UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TESIS DOCTORAL

TÉCNICAS DE REFUERZO TRADICIONALES
Y MODERNAS APLICADAS A LA
CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE
BIENES CULTURALES

SILVANA PERIS GISBERT

Directores:

Dra. Pilar Roig Picazo

Dr. Eduardo Vicens Salort

11-2021

TESIS DOCTORAL

**TÉCNICAS DE REFUERZO TRADICIONALES Y MODERNAS
APLICADAS A LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE
BIENES CULTURALES.**

Investigación realizada para la puesta en marcha de la restauración de la Real Iglesia de los Santos Juanes en Valencia.

Silvana Peris Gisbert

Licenciada en BB.AA.

Máster en Conservación y Restauración de BB.CC.

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
PROGRAMA DE DOCTORADO EN CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE BIENES
CULTURALES**

Directores:

Dra. Pilar Roig Picazo - UPV (Facultad de Bellas Artes)

Dr. Eduardo Vicens Salort - UPV (Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales)

11-2021

*A mi familia y amigos, gracias por estar siempre ahí.
laio, sin ti los viajes se habrían vuelto eternos, gracias por todos los momentos vividos.*

AGRADECIMIENTOS

Principalmente tengo que dar las gracias a mis directores de Tesis, la Dra. Pilar Roig Picazo y el Dr. Eduardo Vicens Salort por todo su tiempo invertido en el trabajo y el gran apoyo que he recibido de ellos.

Seguidamente, y no menos importante, tengo que agradecerle al Dr. Vicente Amigó Borrás todas las horas destinadas conmigo en los laboratorios de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, concretamente en el departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales, gracias a él y a muchos de sus compañeros que han ido prestándonos su ayuda durante el proceso.

También necesito reconocer todo lo que me han ayudado mis padres, tía y abuelos, sobretodo moralmente, en los momentos de bajón en los que decides dar carpetazo a todo y no me lo han permitido, apoyándome en todo momento, realizando los viajes que hicieran falta hasta conseguir el fin.

Sere, a ti una mención especial, ya que sin ti mi vida se hubiera reducido a mucho menos.

A mis amigos, esas personas que son pocas pero sabes que siempre están a tu lado, gracias por a pesar de todo, seguir aguantándome.

Se que me habré dejado a muchísimas personas por nombrar, pero a todas ellas, gracias por aportar vuestro granito de arena en este proyecto.

SUMARIO

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

RESUM

ABSTRACT

CAPÍTULO I Introducción y estado de la cuestión

CAPÍTULO II Estado de la cuestión y desarrollo de la metodología de estudio

CAPÍTULO III Estudio comparativo en otras restauraciones ya realizadas

CAPÍTULO IV Estudio de diferentes materiales para la realización de anclajes que
ayuden a la conservación de Bienes Culturales

CAPÍTULO V Conclusiones

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE POR CAPÍTULOS

RESUMEN	13
RESUM	14
ABSTRACT	15
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN Y ESTADO DE LA CUESTIÓN	17
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN Y ESTADO DE LA CUESTIÓN	19
1. INTRODUCCIÓN	19
2. PROBLEMÁTICA GENERAL	22
3. MARCO NORMATIVO	24
4. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	25
4.1. Justificación del caso de estudio	25
4.2. Hipótesis del trabajo	26
4.3. Objetivos generales y específicos por capítulos	27
5. METODOLOGÍA DE TRABAJO	31
6. FUENTES PARA LA INVESTIGACIÓN	32
CAPÍTULO II. ESTADO DE LA CUESTIÓN Y DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	35
CAPÍTULO II. ESTADO DE LA CUESTIÓN Y DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE ESTUDIO	37
1. INTRODUCCIÓN	37
2. ACCIONES EN ESTRUCTURAS, MATERIALES Y PINTURAS MURALES.	40
2.1. Acciones mecánicas.	40
2.2. Acciones físicas, químicas y biológicas.....	40
3. CATALOGACIÓN DE TÉCNICAS Y SUS CORRESPONDIENTES DESCRIPCIONES.....	42
3.1. Anclajes metálicos en la restauración.....	42
3.1.1 Técnicas tradicionales de refuerzo.....	42
3.1.2. Técnicas modernas de refuerzo	44
3.1.3. Selección de los materiales.	45
4. ESTADO DE LA CUESTIÓN.	49
CAPÍTULO III. ESTUDIO COMPARATIVO EN OTRAS RESTAURACIONES YA REALIZADAS	51
CAPÍTULO III. ESTUDIO COMPARATIVO EN OTRAS RESTAURACIONES YA REALIZADAS	53
1. INTRODUCCIÓN	53
2. REAL CAPILLA DE LA VIRGEN DE LOS DESAMPARADOS (VALENCIA, ESPAÑA)	53
2.1. Ensayos	54
2.2. Propuesta de intervención	57
3. IGLESIA DE LOS SANTOS JUANES (VALENCIA, ESPAÑA)	60
4. IGLESIA DE SAN NICOLÁS OBISPO Y SAN PEDRO MÁRTIR (VALENCIA, ESPAÑA).....	69
5. LA TORRE INCLINADA DE PISA (PISA, ITALIA)	74

6. CONCLUSIONES	79
CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE DIFERENTES MATERIALES PARA LA REALIZACIÓN DE ANCLAJES QUE AYUDEN A LA CONSERVACIÓN DE BIENES CULTURALES	83
CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE DIFERENTES MATERIALES PARA LA REALIZACIÓN DE ANCLAJES QUE AYUDEN A LA CONSERVACIÓN DE BIENES CULTURALES	85
1. INTRODUCCIÓN	85
2. ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES TIPOLOGÍAS DE FIBRAS SUSCEPTIBLES A UTILIZAR EN LOS REFUERZOS	85
2.1. <i>Fibras de origen inorgánico</i>	88
2.1.1. Fibra de vidrio	88
2.1.2. Mat de hilos cortados	89
2.1.3. Fibra de carbono	89
2.2. <i>Fibras orgánicas</i>	90
2.2.1. Fibra de aramida	90
2.3. <i>Cualidades de las diferentes fibras</i>	91
3. ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES TIPOLOGÍAS DE MATRICES SUSCEPTIBLES A UTILIZAR EN LOS REFUERZOS	92
3.1. <i>Resinas epoxi</i>	93
4. ESTUDIO DE LOS DIFERENTES MATERIALES COMPUESTOS PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ANCLAJES	95
4.1. <i>Introducción</i>	95
4.2. <i>Elaboración de los diferentes materiales compuestos y fabricación de las probetas de ensayo.</i>	96
4.2.1. <i>Elaboración de los materiales compuestos.</i>	96
4.2.1.1. Corte de telas de fibra.	96
4.2.1.2. Realización del proceso de laminado.	98
4.2.1.3. Materiales compuestos fabricados o laminados obtenidos.	100
4.2.1.4. Levantado de los laminados	101
4.2.2. <i>Fabricación de las probetas de ensayo.</i>	103
4.2.2.1. Corte.	103
4.2.2.2. Acabado de las probetas.....	105
4.3. <i>Realización de las pruebas y ensayos sobre las probetas obtenidas.</i>	106
4.3.1. <i>Ensayos de tracción.</i>	106
4.3.1.1. Herramientas y máquina utilizada.....	106
4.3.1.2. Descripción del ensayo.	107
4.3.1.3. Resultados	107
4.3.2. <i>Análisis de metalografía.</i>	111
4.3.3. <i>Microscopía óptica.</i>	113
4.3.4. <i>Digestión de las fibras y resina.</i>	119
5. CONCLUSIONES SOBRE LOS MATERIALES COMPUESTOS.	125
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES FINALES	127
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES FINALES	129
1. SOBRE LA METODOLOGÍA DESARROLLADA.	129
2. SOBRE LA APLICACIÓN DE LA IMAGEN COMO MEDIO DE CONSERVACIÓN Y CONOCIMIENTO DE LOS BIENES CULTURALES.	133
3. RELACIÓN HISTÓRICA, GRÁFICA Y MATERIAL DE LOS DATOS.	134
4. SOBRE EL ESTUDIO DE MATERIALES INDICADOS PARA LA RESTAURACIÓN DE LA REAL IGLESIA DE LOS SANTOS JUANES DE VALENCIA.	135
5. SOBRE EL ESTUDIO DE MATERIALES: LA FIBRA DE CARBONO.....	137

6. CONCLUSIONES GENERALES Y LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO	138
7. CONCLUSIÓN FINAL	139
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA	143
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA.....	145
1. BIBLIOGRAFÍA	145
1.1. <i>Monografía</i>	146
1.2. <i>Artículos en Boletines y Revistas</i>	149
1.3. <i>Artículos en actas de congresos</i>	152
1.4. <i>Tesis</i>	155
2. WEBGRAFÍA.....	157
CAPÍTULO VII. ANEXOS	161
CAPÍTULO VII. ANEXOS	163
1. INTRODUCCIÓN	163
2. PRÁCTICA 1: CORTE DE TELAS	164
2.1. <i>Fibras de vidrio matt</i>	164
2.2. <i>Fibras de vidrio multiaxial</i>	164
2.3. <i>Fibras de carbono</i>	165
2.4. <i>Fibras de aramida - vidrio 30/70 multiaxial</i>	165
2.5. <i>Fibras de vidrio tafetán</i>	166
2.6. <i>Fibras de aramida sarga</i>	166
2.7. <i>Todas las fibras</i>	166
3. PRÁCTICA 2: PROCESO LAMINADO	167
3.1. <i>Productos</i>	167
3.1.1. <i>Catalizador, resina y cera</i>	167
3.2. <i>Proceso</i>	168
3.3. <i>Levantado de laminados</i>	173
3.4. <i>Corte</i>	176
4. PRÁCTICA 3: PRUEBAS DE TRACCIÓN	177
4.1. <i>Proceso</i>	177
4.2. <i>Resultados</i>	181
4.2.1. <i>Vidrio Tafetán 1 capa</i>	181
4.2.2. <i>Aramida 0,90 Tafetán 1 capa</i>	186
4.2.3. <i>Aramida - Vidrio 0,45 Multiaxial 1 capa</i>	193
4.2.4. <i>Carbono 0,90 Tafetán 1 capa</i>	198
4.2.5. <i>Vidrio 0,45 multiaxial 1 capa</i>	204
4.2.6. <i>Vidrio Matt 4 capas</i>	210
4.2.7. <i>Vidrio multiaxial 3 capas</i>	215
4.2.8. <i>Aramida Sarga 3 capas</i>	220
4.2.9. <i>Carbono 0,90 Tafetán 3 capas</i>	225
4.2.10. <i>Vidrio Tafetán 3 capas</i>	230
4.2.11. <i>Aramida multiaxial 3 capas</i>	235
5. PRÁCTICA 4: ANÁLISIS MICROESTRUCTURAL	240

5.1. Proceso	240
5.2. Imágenes análisis.....	244
5.2.1. Vidrio Tafetán 1 capa.	244
5.2.2. Carbono 0,90 Tafetán 3 capas.....	246
5.2.3. Carbono 0,90 Tafetán 1 capa.	248
5.2.4. Aramida - Vidrio 0,45 multiaxial 1 capa.	250
5.2.5. Aramida 0,90 Tafetán 1 capa.	252
5.2.6. Aramida - Vidrio 0,45 multiaxial 3 capas.....	254
5.2.7. Aramida sarga 3 capas.	256
5.2.8. Vidrio matt 4 capas.	258
5.2.9. Vidrio 0,45 multiaxial 1 capa.	260
5.2.10. Vidrio 0,45 multiaxial 3 capas.	262
5.2.11. Vidrio tafetán 3 capas.	264
6.PRÁCTICA 5: DIGESTIÓN DE LAS FIBRAS Y RESINA.....	266
5.1. Proceso	266

Resumen.

La investigación realizada forma parte del estudio, mucho más amplio, para la restauración de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia, que tiene por objeto establecer una metodología de reconstrucción para las pinturas murales de la grandioso bóveda que Antonio Palomino pintó entre 1699 y 1701, la cual fue incendiada durante la Guerra Civil.

Al realizar un primer análisis sobre diferentes anclajes en la restauración, se han encontrado dos clases de técnicas de anclaje, las denominadas tradicionales y las modernas. Tras este análisis, se ha realizado un trabajo de investigación comparativa entre diversos espacios arquitectónicos, tanto de España como de Europa, concretamente de Italia, que ya habían sido restaurados, para poder identificar los materiales utilizados en sus realizaciones.

Con todo este trabajo acabado, se contactó con el Profesor Vicente Amigó Borrás, investigador del laboratorio del Instituto de Tecnología de los Materiales, para estudiar otros materiales más novedosos que pudieran ayudar en nuestra labor. Para realizar el estudio, junto a él y muchos de sus compañeros, se desarrollaron un conjunto de probetas con el fin de elaborar diferentes tipos de laminados compuestos de fibra y matriz, los cuales han soportado los diferentes procesos y análisis para obtener los mejores resultados posibles. Estos análisis han permitido conocer muy a fondo cada material y la diversidad de sus propiedades, estableciendo estudios comparativos que han ayudado a escoger cuál de ellos resultará más apropiado para el trabajo de restauración y dar algunas conclusiones finales sobre ello en el proceso de intervención global en los Santos Juanes.

Se puede afirmar que esta Tesis Doctoral demuestra la posible aplicación de materiales compuestos en diferentes bienes culturales, y en especial en la bóveda de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia.

Resum.

La investigació realitzada forma part del estudi, molt més ample, realitzat per a la restauració de l'Església dels Sants Joans de València, que té per objectiu establir una metodologia de reconstrucció per a les pintures murals de la grandiosa volta que Antonio Palomino va pintar entre 1699 i 1701, la qual va ser incendiada durant la Guerra Civil.

En realitzar una primera anàlisi sobre ancoratges en la restauració, ens hem trobat davant de dues classes de tècniques d'ancoratge, les denominades tradicionals i les modernes. Després d'aquesta anàlisi, s'ha realitzat un treball de recerca comparativa entre diversos espais arquitectònics, tant d'Espanya com d'Europa, concretament d'Itàlia, que ja havien sigut restaurats, per a poder identificar els materials utilitzats en les seues realitzacions.

Amb tot aquest treball finalitzat, es va contactar amb el Professor Vicente Amigó Borrás, investigador del laboratori de l'Institut de Tecnologia dels Materials, per a estudiar altres materials més nous que pogueren ajudar en la nostra labor. Per realitzar l'estudi, al costat d'ell i molts dels seus companys, es van desenvolupar un conjunt de provetes amb la finalitat d'elaborar diferents tipus de laminatges compostos de fibra i matriu, els quals han suportat els diferents processos i anàlisis per a obtenir els millors resultats possibles. Aquestes anàlisis han permés conèixer molt a fons cada material i la diversitat de les seues propietats, establint estudis comparatius que han ajudat a triar quin d'ells resultarà més apropiat per al treball de restauració i donar les conclusions finals sobre el procés d'intervenció.

Es pot afirmar que aquesta Tesi Doctoral demostra la possible aplicació de materials compostos en diferents béns culturals, i especialment en la volta de l'Església dels Sants Joans de València.

Abstract.

The object of our study was to establish the methodology for the reconstruction of the painted murals of the great vault in the Santos Juanes church of Valencia which were painted by Antonio Palomino between 1699 and 1701 and which were burned during the Civil War.

In conducting an initial study of the foundations we find two different types of technique, the traditional and modern. After this analysis a comparative investigation was carried out between the various architectural sites which have been restored, both in Spain and Europe, enabling a study of the materials which have been utilized.

Having completed this work we were put in contact with Professor Vicente Amigo, Laboratory investigator of the Institute of Engineering of Technological Materials, to study alternative more modern materials, which could be put to use in our work. Finishing the study alongside him and his many colleagues, a series of tests have been carried out to develop different types of fibre and matrix laminate combinations, which have undergone a variety of analytical processes to obtain the best possible results.

These analyses have enabled a closer and deeper understanding of each material and their individual properties, providing a comparative study to assist the selection of the most appropriate for our needs and giving final results closest to the procedure.

It can be confirmed that this Doctorate Thesis demonstrates the possible usage of compounded materials in different cultural properties, especially in the vault of the Santos Juanes church of Valencia.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

1. Introducción.

La Real Iglesia de los Santos Juanes de Valencia, título ostentado desde 1858 por decreto de la reina Isabel II, fue declarada el 21 de febrero de 1947 Monumento Histórico Nacional.

La ejecución de la obra pictórica se localiza dentro de la llamada reforma barroca que entre 1693 y 1702 realizó una transformación radical del templo tanto interior como exteriormente. En primera instancia, las pinturas al fresco fueron encargadas a los hermanos Eugenio y Vicente Guilló, desarrollando un programa pictórico unitario que transmitiera los valores doctrinales de la contrarreforma. De este encargo solo se conservan once de los lunetos de la bóveda ya que la entrada de Antonio Palomino los desplazaría¹.

En 1697, los Guilló ya habían decorado la parte de la bóveda que llega hasta el entablamento, incluidos los lunetos ya mencionados, cuando se le solicitó a Palomino un informe pericial donde criticó los trabajos realizados de una manera muy dura². Este texto señalaba el abuso del retoque al temple además de una mala aplicación de la perspectiva y la geometría y soluciones compositivas malas, desembocando dicho informe en que el propio Palomino se encargara de realizar la decoración del cascarón del presbiterio que no se había ejecutado aún en 1699 y, tras la muerte de Vicente Guilló, en 1700 realizara la totalidad de la bóveda.

Las pinturas murales a las que se va a hacer referencia, ubicadas en la bóveda de la nave central de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia, se pintaron por Antonio Palomino entre los años 1699 y 1701, ocupando alrededor de 700 m², con unas

¹ GONZALEZ TORNEL, P. "El templo de los Santos Juanes: Renovación Barroca" en ROIG PICAZO, P. et al. (ed), *Restauración de Pintura Mural: Iglesia de los Santos Juanes*. Valencia: Servicio Publicaciones UPV, 2007. p 68

² SANZ SANZ, M.M.V. "Crítica de Palomino al proyecto de representación iconográfica del pintor Vicente Guilló para la iglesia de San Juan del Mercado de Valencia". En: *Cuadernos de arte e iconografía*. Madrid: Fundación Universitaria Española, 1989, nº4. Pp. 128-133.

dimensiones de planta de 31,52 m de longitud hasta el arco total del presbiterio con 16,76 m de anchura y 21,50 m de altura hasta la cornisa.

Estos frescos, junto a la fachada, posiblemente sea lo mejor que podemos encontrar en dicha iglesia. Se observa una representación del Cielo en la bóveda del templo, encontrando “La gloria de la Santísima Trinidad, El libro de los siete sellos con el cordero, La inmaculada con la luna en los pies, los Santos Titulares, Los coros de las vírgenes, Los patriarcas, Los doctores, Los ángeles, Los santos del Apocalipsis, San Vicente Ferrer y, por último, La lucha de San Miguel con Lucifer y los demonios”.

Los incendios acaecidos durante la Guerra Civil, concretamente la tarde del 19 de julio de 1936, marcaron la evolución constructiva del edificio además del estado de conservación de las pinturas, al causar la destrucción interna del templo con notables deterioros en elementos escultóricos, ornamentales y en las pinturas murales de la nave central. Podemos encontrar en la Cronología general de la Guerra Civil Española de Francisco Pérez Puche hechos relevantes de la quema, contados de la siguiente forma:

“La prensa valenciana publica noticias confusas sobre el inicio de un levantamiento militar contra la República. Desencajonada de la Feria de Julio en la plaza de toros de Valencia. Al término, circulan noticias sobre la sublevación militar y se iniciaran graves disturbios. Quema de la Iglesia de los Santos Juanes”³.

Las consecuencias del fuego fueron devastadoras, destruyéndose la mayor parte del mobiliario de la iglesia, además de la imaginería y los retablos, incluyendo en ellos el Altar Mayor de Juan Miguel Orlens. Por otra parte, se calcinaron parcialmente los frescos de Palomino y los estucos de Bertessi o el púlpito de Ponzanelli, realizándose un informe técnico en 1943 por el catedrático de restauración Luis Roig D’Alós, en el cual cifra la pérdida de la película pictórica de la bóveda central en un 30% y prácticamente la totalidad de las pinturas que se encontraban en el presbiterio.

³ PÉREZ PUCHE, F. *Cronología general de la Guerra Civil Española (1936-1939)*. [Consulta: 10 de mayo de 2017] disponible en :<https://www.valenica.es/ayuntamiento/publicaciones.nsf/page/7>

Luis Roig se esforzó en plasmar sucesivos dictámenes técnicos y estudios económicos, pero no sería hasta 1957 cuando empezaron los trabajos de restauración de los frescos, encargándose de ello el restaurador D. Ramón Gudiol, el cual planteo un proceso de intervención basado en la técnica de “arranque y transposición a soporte móvil” conocida dicha técnica con el termino en italiano de *strappo*⁴.

La desafortunada intervención se realizó entre 1958 y 1963. Las pinturas arrancadas fueron trasladadas a Barcelona donde se restauraron y los primeros 200 m² de paneles se reinstalaron en 1960 en la zona más cercana al arco toral, en 1961 se reinstalaron los 150 m² sucesivos y en 1963 lo hicieron los últimos 100 m². Los supuestos 68,5 m² arrancados que pertenecieron al presbiterio en el inicio del proceso nunca volvieron a Valencia.

La Iglesia de los Santos Juanes de Valencia, es un claro ejemplo representativo de la problemática de conservación que se puede encontrar en diferentes espacios arquitectónicos, pudiendo ser utilizada por su evolución, desde su construcción hasta la actualidad, como modelo de trabajo de diferentes metodologías en investigaciones analíticas por medio de técnicas que permitan su total restauración para conseguir una visión del monumento como espacio total.

⁴ ROIG PICAZO, P. *La iglesia de los Santos Juanes de Valencia. Proceso de intervención Pictórica 1936-1990*. Valencia: Universitat Politècnica de València, 1990, p. 87.

2. Problemática general.

La complejidad que presenta la Real Iglesia de los Santos Juanes, nos exige profundizar en la necesidad de valorar el edificio como un conjunto tanto arquitectónico como artístico.

