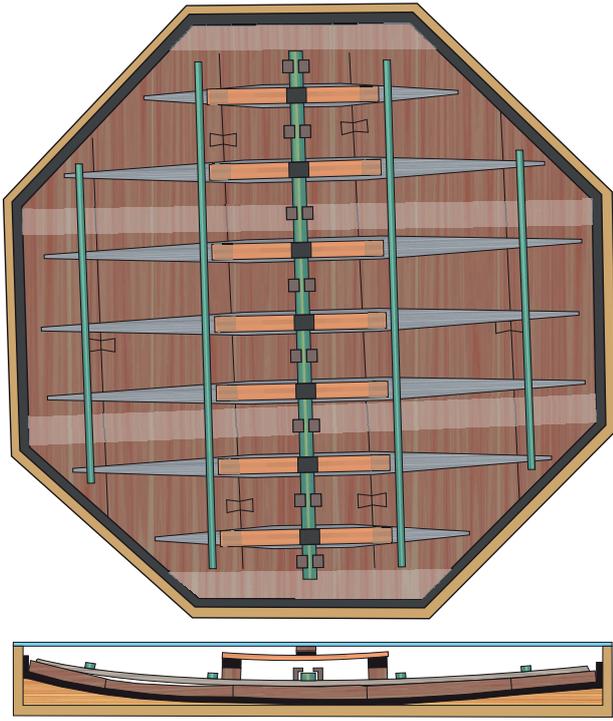
Podemos ver la disposición de todos los elementos en el diseño final (f.74), frente a otras dos opciones que se descartaron (f.72 y f.73).



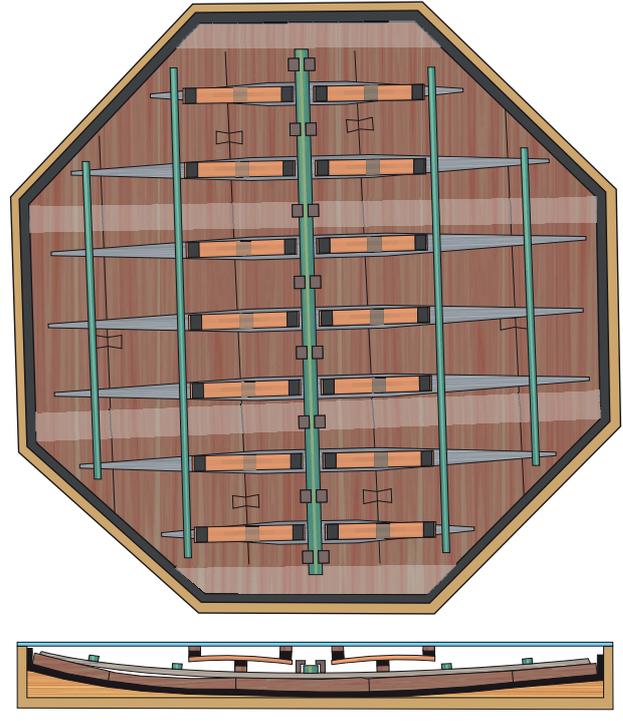
f.71. Funcionamiento de los puentes flexibles.

¹²³ El policarbonato celular está formado por dos paredes finas, paralelas, unidas entre sí por nervios internos, lo que le confiere gran resistencia. Su módulo de elasticidad es de alrededor de los 2400 MPa, dependiendo de su estructura y espesor. Por ejemplo, para una plancha de 6 mm. de estructura sencilla (1 fila de nervaduras paralelas), el módulo de elasticidad es de 2200 MPa. Véase: *Policarbonato celular: ficha técnica*. Lermont Plastics. En: <http://www.lermontplastics.es/productosPolicarbonatoCelular.php>; *Makrolon® UV: Product data sheet*. Bayer MaterialScience. En: http://www.sheet.bayerpolymers.com/index.php/fuseaction/download/lrn_file/mf0112_e_120628.pdf?PHPSESSID=52ea248c8f07a5442a16a1bf5d7e175c; y Datos técnicos de las planchas de policarbonato alveolar. Aislamientos Lorca. En: <http://www.aislamientoslorca.com/productos/POLICARBONATOS/DATOS.pdf>

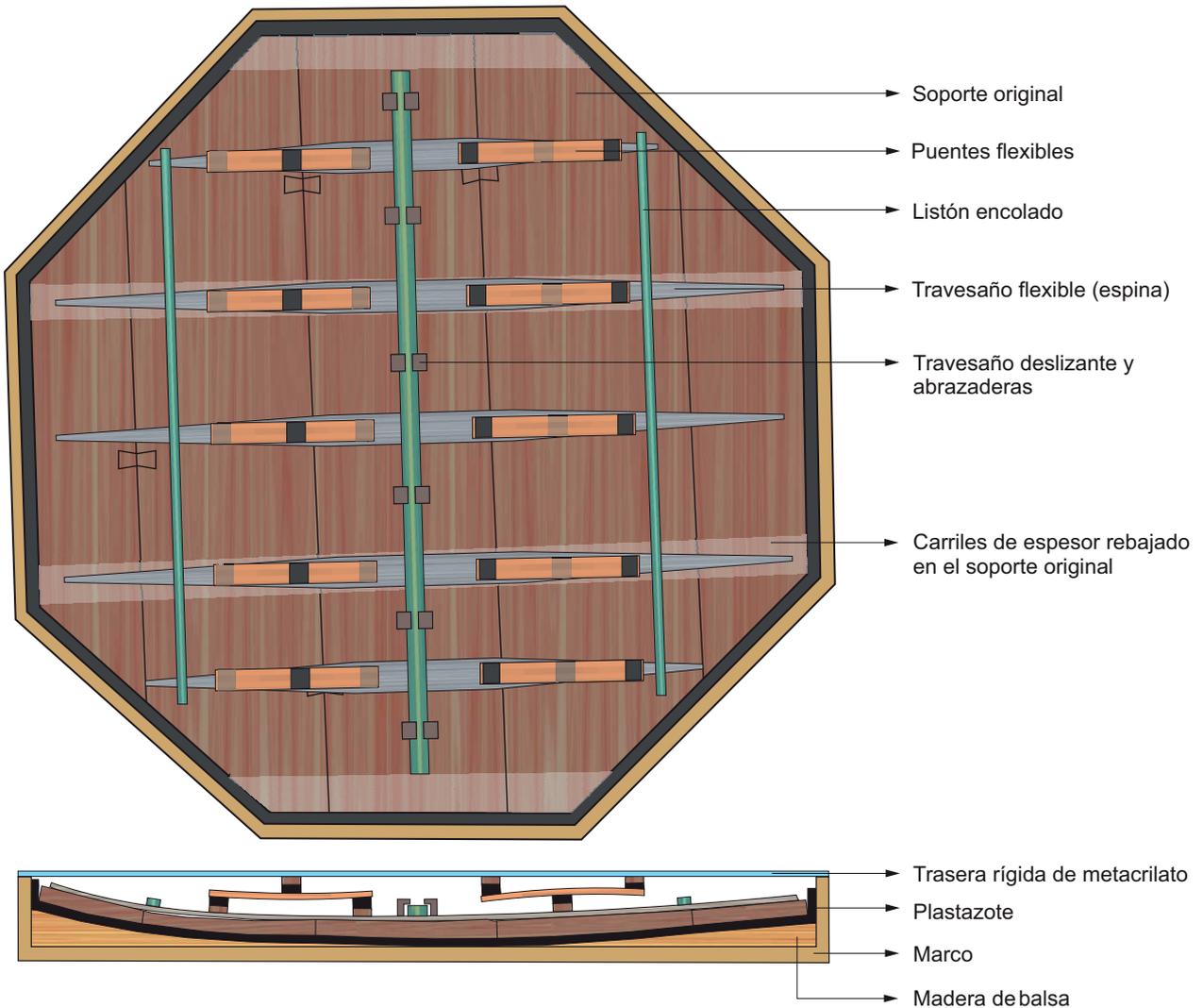
¹²⁴ El metacrilato es un material termoplástico de excelentes características técnicas de resistencia, óptica, manipulabilidad y estabilidad. Se puede obtener por extrusión o por colada, y su módulo de elasticidad oscila alrededor de los 3200 ó 3300 MPa. Véase: *Metacrilato de extrusión: ficha técnica*. Lermont Plastics. En: <http://www.lermontplastics.es/productosMetacrilatoExtrusion.php>; *Metacrilato de colada: ficha técnica*. Lermont Plastics. En: <http://www.lermontplastics.es/productosMetacrilatoColada.php>; *Plexiglas® GS/XT y Plexiglas® UV: Technical Information*. Documentos digitales proporcionados por Pedro Pons, de la delegación comercial en Zaragoza de ThyssenKrupp Plastic Iberia.



f.72. Diseño descartado.



f.73. Diseño descartado.



f.74. Diseño definitivo.