Es necesario incidir sobre los cambios que ha ido sufriendo la Iglesia, pero también ha de quedar claro que su complejidad por diferentes factores la hace perfecta para el desarrollo de un trabajo transdisciplinar, siendo necesario el entramado de diferentes disciplinas para llegar a su comprensión. La principal problemática a la que nos enfrentamos, en los estudios enfocados hacia la conservación y restauración de bienes culturales como elementos únicos que exteriorizan nuestro carácter e identidad cultural, y que nos enseñan las relaciones sucedidas a lo largo del tiempo, es posiblemente el modo general de observación del monumento como documento histórico y material presente en sus elementos inseparables.

Todas las metodologías de estudio aportan tanto elementos efectivos como también problemáticas, ya que cada una de las disciplinas que podemos encontrar presentan alguna limitación que suele poder ser salvada por otra, estableciéndose así una unión total que nos presente un resultado de estudio completo en cada área y, finalmente, en todo su conjunto.

Cesari Brandi nos dice:

“La restauración constituye el momento metodológico del reconocimiento de la obra de arte en su consistencia física y en su doble polaridad histórica y estética, en vista de su transmisión al futuro.”⁵

La consistencia física es un aspecto prioritario al restaurar una obra de arte ya que es la parte que representa la manifestación de la imagen, asegurando así su transmisión

⁵ BRANDI, CESARE. *Teoría de la Restauración*. Alianza Forma. Madrid 1992. Versión española de María Ángeles Toajas Roger. I.S.B.N. 978-84-206-4138-6.

al futuro y su mayor perdurabilidad. Si esta condición artística se perdiera, solo quedaría una reliquia.

En un proceso de restauración también se debe tener en cuenta los periodos intermedios transcurridos en la historia de la obra de arte, debiendo conservar algunas veces sus huellas.

El saber conjugar tanto la instancia histórica como la estética, es la dialéctica en la que consiste la restauración, por lo que, volviendo a citar el libro de Cesari Brandi, se puede enunciar un segundo principio:

“La restauración debe dirigirse al restablecimiento de la unidad potencial de la obra de arte, siempre que esto sea posible, sin cometer una falsificación artística o una falsificación histórica, y sin borrar huella alguna del transcurso de la obra de arte a través del tiempo.”⁶

Tras esto, se puede afirmar que es necesario el desarrollo de una documentación previa a la restauración, para poder prever los pros y los contras de cada uno de los pasos a realizar.

Actualmente, podemos decir que nos encontramos en un punto de inflexión en la intervención en el Patrimonio, pero que también se está logrando una correcta conservación todas las obras para las generaciones futuras, ya que la conservación y el conocimiento son los principales elementos en el estudio de los bienes culturales, para poder llegar a valorar las edificaciones más allá de su forma objeto y llegar a verlas como material histórico de nuestro país.

⁶ BRANDI, CESARE. *Teoría de la Restauración*. Alianza Forma. Madrid 1992. Versión española de María Ángeles Toajas Roger. I.S.B.N. 978-84-206-4138-6.

3. Marco normativo.

Esta investigación ha intentado dar cabida a diversas metodologías que puedan aportar diferentes visiones al problema. Fundamentalmente nos hemos basado en una reglamentación y legislación previa que ha servido como base normativa y así poder seguir unos parámetros de estudio e intervenciones con mayor eficacia. Por lo tanto, hemos seguido estas normas que se presentan especificadas:

- Carta de Restauo de Roma (1932).
- Carta de Restauo de Roma (1972).
- Carta de Restauo de 1987 (Martínez, 1990). Conservación y Restauración de Objetos de Arte y Cultura.
- Carta de Cracovia (2000). Principios para la Conservación y Restauración del Patrimonio.
- La normativa ASTM-D2584. (Standard test method for ignition loss of cured reinforced resins).
- La normativa ASTM D3171-76 (1982). (Standard test methods for constituent content of composite materials).

En todas estas normas podemos encontrar la misma finalidad que hay en nuestra investigación, la cual se centra en la conservación de nuestro patrimonio en unas condiciones lo más óptimas posibles, estableciendo unos puntos más relevantes que mejoren el conocimiento que en la actualidad tenemos de él y los recursos que pueden ser aplicables para llegar a su fin.

Debe hacerse una valoración de cada uno de los puntos que lo forman en uno solo, siendo necesario también la creación de vínculos con la sociedad actual para que ella lo conozca y le de valor a cada una de las partes que forman su conjunto.

4. Justificación, hipótesis y objetivos.

4.1. Justificación del caso de estudio.

Los estudios preliminares realizados en la Real Iglesia de los Santos Juanes de Valencia, demuestran la necesidad de establecer un medio de vinculación entre distintas disciplinas, las cuales deben ser capaces de englobar tanto el patrimonio mueble como el inmueble, para así poder desarrollar una identidad cultural sin devaluar nunca los aspectos que lo hacen auténtico, siendo estos el devenir y la marca que las distintas épocas produjeron en el mismo.

La investigación que se ha realizado, promueve una estandarización y especialización de estudios de carácter interdisciplinar, pudiendo justificar su realización debido al interés de que, en la sociedad multidimensional en la que vivimos, se necesita establecer una unión de los campos de estudio como medio de desarrollo de la investigación y la ampliación de expectativas en cuanto a los resultados que se obtienen. Por todo lo dicho, a través de esta Tesis Doctoral, se pretende demostrar que sí hay una relación entre la documentación histórica de un monumento, la cual aporta información acerca del uso, intervenciones y relación con su entorno, y los datos que se van obteniendo de los análisis realizados tanto a los materiales, como a las técnicas y a los procesos de restauración. Por tanto, se justifica el desarrollo de una metodología que nos permita ordenar sistemáticamente los pasos a seguir en este estudio durante toda la restauración que se realizará en los frescos de Antonio Palomino.

El área temática en que encontramos enmarcada esta Tesis, une perfectamente los campos de la Arquitectura, la Ingeniería Industrial, concretamente la de Tecnología de Materiales, y la Conservación y Restauración de bienes culturales. Dentro de nuestro patrimonio se encuentra una gran cantidad de monumentos similares a la Real Iglesia de los Santos Juanes de Valencia, donde la incesante actividad a la que han sido sometidos, ha hecho de ellos ejemplos de convivencia de numerosos estilos y, sobretodo, de numerosos criterios de restauración, siendo unos siempre más

acertados que otros. Debido al gran número de ejemplos que podemos encontrar con una problemática de investigación similar, justificamos la necesidad de desarrollar una metodología, como se ha comentado anteriormente, que nos facilite la posibilidad de acceder al estado en que se encontraban a lo largo de los siglos, así como que nos permita elaborar una propuesta de estudio que sea compatible con el continuado uso de nuestro patrimonio, evitando así tener que realizar procesos de restauración o de descubrimiento de algunos elementos para poder profundizar en estudios cronológicos.

La elección de la Real Iglesia de los Santos Juanes de Valencia, responde a la necesidad de esta investigación de contar con una edificación que esté en uso actualmente pero que sí que necesita ser intervenida lo antes posible para que pueda recuperar la gran belleza que la caracteriza, aunque con ello se haya de interrumpir en ciertos momentos las actividades que se realizan. Teniendo estas consideraciones en cuenta, se ha decidido realizar la investigación en la bóveda de dicha Iglesia, donde se encuentra posiblemente la mayor problemática a la que se enfrenta esta restauración.

4.2. Hipótesis del trabajo.

Partiendo de la premisa de que un estudio de paramentos enfocado a un análisis cronológico no tiene que estar vinculado precisamente a un proceso de restauración, y sabiendo que es compatible con el muestreo de paramentos sin eliminación de estratos para la observación de las capas subyacentes, se ha pretendido identificar y datar las intervenciones que ha sufrido la Real Iglesia de los Santos Juanes por medio del desarrollo de metodologías interdisciplinares y del estudio de factores que inciden en el establecimiento de dichas cronologías. Los estudios de datación de las intervenciones realizadas y las zonas del edificio donde se centra este estudio, basado en los frescos de Palomino en las bóvedas de la Real Iglesia, pretenden evitar errores del pasado por medio de la unión de varios campos de conocimiento, para pasar de hipótesis a certeza en los pasos a seguir en las sucesivas intervenciones.

La labor documental histórico-artística, que se desarrolla como punto de partida, pretende ser el inicio de la investigación, intentando establecer como base el estudio de materiales y técnicas, con una demostración objetiva de los datos obtenidos a nivel analítico, tomando lo primero como punto de partida para establecer una metodología de trabajo adecuada para el segundo. La importancia de tomar como punto de partida la documentación de trabajos ya realizados, haciendo hincapié es los estudios realizados y las novedades utilizadas para la restauración de esas obras, conforman unos factores que al unirlos todos, conforman un proceso metodológico en el devenir histórico por los cambios que se van realizando en función de las modas y las necesidades del momento, encontrando así una interrelación de elementos que llevan a una correcta comprensión en el proceso de transformación de una edificación.

4.3. Objetivos generales y específicos por capítulos.

Esta tesis se fundamenta en el análisis comparativo y funcional de distintos materiales comprendidos entre unos parámetros susceptibles de estudio para la recolocación de los frescos pintados por Antonio Palomino tras la desafortunada intervención de 1958 y 1963 en la Real Iglesia de los Santos Juanes de Valencia. Una definición exhaustiva de todos ellos con una clasificación de forma sistematizada y una síntesis del método de estudio, con unos resultados específicos para investigaciones posteriores, estableciendo así un estudio comparativo de materiales y técnicas con una cronología de intervenciones a realizadas en cada época. El título de la Tesis “Técnicas de refuerzo tradicionales y modernas aplicadas a la conservación y restauración de bienes culturales” pretende relacionar los conceptos histórico, material y técnico entre las diferentes áreas o disciplinas de estudio que conforman un estudio de dichas características, donde cada parte proviene de diferentes líneas de investigación, con tal de confluir en una investigación interdisciplinar.

Objetivo general.

El objetivo general de la tesis es la definición y aplicación de una metodología de trabajo específica para establecer parámetros de referencia en los estudios previos y análisis de las construcciones arquitectónicas estudiadas para la identificación de las

fases constructivas y datación de las mismas, al menos de forma relativa, con el uso de metodologías de estudio procedentes de distintas disciplinas para así poder conseguir un resultado más eficaz.

Se trata de profundizar en el estudio realizado entre diferentes restauraciones ya realizadas y terminadas con éxito, para así poder investigar en nuevos métodos integrales de restauración que aborden aspectos de diversas disciplinas, creando con todo ello un área conjunta de trabajo, lo que es fundamental para el correcto desarrollo de esta investigación. Partiendo de una exhaustiva documentación previa desde una visión no solo histórica, sino también espacial y gráfica, se conseguirá poder abordar el estudio desde el espacio construido, con estudios de las alteraciones acaecidas y el resultado con el que nos encontramos actualmente, que es la generación de una estratificación de hechos que producen un impacto en la edificación y, por lo tanto, promueven hipótesis alrededor del contexto cultural en que se enmarcan.

Esta labor de investigación se ha apoyado en un estudio previo de distintos materiales que se concibe imprescindible. Dicho estudio no sólo sirve como base para la representación de los resultados, sino también como instrumento de conocimiento y medio de pervivencia de la imagen actual, no necesariamente perdurable en el tiempo ya que existe la posibilidad de su destrucción total o parcial ya sea por guerras, conflictos, desastres naturales, intervenciones erróneas, etc., que aunque a día de hoy son poco comunes en nuestro territorio, se han dado casos y por esa razón no debemos descartarlas.

Objetivos específicos por capítulos.

Los objetivos específicos de esta tesis que se han ido desarrollando en cada uno de los capítulos, corresponden a los siguientes puntos que vamos a citar:

1. Conocimiento de los factores que afectan a la obra.

- a. Comprensión del estado actual de las obras por medio de diferentes parámetros específicos de las técnicas de restauración, del deber del restaurador y la selección de técnicas dadas.
- b. Diferentes acciones en estructuras y materiales, encontrando acciones mecánicas, físicas, químicas y por último físicas y biológicas.
- c. Catalogación de técnicas y sus correspondientes descripciones, con el estudio de anclajes metálicos en las restauraciones donde se diferencia entre las técnicas tradicionales y modernas de refuerzo, y las condiciones para la selección de los materiales.

2. Realización de un estudio comparativo en distintas restauraciones.

- a. Análisis e inclusión de diferentes metodologías utilizadas en diferentes disciplinas, todas ellas con relación a restauraciones ejecutadas.
- b. Conclusiones extraídas de las restauraciones realizadas, centrándonos en los principales aspectos necesarios para la restauración de los frescos de la Real Iglesia de los Santos Juanes.

3. Estudio de diferentes materiales para anclajes.

- a. Realización de una compilación de datos, la cual parte de una base documental.

4. Conocimiento de los materiales.

- a. Puesta a punto de los materiales para la realización de las probetas de ensayo.
- b. Realización de diferentes procedimientos de ensayos mecánicos para la obtención de los primeros resultados
- c. Diferentes análisis para la caracterización de las muestras.

5. Enlace de las diferentes líneas disciplinares de investigación.

- a. Establecimiento de los puntos conseguidos entre las diferentes disciplinas.

Relación del contenido y los objetivos específicos	OBJETIVOS				
CAPÍTULO	1	2	3	4	5
CAPÍTULO II: ESTADO DE LA CUESTIÓN Y DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE ESTUDIO. <ul style="list-style-type: none"> Estado de la cuestión. Notas de metodologías afines al estudio realizado. 					
CAPÍTULO III: ESTUDIO COMPARATIVO EN OTRAS RESTAURACIONES YA REALIZADAS. <ul style="list-style-type: none"> Investigación histórica. Establecimiento de relaciones entre toda la documentación realizada. 					
CAPÍTULO IV: ESTUDIO DE DIFERENTES MATERIALES PARA LA REALIZACIÓN DE ANCLAJES QUE AYUDEN A LA CONSERVACIÓN DE BIENES CULTURALES. <ul style="list-style-type: none"> Compilación de datos para el muestreo. Realización de un muestreo para el estudio. Análisis del muestreo. 					
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.					

Figura 1: Relación del contenido de esta tesina con los objetivos específicos.

5. Metodología de trabajo.

La metodología de trabajo que se desarrolla en esta investigación, tiene como objetivo establecer las diferentes etapas de investigación para el estudio de nuevos anclajes para un proceso de restauración sujeto a la reparación de los daños causados antiguamente en la Iglesia citada. Todo el desarrollo de las metodologías, se han basado en incluir todas aquellas disciplinas que tienen cabida en los procesos de estudio realizados en torno al patrimonio.

Se ha realizado una primera toma de contacto en la edificación, con una fase de documentación gráfica e histórica de la misma. En esta fase es necesario conocer la ubicación precisa del monumento debido a que sus intervenciones se desarrollarán en estrecha relación con el devenir de la ciudad. En la Real Iglesia de los Santos Juanes, concretamente en la parte de estudio de esta tesis, la transformación se podría separar en: realización de los frescos en la bóvedas (1699 - 1701), incendios acaecidos durante la Guerra Civil (1936 - 1939) y la desafortunada intervención (1958 - 1963). En la Real Iglesia, por lo tanto, se han producido diferentes etapas desde su construcción hasta a día de hoy.

La información acerca de las diferentes etapas en la que se ha visto involucrado dicha Iglesia, se ha obtenido a partir de investigaciones previas entre diferentes fuentes que también han trabajado para la rehabilitación del monumento, definiendo con ello las necesidades de intervención y las posibles actuaciones que se podrían realizar. Junto con dicho estudio, se ha encontrado información en la que se describen diferentes tipos de materiales utilizados en la antigüedad y otros de más modernos que nos han ayudado a llegar a encontrar los materiales más idóneas para la realización de la intervención.

Tras la realización de un muestreo de estos materiales, se han realizado diferentes pruebas para llegar a constatar la calidad y durabilidad de ellos ante diferentes acciones que podrían dañarlos y así asegurar la perdurabilidad de las obras en su localización original.

6. Fuentes para la investigación.

Las pinturas murales se encuentran en un campo de investigación que ya ha sido ampliamente estudiado y, por ello, cuenta con una amplia bibliografía. Tras terminar su grandiosa construcción, debido a problemas políticos externos a ella, surgieron muchos cambios, los cuales queremos abordar.

La bibliografía más relevante, en relación al estudio de la Real Iglesia de los Santos Juanes de Valencia, se recoge en estudios históricos realizados para distintas publicaciones realizadas en torno a dicha Iglesia, además de diferentes estudios enfocados a su restauración. Junto con estas publicaciones, encontramos estudios realizados para la tesis doctoral realizada por la Dra. M^a Pilar Soriano sobre los Frescos de Palomino, de donde se han podido extraer los diferentes estudios que ella realizó sobre ensayos para devolver las pinturas a su emplazamiento original⁷. A través de todas estas investigaciones, se puede crear un corpus documental que da una idea más clara de los usos y aspectos formales que rodean a esta edificación.

También es fundamental consultar las descripciones de los materiales a utilizar para poder realizar un estudio detallado de cada uno de ellos, y así proceder a su análisis y extracción de resultados. Por tanto, en esta parte de la tesis, ha sido necesaria una bibliografía muy centrada en la investigación industrial de los materiales, para saber las características que compone a cada uno y cuales son sus características específicas, así se han seleccionado unos más concretos para la experimentación.

⁷ Soriano Sancho, M^a Pilar. *Los frescos de Palomino en la bóveda de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia: Estudio y Aplicación de un nuevo soporte*. Programa de doctorado: Conservación y Restauración del Patrimonio Histórico-Artístico. Departamento: Conservación y Restauración de Bienes Culturales.

CAPITULO II

ESTADO DE LA CUESTIÓN Y DESARROLLO
DE LA METODOLOGÍA DE ESTUDIO

CAPÍTULO II. ESTADO DE LA CUESTIÓN Y DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE ESTUDIO

1. Introducción.

Sabemos que la obra de arte es un producto especial de la actividad humana y, mientras no sea reconocida, será tan solo un potencial, ya que la obra de arte se produce por ese reconocimiento que cada individuo le otorga.

El concepto de restauración en una obra de arte incluye la conservación de la materia, encontrándola por tanto compuesta por:

- Materia: parte fundamental de la obra al ser la portadora de la imagen.
- Doble polaridad: siendo esta tanto estética como histórica.
 - Instancia estética: es la referente a la calidad artística, por lo que la obra de arte es arte en sí.
 - Instancia histórica: es la referente al producto realizado en un cierto tiempo y lugar y por un individuo concreto.

En un proceso de restauración deberemos tener en cuenta:

- El tiempo sobre la obra de arte.
- La restauración dependiendo de la instancia estética.
- La restauración dependiendo de la instancia histórica.

Dentro del reconocimiento de una obra, se le debe añadir un valor cognitivo por el que tendemos a completar el contenido figurativo de la obra por medio de la reintegración, siendo este proceso necesario para poder recuperar la unidad potencial sin dañar en ningún aspecto de su polaridad estética e histórica.

Principios fundamentales de la conservación y restauración (las 3R en la restauración):

- RECONOCIMIENTO: la intervención debe ser discernible del original.
- REVERSIBILIDAD: los materiales utilizados deben poderse eliminar fácilmente.
- RESPETO: al original utilizando técnicas y materiales que permitan tratamientos futuros y, que al eliminarlos, no dañen la obra

Además debemos realizar una mínima intervención y un seguimiento posterior de la obra restaurada.

El restaurador debe seguir unos niveles de actuación basándose en el examen y diagnóstico de la obra para determinar la composición y condición en la que se encuentra e identificando mismamente sus patologías y alteraciones para poder determinar el tipo de tratamiento necesario, así como el estudio de su documentación más relevante. Seguidamente se realizará una conservación preventiva o se pasará directamente a la conservación y restauración de la obra según el estado en el que se encuentre.

Por tanto, la conservación consiste en una acción directa para paralizar el daño y la restauración reside en restablecer toda la unidad.

A la hora de afrontar una restauración, un equipo multidisciplinario, previamente seleccionado de acuerdo con el tipo y alcance del problema, trabaja simultáneamente desde la inspección inicial del sitio para realizar la preparación del programa de investigación. Analizados los datos disponibles, se realizará un plan más amplio sobre los problemas estructurales teniendo la máxima información sobre el comportamiento y las características de la estructura tanto en su estado actual como en los estados anteriores, así como sobre las técnicas utilizadas para su construcción y las alteraciones que han podido sufrir. Este diagnóstico se basa en la obtención de la máxima información histórica además de un análisis cualitativo de observación directa

del daño estructural y un análisis cuantitativo a base de ensayos de materiales monitorizados y análisis de la estructura.

Antes de nada se determinarán las causas del daño y el deterioro, se evaluará en nivel de seguridad actual de la estructura y se pasará a tomar la decisión de intervenir, debiendo unificar el análisis cualitativo con el cuantitativo. Muchas veces en edificios antiguos es necesario una aplicación de niveles excesivos de seguridad, cuando no imposibles, por lo que serán requeridos distintos enfoques del tratamiento de seguridad a partir de métodos convenientemente justificados¹.

Centrándonos en la selección de las técnicas de refuerzo basadas en los principios de la conservación y en los criterios modernos para el análisis y restauración de estructuras históricas², es necesario tener en cuenta que normalmente se van a tener ciertas pérdidas del valor cultural, ya que todo este proceso implica, en cierto modo, un cambio tanto en los materiales como en los elementos originales. Teniendo en cuenta lo que se ha dicho, se debe pasar a valorar los pros y los contras y, sobretodo, juzgar los posibles costos que se van a sufrir con las pérdidas de los valores intrínsecos y también los beneficios con el incremento de vida útil, la reducción de daño parcial o total tanto de la estructura como de su contenido artístico.

Ahí entra en juego la gran responsabilidad del profesional encargado de la tarea, ya que tiene que buscar una solución a todos estos problemas que agrade a todo el mundo proporcionando una solución con la mejor relación costo-beneficio.

La selección de la técnica de trabajo dependerá de la forma en la que se quiera mejorar el comportamiento de la obra de arte, teniendo en cuenta que dicho comportamiento puede ser mejorado según la demanda que se tenga de él y el aumento de su capacidad mediante la combinación de ambas acciones³.

¹ ICOMOS, 2004

² ICOMOS, 2003a,b

³ EECCP, 2006a,b

2. Acciones en estructuras, materiales y pinturas murales.

2.1. Acciones mecánicas⁴.

Las acciones mecánicas perjudican a las estructuras, produciendo sobre ellas esfuerzos y tensiones en los materiales que pueden llegar a producir tanto grietas como fisuras, aplastamientos y movimientos visibles. Estas acciones a su vez se dividen en dos grupos, las acciones estáticas y las acciones dinámicas:

- Las acciones estáticas pueden tener acciones directas con cargas aplicadas, muertas o sobrecargas de uso, que pueden producir un incremento en las tensiones y causar daños estructurales incluso cuando hay una reducción de estas cargas.

Estas acciones estáticas también pueden tener acciones indirectas en las cuales se incluyen las deformaciones que son propiciadas en los límites físicos de las estructuras y las deformaciones producidas en el interior de los materiales por los movimientos térmicos. Estas acciones solo producen fuerza si no tienen libertad para desarrollarse en sus deformaciones.

- Las acciones dinámicas se originan cuando hay aceleraciones en una estructura a causa de vientos, vibraciones de maquinas, huracanes, terremotos, etc. La intensidad de las fuerzas dadas está relacionada tanto con la magnitud de la aceleración como con las reiteraciones naturales de la estructura y su capacidad para arrojar energía.

2.2. Acciones físicas, químicas y biológicas⁵.

Estas acciones ya no actúan sobre la estructura, lo hacen directamente sobre los materiales y las películas pictóricas, siendo de una naturaleza muy diferente. Estas acciones cambian sus propiedades provocando, por ejemplo, el endurecimiento del mortero de cal o el deterioro interno gradual, afectando a la resistencia de los materiales. Estos efectos pueden verse influidos y acelerarse si se encuentra presencia

⁴ ICOMOS, 2004

⁵ ICOMOS, 2004

de agua en ellos, por las variaciones de temperatura que ésta puede sufrir en su interior además de las condiciones micro-climáticas que también puede llegar a producir.

Figura 2. Esquema de las acciones en estructuras, materiales y pinturas murales.

Otra acción habitual es la oxidación de los metales, que puede verse a simple vista en la superficie, ya que muchos pigmentos lo encuentran entre sus componentes, o lo que es peor, puede originarse en un metal de refuerzo situado en el interior de otro material y sólo puede ser detectado por efectos secundarios como son el fraccionamiento o el desmoronamiento de dicho material.

Los cambios químicos pueden darse espontáneamente a causa de las particularidades inherentes de los materiales o pueden ser producidas como resultado de diversos agentes externos como son el depósito de contaminantes y las migraciones de agua o diversos agentes que encontramos a través del material.

3. Catalogación de técnicas y sus correspondientes descripciones.

3.1. Anclajes metálicos en la restauración.

De acuerdo con el reporte EECCP (2006b) se ha realizado un análisis de técnicas y se han catalogado. Debe quedar claro que aunque hayan sido utilizadas, pueden no ser las más adecuadas o efectivas según el problema particular que cada intervención presenta, puesto que no cumplen con todos los principios y criterios de restauración, más bien algunas, se contraponen a ellos. Se han encontrado las técnicas tradicionales y técnicas modernas de refuerzo que utilizan elementos metálicos siguientes:

3.1.1 Técnicas tradicionales de refuerzo.⁶

- Conexiones locales: permiten de un modo bastante sencillo dar continuidad a diversas partes de la estructura utilizando diferentes dispositivos como son las grapas.

⁶ EECCP, 2006b

- Confinamiento de columnas y muros: el confinamiento en un elemento nos permite incrementar su capacidad para poder resistir una mayor compresión, una mayor capacidad de deformación y además incrementar su rigidez. Tenemos que tener claro que incrementa la capacidad del elemento, pero tiene poca influencia en la capacidad global de la estructura en si.

El confinamiento de columnas principalmente se da por medio de placas de acero colocadas en las zonas críticas, en cambio en el confinamiento de muros se utilizan las barras de acero inoxidable, principalmente, y se colocan transversalmente.

- Contrafuertes: su colocación en ciertas zonas críticas ayuda a incrementar la capacidad lateral de la estructura. Su papel es impedir las deformaciones laterales al tomar parte de las fuerzas horizontales.

- Reconstrucción local: la mampostería que se encuentra dañada se reemplaza por otra nueva con unas propiedades mecánicas similares a la original. Esta técnica intenta contribuir a preservar las propiedades mecánicas del original para dar continuidad a la estructura, pudiéndose considerar parcialmente reversible.

- Rejunteo: esta técnica consiste en remover el mortero que se encuentra dañado y degradado de las juntas y sustituirlo por un mortero nuevo, el cual cumpla con las características de compatibilidad y durabilidad recomendadas y, a ser posible, con unas propiedades mecánicas mejores. Esta técnica puede considerarse parcialmente reversible.

- Substitución de elementos: aquí consideramos una substitución completa de un elemento estructural. Los materiales y tecnologías utilizadas deben ser similares a los originales o, si es necesario, la utilización de soluciones alternativas, o sea modernas, que deben de cumplir estrictamente los requisitos de diseño dados. El principal objetivo es que recupere dicho elemento tanto su función original como la corrección de algunos de sus defectos.

- **Tensores:** normalmente son barras o cables de acero que trabajan por medio de tensión, encontrándose anclados a la estructura por medio de placas o dispositivos diversos. A pesar de tener diversas aplicaciones, todas tienen la función de dar estabilidad o continuidad a las diferentes partes de la estructura, por tanto, son usadas para mejorar el comportamiento total del edificio. No es una técnica invasora y es fácilmente removible.

3.1.2. Técnicas modernas de refuerzo.⁷

- **Anclajes:** realizados mediante barras o cables de acero que ayudan a mejorar la estabilidad en la estructura para impedir deformaciones excesivas.

- **Costuras armadas:** se basa en la realización de oquedades en los elementos a reforzar, donde se introducen barras de metal tales como oro, titanio, acero inoxidable, ..., las cuales suelen ser después inyectadas con mortero. Esta técnica no suele ser muy recomendada al ser altamente invasora y no reversible.

- **Encamisados de concreto:** para obtener un trabajo eficiente de los elementos, éstos deben estar colocados a ambos lados de los muros y tener una buena conexión por medio de diversos conectores. Esta técnica suele ser encomendada para el refuerzo de cimentaciones al ser altamente invasora ya que recubre el elemento original y se pierde gran parte de la identidad arquitectónica del inmueble. Por consiguiente, esta técnica no debe ser aplicada a un elemento que contenga pinturas murales o adornos arquitectónicos o artísticos.

- **Inyección:** consiste en inyectar mortero o resina epoxi para rellenar las cavidades y vacíos, o también rellenar grietas. Esto además permite mayores mejoras de las características mecánicas del material. Esta técnica no presenta reversibilidad por lo que debería realizarse con materiales que hayan mostrado compatibilidad con

⁷ EECPP, 2006b

los materiales originales, como el mortero de cal y arena. Es necesario recordar que no se debe utilizar esta técnica en elementos donde encontremos frescos o pinturas murales ya que puede dañarlos irremediablemente.

- Refuerzo externo: se aplica en las caras externas utilizando materiales de alto rendimiento como los Polímeros de Fibras Reforzadas (FRP), las mallas de acero, los polímeros, etc., permitiendo así incrementar su capacidad. Este refuerzo se une por medio de resinas epoxi, morteros o pegamentos, siendo necesario que la superficie a la que se vaya a aplicar sea regular. Es una técnica no reversible y no se debe aplicar en superficies que se deban conservar en su forma original.

3.1.3. Selección de los materiales.

Los materiales que se utilizarán en las restauraciones deben ser respetuosos con los principios de restauración, y de manera particular deben caracterizarse por su durabilidad y compatibilidad química, física y mecánica. Los materiales tradicionales, como son los morteros de cal y arena, tienen su compatibilidad más que demostrada, por lo que su uso se recomienda sobre los materiales más modernos ya que tanto su compatibilidad como durabilidad aún no están del todo verificada.

Hay materiales modernos como el acero y las resinas que en algunos casos han presentado problemas de durabilidad y compatibilidad. Tenemos el ejemplo del acero de hierro y carbono, el cual llega a presentar corrosión fácilmente perdiendo así su capacidad de refuerzo. Cuando se produce la corrosión, ésta se expande generando un agrietamiento severo o llegando incluso a provocar la destrucción del material histórico. Así pues, obviamente se recomienda que el acero sea inoxidable. Recientemente, se ha empezado a utilizar en mayor medida otros tipos de metales como el titanio ya que presentan una mayor durabilidad y compatibilidad, además de un coste económico más reducido, encontrando un ejemplo de ello en la Acrópolis de Atenas donde se han reforzado los arquivoltas (Ganniari-Papageorgiou, 2009).

Otras intervenciones donde se han encontrado problemas son aquellas en las que se han utilizado concreto y mortero de cemento portland. En ellas se han mostrado problemas significativos de compatibilidad cuando estos materiales se encuentran en contacto directo con mamposterías históricas de piedra (Calderini, 2008). Estos problemas de compatibilidad van desde los fenómenos químicos producidos por la contaminación de la piedra original de las sales solubles contenidas en el cemento portland y su cristalización expansiva, hasta los fenómenos mecánicos que producen un deterioro significativo en dichos componentes originales de mampostería al crear una incompatibilidad de deformaciones.

Si es necesario el uso de cemento en las mezclas, es recomendable que se utilice el de tipo puzolánico ya que ha mostrado tener una mayor compatibilidad que el portland. Como recomendación general decir que se desaconseja la utilización de elementos de concreto porque generalmente se utilizan para cambiar la concepción original del sistema estructural y que éste trabaje como una estructura moderna y, por consiguiente, esto no se amolda a los ideales de los conservadores-restauradores.

Centrándonos en las resinas epoxi, y de acuerdo con el informe EECCPP (2006a), se encuentran, en muchos casos, diversos problemas de durabilidad bastante significativos, que pueden ser debidos bien a la preparación o bien a una aplicación inadecuada. Además estas resinas también han causado ciertos problemas de compatibilidad ya que al ser utilizadas por medio de inyecciones reducen significativamente la transpiración natural de los materiales, presentando cambios en su coloración y problemas en su permeabilidad.

Los productos resinosos epoxi líquidos, utilizados para la restauración de estructuras de madera que se encuentran dañadas, se aplican a través de las oquedades que se van encontrando, y pueden utilizarse tanto las partículas de cuarzo como las varillas de fibra de vidrio o acero para mejorar este refuerzo.

Existen otros materiales modernos, como es el caso de los Polímeros de Fibras Reforzadas (FRP), que se presentan como aplicaciones altamente eficientes, versátiles

y muy viables económicamente hablando. Diferentes estudios analíticos y experimentales han determinado la eficacia de estos sistemas. Su principal inconveniente es que no se conoce su comportamiento a largo plazo, ya que han tenido una utilización relativamente reciente, por lo que se recomienda una cierta cautela a la hora de utilizar estos materiales, sobretodo en estructuras con un alto valor.

Se debe tener muy en cuenta la localización en la que se encontraran los materiales, ya que si se localizan en la intemperie van a sufrir una amenaza de degradación y envejecimiento severa a causa de la contaminación atmosférica a la que están expuestos, agravándose así notablemente los daños en los últimos años. El ataque químico tanto a las piedras como a los morteros y a los demás materiales y elementos constructivos básicos, aceleran notablemente la degradación sufrida, por lo que es un punto que se debe tener muy en cuenta a la hora de proponer una intervención. Otro factor a tener también en cuenta y que va a incrementar este ataque químico sobre los materiales es el excremento de las aves, de todo tipo de aves, por lo que es absolutamente necesario evitar que hagan nido en las construcciones históricas utilizando las múltiples herramientas que sean necesarias para evitarlo.

Figura 3. Esquema de Anclajes en la Restauración.

4. Estado de la cuestión.

Desde la Conservación y Restauración del Patrimonio vemos que cada vez está más unida esta disciplina con otras de diferente origen pero que confieren a los estudios un carácter disciplinar, con una mejora notable del conocimiento tanto arquitectónico como artístico.

En la actualidad, nos encontramos ante numerosos instrumentos que otorgan un beneficio a considerar para las investigaciones realizadas en torno a esta cuestión, la de conservar y preservar nuestro patrimonio, pero siempre teniendo en cuenta que la inclusión de estos procedimientos en los estudios pueden ayudar a mejorar la comprensión de la edificación, siendo estos siempre de carácter reversible.

CAPITULO III

ESTUDIO COMPARATIVO EN OTRAS
RESTAURACIONES YA REALIZADAS

CAPÍTULO III. ESTUDIO COMPARATIVO EN OTRAS RESTAURACIONES YA REALIZADAS

1. Introducción.

El desarrollo metodológico que se ha pretendido establecer en esta tesis parte del estudio de restauraciones ya realizadas para la búsqueda de las pautas de realización más adecuadas y la ejecución de una labor de conciliación entre diferentes áreas que puedan verse involucradas.

Inicialmente, abordar un capítulo tan extenso como este, donde se pretende resumir diversas investigaciones y trabajos ya realizados, conlleva ciertas dudas sobre la importancia de cada una de las partes y la forma en la que se articule cada una de ellas. Al encontrarse ante investigaciones que se han desarrollado mediante diversos puntos de vista de cada una de sus áreas, se ha planteado como objetivo unificar procesos y metodologías, ya que se considera coherente entrelazar estas partes para valerse unas de las otras y conseguir los objetivos propuestos.

De los estudios que se citan, se extraen los datos que se consideran de mayor relevancia para nuestra tesis, prestando especial atención en los sistemas de anclajes realizados con éxito y los materiales que se han utilizado.

2. Real Capilla de la Virgen de los Desamparados (Valencia, España).¹

En la Real Capilla, hoy Basílica, existen un gran número de intervenciones realizadas que han producido transformaciones en ella, causando una modificación de su equilibrio compositivo original, además de incrementar bastante tanto su contenido como su valor patrimonial.

¹ Bosch Reig, Ignacio. *INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO: ANÁLISIS TIPOLOGICO Y CONSTRUCTIVO. EL CASO DE LA REAL CAPILLA DE LA VIRGEN DE LOS DESAMPARADOS DE VALENCIA*. Editorial de la UPV, I.S.B.N. 84-9705-925-5

Las personas encargadas de realizar su restauración, se encontraron con una situación de deterioro arquitectónico que afectaba negativamente, produciendo graves daños al importantísimo patrimonio pictórico-escultórico-ornamental que hay como parte integral de la Real Capilla. Por esta causa, un gran equipo de profesionales en el sector realizaron una serie de estudios para determinar el estado de dicha Basílica y así proceder a su restauración.

Centrándonos en la búsqueda de materiales relacionados con los diferentes tipos de fibras que han podido ser utilizadas para la restauración, nos encontramos en que en este caso concreto se trabajó con fibra aramídica, por lo que se han extraído las conclusiones sobre su estudio y utilización.

2.1. Ensayos.

De los estudios realizados, nos debemos fijar en los ensayos realizados de tracción de varillas de fibra aramídica, con el fin de determinar cuál era el límite inferior de resistencia a tracción de ellas. Las varillas de tipo KEVLAR con un diámetro de 3 mm, con un 50% de resina epoxi y fabricadas por la casa SACEN S.R.L., fueron las que obtuvieron un resultado favorable ya que el valor medio de rotura es de 7.413 N, equivalente a una tensión de rotura de 824 N/mm², por lo que tienen un coeficiente de seguridad de 3,78, al soportar una carga máxima de tracción de 2000 N.

Debemos fijarnos también en los ensayos realizados de inestabilidad lateral para determinar la longitud en la que se produce la inestabilidad de las varillas de fibra aramídica y resina epoxi de 3 mm de diámetro con una carga axial de 100 N, obteniéndose como resultado la deformación de dichas varillas a una longitud de 150 mm. Además, se realizaron ensayos de tracción del conjunto varilla-pieza de cabeza para así poder determinar la resistencia a tracción del conjunto, con una varilla de fibra aramídica de 3 mm de diámetro que termina con una pieza roscada, realizada con acero inoxidable AISI 304 con $\varnothing_{int}$ 8 mm y $\varnothing_{ext}$ 14 mm y 100 mm de longitud, dando un resultado adecuado al presentar un valor medio de 7668 N que equivale a

852 N/mm², con un coeficiente de seguridad de 3,91. Por último, se realizó un ensayo de resistencia al arrancamiento del anclaje para así poder determinar la resistencia a tracción del anclaje de las varillas de la cúpula interior por medio de resina epoxi, obteniendo un resultado positivo al presentar una resistencia a tracción reconocida del anclaje de 800 kg, que son 7844 N, verificando el ensayo que tanto el diámetro (10 mm) como la longitud mínima (70 mm) y la resina epoxi que se utilizaron fueron los correctos.

El equipo de restauradores también realizó ensayos sobre las perforaciones y, centrándonos en los realizados desde el interior, con el objeto de determinar cuáles eran las condiciones técnicas que se necesitan para realizar taladros desde el intradós de la cúpula interior hasta el extradós de la cúpula resistente, con una trayectoria ya predeterminada, dieron como resultado que se debía realizar el proceso de taladro de una sola vez con operaciones previas de limpieza, consolidación, protección y extracción de la capa pictórica, todo ello en una zona de 3 cm de diámetro. Igualmente se realizó el ensayo para la perforación desde el exterior, con el fin de intentar así determinar las condiciones técnicas que se necesitaban en la realización de los taladros desde el extradós de la cúpula exterior hasta penetrar en la cúpula interior, pero deteniendo la perforación a 15 mm de la capa pictórica, asegurando una penetración mínima de 70 ± 5 mm en las dos roscas de ladrillo que forman la cúpula interior. Esto dio como resultado que la broca helicoidal es la ideal para la realización de esas perforaciones, ya que refrigeraba mejor y, además, permitió la visualización de su avance en el yeso. La conclusión de esos ensayos fue que la perforación era viable y debía realizarse con mucha lentitud para apreciar bien la perforación del ladrillo al yeso.

Con posterioridad a la realización de esos ensayos, el equipo de restauración procedió a la colocación del anclaje, intentando en todo momento que se pudiera comprobar el proceso de puesta en obra de dicho anclaje, el relleno de la perforación con resina y el alojamiento en él de la varilla de fibra aramídica y, además, verificando el correcto tensado hasta llegar a alcanzar un 85% de su carga de rotura. Se obtuvo un resultado

exitoso de la prueba con un tarado previo, que permitió saber la tensión en cada escalón de la carga.

El equipo de restauración realizó un ensayo de corte de los anclajes para poder verificar su puesta en obra con medios manuales y mecánicos robotizados, y verificó que era adecuado tanto el método como el sistema empleado.

Para poder dar por finalizados todos los ensayos, ese mismo equipo realizó otros sobre el material de relleno con el fin de determinar la densidad que debía tener, tanto de las esferas de arcilla expandida de la casa Arlita como de la espuma expandida de poliuretano de la casa Sika del tipo Boom-N, y que pudiera ser utilizado como material de amortiguación en la ubicación del espacio intercúpulas. Se comprobó con una densidad de la arcilla de $0,29 \text{ gr/cm}^3$ y de la espuma aislante de $21,9 \text{ kg/m}^3$.

También realizaron el cálculo del modelo de deformación dinámico de la Arlita para así poder determinar la aptitud del material granular como elemento de acople de deformaciones entre las dos cúpulas, obteniendo un resultado de magnitud de 25 a 30 N/mm^2 para excitaciones de gran amplitud, siendo así un módulo de deformación dinámico poco sensible al valor de la desviación. Por último, la puesta en obra del material de relleno tenía como objeto la determinación del grado de segregación y el nivel de compacidad que se llega a producir en las esferas de arcilla expandida de 16 mm de diámetro al introducirse en la cámara intercúpula, no llegando a apreciarse disgregaciones al no incrementar el índice de huecos y producir compactación con la arcilla.

Figura 4. Esquema.

2.2. Propuesta de intervención.

Estudiados los ensayos realizados para esta restauración, se pasará a ver la propuesta de intervención.

Ésta incluía una consolidación interna de la cúpula interior con la unión de las dos roscas disgregadas, la restitución del material de juntas que se encontraba desprendido o que no se colocó inicialmente (con la intención de ponerlo al menos en la mitad superior de la cúpula), el reforzamiento del trasdós de la cúpula mediante su zunchado con una malla focal de paralelos y meridianos de tiras de 8 cm de ancho compuestos de tejido de fibras aramídicas que se adherían a la superficie con resina epoxídica y dispuestos, al menos, en la mitad superior de la cúpula. Todo esto se hizo teniendo en cuenta que la acción de consolidar internamente las dos roscas suponía inyectar en 292 puntos de la resina epoxi en la cúpula interior disponiéndolos regularmente sobre la malla de meridianos y paralelos, y así poder recibir los nuevos anclajes que fueron diseñados.

También llevaron a cabo la sustitución de los anclajes de forja por una malla de 136 anclajes de varillas de fibras aramídicas y resina epoxi de 3 mm de diámetro, la cual se situó entre las dos cúpulas en su mitad superior, trabajando solo a tracción y permitiendo los movimientos diferenciales entre las dos cúpulas. Además se dispuso de una malla de 156 anclajes de varillas de fibras aramídicas y resina epoxi también, entre las dos cúpulas en su mitad inferior para ayudar a acompasar los periodos de vibración, dos actuaciones con un efecto “cosido” que ayudó a aumentar la consolidación interna. Toda la inter-cúpula se rellenó de un material amortiguador transpirable, reversible y de un peso específico bajo, que ayudó a impedir el choque con la cúpula exterior en caso de sismo.

Realizaron una modificación en la solución constructiva de la cubierta de la cúpula para así aumentar su capacidad aislante minimizando al máximo las deformaciones entre las dos cúpulas y, por último, se volvió a dar utilidad a la linterna, con apertura en los ocho huecos, recomponiendo el sistema de cubierta aligerándolo y disponiendo una estructura complementaria interna que asegurase su estabilidad.