7.7. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE FLEXIBILIDAD DE LOS TRAVESAÑOS ELÁSTICOS:

...probably the most difficult judgment to make was to determine the degree of stiffness or flexibility of the support lattice to match the panel's requirements. With experience, it is possible to make a reasonable assessment of the strength of small panels, but when a panel is so large that it cannot safely be lifted, handled, and flexed by one person, this becomes very difficult. Even when it is within a manageable size, it is not easy to evaluate hidden weaknesses resulting from small fractures, compression damage, and structural deterioration resulting from age.¹²⁵

It is preferable, however, to err on the side of flexibility. An excessively stiff support may damage the panel, but problems are unlikely to occur if the support is too flexible. It should be able to yield to the bending force exerted against it by the panel.¹²⁶

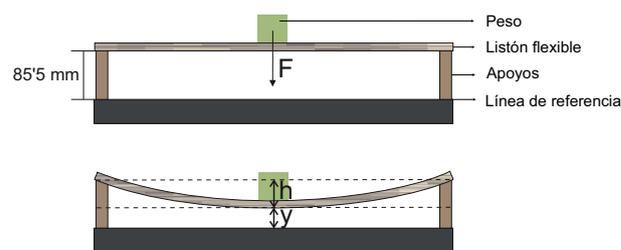
Vista la dificultad de establecer la flexibilidad requerida por una tabla, a la hora de escoger los listones de madera que se utilizarían para realizar las *espinas*, fue necesario observar la flexibilidad que cada uno de ellos podía ofrecernos, para seleccionar el más adecuado. Para realizar un sistema auxiliar de refuerzo funcional, necesitábamos que los travesaños nos ofrecieran una flexibilidad suficiente para permitir los movimientos de la tabla sin crear elevadas tensiones; pero al mismo tiempo, dichos travesaños debían tener una función estructural, de apoyo, para la tabla, lo que no se conseguiría con unos travesaños excesivamente flexibles. De ahí el motivo de este ensayo.

Teniendo en cuenta las características que buscábamos para nuestros travesaños, se seleccionaron algunos productos disponibles y de fácil acceso en el mercado. Se escogieron tres tipos de listones de madera; un listón de madera de samba de 33 x 42 mm.; un listón de madera de abeto de 26 x 7 mm. y un listón de madera de pino de Flandes de 27 x 55 mm., rebajado en los laterales en forma curva.

Para valorar la flexibilidad de estos tres tipos de listón, cuatro si contamos con el doble listón de madera de samba, se decidió realizar un *ensayo de flexión estática*. Éste no se diseñó según la normativa, dado que no nos interesaba que la madera rompiera, sino únicamente observar la fuerza que cada listón requería para adoptar una curvatura; y por otra parte, queríamos obtener datos aproximados, útiles para su aplicación práctica sobre un caso real, para lo que no hubieran servido las especificaciones del ensayo normalizado.

Con este planteamiento, se diseñó el ensayo; realizado con la ayuda de la mesa de gatos y pesos.

Se situaron dos puntos de apoyo sobre una barra fija que nos permitiría medir la cantidad de desviación de los listones¹²⁷ fuera del plano, al aplicarles una fuerza, por medio de un peso central de 2750 kg, o por medio de dos pesos situados en los puntos de división del listón en tercios, de 2750 kg. cada uno (f.76-f.79).



f.75. Ensayo de flexión estática.

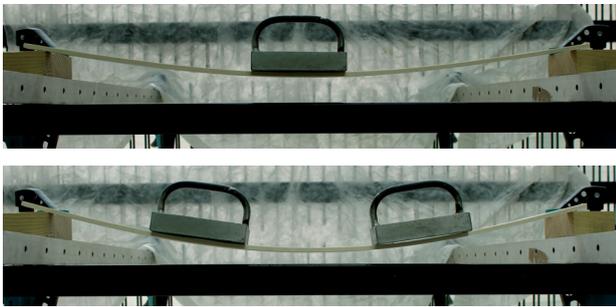
¹²⁵ MARCHANT, R. The Development of a Flexible Attached Auxiliary Support. p. 390. En: AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings*. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998. pp. 382-402. Trad. a. "... probablemente, el juicio más difícil fue determinar el grado de rigidez o flexibilidad del soporte de apoyo para los requerimientos de la tabla. Con experiencia, es posible realizar una aproximación razonable de la fuerza de pequeñas tablas, pero cuando el panel es tan grande que no puede ser levantado, manipulado y flexionado con seguridad por una sola persona, esto se vuelve muy complicado. Incluso cuando se trata de un tamaño manejable, no es fácil evaluar la fragilidad latente resultado de pequeñas fracturas, daños de compresión, o deterioro estructural provocado por la edad."

¹²⁶ MARCHANT, R. op. cit. p. 386. Trad. a. "Es preferible, sin embargo, fallar por exceso de flexibilidad. Un soporte excesivamente rígido puede dañar la tabla, pero no suelen producirse problemas si el soporte (de apoyo) es demasiado flexible.. Éste debe ser capaz de ceder a la fuerza de flexión ejercida sobre él por la tabla."

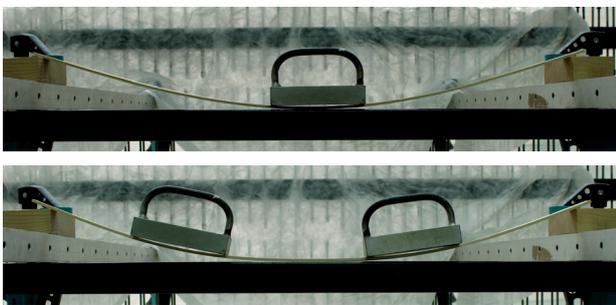
¹²⁷ Se cortaron los listones de la longitud de los futuros travesaños centrales.



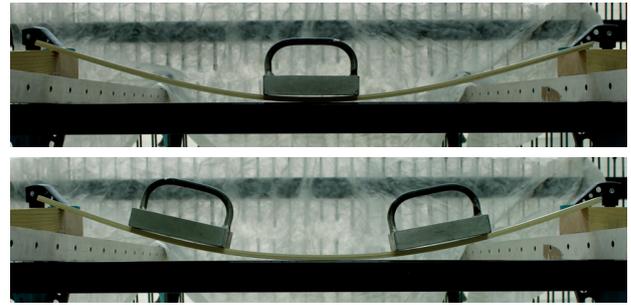
f.76. Ensayo de flexión estática. Pino de Flandes.



f.77. Ensayo de flexión estática. Abeto.



f.78. Ensayo de flexión estática. Listón de samba.



f.79. Ensayo de flexión estática con uno y dos pesos para el doble listón de madera de samba.

Para obtener la deformación sufrida por los listones (b), medimos la distancia y . Sabiendo que la altura de los apoyos es de 85'5 mm. podíamos calcular b .

Para calcular la fuerza aplicada, necesaria para deformar los listones x distancia, se utilizó la siguiente fórmula: $F = m \times g$.

Donde F es igual a la fuerza en Newtons, m es la masa, en kilogramos, y g es la aceleración de la gravedad en metros/segundo, cuyo valor en la Tierra es 9'8.

A partir de los datos obtenidos, se realizó una tabla que nos permitiese observar los diferentes valores y escoger el listón más adecuado (f.80).

La madera de abeto era la más rígida, al deformarse menos para una misma fuerza; y la madera de samba la más flexible, al llegar al límite de la barra de referencia sin ofrecer ninguna resistencia. Se descartaron estos dos listones, por no ser válidos para realizar su función, y se valoró entre utilizar dos listones superpuestos de madera de samba, o uno de madera de pino de Flandes.

Observamos, en la tabla y en las fotografías (f.63-f.66), cómo ambas, para una misma fuerza, lograban deformarse hasta tocar la barra de referencia;

MADERA	ESPESOR (mm.)	MASA (kg.)	FUERZA (Newton)	DISTRIBUCIÓN	y (mm)	h (mm)	RESISTENCIA
Samba	4,2	2,750	26,95	centro	0	85.5	no
Samba	4,2	2 x 2,750	53,00	tercios	0	85.5	no
Samba	2 x 4,2	2,750	26,95	centro	0	85.5	muy poca
Samba	2 x 4,2	2 x 2,750	53,90	tercios	0	85.5	muy poca
Pino de Flandes	5,5	2,750	26,95	centro	0	85.5	poca
Pino de Flandes	5,5	2 x 2,750	53,90	tercios	0	85.5	poca
Abeto	7	2,750	26,95	centro	41	44.5	elevada
Abeto	7	2 x 2,750	53,90	tercios	18.2	67.3	media

f.80. Ensayo de flexión estática. Resultados.