La gran complejidad de las actuaciones que se planteaban determinaron la necesidad de obtener una información directa sobre diversas cuestiones como la del sistema de replanteo de los puntos de anclaje desde el interior al exterior, las condiciones técnicas

de perforación de las dos cúpulas desde el interior al exterior sin que afectaran la capa pictórica y la resistencia a tracción de las varillas de fibra aramídica con un diámetro de 3 mm y del anclaje de la varilla a la cúpula interior.

Figura 5. Esquema.

3. Iglesia de los Santos Juanes (Valencia, España).

Las pinturas murales a las que vamos a hacer referencia, ubicadas en la bóveda de la nave central de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia, se pintaron por Antonio Palomino entre los años 1699 y 1701.

Los incendios acaecidos durante la Guerra Civil, como ya se ha indicado, marcaron la evolución constructiva del edificio además del estado de conservación de las pinturas, al causar la destrucción interna del templo con notables deterioros en elementos escultóricos, ornamentales y en las pinturas murales de la nave central, realizándose una desafortunada intervención entre 1958 y 1963, en el que se realizó un arranque de dichas pinturas de su lugar original.

Estas pinturas ocupan alrededor de 700 m², con unas dimensiones de planta de 31,52 m de longitud hasta el arco toral del presbiterio con 16,76 m de anchura y 21,50 m de altura hasta la cornisa.

Gracias a la tesis realizada por la Dra. M^a Pilar Soriano² sobre los Frescos de Palomino, podemos extraer los estudios realizados sobre los ensayos que vamos a citar seguidamente.

En dichos ensayos, el equipo de investigación se enfrentó ante diferentes tratamientos o resoluciones para poder abordar la pregunta de “¿cómo devolver las pinturas murales arrancadas a su lugar de origen?

Uno de ellos podría ser la simple adhesión del fragmento arrancado, del cual se debe tener en cuenta el grosor de la obra original y el soporte, en este caso el muro. Hasta ese momento, el sistema más utilizado era el del atornillado al muro de pletinas o guías, donde se insertaban las guías que se encontraban unidas al soporte. Por tanto, para utilizar este sistema se debían realizar hendiduras en el muro original en dónde

² Soriano Sancho, M^a Pilar. *LOS FRESCOS DE PALOMINO EN LA BÓVEDA DE LA IGLESIA DE LOS SANTOS JUANES DE VALENCIA: ESTUDIO Y APLICACIÓN DE UN NUEVO SOPORTE*. Programa de doctorado: Conservación y Restauración del Patrimonio Histórico-Artístico. Departamento: Conservación y Restauración de Bienes Culturales.

colocar las pletinas ya que, si no se realizaba, las pinturas sobresaldrían respecto del nivel original. Éstas se atornillarían y adherirían al soporte atravesándolas los tornillos, los cuales se quedarían a nivel, estucándose posteriormente la zona para así conseguir una superficie homogénea en donde se aplicaba la pintura arrancada.

En dicha Iglesia se encuentran las pinturas ante paredes verticales y rectas, pudiéndose aplicar un sistema de anclaje que se parece al utilizado para colgar cuadros. Aquí, las pletinas metálicas se colocaron en el reverso, sirviendo también como punto de anclaje, en el que se practicó un orificio para la entrada del anclaje que ya se encontraba colocado en el muro. Para bóvedas y cúpulas, se dieron cuenta que este sistema es menos adecuado al no repartirse equitativamente la fuerza, por lo que se corría el riesgo de deformaciones.

Debemos tener claro que todos los sistemas de anclajes que se utilicen en una restauración deben permitir que el soporte, junto con la obra, puedan ser extraídos del muro después de su colocación, aunque no se da siempre el caso. En el mercado se pueden encontrar muchos sistemas, como los anclajes de cabeza de expansión los cuales, una vez insertados en una zona donde no se encuentre pintura original, atraviesan el nuevo soporte y el muro, expandiéndose y quedándose anclados a la bóveda sin posibilidad de retroceso y, por lo tanto, presentando el problema de no poder ser extraídos, por lo que resultaría un tratamiento irreversible.

Siguiendo con su investigación, la Dra. Soriano encontró un sistema de anclaje que podía ayudar en un futuro desmontaje de alguno de los soportes. Ese sistema consistía en la combinación del sistema anterior con un nuevo método que atornilla al muro el conjunto de la obra con su nuevo soporte, sin evitar su extracción eventual. Está basado en la inserción en el muro de un anclaje estriado con cabeza de expansión con la mitad del interior hueco y estriado para poder insertar el tornillo, por lo que se insertaría parte del tubo dejando fuera tantos milímetros como medida de espesor tenga el nuevo soporte de la pintura y dejando en contacto con el muro una arandela metálica. En cuando al nuevo soporte, se le practicaría un orificio que equivaldría al tamaño del diámetro del tubo que se le ha insertado al muro para poder ser colocado

sobre él, y luego ser cubierto con el mismo material utilizado para estucar los faltantes de película pictórica y las uniones entre distintos paneles. Este trabajo debe ser minucioso y muy estudiado, al tener que colocarse todo en su ubicación correcta.

Un ejemplo de este sistema de anclaje, se encuentra en la Basílica Superior de Asís³, en los anclajes de las pinturas recuperadas tras el terremoto de 1991, utilizándose pernos de acero inoxidable de la casa HILTI, que fueron distribuidos de modo equilibrado en los espacios donde no se encontraba pintura, y las uniones se sellaron con pasta a base de resina epoxídica⁴. En cambio, los fragmentos de los arcos que se anclaron al muro, utilizando mortero compuesto por ½ parte de arena gris, 1 parte de resina acrílica, concretamente Primal B60A, y 1 parte de Perlita. Se dejó sobrante de red de cloruro de polivinilo, sirviendo éste para la fijación al muro con tacos para pared, tornillos y arandelas de acero inoxidable⁵.

Otro sistema de resolución podría ser la combinación de un anclaje y un mortero de expansión, utilizados normalmente para el relleno de huecos en las consolidaciones en abolsamientos, caracterizándose por la falta tanto de propiedades adhesivas como de resistencias mecánicas, por lo que son fáciles en cuanto a la reversibilidad. Esta experimentación no resultó adecuada para la Dra. Soriano al no poder ser extraídos, y se consideró como un tratamiento irreversible.

En la tesis presentada por la Dra. Soriano, se encuentra la realización de experimentos de los anclajes por medio de probetas. Éstas se prepararon mediante un lijado en la superficie de yeso para pasar a practicar los orificios en los que se iban a insertar los tacos de expansión ensayados. Para la regularización y homogeneidad de la superficie,

³ BASILE, Giuseppe; GIANDOMENICO, P. Nicola. "DALL'UTOPIA ALLA RELATA. NOTIZIE DALL LANTIERE DEI DIPINTI IN FRAMMENTI DELLA BASÍLICA SUPERIORE DI SAN FRANCESCO IN ASSISI". En Convengo Internazionale distudi 26-28 settembre 2002. Tipografía Matastasio. Assisi, 2002: IL RESTAURO DELLA VELA DI SAN GIROLAMO. Citado en la tesis doctoral de M^a Pilar Soriano Sancho.

⁴ BASILE, Giuseppe; GIANDOMENICO, P. Nicola. "DALL'UTOPIA ALLA RELATA. NOTIZIE DALL LANTIERE DEI DIPINTI IN FRAMMENTI DELLA BASÍLICA SUPERIORE DI SAN FRANCESCO IN ASSISI". En Convengo Internazionale distudi 26-28 settembre 2002. Tipografía Matastasio. Assisi, 2002: IL RESTAURO DELLA VELA DI SAN GIROLAMO. Citado en la tesis doctoral de M^a Pilar Soriano Sancho.

⁵ BASILE, Giuseppe; GIANDOMENICO, P. Nicola. "DALL'UTOPIA ALLA RELATA. NOTIZIE DALL LANTIERE DEI DIPINTI IN FRAMMENTI DELLA BASÍLICA SUPERIORE DI SAN FRANCESCO IN ASSISI". En Convengo Internazionale distudi 26-28 settembre 2002. Tipografía Matastasio. Assisi, 2002pág. 33. IL RESTAURO DEI DIPINTI IN FRAMMENTI DEL COSTOLONE DI SAN GIROLAMO. Citado en la tesis doctoral de M^a Pilar Soriano Sancho.

se tuvo que enlucir por medio de un mortero ligeramente expansivo para que no quedara ningún hueco o vacío que pudiera ayudar a la acumulación de suciedad y microcondensaciones por incrementos de humedad, siendo este mortero débilmente adhesivo, fácilmente eliminable y con unas resistencias mecánicas muy bajas. Una vez estuvo ya este mortero expansivo extendido, se aplicó el nuevo soporte con la pintura, presionando ligeramente y atornillando los anclajes con cabeza de expansión.

Probaron con dos tipos de tornillos, unos con una válvula interna que, una vez se desenroscaba los tornillos para incrustarlos en el muro con los tacos quedaban sueltos, dificultando así su nueva inserción, y otros que llevaban una válvula dentro del mismo taco, de tal manera que no se movían hasta que no se realizaba el atornillado. Como solución al problema del primer tornillo, se utilizó cinta adhesiva transparente para unir provisionalmente la válvula al taco sin impedir así la expansión de este al introducirlo.

Como resultado, se encontraron con un gran parecido entre los dos sistemas de atornillado, quedando perfectamente fijados a la superficie ayudando a realizar la fijación de los anclajes, sin separación de muro por la previa aplicación del mortero de expansión.

La diferencia vino dada en la profundidad de inserción de los tacos ya que cada uno tiene una longitud diferente, y es que el primer tipo de fijación tiene una válvula interna suelta a la que, como hemos dicho, fue necesaria la utilización de cinta adhesiva, por lo que se añadió un elemento extraño a la fábrica de la bóveda. El segundo tipo tuvo como inconveniente que era más corto, por lo que el orificio se practicó previamente no quedaba relleno del todo, dejando un hueco donde podía caer el taco. Otro inconveniente, pero que lo presentaban los dos, era que la cabeza de tornillo era demasiado gruesa y sobresalía el nivel de la pintura, por lo que se propuso limar las cabezas de los tornillos por medio del torno de limado y así hacerlas más delgadas y poderlas estucar una vez atornillados a los anclajes de la bóveda.

Teniendo en cuenta que ésta restauración aún no se ha realizado, solo fue un estudio de doctorado propuesto por la Dra. Soriano, decidieron pasar en dicho estudio a proponer el siguiente planteamiento, el cual constaba de una serie de pasos que empezaban por la separación de los repintes de la pintura original por medio de cortes de bisturí, siendo antes estas protegidas. Solo se protegería la pintura original para así también separarla de su soporte actual de madera contrachapada mediante un estrato de gasa de algodón y de crinolina de algodón para ofrecer así una mejor protección.

Protegida la pintura, se procedería a separarla del soporte de madera por acción mecánica levantando todo el conjunto (pintura + protección), ayudándose de la inserción de barras metálicas con puntas redondeadas. Todo este proceso se realizaría por el reverso de la obra aplicándose una mano de caseinato cálcico para readherir las telas ya aplicadas en la restauración de los años 60.

Una vez se hubiera realizado todo esto, se pasaría a la colocación de la obra en un nuevo soporte, el cual debería constar de un estrato Matt de fibra de vidrio no tejida de 450 gr/m² que contiene resina epoxi, un estrato de intervención de papel de fractura predeterminada que se adheriría con Beva O.F. Gel, en el soporte y la pintura por partes iguales.

Con los fragmentos ya colocados en su nuevo soporte, quedaría reubicarlos en la bóveda por medio del dibujo original de la pintura de Palomino tomado de la fotografía en blanco y negro, ya retocada, la cual se tomaría de referencia para recolocar cada fragmento en su justa ubicación por medio del sistema de anclaje adecuado.

Realizado el procedimiento antes descrito, se podría pasar a realizar un estudio sobre la colocación de los paneles, registrando todos los repintes y observándolos para ver los que nos podrían servir como zona para colocar los anclajes. Primero, sería necesario el montaje previo de un andamio para estudiar los puntos de anclaje que harían falta, teniendo en cuenta el tamaño y la posibilidad de colocación en las zonas de pérdida de pintura, para ofrecer así un mayor agarre. También sería necesario

preparar el muro para que reciba a dichos anclajes y así sujetar bien las pinturas con el nuevo soporte, aunque primero se tendría que eliminar la capa de yeso que sobresaldría al *intonaco* original e incluso trozos de pintura original no arrancada que también quedaría cubierta.

Eliminado el yeso de la bóveda, quedaría la superficie irregular, por lo que podrían producirse movimientos perjudiciales para la pintura. Entonces, pensaron que sería una buena propuesta el realizar un tratamiento de lijado hasta conseguir que se encontrara por debajo de los 2 mm de la pintura original adyacente y se aplicaría un mortero ligero poco voluminoso para que no sobrepasase el volumen dicho, pero que cubriera las irregularidades encontradas en la superficie y la dejase homogéneas.

Antes de aplicarse el mortero, se deberían estudiar los puntos de anclaje que, al tener el “cartón”, se podrían trasladar al dibujo de ubicación cada punto de anclaje y así perforar la superficie en los puntos deseados, insertando pequeñas varillas sobresalientes para que no se perdiera el punto de referencia. Después se podría aplicar un mortero expansivo como el aluminato cálcico o de bario quedando adherido únicamente a la bóveda y no al nuevo soporte, facilitando así el desmontaje de este último al caracterizarse por tener resistencias mecánicas muy bajas, siendo altamente reversible, impermeable y liso.

Una vez se hubiera realizado este procedimiento, antes de empezar con la expansión el mortero, se aplicaría el nuevo soporte con la pintura practicando presión para que quedara al nivel de la pintura no arrancada, eliminando el mortero que se podría desbordar.

Una vez se hubieran colocado todos los fragmentos sobre la bóveda, el aspecto debería ser similar al conservado de la parte no arrancada. Con las propuestas realizadas, las lagunas deberían poderse tratar de igual forma que las otras, dando una unidad a todo el conjunto de las pinturas de Palomino en la bóveda de la nave central de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia.

Las conclusiones que pudo extraer la Dra. Pilar Soriano tras el estudio que realizó fueron que el objetivo de determinar el tipo de anclaje a utilizar había sido abordado de dos maneras, una de forma teórica y la otra a base de probetas en laboratorio, teniendo las conclusiones extraídas como propuestas de intervención.

Ella planteó la aplicación de un sistema de anclajes de expansión, el cual consistía en un anclaje mecánico que se insertaría en el muro con tacos que se expanden al insertarles el tornillo que atraviesa el nuevo soporte. También se planteó una combinación de este sistema junto a con un sistema de refuerzo adhesivo para regularizar la superficie de la bóveda para que así, todo el soporte de fibra de vidrio quedase totalmente en contacto con el muro, evitando así bolsas de aire entre ellos. Experimentó con dos tipos diferentes de tornillos de expansión junto con una aplicación de mortero de expansión de aluminato de bario, localizándose este entre el revoque de yeso y el nuevo soporte donde se encontraban las pinturas.

Los fragmentos de las pinturas del estudio no han sido reubicados sobre la bóveda al no conocerse con exactitud la correcta ubicación de los mismos, ya que es necesaria la desproyección de la única fotografía encontrada antes del incendio del 1936, tanto para conocer correctamente la decoración de las lagunas de la parte de la bóveda que no fue arrancada como para la recolocación de los fragmentos sí arrancados y así colocarlos con exactitud.

Por lo tanto se comprende que una vez se realice todo este proceso y se encuentre completo, se podrá concluir que el resultado ha sido satisfactorio ya que el conjunto de pintura-estrato de intervención-nuevo soporte es lo adecuadamente rígido y flexible para adaptarse a la curvatura de la bóveda.

Varios años después, en el año 2004, el Taller de Intervención de Pintura Mural del Instituto de Restauración del Patrimonio de la Universitat Politècnica de València, estudió acordar nuevos planteamientos a la hora de abordar ésta restauración, centrándose en las pinturas arrancadas en la bóveda de los Santos Juanes. Concluyeron que el mejor procedimiento consistía en la sustitución del antiguo

soporte de madera por uno más delgado que pudiera recuperar tanto la curvatura como la morfología original de dicha bóveda, realizándose éste por medio de la técnica de sándwich de fibra de carbono tejida con un núcleo de nido de abeja de aluminio, embebidos en resina epoxi, teniendo tan solo cuatro milímetros de grosor. Además, sirviendo de referencia la tesis doctoral citada de la Dra. Soriano, se utilizaron tornillos de expansión de acero inoxidable para realizar los anclajes de los nuevos soportes a la bóveda, realizándose un estudio de posición de cada tornillo para que así quedara repartida equitativamente la cantidad de carga a soportar⁶.

⁶ Regidor Ros, J. L. - Autores 2020 (Conferencias pronunciadas entre el 24 de enero al 9 de diciembre de 2017). *LA HISTORIA DEL ARTE A TRAVÉS DE LOS MURALES VALENCIANOS*. Edita la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos, Valencia, colección cultura y patrimonio nº2. I.S.B.N. 978-84-121542-0-7 pag. 129-153

Figura 6. Esquema

4. Iglesia de San Nicolás Obispo y San Pedro Mártir (Valencia, España).⁷

La iglesia de San Nicolás se encuentra enmarcada dentro del grupo de los primeros templos cristianizados por la orden del rey Jaime I y se llevó a cabo por el Arzobispo de Tarragona, Don Pedro de Albalade⁸. Este templo fue construido después de la conquista de Valencia en 1238, en una área ya con precedentes religiosos de la época romana. Pere Antoni Beuter fue el primer narrador en recoger esta información en su obra *“Crónica General de toda España, y especialmente del Reino de Valencia”*⁹ en 1604.

En esta iglesia nos fijamos en dos partes, en la parte del estudio de montaje del andamio y en los anclajes que se utilizaron para los *putti*.

El Instituto de Restauración del Patrimonio realizó un estudio de andamiaje que permitiera la sistematización de su montaje y desmontaje, al igual que la coordinación entre la ejecución de la obra exterior arquitectónica con la interior que era fundamentalmente pictórica.

Tras este estudio, se instaló un andamio en forma de puente, el cual dejara libre la práctica totalidad de la nave, ocupando dos tramos de la misma. Este andamio constaba de varios niveles de plataformas, las cuales permitían el acceso a toda la superficie pictórica, disponiendo al mismo tiempo de espacio para almacenaje de productos que se utilizarían en la restauración y trabajos “in situ” para toma de datos.

⁷ Roig Picazo, Pilar. Campos González, Carlos. Bernal Navarro, Juana C. Regidor Ros, José Luis. Marcenac, Valeria. Madrid García, José Antonio. Valcárcel Andrés, Juan C. *INTERVENCIÓN ARQUITECTÓNICA Y PICTÓRICO-ORNAMENTAL EN LA IGLESIA PARROQUIAL DE SAN NICOLÁS OBISPO Y SAN PEDRO MÁRTIR DE VALENCIA*. Edición Parroquia de San Nicolás, Valencia. I.S.B.N. 978-84-617-5628-5

⁸ Diago, Fray Francisco. *ANALES DEL REYNO DE VALENCIA*. Valencia: Pedro Patricio Mey 1713. Pag. 317
Citado en la contextualización histórica del libro de *INTERVENCIÓN ARQUITECTÓNICA Y PICTÓRICO-ORNAMENTAL EN LA IGLESIA PARROQUIAL DE SAN NICOLÁS OBISPO Y SAN PEDRO MÁRTIR DE VALENCIA*

⁹ Beuter, Pere Antoni. *PRIMERA PARTE DE LA CRONICA GENERAL DE TODA ESPAÑA Y ESPECIALMENTE DEL REYNO DE VALENCIA. DONDE SE TRATAN LOS ESTRANOS ACONTECIMIENTOS QUE DEL DILUVIO DE NOE HASTA LOS TIEMPOS DEL REY DON IAYME DE ARAGON, QUE GANO VALENCIA, EN ESPAÑA LE SIGUIERON: CON LAS FUNDACIONES DE LAS CIUDADES PRINCIPALES DELLA, Y LAS GUERRAS CRUELES, Y MUTACIONES DE SEÑORIOS QUE HA HAVIDO, COMO POR LAS TABLAS SE PODRA VER*. Valencia, Pedro Patricio Mey, 1604.

Citado en la contextualización histórica del libro de *INTERVENCIÓN ARQUITECTÓNICA Y PICTÓRICO-ORNAMENTAL EN LA IGLESIA PARROQUIAL DE SAN NICOLÁS OBISPO Y SAN PEDRO MÁRTIR DE VALENCIA*

Se realizaron estudios sobre el ciclo iconográfico de San Nicolás Obispo de Bari y San Pedro de Verona, estudiándose todas y cada una de las pinturas diseñadas por el gran Antonio Palomino y realizadas por Dionís Vidal, pasándose posteriormente a realizarse un análisis técnico y compositivo de dichas pinturas, también un estudio sobre el estado de conservación y su correspondiente diagnóstico

El estudio sobre los “*Aspectos técnicos y conservativos del revestimiento ornamental*” realizado por Julia Osca Pons, Pilar Soriano Sancho, M^a Antonia Zalbidea Muñoz y Mercedes Sanchez Pons¹⁰, nos dice que dicho revestimiento ornamental barroco datado en los años del 1690-1693, atribuido al arquitecto Juan Bautista Pérez Castiel, engalana el espacio central formando una serie de grandes pilastras compuestas con majestuosos capiteles que sustentan un entablamento quebrado sobre las pilastras, y un orden menor que se encuentra establecido por arcos de medio punto, dando paso a las capillas laterales y articulando a partir de las pinturas de la bóveda central, convertidas en el contenido de un marco esculpido repleto de relieves escultóricos, un efecto escenográfico muy sugestivo que exhiben una exuberante y profusa decoración vegetal de formas retorcidas, con pilastras decoradas con cenefas y motivos vegetales. Hay una inclusión predominante a formas escultóricas de bulto redondo de un tamaño considerable, como son los catorce lozanos y hercúleos *putti*, los cuales están dispuestos sobre el entablamento que rodean la nave del templo. Está constatado que cada *putti* es diferente y no se repite ningún modelo, lo que sugiere la hipótesis de la talla directa *in situ*.