LISTÓN	LONGITUD (mm)	MASA (g)	FUERZA (Newton)	DISTRIBUCIÓN	y (mm)	h (mm)
Central	920	520	5,096	centro	63,3	22,2
Central	920	1040	10,192	centro	45	40
Central	920	1560	15,288	centro	27	58,5
Central	920	2080	20,384	centro	6	79,5
Central	920	2240	21,952	centro	2	85,3
Central	920	> 2300	22,540	centro	0	85,5
Central	920	2 x 520	10,192	1/3 + 2/3	49,2	36,3
Central	920	2 x 1040	20,384	1/3 + 2/3	18,3	67,2
Central	920	2 x 1510	29,596	1/3 + 2/3	0	85,5
Inferior/Superior	676	520	5,096	centro	79,5	6
Inferior/Superior	676	1040	10,192	centro	74,3	11,2
Inferior/Superior	676	1560	15,288	centro	68,6	16,9
Inferior/Superior	676	2080	20,384	centro	63,1	22,4
Inferior/Superior	676	2580	25,284	centro	58,5	27
Inferior/Superior	676	3280	32,144	centro	51,1	34,4
Inferior/Superior	676	2 x 520	10,192	1/3 + 2/3	75,8	9,7
Inferior/Superior	676	2 x 1040	20,384	1/3 + 2/3	67,7	17,8
Inferior/Superior	676	2 x 1510	29,596	1/3 + 2/3	60,6	24,9

f.81. Ensayo de flexión estática para los travesaños flexibles de madera de pino de Flandes. Resultados.

por lo que se tuvieron en cuenta datos más subjetivos, como una aproximación de la resistencia ejercida por el listón.

El pino de Flandes ofrecía mayor resistencia ante la fuerza aplicada, mientras que la madera de samba se deformaba con excesiva facilidad.

Por todo ello, se seleccionó la madera de pino de Flandes para realizar los travesaños flexibles. Requeríamos de una buena flexibilidad, pero también que los listones ejercieran un cierto control, y sirviesen de apoyo al soporte original.

VALORACIÓN DE LOS TRAVESAÑOS:

Seleccionado el tipo de listón a utilizar, se realizaron los travesaños en forma de espigas, y pasó a valorarse nuevamente su flexibilidad, para determinar la fuerza que sería necesaria aplicar a dichos travesaños, para alcanzar una curvatura similar a la de la tabla.

Se realizó el mismo tipo de ensayo con los listones centrales, más largos, y con los listones superior e inferior, más cortos. Y añadió peso gradualmente, partiendo de 520 gramos hasta un máximo de 3280 gramos. Igualmente se probaron dos configuraciones de peso; un punto central; y dos puntos en los tercios de los listones. A partir de los resultados (f.81) podemos establecer algunas conclusiones.

La deformación actual (*h*) de la tabla de *La Restauración* es de 47 mm. Por lo tanto, para los tres listones centrales, sería necesario realizar una fuerza aproxima-

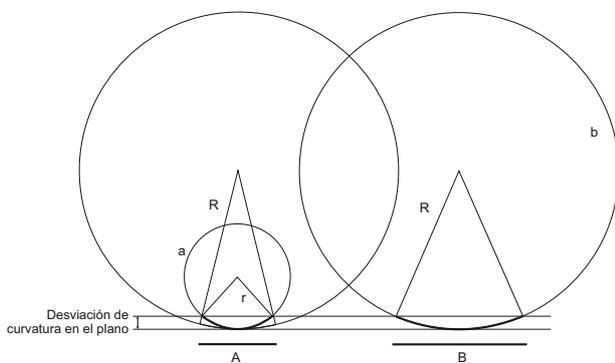
da de 10'2 Newtons (N) en el punto medio del listón para obtener dicha curvatura; o una fuerza aproximada de 15 N, a través de dos puntos de tensión situados en sus tercios. Creemos que es un valor adecuado, que no va a crear tensiones innecesarias en el soporte original, permitiendo su deformación.

Para listones de una misma longitud, la fuerza necesaria para deformarlos por igual es mayor si se sitúan dos puntos de tensión laterales, que si se coloca uno central. Es decir, a una misma fuerza aplicada, la deformación es mayor si ésta se ha aplicado en un punto central que si se ha aplicado en dos puntos laterales. Pero por otra parte, la situación de dos puntos laterales permite una mayor adaptación de la curvatura a la superficie del soporte en que van a apoyar.

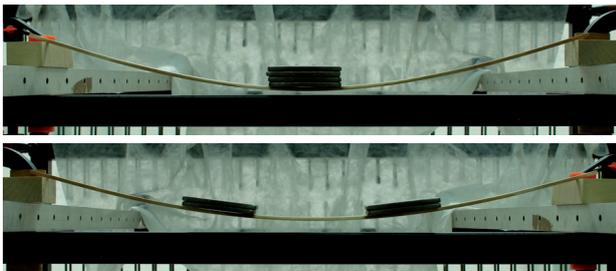
Por otra parte, fue necesario aplicar una fuerza mucho más elevada, de 32 N, para obtener una deformación de 34 mm. (menor que la curvatura total de la tabla) en los listones superior e inferior. Esto no supondría ningún problema, dado que estos listones sólo van a acoger los tres paños centrales, cuya curvatura es mínima en comparación con la curvatura total, dado que donde se produce la mayor deformación es en los laterales.

De lo anterior deducimos que para listones de diferente longitud, es necesario realizar una fuerza más elevada en los listones más cortos si se quiere obtener la misma deformación. Esto sucede por una cuestión puramente geométrica.

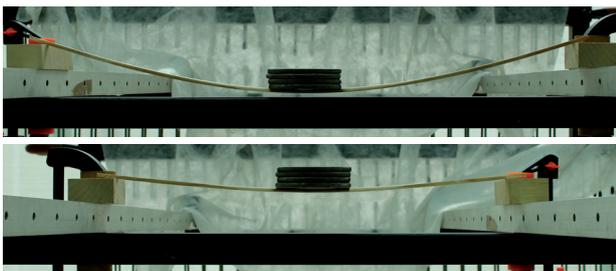
En el siguiente gráfico (f. 82), vemos cómo para lograr una deformación determinada en un segmento más largo (B), el radio (R) de la circunferencia (b) que formaría el arco del segmento curvado es mayor que el radio (r) de la circunferencia (a) a que daría lugar el segmento más corto (A). Esto quiere decir que la curva que adopta el segmento más corto para una misma desviación en el plano, es mucho más cerrada; lo que explica la necesidad de realizar más fuerza. Ese mismo segmento A, sometido a una fuerza igual a la del segmento B, daría lugar a una circunferencia de radio igual a la circunferencia del arco del segmento B; pero su deformación en el plano sería menor.



f.82. Comparación de la curvatura de dos segmentos de diferente longitud.



f.83. Comparación de la curvatura de dos listones de igual longitud, para diferente configuración de una misma fuerza



f.84. Comparación de la curvatura de dos listones de diferente longitud, para una misma fuerza

De aquí podemos extraer la necesidad de utilizar una madera mucho más flexible en la realización de los puentes, dado que su longitud iba a ser mucho menor. Si hubiesemos utilizado la misma madera, se hubiese necesitado una cantidad excesiva de fuerza para producir en ella una deformación mínima, así que el sistema no funcionaría, o crearía tensiones no aconsejables para la tabla. Por esto, se seleccionaron para dicho fin los listones de madera de samba, mucho más flexibles.

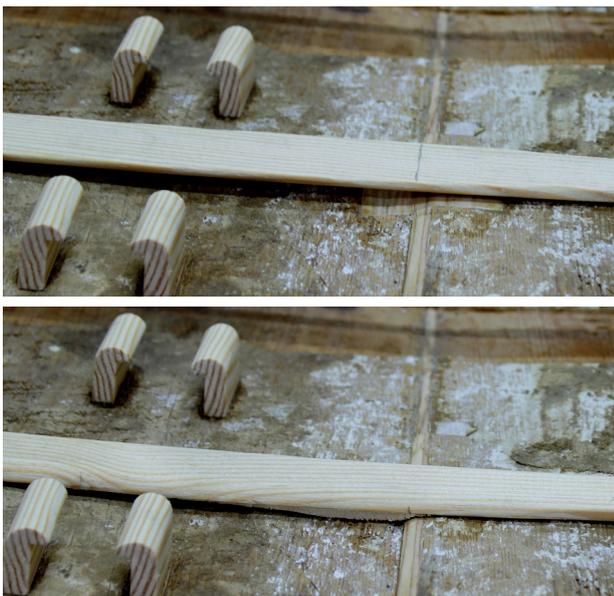
7.7. REALIZACIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN Y REFUERZO:

7.7.1. FABRICACIÓN Y MONTAJE.

Dado que ya se han especificado las características y materiales del sistema, en este apartado únicamente comentaremos el proceso de fabricación y montaje; y lo observaremos por medio de fotografías.

En primer lugar, se cortaron a medida todas las piezas integrantes del sistema de apoyo: travesaños horizontales y verticales, abrazaderas de madera, y puentes flexibles junto con sus cojines de madera y plastazote de elevada densidad.

Una vez hecho esto, se prepararon las piezas de madera de balsa que se adherirían a los listones flexibles para proporcionar una superficie homogénea de apoyo. Para ello, se encolaron con Vinavil 59, varias piezas de madera de balsa a los travesaños flexibles, situadas a contraveta para no comprometer su elasticidad, y se rebajaron hasta alcanzar el grosor deseado sobre la obra; observando la curvatura de los travesaños y el espacio intermedio a rellenar (f.85).



f.85. Adaptación de los travesaños flexibles a las irregularidades del soporte.

Además, se lijaron todas las piezas de madera para evitar esquinas que pudieran rozar con el reverso de la tabla.

Por otra parte, se prepararon, en madera de balsa laminada, los perfiles internos del marco, adaptados a la curvatura de la tabla en todo su perímetro, a excepción de los bordes laterales de mayor curvatura, como ya se ha comentado. En estas zonas se dejó un margen de 5 mm. para evitar la aparición de tensiones por la presión de la tabla sobre estos bordes si disminuye su curvatura. Estos perfiles se adherieron al marco con cinta adhesiva de doble cara, que también se utilizó para cubrir todo el perfil interno del marco con plastazote, con fin amortiguador (f.86). Para el marco se utilizó plastazote de baja densidad, y de 10 mm. de espesor.



f.86. Preparación de la curvatura interna del marco con madera de balsa y plastazote.

Por último, se fijaron, también con cinta de doble cara, todas las piezas integrantes de los cojines de los puentes flexibles en su lugar correspondiente de cada listón, de modo que quedaron así preparados los puentes flexibles para colocarlos sobre los travesaños, con una altura de 32 mm.

Una vez preparadas todas las piezas, se procedió a montar el sistema sobre la obra.



f.87. Puentes flexibles.



f.88. Impermeabilización puntual del soporte y encolado de las abrazaderas de madera.



f.89. Encolado de los listones flexibles a los travesaños verticales fijos.

Para ello, se adhirieron con Vinavil 59 las abrazaderas de madera al reverso del soporte original, previa impermeabilización con Paraloid B-72 diluido al 10% en acetona; y se encolaron, también con Vinavil 59, los travesaños verticales a las espigas o travesaños elásticos.

Se colocaron sobre la obra los travesaños flexibles (ya fijos por medio de los listones verticales) y se insertó el travesaño deslizante a través de las abrazaderas de madera; por encima de las espigas flexibles. Este travesaño vertical deslizante es el que sujeta el sistema al reverso de la tabla.

Sobre el marco, ya preparado con el perfil curvo y el plastazote amortiguador, se colocó la obra.

A la trasera¹²⁸ de metacrilato se adhirieron los puentes flexibles con cinta de doble cara. Antes de



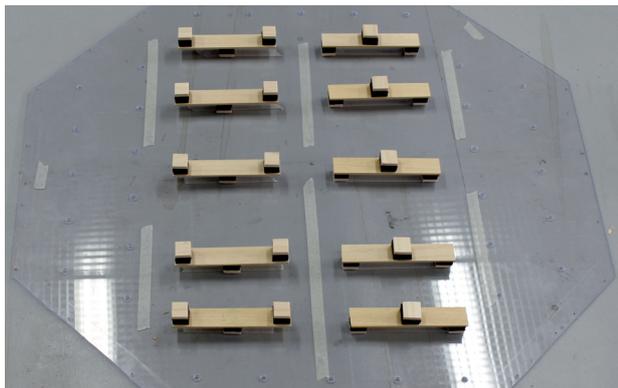
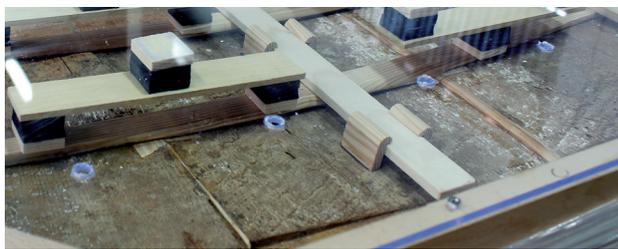
f.90. Sujeción de los listones flexibles al reverso de la tabla por medio del travesaño deslizante.

¹²⁸ Cortada a medida con una sierra caladora, y con sus orificios de ventilación realizados con un taladro.

esto, se probó la tensión ejercida sobre la trasera en los puentes flexibles sobre la obra; y se consideró necesario incrementar el grosor de los cojines. Finalmente, los puentes flexibles alcanzaron una altura total de 50 mm.

Y por último, se situó ésta sobre todo el conjunto y se atornilló al marco. Al colocar la trasera, los puentes flexibles realizan cierta pre-tensión sobre los travesaños flexibles o espinas; completando así el funcionamiento del sistema.

Durante la realización del nuevo sistema, se han ido pesando todas las piezas integrantes del conjunto; y se ha calculado que el peso que el nuevo sistema de esta-



f.91. Orificios de ventilación y fijación de los puentes flexibles a la trasera.



f.92. Atornillado de la trasera al marco.

bilización y refuerzo que se ha colocado a la tabla es de 4300 gramos (incluyendo los elementos del reverso y trasera de metacrilato), al que habría que añadir el peso tanto de la tabla original como del marco.

7.7.2. VALORACIÓN DE RESULTADOS.

Una vez realizado el sistema de apoyo auxiliar para la tabla de *La Resurrección*, podemos observar su buen funcionamiento.

La flexibilidad del sistema es adecuada para la tabla, dado que es capaz de adaptarse a su curvatura, y permitir tanto la disminución como el aumento de la misma. Los listones flexibles quedan ajustados al reverso de la tabla en el centro, mientras que su deformación es libre en los laterales; donde más influyen las variaciones en la curvatura de la tabla. Y los puentes flexibles presionan en tres puntos centrales, de tal forma que se logra una mejor adaptación de la curvatura de las espinas al reverso de la tabla.

Al mismo tiempo, la “red” de travesaños, junto con el marco, son capaces de sostener de manera adecuada la tabla, actuando como refuerzo y apoyo.



f.93. Adaptación de la curvatura interna del marco a la curvatura de la tabla. Anverso.

Hay que destacar que esa permisividad del sistema en los laterales no sólo viene dada por los listones flexibles sino también por el perfil de la curvatura interna que se ha dado al marco, donde apoya la tabla. Esta curvatura se ha adaptado a la de la tabla en todo su perímetro, a excepción de los laterales de mayor curvatura, donde se ha dejado una separación. Esto es importante, dado que si la tabla disminuye su curvatura, no presionará sobre el marco, evitando la aparición de tensiones internas en estos laterales.

Por otra parte, las perforaciones en la trasera de metacrilato, evitan las condensaciones de humedad en el reverso de la tabla, al mantener una constante ventilación; a la vez que se reduce el intercambio de humedad entre la tabla y el ambiente exterior.

Para terminar, debemos señalar que las dimensiones finales del conjunto, así como su peso, son apropiadas para el tamaño y peso de la tabla.

La obra enmarcada, con todo el sistema auxiliar en su interior, tiene unas dimensiones de 980 x 1005 mm. x 100 mm. de espesor. Y el peso que se ha añadido no es excesivo en comparación con las dimensiones y el peso inicial de la tabla; teniendo en cuenta que además, el sistema permite (gracias al enmarcado) la sujección o el colgado de la obra sin que la tabla tenga que soportar su propio peso o el de los elementos añadidos.



f.94. Anverso. Final.



f.95. Reverso. Inicial, durante el proceso y final.



f.96. Montaje final del sistema elástico de estabilización y refuerzo.

8. CONCLUSIONES:

La intervención en los soportes de pintura sobre tabla es algo complejo, que todavía hoy muchos profesionales no se atreven a afrontar. Es importante, para poder llevar a cabo una intervención de este tipo, el profundo conocimiento de los materiales con que estamos trabajando; y más particularmente el conocimiento de los soportes de madera, tanto en su dimensión histórica, o de construcción, como matérica. Es indispensable entender las propiedades de la madera, dado que éstas influyen notablemente en el comportamiento de las pinturas sobre tabla, y en las patologías que sufren.

Además de esto, debemos estudiar en profundidad la obra en que vamos a trabajar. No sólo su materia, o su estado de conservación; sino también el espacio en que ésta va a exponerse o a almacenarse. Una misma obra podrá intervenir de forma diferente si va a exponerse en un ambiente controlado o si va a permanecer en un ambiente con fluctuaciones continuas de humedad relativa y temperatura. Sus necesidades serán diferentes.