Del estudio analítico que se realizó en las figuras y relieves escultóricos de mayor volumetría, decir que se encontraban confirmados por mortero o aparejo de yeso y presentaban una fina capa superficial de mortero de cal, determinando todo esto que es una técnica de estucado.

¹⁰ Roig Picazo, Pilar. Campos González, Carlos. Bernal Navarro, Juana C. Regidor Ros, José Luis. Marcenac, Valeria. Madrid García, José Antonio. Valcárcel Andrés, Juan C. *INTERVENCIÓN ARQUITECTÓNICA Y PICTÓRICO-ORNAMENTAL EN LA IGLESIA PARROQUIAL DE SAN NICOLÁS OBISPO Y SAN PEDRO MÁRTIR DE VALENCIA*. Edición Parroquia de San Nicolás, Valencia. I.S.B.N. 978-84-617-5628-5. Pág. 164-174

Del estado de conservación en el que se encontraba la ornamentación se podía afirmar que había, como es habitual, mucha suciedad acumulada en los relieves y las tallas al ser zonas de difícil acceso, siendo imposible la limpieza periódica de mantenimiento, aunque sin duda, una de las principales causas que provocaba alteraciones era la presencia de humedad. Añadir a este conjunto de patologías las relacionadas con la adecuación del templo para el culto con los trabajos de cableado, instalación eléctrica, colocación de focos y lámparas, etc., provocando todos estos desperfectos puntuales a corregir sobretodo en la inclusión que se realizó para una cancela que provocó la mutilación de parte de la decoración, como por ejemplo la del brazo izquierdo del *putti* situado a la izquierda y el codo derecho del *putti* situado a la derecha de la puerta principal, además de la reposición de la cara del *putti* del lado derecho, que se reconstruyó en la intervención anterior, por medio de la aplicación de yeso directo ayudándose de cinco clavos de hierro insertados en el yeso original para poder favorecer el agarre del yeso nuevo que se aplicó.

Encontramos la explicación que realizan Pilar Soriano Sancho, José Luís Regidor Ros y M^a Antonia Zalbidea Muñoz¹¹ de la restauración de las esculturas y los estucados, empezando por los tratamientos de limpieza con la eliminación puntual mecánica de recrecidos de yeso, la eliminación de repintes las limpiezas de sustancias orgánicas para finalmente utilizar las limpiezas específicas con técnicas alternativas como el láser.

Para las consolidaciones del soporte y estrato pictórico, sabiendo que se encontraban ante distintos tipos de inestabilidad estructural y descohesiones superficiales, se emprendieron técnicas en las que predominaba el uso de materiales de naturaleza inorgánica. La consolidación en las zonas de estucos y esculturas, se limitó a la readhesión del estuco coloreado al núcleo de yeso de los relieves por medio de la inyección de mortero, con una base de nanopartículas de cal aérea en suspensión etanólica (mortero de inyección “injection grout” de Calosil©). En algunas ocasiones se

¹¹ Roig Picazo, Pilar. Campos González, Carlos. Bernal Navarro, Juana C. Regidor Ros, José Luis. Marcenac, Valeria. Madrid García, José Antonio. Valcárcel Andrés, Juan C. *INTERVENCIÓN ARQUITECTÓNICA Y PICTÓRICO-ORNAMENTAL EN LA IGLESIA PARROQUIAL DE SAN NICOLÁS OBISPO Y SAN PEDRO MÁRTIR DE VALENCIA*. Edición Parroquia de San Nicolás, Valencia. I.S.B.N. 978-84-617-5628-5. Pág. 174-185

utilizó un tratamiento de la superficie antes de las limpiezas más con silicato de etilo (Estel 1000®).

También se realizaron operaciones de adhesión de fragmentos rotos que se encontraban vulgarmente unidas al yeso, utilizando para ello adhesivo epoxídico y, a veces, introduciendo de pequeños fragmentos de varilla de fibra de vidrio para asegurar el mejor agarre del fragmento. Por último, aunque íntimamente ligada a la reintegración, utilizaron el estucado pigmentado en las pérdidas del estrato policromo. El criterio general fue el de no dejar sin cubrir ningún faltante de capa estucado o acabado en los relieves de yeso ya que *“tener una piel continua del revoque de terminación denominada estuco, evita su progresivo descascarillado y la acumulación de sedimentos”*¹². Por eso se utilizaron morteros pigmentados que facilitaran la discernibilidad del original. Los morteros fueron realizados por cal aérea, polvo de mármol fino y, según el color, se añadieron distintos pigmentos por medio de diversas técnicas.

Posteriormente se realizó un tratamiento de lagunas y reintegración estética con la reposición de revoque en lagunas, la reconstrucción volumétrica selectiva y la reintegración cromática, además de un tratamiento de reposiciones volumétricas de intervenciones anteriores.

¹² Roig Picazo, Pilar. Campos González, Carlos. Bernal Navarro, Juana C. Regidor Ros, José Luis. Marcenac, Valeria. Madrid García, José Antonio. Valcárcel Andrés, Juan C. *INTERVENCIÓN ARQUITECTÓNICA Y PICTÓRICO-ORNAMENTAL EN LA IGLESIA PARROQUIAL DE SAN NICOLÁS OBISPO Y SAN PEDRO MÁRTIR DE VALENCIA*. Edición Parroquia de San Nicolás, Valencia. I.S.B.N. 978-84-617-5628-5. Pág. 177

Figura 7. Esquema.

5. La Torre Inclinada de Pisa (Pisa, Italia).

La Torre inclinada de Pisa está integrada dentro de un complejo arquitectónico conocido como “Piazza dei Miracoli”, el cual incluye la catedral, “Duomo”, el Baptisterio y el Cementerio Monumental, todo ello declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.

El reto que presentaba el estado de la Torre era muy serio ya que cada vez se inclinaba más, presentando también un peligro el posible y repentino colapso de la estructura. Por todo esto, en 1990, el Gobierno Italiano nombró un Comité Internacional cuya finalidad era la de salvaguardar la Torre. Este Comité estaba integrado por expertos en la historia del arte, materiales de construcción y restauración, ingenieros de estructuras y geotécnicos. Se realizaron estudios sobre el conocimiento de los escenarios que rodean el monumento, la toma de decisiones sobre las intervenciones temporales o permanentes enfocadas tanto a la seguridad como al derrumbe de la Torre.¹³

Fijándose en la Torre, desde el punto de vista de los materiales, ella en sí es débil, por lo tanto, si se une esto a las características de la estructura y a la inestabilidad que se encontraban en el sistema de cimientos/subsuelo, vieron que todo esto hacía que la inclinación aumentara las tensiones a compresión en el lado sur, localizando allí los daños mecánicos en los materiales que conforman el edificio.

Dicho esto, añadir que por tanto, las investigaciones preliminares fueron dirigidas hacia la naturaleza y propiedades físico-mecánicas de los materiales de construcción, y resistencia en las zonas debilitadas de la estructura.¹⁴

Volviendo a citar el tema del andamio utilizado, decir que se colocó un andamio circular, el cual requería una especificaciones especiales sujetas a ligereza y anclajes

¹³ VENIALE, F. *LA TORRE INCLINA DE PISA. ESTRUCTURA, MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN E INTERVENCIONES DE REFUERZO. COMITÉ INTERNACIONAL PARA LA SALVAGUARDA DE LA TORRE DE PISA*. Dpto.. de Ciencias de la Tierra. Universidad de Pavia. Fecha de recepción: 9-10-99. fecha de aceptación: 24-01-00.

<http://matercontrucc.resvista.csic.es>

¹⁴ BURLAND, Jonh B.; JAMIOLKOWSKI, Michele B.; VIGGIANI, Carlo. *LEARNING TOWER OF PISA: BEHAVIOUR AFTER STABILIZATION OPERATIONS. INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOENGINEERING CASE HISTORIES*. 2009. _Vol 1, ISSUE 3. Pag: 156-169.

adaptables a las diferentes condiciones de soporte que se encontraban debidas a la pendiente y al impacto ambiental, solicitudes todas ellas vinculadas a licitaciones elaboradas por el mismo andamiaje.

Este andamiaje no podía ocultar el símbolo de pisa por medio de “envoltorios” tradicionales, por lo que se optó por la solución de un andamio voladizo anular en el que se encontraban dos pasarelas externas, realizadas mediante una aleación de aluminio-zinc-magnesio. Encontrábamos en él un anillo plateado que se desplazaba para mitigar el impacto visual en el monumento.¹⁵

Jamiolkowski comenzó las mediciones precisas de la inclinación en 1991, demostrando el aumento que cada año había experimentado la torre, y que se había doblado durante los últimos 30 años, llegando a 1,5 mm por año.

Se logró la estabilización temporal de la cimentación más o menos en el segundo semestre del 1993 con la aplicación de 600 t de pesos de plomo en el lado norte de las cimentaciones por medio de un anillo de hormigón desmontable post-tensado fundido al contorno de la base de la torre a nivel del zócalo, provocando una reducción de la inclinación y reduciendo el momento del vuelco un 10%. A finales de 1995 su carga se aumentó a 900 t para así controlar los movimientos acelerados hacia el sur de la torre con el intento fallido de reemplazar los antiestéticos pesos de plomo con anclajes de fibra aramídica.¹⁶

Posteriormente, en agosto del 1998, se realizaron las primeras subexcavaciones a lo largo y ancho de 6 m al norte de la torre utilizando doce orificios alineados con carcassas de 219 mm de diámetro. También se realizaron intervenciones estructurales permanentes para aumentar la resistencia del cuerpo de la fábrica con el incremento

¹⁵ www.arketipomagazine.it Architetture del fare, “IL RESTAURO DELLA TORRE DI PISA”

¹⁶ BURLAND, Jonh B.; JAMIOLKOWSKI, Michele B.; VIGGIANI, Carlo. *LEARNING TOWER OF PISA: BEHAVIOUR AFTER STABILIZATION OPERATIONS. INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOENGINEERING CASE HISTORIES*, 2009. Vol 1, ISSUE 3. Pag: 156-169.

de la resistencia a compresión para así poder obtener una mayor cohesión entre los muros externos y el material que encontramos de relleno.¹⁷

Se utilizó la precompresión horizontal del material de relleno y también la unión por tensión de las dos caras en los muros por medio de barras de acero tensadas, colocando en los extremos unos 900 kg de plomo y contrapesos para ayudar a contrarrestar la inclinación. También se inyectó el material de relleno y se unió a los bloques de mármol de las caras de los muros.¹⁸

Las barras de acero que se utilizaron eran de alta durabilidad y reversibilidad, ya que evitaban cualquier tipo de relleno de los agujeros por inyección y anclajes químicos. Los anclajes mecánicos utilizados permitían el cambio y sustitución de las barras en un futuro, sabiendo todo ello por los ensayos efectuados en el laboratorio para así desarrollar un nuevo sistema de anclaje que eliminara la aparición de chapas de acero en la cara externa de los muros de mármol, situando así los anclajes dentro de los bloques de mármol de la fachada externa.

Las investigaciones previas permitieron la realización de una mezcla de inyección con una composición adecuada de granulometría y propiedades reológicas y mecánicas que impedían el goteo de agua, los ataques realizados por sulfatos y elementos alcalinos, para así conseguir una baja presión de inyección.

A finales de 1999 y 2000 se realizaron 41 orificios de extracción en la cara norte de la torre a una distancia de 0,5 m con un sinfín y una carcasa para cada orificio.

En mayo del 2000 se empezó a retirar progresivamente los lingotes de plomo, siendo aún efectiva la extracción del suelo. En enero del 2001, el día 16 concretamente, fue retirado el último lingote de plomo del anillo de hormigón postensado para posteriormente realizarse una extracción limitada del suelo. A mediados de febrero del

¹⁷ BURLAND, Jonh B.; JAMIOLKOWSKI, Michele B.; VIGGIANI, Carlo. *LEARNING TOWER OF PISA: BEHAVIOUR AFTER STABILIZATION OPERATIONS. INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOENGINEERING CASE HISTORIES*. 2009. Vol 1, ISSUE 3. Pag: 156-169.

¹⁸ LOAYZA Arispe, N.L.; VETGARA DELGADO, S.N.G. *TORRES INCLINADAS: DE UN ERROR A UN ESTILO EN LA ARQUITECTURA*. Noviembre 2011. Pontificia Universidad Católica de Perú, matemáticas aplicadas a la arquitectura.

mismo año se retiró el anillo de hormigón y a principios de marzo de inició progresivamente la eliminación de las barrenas y las tripas, llenando a su paso los orificios con una lechada bentonítica, terminando el 6 de junio del 2001.¹⁹

Como se ha mencionado, se encontró un anillo de cemento-conglomerado en el fondo del cantido envolviendo la base de la torre, el cual al ser de alta calidad, ha sido conectado a la fundición de la mampostería con un refuerzo de acero inoxidable, reforzándose por post-tensión circunferencial, aumentando la seguridad frente la inestabilidad inclinada.

Para finalizar, es necesario destacar que gracias a la naturaleza no invasiva de la subexcavación, en cualquier momento puede repetirse este tipo de intervención para reducir una vez más la inclinación.

¹⁹ BURLAND, Jonh B.; JAMIOLKOWSKI, Michele B.; VIGGIANI, Carlo. *LEARNING TOWER OF PISA: BEHAVIOUR AFTER STABILIZATION OPERATIONS. INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOENGINEERING CASE HISTORIES*. Vol 1, ISSUE 3. Pag: 156-169.

Figura 8. Esquema.

6. Conclusiones.

Al comparar las intervenciones realizadas en la “Basílica de la Virgen”, “Los Santos Juanes”, “San Nicolás Obispo y San Pedro Mártir” y en la “Torre de Pisa”, se ha confirmado que el material por excelencia utilizado en la “restauración” ha sido la fibra aramídica, encontrándola tanto en los dos de los tres casos valencianos como en el italiano.

Se han identificado diferentes métodos de utilización en el caso de la Real Capilla de la Virgen de los Desamparados de Valencia, donde se ha utilizado tanto en tejido y adherida con resinas epoxídicas, como por medio de anclajes en varillas de diferentes diámetros formando mallas.

En la Iglesia de los Santos Juanes, se ha identificado principalmente la utilización de un nuevo sistema de anclaje consistente en el atornillado en el muro de pletinas o guías metálicas, el cual también da un buen resultado en las probetas que nosotros hemos realizado.

En la Iglesia de San Nicolás Obispo y San Pedro Mártir se ha visto, además, la utilización de varillas de fibra de vidrio con adhesivos epoxídicos para el mejor agarre de fragmentos.

Por último, en la Torre Inclinada de Pisa, se identifica que consiguen su estabilización por medio de anillos de hormigón, los cuales posteriormente son eliminados. También utilizan la antes nombrada fibra aramídica y barras de acero tensadas.

A partir del estudio comparativo realizado y en base a toda la información recogida, se ha abordado la siguiente parte de la investigación que permite identificar las diferentes fibras que podemos encontrar en el mercado, de tal forma que éstas podrían ser utilizadas en muchos ámbitos de la restauración de diferentes ornamentaciones o pinturas, y en diferentes formas tipológicas, bien sea en tejido o en varillas. Por tanto, y como siguiente paso en la investigación, se realiza un estudio

analítico de las fibras citadas, además de otras fibras que se utilizan en otros ámbitos, con la finalidad de obtener resultados confiables que nos ayudarán en la propuesta de soluciones en restauración de las pinturas de los Santos Juanes.

CAPITULO IV

ESTUDIO DE DIFERENTES MATERIALES
PARA LA REALIZACIÓN DE ANCLAJES
QUE AYUDEN A LA CONSERVACIÓN DE
BIENES CULTURALES

CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE DIFERENTES MATERIALES PARA LA REALIZACIÓN DE ANCLAJES QUE AYUDEN A LA CONSERVACIÓN DE BIENES CULTURALES

1. Introducción.

Los trabajos que aquí se describen se enmarcan en las investigaciones para la recuperación de las pinturas murales que se encuentran en la bóveda de la Iglesia de los Santos Juanes, con el objeto de avanzar sobre la consolidación de sus pinturas por medio de materiales compuestos utilizando, para ello, siempre probetas con el fin de llegar a realizar nuestros estudios en la citada Iglesia.

2. Análisis de las diferentes tipologías de fibras susceptibles a utilizar en los refuerzos.

Un material compuesto se encuentra combinado macroscópicamente por medio de dos elementos, siendo en este caso, la fibra y la matriz, ambos heterogéneos. Al realizar una combinación adecuada de ellos, se originan unos materiales con mejores propiedades, pudiéndoles además añadir cargas y aditivos que los dotan de características especiales y permaneciendo cada uno de ellos identificable en la masa del elemento.

Podemos afirmar que la fibra es el componente de refuerzo del material compuesto, aportando resistencia mecánica, rigidez y dureza, aunque las características más notorias son su resistencia a la tracción específica y su elevado módulo específico.¹

¹ A. Miravete. *MATERIALES COMPUESTOS* Vol.1 ISBN:978-84-921349-8-4 pp:1-3

Normalmente, lo que solemos entender por material compuesto es una composición artificial con diferentes fases perfectamente diferenciadas y solidarias, encontrando su mayor volumen en su “fase matriz”, componente con una no muy alta densidad y una naturaleza polímera y sintética que, en la mayoría de las preparaciones, engloba la “fase de refuerzo” compuesta a base de fibras, partículas o láminas, todas ellas incluidas dentro de la matriz y actuando como armadura, pudiendo llegar a absorber casi la totalidad de las cargas que se le aplican al compuesto.

Se puede decir que la fibra es la que aporta la rigidez y la resistencia, en cambio la matriz es flexible y poco resistente pero ayuda a su aglomeración, dándoles forma y transmitiendo los esfuerzos entre ellas.²

Las fibras, según su origen, las podemos clasificar en fibras de origen mineral y fibras de origen orgánico, pasando a estudiar algunas de ellas según la tipología de tejido que vamos a utilizar:

- FIBRAS DE ORIGEN MINERAL:
 - FIBRAS DE ORIGEN INORGÁNICO:
 - FIBRA DE VIDRIO MAT
 - FIBRA DE VIDRIO MULTIAXIAL
 - FIBRA DE VIDRIO TAFETÁN
 - FIBRA DE CARBONO TAFETÁN
 - FIBRA DE ORIGEN ORGÁNICO:
 - FIBRA DE ARAMIDA SARGA
- FIBRA ORGÁNICA E INORGÁNICA:
 - FIBRA DE ARAMIDA / VIDRIO 30/70 MULTIAXIAL

Antes de empezar a hablar de cada una de ellas, se ve oportuno hacer una pequeña explicación sobre el tejido, para que así, se pueda entender mejor nuestras disposiciones en el trabajo realizado.

² M. Olivares Santiago, C. Galán Marín, J. Roa Fernández. *LOS COMPOSITOS: CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES EN LA EDIFICACIÓN*. 24-IV-03. *INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN*, Vol.54, nº484, marzo-abril2003 pp:1-2

A medida que el porcentaje de las fibras aumenta, la resistencia y la rigidez del material compuesto también lo hace, sin olvidar que este porcentaje deberá estar limitado para asegurar que la totalidad de la superficie de las fibras quede recubierta por la matriz, estableciéndose normalmente en un 80%. También es influyente la orientación del refuerzo, ya que las fibras continuas, colocadas paralelamente y unidireccionalmente originan unas estructuras más resistentes. Al mismo tiempo se observa relación entre la orientación y porcentaje de las fibras, principalmente cuando se trata de fibras continuas colocadas unidireccionalmente, estableciéndose un porcentaje de fibras de un 70-80%. Asimismo, en los refuerzos colocados ortogonalmente el porcentaje de las fibras se reduce al 45-65% y en la distribución aleatoria de las fibras se reduce a un 20-40%.³

Por un lado se encuentran los tejidos multiaxiales, que se componen de tres urdimbres, una principal inferior, otra primaria superior y otra secundaria rotativa que se dispone en sentido diagonal. También se distinguen los tafetanes, en los cuales la trama y la urdimbre se entrelazan alternativamente, variando su gramaje de 150 a 1000 gr/m². Además aparecen los hilos cortados, que por lo general miden entre 3 y 12 mm y, según qué utilización tengan, cuentan con unas características diferentes como su integridad de corte, que intervendrá para caracterizar de forma mecánica las piezas y el flujo de preimpregnado. El ensimaje, según la función de la matriz, aparentemente reforzará y dará densidad e integridad.

Y por último se encuentra la sarga, en la cual, los hilos de la trama y la urdimbre se entrecruzan siguiendo un orden y una frecuencia programada para así obtener unas líneas diagonales características propias de este tejido.⁴

Por tanto, se deben tener en cuenta sus características a la hora de determinar la elección de un tejido, puesto que su utilización variará según la facilidad de

³ M. Olivares Santiago, C. Galán Marín, J. Roa Fernández. *LOS COMPOSITOS: CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES EN LA EDIFICACIÓN*. 24-IV-03. *INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN*, Vol.54, nº484, marzo-abril2003 pp:6

⁴ A. Miravete. *MATERIALES COMPUESTOS* Vol.1 ISBN:978-84-921349-8-4 pp: 30-33

manipulación y colocación del mismo, la regularidad del gramaje y su espesor, la continuidad del refuerzo y la facilidad de impregnación que tenga.

2.1. Fibras de origen inorgánico.

2.1.1. Fibra de vidrio.

La fibra de vidrio es el refuerzo más utilizado en la fabricación de materiales compuestos, principalmente en aplicaciones industriales, ya que encontramos una gran disponibilidad, buenas características mecánicas y un bajo coste.