Una vez estudiado el soporte, debemos conocer los diferentes tipos de sistemas de refuerzo que se han utilizado. Los sistemas antiguos, fijos, y los sistemas elásticos que se están desarrollando en la actualidad. Hemos visto las ventajas del funcionamiento de los sistemas actuales, que prevén los movimientos de la madera tanto en horizontal (hinchazón y merma) como en vertical o fuera del plano (deformaciones o curvatura); frente a la rigidez de los antiguos sistemas, que han provocado graves daños en las pinturas sobre tabla. Debemos entender el funcionamiento de todos estos sistemas, y las consecuencias que pueden tener en la conservación de las obras. Sólo con un criterio basado en el conocimiento podremos seleccionar el sistema más apropiado para una tabla, y realizar un buen trabajo.

Al mismo tiempo, durante el estudio de las intervenciones llevadas a cabo en los soportes de la pintura sobre tabla, hemos podido apreciar un gran cambio en los criterios y en la mentalidad de los restauradores. Frente a los sistemas intervecionistas y altamente invasivos que se practicaban antiguamente, nos encontramos con los sistemas conservacionistas de la actualidad. No sólo lo observamos en los procesos que se llevan a cabo a la hora de colocar los sistemas de refuerzo; en que se evita al máximo la pérdida de material original y se valora la posible reversibilidad de los sistemas; sino durante todo el proceso de restauración del soporte. Un buen ejemplo es la antigua práctica de enderezar las tablas, proceso que respondía a una necesidad estética y estructural; ya que se pretendía mantener la tabla en un buen estado de conservación por medio de la restricción de sus movimientos y del aplanamiento de las deformaciones de curvatura. Hoy día, hemos comprendido que la tendencia natural de las tablas es a curvar, y que si intentamos impedirlo, provocaremos daños más graves que la lectura estética que obtenemos con una tabla curvada. Al fin y al cabo, es más agradable observar una superficie homogénea, aunque curva, que una tabla con múltiples irregularidades, o agrietamientos de la pintura por causa del intento de mantenerla plana.

Es muy importante entender que un sistema que puede funcionar a la perfección para una tabla determinada, con unas características específicas, y expuesta en un ambiente concreto; probablemente no será válido para otra tabla con otras características, y que vaya a conservarse en un ambiente distinto. Así que no hay sistemas o procesos perfectos o universalmente válidos. Esto quiere decir que para cada obra que vayamos a trabajar, deberemos adaptar el

diseño de nuestro sistema. Es necesaria, por tanto, cierta creatividad y una gran flexibilidad a la hora de escoger los tratamientos y adecuarlos a la obra sobre la que estamos trabajando.

En este trabajo se ha demostrado cómo se puede adaptar un sistema a las características propias de una tabla, a su tamaño, deformaciones, o estado de conservación. Hemos visto la ventaja de acomodar los elementos de un sistema elástico a nuestras necesidades. La tabla de *La Resurrección* es una tabla de tamaño medio, de particular formato, y de gran curvatura e irregularidad; que va a exponerse en un ambiente no controlado; y para la cuál se ha seleccionado un sistema de refuerzo de elevada flexibilidad, que permitirá a la tabla los movimientos producidos por causa de las variaciones termohigrométricas, y al mismo tiempo le proporcionará el apoyo que ésta necesita. Además, por medio de la colocación de una trasera de material inerte, se reducirá el intercambio de humedad entre la tabla y la atmósfera, reduciendo al mismo tiempo las variaciones dimensionales que ésta pudiera sufrir; y cuya utilidad es de gran relevancia, al ir a situarse la tabla en un hogar particular, sin control termohigrométrico.

Se ha comprobado la idoneidad del sistema auxiliar flexible fijo para esta tabla, y la posibilidad de ir adaptando cada uno de los elementos a la obra; en cuanto a la selección del número de travesaños (flexibles, fijos o deslizantes), y las dimensiones de éstos; también en la situación y posicionamiento de los puentes flexibles; o mediante la adaptación de los listones flexibles a las irregularidades del reverso de la tabla, por medio de piezas de madera de balsa encoladas a los mismos, que proporcionan una superficie constante de apoyo. Al mismo tiempo, hemos adaptado un marco sencillo hecho a medida para la obra, a su curvatura, para que el perfil sobre el que descansa sea continuo.

Se ha visto también cómo es posible, con un bajo presupuesto y pocos medios, estudiar y conocer las deformaciones de una tabla y sus posibles variaciones dimensionales, de modo que estos datos sean útiles para nuestro trabajo. A veces, sistemas sencillos y económicos pueden proporcionarnos información más valiosa a la hora de intervenir una obra, que otros sistemas más complejos, o difícilmente accesibles. En este caso, hemos podido observar de forma gráfica las variaciones en la curvatura de la tabla durante el proceso de restauración; y calcular la necesaria flexibilidad del sistema de refuerzo, a partir de la máxima variación dimensional posible de la tabla; que es muy elevada por sus dimensiones y el tipo de corte que presenta.

Del mismo modo, se ha valorado la flexibilidad de varios tipos de listones de madera disponibles en el mercado, con el fin de seleccionar el más acorde a la tabla y al sistema diseñado. Para ello se ha realizado un ensayo sencillo de flexión estática, para el que no necesitábamos herramientas ni aparatos complejos o específicos, y que nos ha proporcionado una gran cantidad de información. Ha sido muy útil para valorar la flexibilidad de los listones de madera, a la hora de seleccionar el material más acorde a nuestras necesidades; de flexibilidad y al mismo tiempo de sujeción de la tabla. Y una vez seleccionado el material, hemos podido comprobar las buenas características de los travesaños flexibles realizados; y determinar que el funcionamiento del conjunto sobre la obra será el adecuado.

De este modo, hemos comprobado cómo una metodología sencilla de ensayo, basada en nuestra creatividad y capacidad de adaptación, nos da la oportunidad de seleccionar con más seguridad entre los materiales que encontramos fácilmente en el mercado, y establecer su idoneidad para el tipo de trabajo a realizar; dado que la información técnica que encontramos sobre este tipo de productos en el mercado; se basa en otro tipo de necesidades, a nivel industrial; que no se ajustan a nuestro trabajo.

Para terminar, es necesario reiterar la importancia de las intervenciones sobre los soportes de la pintura sobre tabla; bien sea mediante un tratamiento directo que elimine las tensiones producidas por un sistema de refuerzo inadecuado; o bien sea de un modo indirecto, colocando la obra en una vitrina o microclima que reduzca al máximo las variaciones dimensionales de la pintura, minimizando el riesgo de daños.

Las intervenciones sobre los soportes, tienen el “inconveniente” de que no se ven. Cuando se limpia una película pictórica, se estucan las grietas, se consolidan las escamas; o se reintegran las lagunas de una obra, hay una relación directa entre la conservación y la mejora estética de la pintura. Cuando se sana un soporte, o se elimina un sistema de refuerzo perjudicial para sustituirlo por uno nuevo, más acorde a las necesidades de la obra, el aspecto de la pintura puede no cambiar, al menos no significativamente. Y quizá es por eso que este tipo de trabajos, en ocasiones, se deja un poco de lado, o no se valora.

En este caso no sólo se ha realizado un sistema de estabilización y refuerzo adecuado para la tabla sino que previamente ha sido necesaria la intervención del soporte. Se ha mejorado significativamente la estabilidad del soporte por medio de la eliminación del antiguo sistema de refuerzo fijo, el saneamiento del reverso y el reensamblaje. Ha sido un proceso complejo por causa de las irregularidades de la tabla o incluso por su formato. Pero el resultado ha sido el esperado, dado que además de una mayor estabilidad, se ha logrado obtener una curvatura más homogénea que responde tanto a las necesidades de deformación de la tabla como a una finalidad estética, al proporcionarnos una lectura más uniforme.