Esta fibra está formada por las mismas materias primas que el vidrio, que son el sílice, la cal, la alúmina y la magnesita, a las cuales se les añaden diversos óxidos, obteniéndose por fusión de la mezcla de estas materias y pasando por una hiladora para someterse a una operación de estirado. Realizado el ensimaje de los filamentos, estos se unen formando un hilo al que se le llama textil o plástico.⁵

Sus propiedades mecánicas son anisotrópicas y variarán según el nivel en que estén ordenadas las fibras en su interior.⁶ Podemos encontrar como características primordiales la alta adhesión que presenta entre la fibra y la matriz, una gran resistencia mecánica de tracción/densidad, características eléctricas al ser aislante incluso en espacios reducidos y permeable de ondas electromagnéticas, incombustibilidad al no propagar la llama ni originar humo ni toxicidad con el calor, tener estabilidad dimensional al ser poco sensible a las alteraciones de temperatura e higrometría, al tener compatibilidad con materiales orgánicos y así poder asociarse con muchas resinas sintéticas al igual que con ciertas matrices minerales, así como ser insensible a la acción de los roedores e insectos, ser de débil conductividad térmica y

⁵ M. Olivares Santiago, C. Galán Marín, J. Roa Fernández. *LOS COMPOSITOS: CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES EN LA EDIFICACIÓN*. 24-IV-03. *INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN*, Vol.54, nº484, marzo-abril2003 pp:6-8

⁶ F.Stupenengo. *MATERIALES Y MATERIAS PRIMAS*. Materiales compuestos, Capítulo 10 pp:9-10

poder ahorrar en calefacción al poder suprimir puentes térmicos, tener una excesiva flexibilidad y, por último, un bajo coste.⁷

2.1.2. Mat de hilos cortados.

Encontramos fieltros de hilos cortados con una longitud concreta y se aglomeran entre ellos por medio de un ligante químico. Encontramos diferentes tipos de mats, diferenciándolos por el tipo hilo de base, haciendo referencia al tipo de vidrio, al diámetro al título y ensimaje, y por los ligantes utilizados que pueden ser en polvo o por emulsión.

Sus características son la deformación, la resistencia a la tracción, la solubilidad en estireno, la compatibilidad con las resinas y el nivel de impregnación.⁸

2.1.3. Fibra de carbono.

Está compuesta por muchos hilos de carbono en forma de hebras largas y delgadas, principalmente compuestas por átomos de carbono que al enlazarse en cristales microscópicos hacen de ella una fibra muy fuerte para su tamaño⁹. Se obtiene por medio de una fibra previa que puede ser poliacrilonitrilo, y su proceso de denomina “pan”, o como en una especie de alquitrán, en un proceso denominado “pitch”.¹⁰ Ésta fibra es extraordinaria en las aplicaciones de las estructuras sometidas a cargas repetitivas o de fatiga, ya que sus propiedades mecánicas casi no son sensibles a la aplicación de una carga cíclica, presentando en condiciones estáticas unas propiedades muy elevadas en las fibras de alto módulo y en las de alta resistencia, por tanto, tiene propiedades mecánicas parecidas al acero pero siendo ligera como la madera o el plástico.

⁷ A. Miravete. *MATERIALES COMPUESTOS* Vol.1 ISBN:978-84-921349-8-4 pp: 19-25

⁸ A. Miravete. *MATERIALES COMPUESTOS* Vol.1 ISBN:978-84-921349-8-4 pp: 26-27

⁹ www.ecured.cu/Fibra_de_carbono

¹⁰ M. Olivares Santiago, C. Galán Marín, J. Roa Fernández. *LOS COMPOSITOS: CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES EN LA EDIFICACIÓN. 24-IV-03. INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN*, Vol.54, nº484, marzo-abril2003 pp:8-9

Presenta una densidad baja, implicando esto que sus propiedades mecánicas específicas y de peso sean muy elevadas.

Tiene un coste más elevado que las fibras de vidrio, aunque va bajando a medida que aumenta su demanda, y su aparición junto a las fibras de vidrio y a la aramida presenta grandes posibilidades al tener propiedades complementarias.

Como características representativas de esta fibra podemos nombrar su elevada resistencia mecánica y su módulo de elasticidad elevado, además de su bajo coeficiente de expansión térmica y baja abrasión, resistencia a los agentes externos, presentando permeabilidad a los rayos X con eficacia ante las variaciones de temperatura y también a las ondas electromagnéticas, inercia biológica y química, resistencia a la fatiga, elevada amortiguación, autolubricación, y por último elevada resistencia a la corrosión y alta conductividad eléctrica.¹¹

2.2. Fibras orgánicas.

2.2.1. Fibra de aramida.

Son fibras de origen orgánico y sintético al obtenerse por medio de un hilado de poliamidas aromáticas del tipo politereftalato de polifenilendiamida.¹² Su estructura, perfectamente regular de anillos aromáticos, dan como resultado moléculas con propiedades rígidas, fabricándose por procesos de extrusión e hilado, siendo su punto débil la resistencia a la compresión y flexión, encontrando por tanto sus aplicaciones fundamentales relacionadas con su alta resistencia a la tracción y al impacto.

Como propiedades hay que destacar su elevada resistencia a la tracción, su alto módulo de elasticidad, su estabilidad química aunque es susceptible a ácidos fuertes y la humedad puede provocarle la pérdida de resistencia de un 10%, presenta

¹¹ A. Miravete. *MATERIALES COMPUESTOS* Vol.1 ISBN:978-84-921349-8-4 pp: 4-10

¹² M. Olivares Santiago, C. Galán Marín, J. Roa Fernández. *LOS COMPOSITOS: CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES EN LA EDIFICACIÓN*. 24-IV-03. *INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN*, Vol.54, nº484, marzo-abril2003 pp:9-10

estabilidad mecánica y una gran tenacidad al tener una alta resistencia al impacto y a la absorción de energía.

Podemos encontrarla en fibra continua como mechas, “rovings” o tejidos, siendo este último su principal forma de utilización en materiales compuestos. También la encontramos en fibra discontinua como fibra corta, mats y fieltros, “pulp” y “nomex”.¹³

2.3. Cualidades de las diferentes fibras.

Definidas las fibras que se pueden utilizar, se resumen las cualidades que presentan cada una.

- La fibra de vidrio es la más usada por su facilidad y bajo coste que presenta. Dentro de estas fibras, desde 1930¹⁴ la más utilizada, y considerada como uno de los materiales del futuro (y que nosotros también utilizamos), es la fibra de vidrio E y la fibra de vidrio S. La fibra de vidrio E tiene una resistencia última máxima de 3.450 MPa, con un módulo elástico de 70 GPa y unas elongaciones máximas de rotura entre un 3% y un 4%. La fibra de vidrio S presenta muy buena resistencia a la tracción y un gran módulo de elasticidad, respondiendo muy bien a la fatiga, temperatura y humedad. Por lo tanto, podemos decir que estas fibras generan unos materiales compuestos muy resistentes y bastante elásticos.

- Las fibras de carbono se dividen en dos grupos, la fibra de alto módulo y la fibra de alta resistencia, que es la que se utilizará en la investigación. Las fibras de alto módulo se caracterizan por su elasticidad, en cambio, las fibras de alta resistencia por su gran resistencia a la rotura. Estas fibras presentan mayor rigidez, con unas resistencias últimas que se encuentran entre 2.050 y 5.500 MPa, unos módulos de rigidez de entre 210 y 830 GPa y con elongaciones de rotura entre 0.5% y 1.5%

¹³ A. Miravete. *MATERIALES COMPUESTOS* Vol.1 ISBN:978-84-921349-8-4 pp: 15-18

¹⁴ V. Águila Higuero. *CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE HORMIGONES REFORZADOS CON FIBRAS DE: VIDRIO, CARBONO Y ARAMIDA*. Universidad Politécnica de Madrid. Trabajo Fin de Máster. pp:12

- Las fibras de aramida las podemos encontrar como Kevlar RI®, Kevlar 29®, Kevlar 49® y Nomex®. Kevlar49 es la que se utilizará en los ensayos puesto que presenta un módulo elástico superior que la Kevlar 29® y la misma resistencia, teniendo además una alta resistencia al impacto, a la corrosión y siendo altamente resistente al ataque químico, con excepción de los ácidos fuertes y las bases a altas concentraciones. La fibra de aramida presenta una baja densidad con 1.45gr/cm^3 . Su resistencia última es de 2.750 MPa, su módulo de rigidez es de 130 GPa y su elongación última es superior al 4%. Por lo tanto estas propiedades producen materiales muy resistentes con comportamientos muy buenos al enfrentarse ante cargas de flexión, impacto y choque pero no a la compresión.¹⁵

3. Análisis de las diferentes tipologías de Matrices susceptibles a utilizar en los refuerzos.

La matriz es el componente que protege a las fibras de las condiciones medioambientales a las que esta se enfrenta, además de proteger también el desgaste que puede sufrir su superficie y, por último, las protege ante esfuerzos de compresión y previene el pandeo de ellas, por tanto, es la fase continua en la que el refuerzo queda “embebido”.

Sus principales funciones son las de transmitir las cargas al refuerzo, proteger y brindarle cohesión y además definir las propiedades físicas y químicas que tiene, permitiendo determinar características del material compuesto tales como la conformabilidad y el acabado en superficie, siendo la principal responsable de las propiedades eléctricas, el comportamiento químico y el uso a temperaturas elevadas del compuesto.¹⁶

¹⁵ A. Miravete. *MATERIALES COMPUESTOS* Vol.2 ISBN:978-84-921349-9-1 pp: 828

¹⁶ F.Stupenengo. *MATERIALES Y MATERIAS PRIMAS*. Materiales compuestos, Capítulo 10 pp:7-8

Según la matriz que utilicemos, evidentemente esto influirá en algunas de las características del producto que obtendremos, sobretodo en las propiedades mecánicas de cortante, de compresión y de fabricación.¹⁷

Hay numerosas matrices en el mercado, pudiendo ser clasificadas principalmente en inorgánicas y orgánicas. Dentro de las orgánicas encontramos las termoestables y las termoplásticas.

Nos vamos a centrar en las matrices orgánicas, diciendo que son compuestos orgánicos de elevado peso molecular, las cuales son producto de las reacciones de polimerización por adición o condensación de diferentes compuestos de base. Las macromoléculas de un compuesto químico se unen entre sí, por medio de fuerzas de diferente intensidad, pero si estas fuerzas de unión se llegan a igualar y se rompen antes de separarse, al realizarse el cambio de temperatura su estado ya no podrá cambiar de sólido a líquido, por lo que estos polímeros se denominaran termoestables.¹⁸

De esta misma manera, las resinas termoestables nos ayudan a conseguir una estructura fija permanente la cual no puede ser reciclada ni fundirse pero que al ser expuesta a altas temperaturas sí que se descompone y se degrada.¹⁹

3.1. Resinas epoxi.

Esta resina presenta una gran capacidad de adhesión a la mayoría de superficies y está basada en la capacidad del radical epóxido, pudiendo fundamentarse en estructuras alifáticas o aromáticas, siendo utilizadas normalmente para procesos de laminación ya que su flexibilidad mejorada es ventajosa y dan prestaciones superiores en los

¹⁷ M. Olivares Santiago, C. Galán Marín, J. Roa Fernández. *LOS COMPOSITES: CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES EN LA EDIFICACIÓN*. 24-IV-03. *INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN*, Vol.54, nº484, marzo-abril2003 pp:10

¹⁸ A. Miravete. *MATERIALES COMPUESTOS* Vol.2 ISBN:978-84-921349-9-1 pp: 45

¹⁹ S. K. García Castillo. *ANÁLISIS DE LAMINADOS DE MATERIALES COMPUESTOS CON PRECARGA EN SU PLANO Y SOMETIDOS A IMPACTO*. Tesis Doctoral. Universidad Carlos III de Madrid. pp:21

materiales compuestos, aunque exige de una preparación mucho más estricta durante su uso.

Con esta resina, se puede conseguir un buen equilibrio entre la resistencia a tracción, el aguante al daño y la procesabilidad del material ya que son termoendurecibles al contener en su molécula funciones epoxídicas o glicídicas.

La dureza de estas resinas es superior a la de las resinas de poliéster, por tanto, pueden operar a temperaturas más altas, teniendo una baja retracción y ausencia de volátiles durante el curado, también tienen adherencia a muchos sustratos además de una baja contracción durante la polimerización y son especialmente resistentes a los ataques de álcali. Todo esto permite una buena tolerancia dimensional y un moldeo de alta calidad.²⁰

Este tipo de resina puede ser clasificada en tres grupos diferentes según su estructura química, encontrando el TGMDA (dianilina tetraglicidil metileno), el DGEBA (diglicidil éter de bisfenol A) y por último el fenolformaldehído epoxi novolaca.²¹

Explicadas las fibras y las resinas, se explicará qué es la lámina, pues es lo primero que se empezará a realizar en el laboratorio. En las estructuras construidas por medio de materiales compuestos, la lámina compone la unidad básica de todo laminado. Se encuentran tres tipos de láminas. La primera es la unidireccional donde todas las fibras se orientan en una única dirección. También está la lámina tipo tejido, en la que todas las fibras las encontramos orientadas en dos direcciones perpendiculares entre sí, entrelazando la urdimbre, la fibra longitudinal, y la trama, la cual sería la fibra transversal, orientando el 50% de las fibras en cada dirección y obteniendo un tejido equilibrado, pero si hay más fibras en una dirección que en otra sería un tejido desequilibrado. Por último encontramos la lámina de tipo matt, la cual está compuesta por fibras cortadas que se encuentran orientadas aleatoriamente, considerando que

²⁰ A. Miravete. *MATERIALES COMPUESTOS* Vol.1 ISBN:978-84-921349-8-4 pp:1-3 - M. Olivares Santiago, C. Galán Marín, J. Roa Fernández. *LOS COMPOSITOS: CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES EN LA EDIFICACIÓN*. 24-IV-03. *INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN*, Vol.54, nº484, marzo-abril2003 pp:5

²¹ S. K. García Castillo. *ANÁLISIS DE LAMINADOS DE MATERIALES COMPUESTOS CON PRECARGA EN SU PLANO Y SOMETIDOS A IMPACTO*. Tesis Doctoral. Universidad Carlos III de Madrid. pp:17

hay isotropía, o sea, las mismas propiedades en todas las direcciones, en el plano de la lámina.²²

Los laminados se forman a partir del apilamiento de láminas de tejidos de fibras reforzadas con una pequeña capa de resina entre ellas. Para ello se encuentran cuatro técnicas fundamentales de elaboración que son:

- Manual con curado al aire,
- Por medio de bolsa de vacío,
- Por autoclave
- Por *Resin Transfer Molding* (RTM).

4. Estudio de los diferentes materiales compuestos para la realización de los anclajes.

4.1. Introducción.

Con carácter general se ha pretendido trabajar con diferentes probetas para caracterizar la realización de una serie de laminados por medio de materiales compuestos que nos servirán para poder intervenir en la recuperación de la bóveda de 1.200 m² que Antonio Palomino pintó entre 1699 y 1701 que, desgraciadamente fue incendiada durante la Guerra Civil Española. Con carácter específico se ha pretendido:

1. Elaborar diferentes materiales compuestos y realizar las probetas necesarias.
2. Realizar los ensayos de caracterización mecánica.
3. Definición de otros ensayos de caracterización a realizar.
4. Obtención de primeras conclusiones respecto de los materiales compuestos

²² A. Miravete. *MATERIALES COMPUESTOS* Vol.1 ISBN:978-84-921349-8-4 pp:211-234

La metodología utilizada en la experimentación de los diferentes materiales ha seguido en las siguientes fases:

1. Elaboración de los diferentes materiales compuestos y fabricación de las probetas de ensayo.
2. Realización de las pruebas sobre las probetas obtenidas.

4.2. Elaboración de los diferentes materiales compuestos y fabricación de las probetas de ensayo.

4.2.1. Elaboración de los materiales compuestos.

4.2.1.1. Corte de telas de fibra.

Las telas de fibra que se utilizarán en los ensayos son las siguientes:

- 1 - FIBRA DE VIDRIO MAT: es muy fina y se deshace fácilmente con apenas tocarla al tener las fibras tan cortas.
- 2 - FIBRA DE VIDRIO MULTIAXIAL: es muy gruesa, por lo que, aunque hagamos probetas con diversas capas, su utilización seguramente será simple. La cortamos con la fibra a 45°.
- 3 - FIBRA DE CARBONO TAFETÁN: es una tela bastante rígida de color oscuro y brillante.
- 4 - FIBRA DE ARAMIDA / VIDRIO 30/70 MULTIAXIAL: color amarillo producido por la aramida y blanco por el vidrio. Encontramos la fibra en dos direcciones, 90° y 45°, presentando poca rigidez.
- 5 - FIBRA DE VIDRIO TAFETÁN: tela con bastante brillo y rígida.
- 6 - FIBRA DE ARAMIDA SARGA: tiene un color muy amarillo, tiene un tacto suave y sin nada de rigidez.

Las telas se han cortado en dimensiones de 30x30cm, perfilándolas todas ellas con 0,5mm de cinta adhesiva para evitar el deshilado tanto de la trama como de la urdimbre y así facilitar su compactación.

Figura 9. Fibra de vidrio matt.

Figura 10. Fibra de vidrio multiaxial.

Figura 11. Fibra de carbono tafetán.

Figura 12. Fibra de aramida-vidrio 30/70 multiaxial.

Figura 13. Fibra de vidrio tafetán.

Figura 14. Fibra de aramida sarga.

Figura 15. Telas de fibra cortadas.

4.2.1.2. Realización del proceso de laminado.

Se esparce, con ayuda de un rodillo blando, sobre una plancha de acero una cantidad razonable de cera, que nos ayudará a despegar la tela y la plancha. Se coloca sobre la plancha resina epoxi en una cantidad considerable. Posteriormente se pondrá la tela de fibra sobre esta resina. Con un rodillo metálico de aluminio, se ayuda para fijar bien la tela a la plancha. Se aplica más capas de resina y más capas de tela las veces deseadas, según las probetas a estudiar.

Acabado el proceso de pegado de los compuestos, pero aún húmedo, se realiza un vacío para la consolidación de las láminas. Encima de la última capa de tela de fibra se aplica el sangrador de polipropileno perforado. Se utiliza este material ya que es el único que no se pega. Se ponen las mantas de absorción, dos concretamente, de un material sintético de algodón. Justo donde estará la válvula de succión para el vacío, se ponen dos mantas de absorción más pequeñas, ajustadas a la válvula, para así tener esa zona más blanda ante la presión. La plancha, con todo lo anterior realizado, se coloca en una bolsa de plástico, abierta por ambos lados, en la que se realiza un

agujero para la colocación de la válvula de vaciado. Con cinta de carrocerero se cierran todos los bordes y los dos laterales abiertos, ajustando lo máximo posible a la plancha para que no quede ninguna fuga de aire. La bomba succiona el aire y en las mantas de absorción empiezan a aparecer manchas que indicaran que se absorbe la resina y que sí que se está realizando el vacío necesario.

Figura 16. Proceso de vaciado.

4.2.1.3. Materiales compuestos fabricados o laminados obtenidos.

1º **VT_1** (vidrio tafetán) en una capa, con resina epoxi CTS 121 con catalizador K121 en una proporción de 50/10.

Ha resultado muy espesa, costando mucho esparcirla y dando solo para realizar esa probeta. Se ha esparcido con una espátula ya que con el rodillo blando o con el metálico ha sido imposible.

2º **VT_3** (vidrio tafetán) en tres capas, pero realizando un cambio en la resina epoxi, utilizando esta vez GLASPOL W342 con catalizador EC131 LV.

Esta resina nos ha funcionado mucho mejor ya que al ser más ligera, menos espesa, se ha podido laminar mucho mejor y se ha absorbido perfectamente.

3º **VM45_1** (vidrio 0,45 multiaxial) en una capa con resina epoxi GLASPOL W342 con catalizador EC131 LV.

La resina se ha esparcido a contra veta y luego hemos presionado.

4º **VM45_3** (vidrio 0,45 multiaxial) en tres capas, las cuales han sido dispuestas en 45° - 0° / 45° - 90° / 45° - 0° con resina epoxi GLASPOL W342 con catalizador EC131 LV.

Al ser una tela tan gruesa ha costado mucho de empapar, pero una vez lo ha hecho, ha sido fácil esparcir la resina y que penetrara correctamente.

5º **AT90_1** (aramida 0,90 tafetán) en una capa con resina epoxi GLASPOL W342 con catalizador EC131 LV.

Se ha tenido una buena impregnación aunque se ha trabajado incómodamente ya que la tela se movía mucho.

6º **CT90_1** (carbono 0,90 tafetán) en una capa con resina epoxi GLASPOL W342 con catalizador EC131 LV.

Ha presentado buena adhesión.

7º **CT90_3** (carbono 0,90 tafetán) en tres capas con resina epoxi GLASPOL W342 con catalizador EC131 LV.

Ha tenido un buen pegado aunque las puntas se iban levantando y ha dado algún pequeño problema.

8º **AS_3** (aramida sarga) en tres capas con resina epoxi GLASPOL W342 con catalizador EC131 LV.

También ha dado problemas en el pegado ya que las telas no paraban de moverse durante la imprimación de la resina.

9º **AVM45_1** (aramida/vidrio 0,45 multiaxial) en una capa con resina epoxi GLASPOL W342 con catalizador EC131 LV.

No ha presentado ningún problema en el pegado.

10º **AVM45_3** (aramida/vidrio 0,45 multiaxial) en tres capas, las cuales las hemos dispuesto en $-45^\circ - 45^\circ / 45^\circ - 45^\circ / 60^\circ - 0^\circ$, en una configuración simétrica, con resina epoxi GLASPOL W342 con catalizador EC131 LV.

No ha presentado ningún problema en la imprimación de la resina

11º **MAT_4** (vidrio mat) en 4 capas con resina epoxi GLASPOL W342 con catalizador EC131 LV.

Ha costado mucho su imprimación ya que el rodillo se llevaba la fibras cortas de mat y, además, la tela absorbía mucha resina.

4.2.1.4. Levantado de los laminados.

1º **VT_1** en una capa: ha quedado muy blanco, con algunas pequeñas oquedades entre las fibras ya que la resina era muy espesa. El sangrador de polipropileno ha costado de quitar. De la plancha de acero se ha despegado fácilmente.