9. BIBLIOGRAFÍA:

- AA.VV. *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation: Trends, Treatments, and Training. Proceedings of a Symposium at the Getty Center, May 17-19, 2009*. Editado por Phenix, A. y Chui, S.A. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 2011.
- AA.VV. *Instalación especial. Adán y Eva de Dürero tras su restauración. 24 de Noviembre de 2010 - 19 de Junio de 2011*. Museo del Prado. Sala 49. Consulta online en: <http://www.museodelprado.es/exposiciones/info/en-el-museo/instalacion-especial-adan-y-eva-de-durero-tras-su-restauracion/videos>
- AA.VV. *Painted Wood: History and Conservation. Proceedings of a symposium organized by the wooden artifacts group of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works. Williamsburg, Virginia. 11-14 November, 1994*. Editado por Dorge, V. y Howlett F.C. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998.
- AA.VV. *The Structural Conservation of Panel Paintings: Proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum, April 1995*. Editado por Dardes, K. y Rothe, A. Los Ángeles. The Getty Conservation Institute. 1998.
- ALLEGRETTI, O. et al. Long-term Hygromechanical Monitoring of Wooden Objects of Art (WOA): A tool for preventive conservation. *Journal of Cultural Heritage*. June 2013, vol. 14, issue 3, Supplement. pp. e161-e164.
- AMADESI, S. Holographic Methods for Painting Diagnostics. *Applied Optics*. September 1974, vol. 13, n° 9. pp. 2009-2013.
- BARBERO, J.C. Nuevo sistema de travesaños móviles para la consolidación de soportes en pinturas sobre tabla. En AA.VV. *Aportaciones teóricas y experimentales en problemas de conservación. Actas del II Seminario sobre restauración de bienes culturales. Aguilar de Campoo, 19-21 de julio de 2006*. Fundación Santa María La Real. 2007. pp. 103-128.
- BERNIKOLA, E., NEVIN, A. y TORNARI, V. Rapid initial dimensional changes in wooden panel paintings due to simulated climate-induced alterations monitored by digital coherent out-of-plane interferometry. *Applied Physics A. Materials Science & Processing*. 2009, n° 95. pp. 387-399.
- BISACCA, G. y de la FUENTE, J. Consideraciones teóricas de la construcción y restauración del soporte de Las Tres Gracias de Rubens. En AA.VV. *Las Tres Gracias de Rubens: estudio técnico y restauración*. Madrid. Museo del Prado. 1998. pp. 51-66.
- BORRALLO, M. *Propuesta de un sistema de estabilización para una pintura sobre tabla del S.XVIII*. Tesina final del máster en conservación y restauración de bienes culturales. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de conservación y restauración de bienes culturales. Valencia. 2011.
- BRATASZ, Ł. y KOZŁOWSKI, R. Laser Sensors for Continuous In-Situ Monitoring of the Dimensional Response of Wooden Objects. *Studies in Conservation*. 2005, n° 50. pp. 307-315.
- CIATTI, M. et al. *Dipinti su tavola: La tecnica e la conservazione dei supporti*. Firenze. Edifir. 1999. 200 p. ISBN: 8879701657.

- CASTELLI, C., PARRI, M. y SANTACESARIA, A. Supporti lignei: problemi di conservazione. En CIATTI, M. et al. *Problemi di restauro: Riflessioni e ricerche: i sessanta anni di attività del laboratorio di restauro dei dipinti*. Firenze. Edifir. 1999. 222 p. ISBN: 8879700812.
- CIATTI, M. y FROSININI, C. *Restauri e ricerche: Dipinti su tela e tavola*. Firenze. Edifir. 2004. 134 p. ISBN: 8879701614.
- CIATTI, M., FROSININI, C. y BELLUCCI, R. *Il Gentile Risorto: Il Polittico dell'Intercessione di Gentile da Fabriano: studi e restauro*. Firenze. Edifir. 2006. 222 p. ISBN: 8879702319.
- CONCEPCIÓN, I. y SANTOS, I. Restauración de dos tablas flamencas. San Francisco de Asís y San Blas. Iglesia de Santo Domingo. Santa Cruz de la Palma. *R&R. Restauración y Rehabilitación*. Febrero de 2005, n° 95. pp. 52-59.
- DIONISI VICI, P., MAZZANTI, P. y UZZIELLI, L. Mechanical response of wooden board subjected to humidity step variations: climatic chamber measurements and fitted mathematical models. *Journal of Cultural Heritage*. January-March 2006, vol. 7, issue 1. pp. 37-48.
- DUREISSEIX, D. et al. Follow-up of a panel restoration procedure through image correlation and finite element modeling. *International Journal of Solids and Structures*. 2011, n° 48. pp. 1024-1033.
- FALCIAI, R. Continuous monitoring of wooden works of art using fiber Bragg grating sensors. *Journal of Cultural Heritage*. 2003, vol. 4. pp. 285-290.
- GROVES, R.M. et al. 2D and 3D non-destructive evaluation of a wooden panel painting using shearography and terahertz imaging. *Independent Nondestructive Testing and Evaluation International*. 2009, vol. 42. pp. 543-549.
- IBARRA-CASTANEDO, C. et al. Diagnostics of panel paintings using holographic interferometry and pulsed thermography. *Quantitative InfraRed Thermography Journal*. 2010, vol. 7, n° 1. pp. 85-114.
- MARCON, B. et al. Mechanical study of a support system for cupping control of panel paintings combining crossbars and springs. *Journal or Cultural Heritage*. September 2012, vol. 13, issue 3, Supplement. pp. S109-S117.
- MATEU, S. *La problemática de las juntas, las grietas y las fracturas en las tablas: Estudio crítico de varios métodos de encolado*. Tesis para la obtención del título de Máster en Artes plásticas, visuales y del espacio. Ecole Nationale Supérieure des Arts Visuels de la Cambre. Option Conservation, restauration des œuvres d'art. 2012.
- MECKLENBURG, M. y FUSTER, L. *Estudio de las propiedades mecánicas y dimensionales de los materiales pictóricos*. No publicado. Apuntes de la asignatura del máster en conservación y restauración de bienes culturales. Universidad Politécnica de Valencia. 2012.
- PÉREZ, E. *Tratamientos de estabilización y refuerzo del soporte en pintura sobre tabla*. No publicado. Apuntes de la asignatura del máster en conservación y restauración de bienes culturales. Universidad Politécnica de Valencia. 2013.
- PÉREZ, E. y BARROS, J.M. Empleo de un sistema elástico con muelles para el refuerzo de una pintura sobre tabla. p. 512. En: *Actas del XVIII Congreso Internacional de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. Granada. 2011.
- SCHIRRIPA, G. Digital moiré by a diffractive optical element for deformation analysis of ancient paintings. *Journal of Optics A: Pure and Applied Optics*. 2003, vol. 5. pp. 146-151.
- SENNI, L. et al. A portable NMR sensor for moisture monitoring of wooden works of art, particularly of paintings on wood. *Wood Science and Technology*. 2009, n° 43. pp. 167-180.

- TAMPONE, G. *Il Restauro Delle Strutture Di Legno: Il Legame Da Costruzione, Le Strutture Lignee e Il Loro Studio, Restauro Tecniche Di Esecuzione Del Restauro*. Milano. Hoepli. 2000. 401 p. ISBN: 8820322730.
- UZZIELLI, L. et al. The Deformometric Kit: A method and an apparatus for monitoring the deformation of wooden panels. *Journal of Cultural Heritage*. September 2012, vol. 13, issue 3, Supplement. pp. S94-S101.
- VAILLANT, M., DOMÉNECH, M.T. y VALENTÍN, N. *Una mirada hacia la conservación preventiva del patrimonio cultural*. Valencia. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. 2003. ISBN: 8497054202
- VIVANCOS, V. *La conservación y restauración de pintura de caballete. Pintura sobre tabla*. Madrid. Tecnos. 2007. 325 p. ISBN: 8430946518.

INFORMACIÓN DE PRODUCTOS Y FICHAS TÉCNICAS:

- Araldit SV 427* [online]. CTS catálogo. http://www.ctseurope.com/depliants/%7B4DF0F93B-DD18-4F8C-8781-9DEE4519CAD8%7D_Pagine%20da%201.1.2%20resine%20eposidiche-25.pdf
- ArtSorb®* [online]. Stem productos. En: <http://www.stem-museos.com/es/productos/otros/art-sorb>
- ArtSorb Material Safety Data Sheet* [online]. Grupo Español de Conservación (GE-IIC). En: <http://ge-iic.com/files/fichas%20productos/art-sorb.pdf>
- Makrolon® UV: Product data sheet* [online]. Bayer MaterialScience. En: http://www.sheet.bayerpolymers.com/index.php/fuseaction/download/lrn_file/mf0112_e_120628.pdf?PH_PSESSID=52ea248c8f07a5442a16a1bf5d7e175c
- Marverseal 360* [online]. Stem productos. En: <http://www.stem-museos.com/es/productos/films-tejidos-y-soportes/marverseal-360>
- Metacrilato de colada: ficha técnica* [online]. Lermont Plastics. En: <http://www.lermontplastics.es/productosMetacrilatoColada.php>
- Metacrilato de extrusión: ficha técnica* [online]. Lermont Plastics. En: <http://www.lermontplastics.es/productosMetacrilatoExtrusion.php>
- Per-Xil 10* [online]. CTS catálogo. http://www.ctseurope.com/depliants/%7BAB344DA8-997F-498D-837F-5E443F38D059%7D_Pagine%20da%206.2%20prodotti%20biocidi-126.pdf
- Plastazote* [online]. Grupo Español de Conservación (GE-IIC). En: http://ge-iic.com/index.php?option=com_fichast&Itemid=83&tasko=viewo&task=view2&id=11
- Plexiglas® GS/XT y Plexiglas® UV: Technical Information*. Documentos digitales proporcionados por Pedro Pons, de la delegación comercial en Zaragoza de ThyssenKrupp Plastic Iberia.
- Policarbonato celular: ficha técnica* [online]. Lermont Plastics. En: <http://www.lermontplastics.es/productosPolicarbonatoCelular.php>
- Vinavil 59* [online]. CTS catálogo. http://www.ctseurope.com/depliants/%7B4DCA8447-ECBC-4F94-90B1-0DBE3E33830C%7D_Pagine%20da%201.1.4%20resine%20viniliche-34.pdf

10. ANEXOS:

10.1. ANEXO I.

LA RESURRECCIÓN.

INTERVENCIONES PREVIAS:

7.1.1. ANTIGUAS INTERVENCIONES.

La Resurrección ha llegado hasta nuestros días con una serie de componentes y patologías fruto de antiguas intervenciones sufridas por la tabla. Entre ellas encontramos actuaciones tanto en los estratos pictóricos como en el soporte.

El soporte ha sufrido un cambio de formato, de un formato cuadrado o rectangular, al octogonal que presenta en la actualidad. Como se ha comentado al estudiar la obra, el formato octogonal no se corresponde con la época en que se pintó la tabla, y mucho menos que la mano de una de las figuras (el soldado situado a la derecha) aparezca cortada. El recorte de la tabla a esta nueva forma y tamaño, pudo estar causado por la necesidad de adaptar la obra a un nuevo lugar de exposición, o por motivos de moda o gusto.

Posteriormente, la tabla sufrió una intervención de restauración, en la que probablemente se separaron los paños (al menos alguno de ellos), y volvieron a encolarse. Es fácil pensar ésto dado que cada una de las piezas que forman el soporte están numeradas (f.97), y también porque en la unión entre los paños 4º y 5º (vista desde el reverso), las líneas del dibujo no coincidían, presentando un desnivel (f.98).

Probablemente en esa misma intervención, se eliminaron los clavos de los antiguos travesaños, y los orificios se rellenaron con estuco blanco. No sabemos si los travesaños originales se perdieron con anterioridad (quizá en el momento del recorte de la tabla o cambio de formato), o si se eliminaron durante aquella intervención.

Para terminar, se colocó un nuevo sistema de refuerzo fijo, compuesto por cuatro travesaños de



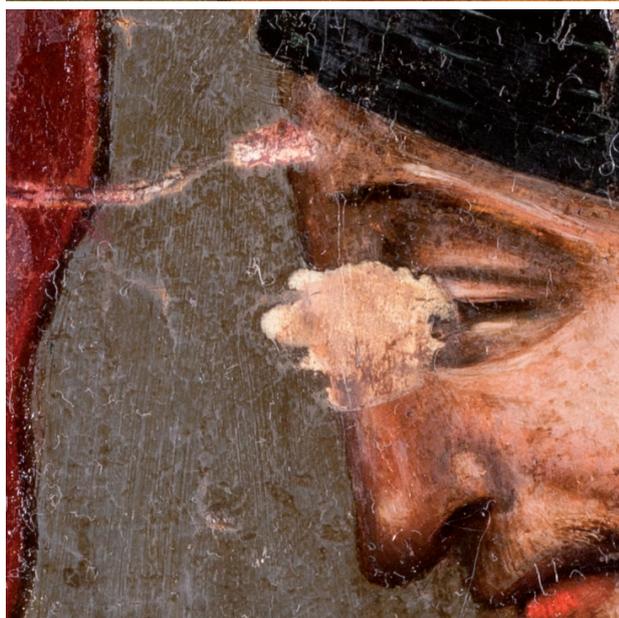
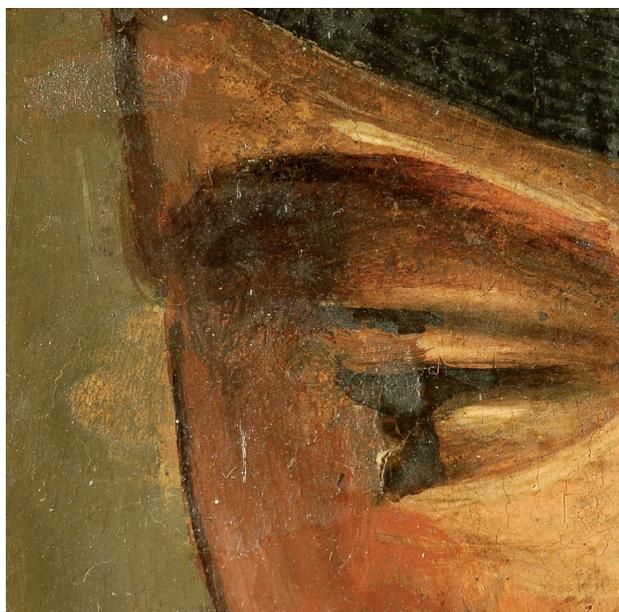
f.97. Numeración de los componentes de la tabla.



f.98. Desajuste en el dibujo por un mal reensamblaje.

madera de pino, encolados y atornillados a la tabla; y por seis dobles colas de milano, también de madera de pino, situadas en cajas de aproximadamente un tercio del espesor del soporte, a contraveta, y encoladas, con la intención de devolver la planitud al soporte, y mantenerlo fuerte y estable.

En cuanto al anverso, se estucaron todas las lagunas y grietas producidas por la separación entre paños y por las tensiones del soporte, y se estucaron también los orificios dejados por las cabezas de los clavos de los antiguos travesaños. Se utilizó para ello, un estuco blanco y duro, que se situó no sólo en las zonas perdidas, sino en muchos casos por encima de la



f.99. Presencia y eliminación de repintes.

pintura original, con la intención de nivelar y disimular los escalones presentes en la superficie pictórica, por la curvatura individual de cada uno de los paños.

Para finalizar, se repintó sobre todos los estucos, y en muchos casos, igualmente, sobre la pintura original, bien por la presencia de pequeñas zonas erosionadas, bien para ajustar los colores adyacentes de la pintura a los nuevos repintes.

7.1.2. INTERVENCIÓN PREVIA AL TRATAMIENTO DEL SOPORTE.

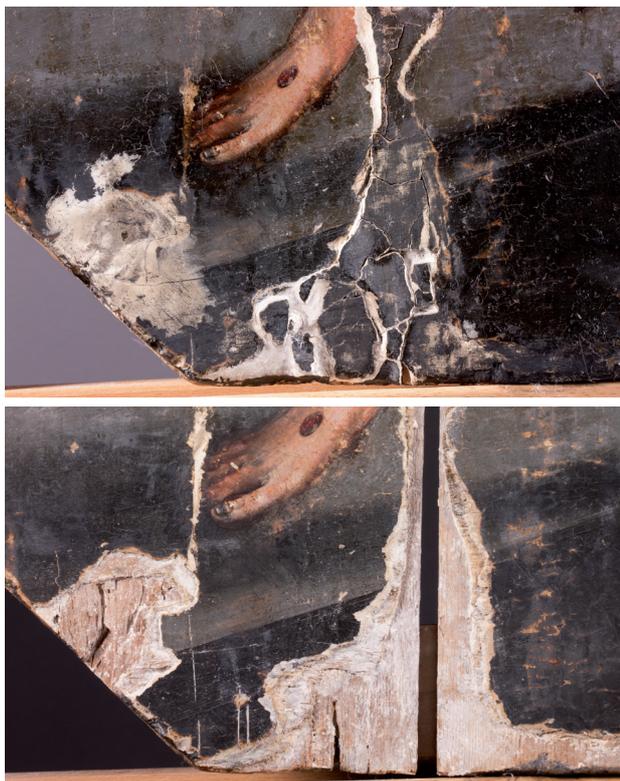
La tabla de *La Resurrección* comenzó a restaurarse en la asignatura de Proyectos II de conservación y restauración de pintura de caballete, durante el curso académico 2010-2011, y el trabajo continuó en el curso 2011-2012. A lo largo de los dos cursos, se realizaron los siguientes procesos sobre la tabla.

En primer lugar, se realizó una limpieza mecánica superficial tanto en reverso como en anverso, por medio de brochas y aspiración. La limpieza del reverso continuó con la eliminación mecánica, con escalpelo, de concreciones de diferente naturaleza.

También se consolidó la estopa puntualmente, con Plextol B-500 al 15%, en las zonas en que se consideró necesario.

Los abolsamientos, escamas y cordilleras presentes en los estratos pictóricos se consolidaron, también puntualmente, con Plextol B-500 al 15% aplicado a pincel y por inyección; previa humectación con agua desionizada y alcohol al 50% para facilitar la penetración del adhesivo, y con la ayuda de una espátula caliente para aplicar calor y presión. En las zonas en que el proceso requería de una mayor atención y cuidado, esta consolidación se llevó a cabo con la interposición de una lámina de papel japonés, y siguiendo el mismo procedimiento.