2º **VT_3** en tres capas: no ha presentado ningún problema en el despegado. Este no presenta oquedades entre las fibras, quedando su laminado bien.

3º **VM45_1** en tres capas: después de 24 horas sigue un poco húmedo por lo que ha costado su despegado. El laminado, por lo general, ha quedado bien, no presentado oquedades entre las fibras.

4º **VM45_3** en una capa: se despegaba fácilmente, quedando el laminado bien, sin ninguna oquedad entre sus fibras.

5º **AT90_1** en una capa: se ha despegado fácilmente, quedando bien impregnada y sin oquedades entre las fibras.

6º **CT90_1** en una capa: su despegado ha sido bueno, aunque ha habido pérdida de resina en dos puntos, quedando esta y las fibras en la plancha de acero .

7º **CT90_3** en tres capas: despegado fácil con buena impregnación de la resina. Es muy rígido, mucho más que el de una sola capa.

8º **AS_3** en tres capas: ha tenido un buen despegado aunque la válvula de succión de vacío ha succionado mucha resina, dejando una gran marca en el laminado.

9º **AVM45_1** en una capa: buen despegado. Es un laminado muy blando y, a pesar de tener suficiente resina, a consecuencia de la poca tela parte de la urdimbre de la parte exterior se ha levantado.

10º **AVM45_3** en tres capas: despegado fácil. Presenta una gran rigidez en todos sus ángulos.

11º **MAT_4** en cuatro capas: ha tenido un buen despegado a pesar de su gran consistencia y rigidez. Han quedado oquedades por cubrir entre las fibras a pesar de la gran cantidad de resina que se aplicó.

Figura 17. Levantado de la lámina.

4.2.2. Fabricación de las probetas de ensayo.

4.2.2.1. Corte.

Se han cortado cada uno de los laminados en tiras de 2 cm de ancho por 50 cm. Se han obtenido 5 muestras de cada laminado para las pruebas realizadas.

Con una sierra circular de mesa con disco de diamante, se han cortado perfectamente la fibra de vidrio tafetán en tres capas, la fibra de vidrio multiaxial en tres capas y la fibra de carbono tafetán en tres capas. Aunque el agua que desprende la máquina ensucia la probeta, se ha tenido que limpiar bien y secar muy bien.

Figura 18. Circular de mesa con disco de diamante.

El corte de las fibras de aramida sarga en tres capas, la aramida / vidrio 30/70 en tres capas y la vidrio mat en cuatro capas ha presentado problemas, ya que, al contener polímeros, la sierra de cerámica no corta bien. Se ha utilizado una sierra con disco de acero de 56 dientes para cortar madera ya que sus dientes más juntos ayudan en la realización del corte.

Figura 19. Circular de mesa con disco de acero.

4.2.2.2. Acabado de las probetas.

Finalmente, se ha colocado en cada extremo 2 lengüetas, una en cada lado de la probeta, de aluminio con unas medidas de 3cm de largo por 2cm de ancho y en el extremo se realiza una bajada desde 1cm hasta el final. Se adhieren con un pegamento de doble componente (araldit).

Cada probeta se marca con un número para identificar los resultados que se obtiene de cada una y con dos líneas intermedias definiendo por donde debería producirse el punto de rotura.

Figura 20. Probetas finalizadas.

4.3. Realización de las pruebas y ensayos sobre las probetas obtenidas.

4.3.1. Ensayos de tracción.

4.3.1.1. Herramientas y máquina utilizada.

La medición de las dimensiones de las muestras se ha realizado mediante un micrómetro con una resolución de $1\mu\text{m}$ para el espesor, y un calibre con una resolución de $10\mu\text{m}$ para la medición de la anchura.

Los ensayos de tracción se realizan con una máquina universal de ensayos Shimadzu Autograph GX-100 kN con una resolución de la célula de carga de 0,01 N.

Figura 21. Máquina universal de ensayos.

4.3.1.2. Descripción del ensayo.

Los ensayos se han realizado con una velocidad de cruceta de 2 mm/min, con una resolución de $\pm 1 \mu\text{m}$. La longitud calibrada de ensayo en la máquina es para 50 mm, utilizando un extensómetro óptico con resolución de $\pm 1 \mu\text{m}$. En el ensayo se registra la fuerza aplicada y el desplazamiento tanto de la cruceta como del extensómetro, con lo que podemos obtener el gráfico fuerza-desplazamiento, y con las dimensiones de la probeta realizar el gráfico tensión-deformación, mediante las ecuaciones:

$\sigma = F/S$, siendo S la sección de la probeta obtenida por el producto del ancho y espesor de la probeta, y,

$\varepsilon = \Delta L/L_0$, donde ΔL es el desplazamiento obtenido por extensometría óptica y L_0 la longitud controlada de la probeta = 50 mm.

4.3.1.3. Resultados.

De los ensayos de tracción se han obtenido, para los diferentes tipos de compuestos los resultados siguientes.

- Resultado 1. Fuerza, tensión y extensión máximas que soportan los materiales compuestos.

En la tabla 1 se observan la fuerza y extensión máximas para cada uno de los materiales compuestos utilizados en las diferentes probetas.

MATERIAL	PROBETA Nº	Fuerza máxima(N) F_{max}	Tensión máxima (N/mm ²) σ_{max}	Extensión máxima (mm) ε_{max}
VIDRIO TAFETÁN 1 CAPA (0,416mm)	VT_1-01	1065,56	98,9443	0,50796
	VT_1-02	1396,97	138,343	0,81412
	VT_1-03	1300,27	123,273	0,64187
	VT_1-04	1339,25	125,122	0,73396
ARAMIDA 0,90 TAFETÁN 1 CAPA (0,479mm)	AT90_1-05	2110,7	179,6	1,04375
	AT90_1-05-2	2792,79	237,638	0,96987
	AT90_1-06	2510,31	181,134	1,05678
	AT90_1-06-2	3119,31	225,077	1,1325
	AT90_1-07	2857,65	238,764	0,70671
	AT90_1-08	2534,1	224,007	0,97054
ARAMIDA/ VIDRIO 0,45 MULTIAXIAL 1 CAPA (0,466mm)	AVM45_1-09	140,508	12,824	3,27342
	AVM45_1-10	153,414	13,0107	5,08193
	AVM45_1-11	150,108	13,8267	3,99796
	AVM45_1-12	126,298	9,7984	5,1554
CARBONO 0,90 TAFETÁN 1 CAPA (0,334mm)	CT90_1-13	2145,37	261,043	0,37123
	CT90_1-13-3	3507,57	426,791	0,62437
	CT90_1-14	3289,16	359,02	0,64098
	CT90_1-15	3207,64	380,345	0,79828
	CT90_1-16	3057,64	398,688	0,92698
VIDRIO 0,45 MULTIAXIAL 1 CAPA (0,931mm)	VM45_1-17	1663,88	61,8292	0,4334
	VM45_1-17_2	3757,32	139,621	1,17727
	VM45_1-18	3354,1	142,6	0,47536
	VM45_1-19	3027,76	134,97	-1,798
	VM45_1-20	3168,85	126,739	0,73605
VIDRIO MAT 4 CAPAS (3,122mm)	MAT_4-21	4563,57	56,7861	0,99737
	MAT_4-22	3394,56	43,2432	0,57267
	MAT_4-23	4749,14	61,5849	0,88654
	MAT_4-24	4283,11	55,8503	0,81747
VIDRIO 0,45 MULTIAXIAL 3 CAPAS (2,447mm)	VM45_3-25	10902,9	192,911	1,28388
	VM45_3-26	10133,4	175,907	1,22627
	VM45_3-27	10354,1	184,473	1,1225
	VM45_3-28	9716,8	164,938	0,9906
ARAMIDA SARGA 3 CAPAS (1,080mm)	AS_3-29	7287,26	272,547	0,95525
	AS_3-30	7248,78	267,816	0,82264
	AS_3-31	7271,61	271,764	0,92913
	AS_3-32	7169,71	267,376	3,34263
CARBONO 0,90 TAFETÁN 3 CAPAS (0,840mm)	CT90_3-33	9319,48	472,761	0,83884
	CT90_3-34	9971,09	520,059	1,99031
	CT90_3-35	7947,86	428,919	0,16582
	CT90_3-36	9747,54	462,218	0,26219
VIDRIO TAFETÁN 3 CAPAS (0,851mm)	VT_3-37	5997,99	311,74	3,76247
	VT_3-38	6276,67	314,809	1,01895
	VT_3-39	6345,46	312,672	1,61037
	VT_3-40	6207,28	289,944	0,96034
ARAMIDA/ VIDRIO 0,45 MULTIAXIAL 3 CAPAS (1,454mm)	AVM45_3-41	3615,11	97,4268	0,61007
	AVM45_3-42	2994,65	83,1205	0,46062
	AVM45_3-43	3170	86,5088	0,70767
	AVM45_3-44	3371,68	96,6093	0,82867

Tabla 1. Resultados de las probetas.

MATERIAL	Fuerza máxima promedio F_{max}	Tensión máxima promedio σ_{max}	Extensión máxima promedio ϵ_{max}	Fuerza máxima desviación típica F_{max}	Tensión máxima desviación típica σ_{max}	Extensión máxima desviación típica ϵ_{max}
VIDRIO TAFETÁN 1 CAPA (0,416mm)	1275,51	121,4206	0,6745	145,5	16,4183	0,13144
ARAMIDA 0,90 TAFETÁN 1 CAPA (0,479mm)	2654,14	214,37	0,98003	348,55	27,0465	0,14703
ARAMIDA/ VIDRIO 0,45 MULTIAXIAL 1 CAPA (0,466mm)	142,582	12,365	4,37718	12,16	1,766	0,90635
CARBONO 0,90 TAFETÁN 1 CAPA (0,334mm)	3041,476	365,177	0,67237	526,66	63,307	0,20896
VIDRIO 0,45 MULTIAXIAL 1 CAPA (0,931mm)	2994,38	121,152	0,20482	792,66	33,699	1,15808
VIDRIO MAT 4 CAPAS (3,122mm)	4247,6	54,3661	0,81851	600,09	7,829	0,17987
VIDRIO MULTIAXIAL 3 CAPAS (2,447mm)	10276,8	179,55725	1,1558125	494,01	11,966	0,1288
ARAMIDA SARGA 3 CAPAS (1,080mm)	7244,34	269,876	1,51241	52,2	2,658	1,22149
CARBONO 0,90 TAFETÁN 3 CAPAS (0,840mm)	9246,49	470,989	0,81429	906,98	37,673	0,83844

VIDRIO TAFETÁN 3 CAPAS (0,851mm)	6206,85	307,291	1,83803	150,23	11,636	1,31612
ARAMIDA/ VIDRIO 0,45 MULTIAXIAL 3 CAPAS (1,454mm)	3287,86	90,9164	0,65176	267,07	7,188	0,15567

Tabla 2. Resumen de máximos por material.

- Resultado 2. Relación entre tensión y desplazamiento obtenidos para los materiales compuestos.

En las figuras 9 y 10 se muestran los resultados promedio obtenidos para las diferentes probetas.

Figura 22. Resultados promedios de tensión máxima obtenidos en cada material.

Figura 23. Resultados promedios de extensión máxima obtenidos en cada material.

4.3.2. Análisis de metalografía.

Se ha realizado un análisis microestructural para así poder ejecutar una determinación de tipo geométrico del corte transversal de los diferentes compuestos preparados.

Figura 24. LaboPress-3.

Se realiza una preparación materialográfica embutiendo en caliente LaboPress-3 de Struers, utilizando como resina polimetilmetracrilato (PMMA), concretamente la resina transoptic de Bhueler, para conseguir un cilindro de 25 mm de diámetro y unos 10 mm de altura.

La sujeción de los cortes transversales la realizaremos mediante clips de plástico que permiten mantener la muestra vertical y así poder preparar las muestras transversalmente. Para aumentar las posibilidades de observación, se montarán mediante el clip, tres trozos del mismo compuesto.

Figura 25. Probetas unidas con clips.

Colocamos la muestra en el interior del cilindro del molde, posteriormente añadiremos parte de la resina acrílica (TransOptic, compression mounting compound 20-3400-080) y, para una mejor identificación, pondremos un cartón satinado con el nombre del compuesto, recubriéndolo con una pequeña cantidad de acrílico.

Figura 26. Muestra en LaboPress-3.

Cerraremos el cilindro y calentaremos a 180 °C durante 7 minutos, manteniendo una presión de 15 kN. Posteriormente enfriaremos mediante circulación de agua otros 7 minutos, finalizando así el ciclo.

Figura 27. Muestra finalizada.

Obtenida la pastilla con la muestra en su interior, pasaremos al lijado de la superficie con papeles de SiC de 220, 500 y 1000 mallas, finalizando con un pulido mediante abrasivo de pasta de alúmina de 1µm.

Figura 28. Lijado de la muestra.

Tras el pulido final, la probeta materialográfica está preparada para su observación, tanto en microscopía óptica como electrónica.

4.3.3. Microscopía óptica.

Gracias a la metalografía realizada, podemos estudiar las características de cada pieza para ver cómo es el material y el resultado de satisfacción obtenido en cada pieza.

- **VT_1**, una capa (vidrio-tafetán): pueden distinguirse las dos direcciones de las fibras, encontrando diversas pérdidas de resina entre las capas.

Figura 29-30. Metalografía Vidrio-tafetán 1 capa.

- **VT_3**, tres capas (vidrio-tafetán): encontramos una buena diferenciación de la trama y la urdimbre, viendo algunos faltantes más o menos característicos de resina en la urdimbre.

Figura 31-32. Metalografía Vidrio-tafetán 3 capa.

- **VM45_1**, una capa (vidrio 0,45 multiaxial): las imágenes del vidrio no son tan definidas, aunque también encontramos diferencia entre la trama y la urdimbre. En este caso concreto, encontramos algunas saturaciones de resina y al mismo tiempo, algunos faltantes.

Figura 33-34. Metalografía Vidrio 0,45 multiaxial 1 capa.

- **VM45_3**, tres capas (vidrio 0,45 multiaxial): encontramos faltantes de resina muy destacables en ciertos puntos, ya que en otros encontramos una buena compactación. Se diferencia bien la trama de la urdimbre y en algunos casos vemos como hilos más resaltados.

Figura 35-36-37. Metalografía Vidrio 0,45 multiaxial 3 capa.

- **AT90_1**, una capa (aramida-tafetán): se diferencia la trama de la urdimbre. Se aprecia un reparto de la resina más o menos correcto.

Figura 38-39. Metalografía Aramida- tafetán 1 capa.

- **CT90_1**, una capa (carbono-tafetán): en esta imagen sí que se ve perfectamente la trama y la urdimbre, viendo un resultado muy bueno de la composición. Al ser el carbono conductor, las imágenes se presentan más claras.

Figura 40-41. Metalografía Carbono-tafetán 1 capa.

- **CT90_3**, tres capas (carbono-tafetán): diferenciamos perfectamente la trama de la urdimbre, diferenciando también muy bien cada capa de la probeta. En algunos puntos concretos vemos pequeños faltantes de resina.

Figura 42-43. Metalografía Carbono- tafetán 3 capa.

- **AS_3**, tres capas (aramida-sarga): encontramos saturación de resina en ciertas partes de las diferentes capas, resultando un poco más complicado diferenciar la trama de la urdimbre.

Figura 44-45. Metalografía Aramida-sarga 3 capa.

- **AVM45_1**, una capa (aramida y vidrio 0,45 multiaxial): diferenciamos perfectamente las dos fibras, viéndose la aramida más definida que el vidrio.

Figura 46-47. Metalografía Aramida y vidrio-multiaxial 1 capa.

- **AVM45_3**, tres capas (aramida y vidrio 0,45 multiaxial): dadas las características de cada una de las fibras utilizadas, vemos diferenciadas las partes de cada una sin encontrar un gran exceso de resina.

Figura 48-49. Metalografía Aramida i vidrio-multiaxial 3 capa.

- **MAT_4**, cuatro capas (vidrio-mat): en este caso, encontramos una dispersión de fibras además de zonas de mucha saturación de resina y otras con grandes faltantes.

Figura 50-51. Metalografía Vidrio-mat 4 capas.

4.3.4. Digestión de las fibras y resina.

Se ha realizado esta prueba con el fin de conseguir separar las fibras por una parte y la resina por otra. Esta prueba se realiza para poder determinar el peso del compuesto por medio de la cantidad adquirida por los dos elementos durante el proceso de laminado, pudiendo darle un valor, en gramos, concreto a cada uno.

Nosotros hemos hecho la digestión de la fibra de carbono en 1 capa, la fibra de carbono en 3 capas y por último, la fibra de vidrio multiaxial de 1 capa

La normativa ASTM D3171-76 (1982) nos dice que para la digestión de las fibras de carbono necesitamos:

- 30 ml de HNO_3 con una riqueza del 70%
- Reflujo de 5 horas
- Desecar a 100 °C
- Masa mínima de la muestra 0,30 g

El proceso, para la fibra de carbono, consiste en que el ácido nítrico ataca la resina epoxi y como producto de esta reacción, expulsa vapores nitrosos de color anaranjado.

Una vez terminado el proceso, apagamos el calor y empezamos a realizar el lavado de las fibras que han quedado disueltas en el matraz, asegurándonos que no quede resina alguna entre ellas.

Figura 49. Digestión de la fibra.

Las fibras son lavadas con agua destilada, empapándolas para eliminar el ácido nítrico que pueda quedar en ellas. Una vez están bien limpias, hacemos 3 lavados con etanol y 1 lavado con acetona.

Figura 52. Fibras limpias de resina.

Posteriormente serán llevadas a una estufa en el que permanecerán a 140 °C durante 12 h.

Realizado el trabajo con éxito, obtenemos esta tabla de resultados:

FIBRA DE CARBONO 1 CAPA CON RESINA EPOXI				
	MUESTRAS COMPUESTO	MUESTRAS RESIDUO FIBRA		
MUESTRAS	M _o (g)	M _g (g)	%M _{fibra}	%M _{resina}
1	0,383	0,247	64,5	35,5
2	0,351	0,210	59,8	40,2
3	0,337	0,201	59,6	40,4
4	0,400	0,258	64,5	35,5
5	0,266	0,154	57,9	42,1
PROMEDIO			61,3	38,7
DESV. ESTÁNDAR			3,0	3,0
	Proporción en peso de fibra y resina en el compuesto			

Tabla 3. Proporción en peso en la digestión de la fibra de carbono 3 capas.

FIBRA DE CARBONO 1 CAPA CON RESINA EPOXI				
	MUESTRAS COMPUESTO	MUESTRAS RESIDUO FIBRA		
MUESTRAS	V _{fibra} (cm ³)	V _{resina} (cm ³)	%V _{fibra}	%V _{resina}
1	0,154	0,111	58,1	41,9
2	0,131	0,116	53,2	46,8
3	0,126	0,111	53,0	47,0
4	0,161	0,116	58,1	41,9
5	0,096	0,092	51,2	48,8
PROMEDIO			54,7	45,3
DESV. ESTÁNDAR			3,2	3,2
	Proporción en volumen de fibra y resina en el compuesto			

Tabla 4. Proporción en volumen en la digestión de la fibra de carbono 3 capas.

Las operaciones realizadas han sido las mismas que en el caso anterior, obteniendo una bajada de peso de las muestras del compuesto a las muestras de residuo de fibra de $\pm 0,450$ g. En los promedios de % de masa, encontramos unos promedios superiores en fibra, con una desviación estándar de un 2,5%. Pasando ahora a los promedios de % de volumen, también vemos que es superior el promedio en fibra, obteniendo esta vez una desviación estándar de un 2,6%.

La normativa ASTM-D2584 también es muy específica para las fibras de vidrio, necesitando para su digestión:

- Muestras de 5 g de masa con $2'5 \times 2'5$ cm² de área y 1 mm de espesor
- También necesitaremos un horno en el que tendremos las fibras mínimo 3 horas en la siguiente temperatura:
 - 1 h: 180 °C
 - 1 h: 350 °C
 - 2 h: 550 °C

En este proceso queremos obtener lo mismo que en el proceso de las fibras de carbono, aunque necesitamos otros medios.

En él, la temperatura elevada va pirolizando la resina, quemándola al ser orgánica. Este proceso se efectúa al encontrarse éste a altas temperaturas y provocando una oxidación y volatilización de las moléculas, entrando en combustión.

Figura 53. Pirolizado de fibras de vidrio.

Una vez queda la resina pirolizada, quedando el CO_2 y el agua, se carboniza y consume, dejando las fibras libres de ella.

Figura 54. Fibras limpias de resina.

Una vez realizada esta prueba también con éxito, pasamos a realizar la tabla de valores, obteniendo estos resultados:

FIBRA DE VIDRIO MULTIAXIAL 1 CAPA CON RESINA EPOXI				
	MUESTRAS COMPUESTO	MUESTRAS RESIDUO FIBRA		
MUESTRAS	M _o (g)	M _g (g)	%M _{fibra}	%M _{resina}
1	1,712	1,251	73,1	26,9
2	1,385	1,006	72,6	27,4
3	1,369	1,001	73,1	26,9
4	1,468	1,054	71,8	28,2
5	1,553	1,126	72,5	27,5
6	1,353	0,988	73,0	27,0
PROMEDIO			72,7	27,3
DESV. ESTÁNDAR			0,6	0,6
	Proporción en peso de fibra y resina en el compuesto			

Tabla 5. Proporción en peso en la digestión de la fibra de vidrio multiaxial 1 capa.

	FIBRA DE VIDRIO MULTIAXIAL 1 CAPA CON RESINA EPOXI			
	MUESTRAS COMPUESTO	MUESTRAS RESIDUO FIBRA		
MUESTRAS	$V_{\text{fibra}} \text{ (cm}^3\text{)}$	$V_{\text{resina}} \text{ (cm}^3\text{)}$	$\%V_{\text{fibra}}$	$\%V_{\text{resina}}$
1	0,493	0,378	56,6	43,4
2	0,396	0,311	56,0	44,0
3	0,394	0,302	56,6	43,4
4	0,415	0,339	55,0	45,0
5	0,443	0,350	55,9	44,1
6	0,389	0,299	56,5	43,5
PROMEDIO			56,1	43,9
DESV. ESTÁNDAR			0,8	0,8
Proporción en volumen de fibra y resina en el compuesto				

Tabla 6. Proporción en volumen en la digestión de la fibra de vidrio multiaxial 1 capa.