Se realizaron algunas catas de limpieza, y se eliminaron parcialmente algunos repintes, dejando al descubierto los estucos no originales, que empezaron a rebajarse de forma mecánica, con bisturí. En algunos casos, pudo reblandecerse el estrato de estuco con ayuda de agua, o de acetona, para su posterior eliminación mecánica. La limpieza de estos estucos fue un proceso largo y costoso, que se prolongó durante los dos cursos en que la obra estuvo interviniéndose, por su dureza, y porque se debía tener mucho cuidado en las zonas en que éstos estaban cubriendo pintura original.

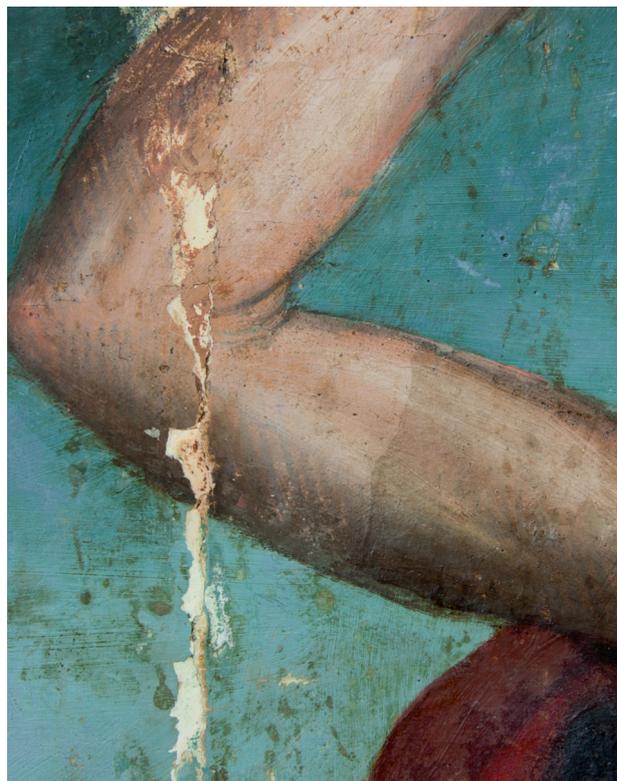


f.100. Limpieza de repintes y estucos.

La madera, atacada por insectos xilófagos, se trató con Per-xil 10, mediante inyección en los agujeros dejados por la carcoma, y por impregnación del reverso con brocha, con fines de carácter tanto curativo como preventivo.

Tras una nueva serie de catas de limpieza en el anverso, se decidió limpiar la película pictórica con la mezcla AE1¹²⁹ del test de Cremonesi, gelificada¹³⁰. Este gel de disolvente, espesado con Carbopol, funcionó muy bien para la limpieza del barniz y también para la eliminación de los repintes.

La limpieza de la película pictórica se realizó de forma gradual, y por zonas, siendo el manto rojo del Cristo lo último en limpiarse, dado que se pensaba que podía tratarse de un gran repinte que cubría los restos de una película pictórica original en muy mal estado. Finalmente, se decidió limpiar todos los repintes, al observar que en su mayoría estaban cubriendo película pictórica en buen estado, y de mayor calidad.



f.101. Limpieza del barniz.

Tras esta limpieza, se hicieron más evidentes en el cielo unas pequeñas manchas circulares, probablemente de cera, que no respondieron favorablemente a ninguna de las catas de limpieza, por lo que tuvieron que eliminarse de forma mecánica, con bisturí.

Finalizada la limpieza, y dejado pasar un tiempo para la correcta evaporación de todos los disolventes, se barnizó la película pictórica con barniz comercial de acabado satinado, diluido en white spirit.

¹²⁹ Acetona (75%) y Etanol (25%).

¹³⁰ Se utilizó un gel de AE1 espesado con Carbopol, siguiendo la siguiente receta: 2 gr. de Carbopol, 25 ml. de Ethomeen C-25, 15 ml. de agua desionizada, y 100 ml. de la mezcla de disolventes.

10.2. ANEXO II.

LA MADERA. TABLAS DE PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES.

HR ambiente	Temperatura (°C)									
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
5%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
10 %	3%	3%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	1%	1%
15%	4%	4%	4%	3%	3%	3%	3%	2%	2%	2%
20%	5%	5%	5%	4%	4%	4%	3%	3%	3%	2%
25%	6%	5%	5%	5%	5%	5%	4%	4%	3%	3%
30%	6%	6%	6%	6%	6%	5%	5%	4%	4%	3%
35%	7%	7%	7%	7%	6%	6%	5%	5%	4%	4%
40%	8%	8%	8%	7%	7%	7%	6%	6%	5%	4%
45%	9%	9%	9%	8%	8%	7%	7%	6%	6%	5%
50%	10%	10%	9%	9%	9%	8%	7%	7%	6%	6%
55%	11%	10%	10%	10%	9%	9%	8%	7%	7%	6%
60%	12%	11%	11%	11%	10%	10%	9%	8%	7%	7%
65%	13%	12%	12%	12%	11%	10%	10%	9%	8%	8%
70%	14%	14%	13%	13%	12%	11%	11%	10%	9%	8%
75%	15%	15%	15%	14%	13%	13%	12%	11%	10%	9%
80%	17%	17%	16%	16%	15%	14%	14%	13%	12%	11%
85%	19%	19%	18%	18%	17%	16%	15%	14%	13%	12%
90%	22%	22%	21%	20%	19%	18%	17%	16%	15%	14%
95%	27%	26%	25%	24%	23%	22%	21%	20%	19%	18%
100%	33%	32%	31%	30%	29%	28%	27%	26%	25%	24%

T.1. Valores de la humedad de equilibrio de la madera, en función de la humedad relativa ambiente y la temperatura.¹³¹

(da: Fioravanti, 1994)		Merma tangencial (%)	Merma radial (%)
Faggio	<i>Fagus sylvatica</i> L.	10	5,8
Farnia, Rovere	<i>Quercus sp.p.</i>	8,3	4,4
Gattice (=Pioppo bianco)	<i>Populus alba</i> L.	6,3	2,8
Noce	<i>Juglans regia</i> L.	7,3	5
Tiglio	<i>Tilia cordata</i> Mill.	9,2	5,6
Abete bianco	<i>Abies alba</i> Mill.	7,2	3,5
Abete rosso	<i>Picea abies</i> Karst.	8,5	4
Pino silvestre	<i>Pinus sylvestris</i> L.	7	4

continúa en p.63

¹³¹ Tabla de: UZIELLI, L. y FIORAVANTI, M. Il comportamento fisico-meccanico del legno nei dipinti su tavola. p. 45. En CIATTI, M. et al. *Dipinti su tavola: la tecnica e la conservazione dei supporti*. Florencia. Edifir. 1999. pp. 37-58.

(da: Hoadley, 1998)		Merma tangencial (%)	Merma radial (%)
Spruce (Abete rosso)	<i>Picea sp.p.</i>	7,4	3,6
Fir (Abete bianco)	<i>Abies sp.p.</i>	7,6	3,8
Pine, Scots (Pino silvestre)	<i>Pinus sylvestris</i>	7,7	4,0
Larch (Larice)	<i>Larix sp.p.</i>	7,8	3,3
Mahogany (Mogano)	<i>Swietenia sp.p.</i>	5,1	3,2
Walnut, European (Noce)	<i>Juglans regia</i>	6,4	4,3
Chestnut (Castagno)	<i>Castanea sp.p.</i>	6,8	4,0
Willow (Salice)	<i>Salix sp.p.</i>	7,2	4,2
Alder (Ontano)	<i>Alnus sp.p.</i>	7,3	4,4
Cherry (Ciliegio)	<i>Prunus sp.p.</i>	7,8	4,2
Ash (Frassino)	<i>Fraxinus sp.p.</i>	8,3	5,2
Poplar (Pioppo)	<i>Populus sp.p.</i>	8,5	3,4
Maple (Accero)	<i>Acer sp.p.</i>	8,8	4,2
Elm (Olmo)	<i>Ulmus sp.p.</i>	9,1	5,2
Lime (Tiglio)	<i>Tilia sp.p.</i>	9,5	6,8
Oak, White (Quercia bianca)	<i>Quercus sp.p.</i>	10,2	5,2
Beech (Faggio)	<i>Fagus sp.p.</i>	11,8	5,8

T.2. Valores de la merma total de diferentes especies de madera, en sus direcciones anatómicas transversales.¹³²

¹³² Tabla de: UZIELLI, L. y FIORAVANTI, M. Il comportamento fisico-meccanico del legno nei dipinti su tavola. p. 49. En CIATTI, M. et al. *Dipinti su tavola: la tecnica e la conservazione dei supporti*. Florencia. Edifir. 1999. pp. 37-58.