Estas operaciones se han llevado a cabo más o menos como los otros casos, variando el hecho de que se introdujeron crisoles en el horno, separando cada una de las muestras de fibra, las cuales, una vez pirolizada la resina, se deshacían, por lo que antes de meter en el horno, cada una de las muestras de fibra de vidrio multiaxial, al igual que cada uno de los crisoles, fue pesado y numerado así, una vez realizada la digestión, volvimos a pesarlo todo para poder sacar el peso en gramos de las muestras residuo de la fibra.

Los otros cálculos, como he dicho, se han llevado a cabo del mismo modo que en los otros casos, con la variación de la densidad de la fibra ($2,54 \text{ g/cm}^3$), obteniendo en este caso una % promedio de masa superior en fibra, con una desviación estándar de 0,6%, al igual que el promedio en % de volumen también ha sido superior en fibra, con una desviación estándar de tan solo 0,8%.

5. Conclusiones sobre los materiales compuestos.

Tras el estudio de diferentes materiales compuestos para la recuperación de las pinturas murales de la bóveda de los Santos Juanes, fijándonos tanto en las fibras como componente de refuerzo como en la matriz como componente de protección, podemos afirmar que el compuesto realizado con fibra de carbono 0,90 tafetán y resina epoxi, tanto en una capa como con tres, son los compuestos que menor grosor presentan y con cada uno de los compuestos, encontramos los mejores valores tanto en fuerza como en tensión y también los mejores en la desviación típica de la fuerza y tensión, pero son algo inferiores a otros compuestos en los valores de extensión y desviación típica de la extensión.

De los análisis de metalografía, también podemos afirmar que el carbono absorbe la resina muy bien y apenas se encuentran lagunas sin ella, por lo que el compuesto queda perfectamente ligado entre si para proporcionar las características idóneas necesarias para su utilización.

En el proceso realizado de digestión de las fibras y resina, también queda constancia clara de las proporciones obtenidas tanto de fibra como de resina, siendo mucho más correctas en la fibra de carbono que en la de vidrio, ya que las proporciones entre la fibra de carbono y la resina epoxi son más o menos ideales al encontrar el doble de fibra que de resina, la cual cosa no se puede afirmar en el compuesto de fibra de vidrio.

CAPITULO V

CONCLUSIONES FINALES

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES FINALES

A partir de todos los resultados mostrados en los diferentes capítulos, se pueden elaborar las siguientes conclusiones:

1. Sobre la metodología desarrollada.

La aplicación metodológica realizada para el estudio de las diferentes técnicas de refuerzo tanto tradicionales como modernas para su aplicación en la conservación y restauración de bienes culturales, implica una gran diversidad de diferentes aspectos tanto históricos como técnicos y materiales. Durante la investigación, en todo momento se ha intentado profundizar en la importancia de la documentación previa del objeto que se iba a analizar para así constituir un nuevo método de conservación para el futuro. Dicha documentación previa ha sido elaborada analizando los aspectos históricos que envuelven la gran Iglesia de los Santos Juanes de Valencia además de sus aspectos más significativos en las obras de pinturas murales situadas en ella. Diferenciando esto en dos vertientes (aspectos históricos y aspectos significativos), se puede afirmar que ésta segunda ha sido el apoyo y la base de toda la investigación, ayudándonos en la comprensión tanto material como técnica de los parámetros que la envuelven. A partir de ésta segunda vertiente, se ha desarrollado una parte de la base de intervención para la aplicación de las metodologías propias de los estudios de los diferentes materiales, permitiéndonos así establecer una unión entre diferentes áreas de conocimiento e involucrarlas hasta llegar a un mismo fin, la recuperación de la grandiosa bóveda que Antonio Palomino pintó para la Iglesia de los Santos Juanes.

Se debe hacer hincapié en que todo este proceso de trabajo se ha basado únicamente en el estudio de cómo devolver las pinturas arrancadas a su lugar de origen, llevándose a cabo procedimientos preliminares y evitando así el análisis en las diferentes partes donde las pinturas se conservan. Sin embargo, aunque es un proceso que se ha situado como fase inicial del trabajo de investigación, siempre se ha intentado tratar de retroalimentarlo a través de diferentes avances en otras disciplinas, intentado mejorar

su definición y evolucionando exponencialmente con el conocimiento del objeto de estudio.

Por medio de los pasos establecidos en el método establecido para la investigación, se ha profundizado mediante las aportaciones de las distintas áreas que se han involucrado, dependiendo su éxito fundamentalmente y en todo momento de los profesionales que han colaborado para llevarlas a cabo. Estos especialistas, a los cuales ya hemos agradecido todo el apoyo y las horas prestadas, se puede comprobar que proceden de diversas disciplinas tanto de dentro como de fuera del área de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, pero han sabido ayudar para la vinculación de ellas estableciendo campos conjuntos de trabajo y crear propuestas generalizadas que sirvan de guía para ser aplicadas.

Durante cada una de las fases, se han establecido pautas generales y necesidades de conocimiento para la obtención de los resultados adecuados y aplicables a los siguientes pasos del estudio. De esta forma, se han podido fijar diferentes áreas de interés tanto en la documentación histórica como en el estudio de las diferentes técnicas tradicionales y de los avances surgidos en diferentes restauraciones, aportando datos relevantes y de interés para guiarnos en el estudio realizado. Hay que tener en cuenta las limitaciones a las cuales nos enfrentamos, ya que las pinturas han sufrido muchos trastornos y no se pueden hacer unas pruebas contundentes previas con ellas ya que podríamos llegar a perderlas irremediabilmente. Por lo tanto, se ha intentado realizar una vinculación documental, de clara relevancia e importancia conservativa, con los estudios oportunos para no llegar a la pérdida material irremplazable, siendo esto una de las mayores ventajas de esta aplicación metodológica dado que el bien no ha sufrido ninguna modificación, quedando intacto para futuras intervenciones.

Se ha estipulado un oportuno acercamiento inicial donde se han relacionado diversas disciplinas, planteándose una hipótesis inicial e identificando recursos además de instrumentos de análisis. Ese inicial acercamiento nos ha conducido hacia la elaboración de la metodología de investigación ya mencionada donde se han

desarrollado una serie de fases de estudio, como se ha podido comprobar en la redacción de los distintos capítulos de esta Tesis, posteriormente pudiendo relacionarlos entre sí. Con dicha relación se ha pretendido aportar el mayor rigor posible a la investigación y al desarrollo de la metodología aplicable al estudio de las pinturas arrancadas. Al mismo tiempo, como ya se ha comentado anteriormente, ha de tenerse en cuenta que la metodología de análisis de los diferentes parámetros llevados a cabo no planteaba la utilización de la pintura real para evitar su destrucción, por lo tanto, esto siempre supondrá una menor cantidad de información suponiendo ciertas limitaciones al análisis, pero también se han encontrado beneficios notables en cuanto a rapidez en los resultados obtenidos en las distintas fases metodológicas.

Como podemos encontrar resumido en la Figura 53, de las distintas etapas señaladas, podemos ofrecer como documentación final del objeto de estudio la finalidad de divulgación, conservación e incluso una posible intervención futura en dichas pinturas para conseguir que brillen por su majestuosidad. Entre los datos citados de las distintas etapas abordamos el estudio de la documentación histórica, la catalogación y descripción de diferentes técnicas, y restauraciones ya realizadas en diferentes materiales para partir de una fase inicial general y aproximarnos a una particular, tratando en este sentido de conocer las diferentes técnicas utilizadas en otras disciplinas para conseguir los mejores resultados en nuestra futura intervención con unas garantías ya notorias.

ESTRUCTURA METODOLÓGICA

Obtener los datos englobando de una forma dinámica los diversos aspectos de diferentes áreas adyacentes

PRIMEROS ACERCAMIENTOS

1. Relación entre las diferentes disciplinas de estudio

2. Planteamiento inicial de la hipótesis

3. Identificación de los recursos e instrumentos necesarios para el análisis

PROCESO GENERAL DE ESTUDIO

1. Elaboración del proyecto de estudio

2. Desarrollo de las fases de estudio

3. Comparación, según las áreas, de los resultados obtenidos

INSTRUMENTOS

1. Estudio histórico por medio de documentación de restauraciones realizadas con materiales compuestos

2. Estudio técnico
- ensayos de tracción
- análisis de metalografía
- microscopía óptica
- digestión de las fibras y las resinas

3. Comparación, según las áreas, de los resultados obtenidos

DOCUMENTACIÓN FINAL

1. Documentación del objeto de estudio
- divulgación
- conservación
- intervención

2. Identificación de los riesgos posibles: control en el estado de conservación

Figura 55. Estructura metodológica general el estudio histórico, técnico y práctico realizado.

En conclusión, un campo tan amplio como en el que nos encontramos, con un estudio tanto de pinturas murales como de diferentes procedimientos para su conservación y restauración, deben incluir distintas perspectivas disciplinares para enriquecer de forma siempre conjunta y con criterio los resultados que se puedan obtener, pudiéndose así pronosticar un rendimiento mayor en las investigaciones realizadas, ya que si por el contrario individualizamos las áreas, a los datos obtenidos les faltarían relaciones entre ellos. Así que, siempre que se tome como base la documentación necesaria y se añada los instrumentos y las pautas metodológicas aplicables de las distintas disciplinas, conseguiremos una visión completa del bien y una mejora de los resultados.

2. Sobre la aplicación de la imagen como medio de conservación y conocimiento de los bienes culturales.

Para el estudio de los bienes culturales, en concreto el del patrimonio pictórico, se suele contar con un corpus documental más o menos extenso en el que fundamentar sus investigaciones. El análisis de diferentes artículos nos han aportado diversos datos cronológicos que corroboran y establecen periodos de intervenciones de cierta importancia para la Iglesia de los Santos Juanes, enriqueciendo de esta forma nuestro discurso al relacionar documentación gráfica histórica con los procesos de intervención previos estudiados y redactados en las diferentes referencias escritas que se pueden encontrar en esta Tesis. Por tanto, esta relación nos ha permitido establecer una vinculación entre las intervenciones realizadas con anterioridad, la intervención previa, la investigación actual y la conservación y restauración futura al ampliar el conocimiento sobre el bien cultural referido.

Entendiendo la importancia histórica de la Iglesia de los Santos Juanes, hemos encontrado gran cantidad de información de diversos fondos e, incluso, tesis realizadas para su futura restauración. A pesar de realizar una amplia labor de búsqueda y registro de esta documentación, nos hemos tenido que enfrentar a

diferentes limitaciones en cuanto a la práctica de los resultados obtenidos en la propia obra para evitar su posible destrucción total.

En conclusión, se ha pretendido mostrar el valor de toda la documentación conseguida de cara a un mejor conocimiento y conservación de nuestro patrimonio, encontrando como problemática actual la guerra acaecida y los conflictos de diversa índole que han llegado a provocar la destrucción de singulares ejemplos del patrimonio valenciano, haciéndonos más sensibles sobre la necesidad de documentación más profunda de los mismos.

3. Relación histórica, gráfica y material de los datos.

El estudio llevado a cabo para observar la evolución de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia ha ayudado a establecer una labor comparativa necesaria de todos los datos aportados por cada uno de los diferentes enfoques metodológicos aplicados, realizándose así una relación horizontal que sea tenido en cuenta a lo largo de toda la investigación para servir de medio de unificación general.

La realización de dicho proyecto supuso buscar guías de restauraciones ya realizadas para poder realizar una comparativa de los materiales utilizados para las diferentes problemáticas a las que nos podíamos enfrentar. A lo largo del proyecto de estudio pudimos encontrar diferentes etapas pictóricas que lo caracterizan, pero todas ellas localizadas dentro de la llamada reforma barroca. Durante la Guerra Civil Española encontramos una gran destrucción interna debida a los incendios acaecidos el 19 de julio de 1936 que marcarían significativamente la evolución constructiva del edificio al causar notables destrucciones internas en diversos elementos que la caracterizaban, incluyendo las grandes pinturas murales de la nave central.

Durante los siguientes años, se intentó cifrar la gran pérdida producida por los incendios además de intentar devolverle el esplendor a la Iglesia, cosa que a día de hoy

aún no se ha podido terminar de conseguir, realizándose posiblemente más daño aún a las pinturas de la grandiosa bóveda al ser arrancadas por medio de la técnica del *strappo* para su restauración, perdiéndose muchas de ellas.

La Iglesia de los Santos Juanes presenta una gran complejidad que nos empuja a la necesidad de valorar no solo el conjunto escultórico, ornamental y pictórico del edificio sino también la necesidad de valorar también la parte arquitectónica como un conjunto de todo ello.

Por tanto, a lo largo de este estudio se han podido relacionar las diferentes intervenciones realizadas en los distintos periodos que han ido variando según la necesidad y el saber de la edificación. Considerando que ha sido una Iglesia en uso desde su construcción, se han realizado siempre una serie de intervenciones necesarias para su mantenimiento, sin poder llegar a culminar la restauración integra que tanto necesita para poder volver a verla en su máximo esplendor.

4. Sobre el estudio de materiales indicados para la restauración de la Real Iglesia de los Santos Juanes de Valencia.

Como podemos ver en la última fase de la metodología basada en las anteriores partes para poder llevar a cabo el estudio se pretende demostrar que los muestreos de los estudios de diferentes tipos de anclajes de diferentes áreas pueden ayudarnos en nuestro fin.

Basándonos los datos recogidos en el Capítulo IV, se puede concluir de forma general que los materiales compuestos son una alternativa muy eficaz a la hora de devolver las pinturas arrancadas a su lugar de origen.

Tanto las fibras de refuerzo como la matriz nos dan todas las prestaciones necesarias, tanto en su grosor como en los diferentes valores estudiados, para estar tranquilos

ante las diferentes catástrofes a las que se puede enfrentar la obra, garantizando en un nivel muy alto su perdurabilidad.

Con lo que respecta a los materiales compuestos con fibra de vidrio y resina epoxi, realizamos 3 tipos de muestreo como material compuesto, utilizando la fibra de vidrio tafetán en una capa y en tres, la fibra de vidrio multiaxial en una capa y en tres también y por último la fibra de vidrio en mat con 4 capas. Por lo general su grosor era grande, hablando de milímetros y variando entre 0,41mm a 3,122mm. La fuerza, tensión y extensión máxima (con su desviación típica) soportada tiene unos valores medios adecuados pero en algunos puntos podemos decir que algo insuficientes según el tipo de fibra de vidrio.

Por otro lado encontramos como material compuesto la fibra aramida con resina epoxi, encontrándola en tafetán con una capa, en multiaxial con una y tres capas y en sarga con 3 capas. Su grosor varia mucho al tener una o tres capas, siendo demasiado grueso en tres capas al pasar el milímetro de grosor. Además, la fuerza, tensión y extensión máxima soportada (y su desviación típica) varían notablemente también, dando unas prestaciones muy buenas en ciertos puntos pero débiles en otros.

Finalmente nos encontramos ante el material compuesto formado por fibra de carbono y resina epoxi, encontrándolo de 0,90 tafetán de una y tres capas. Su grosor entra dentro de la media ideal para el tipo de restauración que hemos estado estudiando ya que varia entre 0,334mm y 0'840mm entre sus respectivas capas, presentando una fuerza, una tensión y una extensión máxima soportadas (y su desviación típica) muy aceptables, estando entre los parámetros necesarios para dicha restauración.

En definitiva, el estudio realizado a diferentes materiales compuestos mediante muestreo de los mismos, nos han permitido valorar positivamente sus resultados, aportando datos generales para conocer mejor sus características y establecer una comparativa entre todos ellos para poder ser utilizados en diferentes áreas según las necesidades procedentes de cada una de las partes.

5. Sobre el estudio de materiales: la fibra de carbono.

Echando la vista atrás y observando las intervenciones realizadas, se ha podido comprobar el amplio número de intervenciones acaecidas en la Iglesia estudiada. Tomando dichas intervenciones como referencia, unas más acertadas que otras obviamente, se llega a la conclusión de la necesidad de valorar todos los elementos que conforman la edificación, tanto la parte artística como arquitectónica, de manera que en un futuro se faciliten las posibilidades tanto de estudio como de restauraciones o mejoras, con la permanencia de la mayor cantidad de materiales originales.

La idea de mezclar distintas disciplinas de diferentes áreas de trabajo en la ejecución técnica constructiva, ha hecho que el estudio de dichos materiales haya sido un buen punto de partida como elemento identificador y diferenciador entre las intervenciones pasadas y futuras, estudiando, siempre en la medida de lo posible, los diferentes factores que ayudaran a realizar comparativas en distintos puntos de muestreo.

Debido a la importancia de las fibras en otras áreas de trabajo, como pueden ser los diferentes productos industriales, se consideró oportuno estudiar para nuestra área con más profundidad este recurso para ver hasta que punto sus prestaciones podían ser compatibles e incluso enriquecedoras. Como aglomerante, se eligió la resina epoxi para realizar tanto los rellenos tipo sándwich de nuestras muestras como para llegar a entender ciertas características de este componente que lo hacían compatible para nuestro trabajo.

Tras los diferentes estudios citados anteriormente y con los diferentes resultados obtenidos, nos decantamos en la utilización del material compuesto de fibra de carbono con resina epoxi. Los estudios realizados posteriormente con este compuesto se llevaron a cabo por medio de más probetas, comprobando en su elaboración su buena trabajabilidad y consistencia. En el análisis de metalografía para poder realizar la microscopía óptica, no se tuvo ningún problema en el manejo del compuesto,

obteniendo unas imágenes fascinantes y pudiendo comprobar el buen resultado obtenido durante el proceso de laminación y fabricación de los compuestos. Tras la digestión de las fibras y la resina, las diferentes muestras dieron unos resultados muy aceptables, encontrando promedios superiores en fibra al % de masa.

Se deduce, tal y como se puede comprobar el Capítulo IV del estudio de los materiales compuestos, que se puede realizar una diferenciación clara entre las diferentes fibras, ya no solo a primera vista, si no en su comportamiento. Por tanto, se puede apuntar que cada tipo de patrón en relación a las fibras pueden ser utilizadas en un ámbito concreto dando unas prestaciones específicas en cada una de ellos, pero en el proceso en el que nos centramos, la fibra de carbono junto con la resina epoxi es la mejor opción a la hora de devolver las pinturas arrancadas a la bóveda de la Iglesia de los Santos Juanes devolviendo así, por fin, toda su grandiosidad.

6. Conclusiones generales y líneas futuras de trabajo.

La hipótesis de la cual partía esta investigación se basaba en la posibilidad de realizar un análisis cronológico en los parámetros de la obra tanto pictórica, como escultórica, ornamental y arquitectónica para la realización de un proceso de restauración que le devolviera toda la fuerza y esplendor a la Iglesia de los Santos Juanes.

Al comienzo de esta investigación se estipulaba como objeto principal el estudio de diferentes metodologías tanto tradicionales como modernas para llegar a analizar la construcción y buscar el modo de su restauración. Posteriormente, empezó la investigación sobre las técnicas que se habían utilizado en restauraciones ya realizadas, encontrando en ellas el uso de diferentes fibras para distintos casos específicos, lo que nos hizo plantearnos si ese era el camino correcto y si podíamos encontrar alguna otra fibra o algún material compuesto con el que estudiar y trabajar hasta poder llegar a extraer unas conclusiones satisfactorias de todo ello, tratando de profundizar y teniendo muy presente hacía el fin al que nos encaminábamos, el de

devolver las pinturas arrancadas a su lugar de origen con las mínimas intervenciones posibles y siempre respetando las “3R” de la restauración, el reconocimiento, la reversibilidad y el respeto hacía la obra.

El objeto general en el que nos centramos fue estudiar materiales de otras disciplinas, en este caso concreto los materiales utilizados en ciertos procesos industriales, para llevarlos a nuestro campo y así ampliar los horizontes de la restauración, resultando un trabajo muy duro de abordar al ser una disciplina para la que no estábamos preparados, llegando a la conclusión que con ilusión y ganas no hay frontera entre las distintas disciplinas y que con la ayuda de grandes profesionales de cada sector todo es posible.

El segundo objeto específico de estudio se basaba en encontrar justo lo que se necesitaba para cada una de las partes de la restauración y concretamente para la recuperación de la bóveda, y tras el desarrollo de la metodología analítica realizada y con las distintas herramientas propias de las disciplinas incluidas, ha sido posible toda su realización.

De esta forma, dentro del desarrollo metodológico aplicable al estudio del conservación y restauración de bienes culturales podemos afirmar que los objetivos específicos de la investigación se han llevado a cabo de manera satisfactoria, promoviendo la unión entre distintos campos disciplinares para conseguir nuevos conocimientos de diferentes materiales y la redacción de conclusiones y recursos que sirvan como base para nuevas líneas de investigación.

7. Conclusión final.

El planteamiento por medio del que se ha abordado esta investigación demuestra la complejidad al aventurarnos en la búsqueda de nuevos materiales que nos ayuden en

nuestro preciado campo, intentando siempre realizar el menor daño posible a la obra para conservar la mayor cantidad posible de material original.

A pesar de ello, se ha demostrado las posibilidades que presenta este tipo de estudios aplicados a los bienes culturales desde las diversas disciplinas que encontramos a nuestro alrededor, consiguiendo una base gráfica de gran importancia en la elaboración de conclusiones y como apoyo para plasmar nuestros resultados.

Trabajar mediante la exploración en otros campos y materiales, estipula las distintas formas de aprendizaje y análisis, acercándonos a una percepción de estudio amplia y con mayor profundidad de las características de cada obra de arte.

Desde la prehistoria hasta hoy en día, la imagen ha tenido una capacidad divulgativa, en todas sus diferentes tipografías, siendo un medio de conocimiento universal en las diferentes disciplinas y áreas sociales que podemos encontrar, dicho esto, facilitando la conservación de nuestro patrimonio podremos mejorar su conocimiento y aprender a valorar toda su riqueza.

CAPITULO VI

BIBIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

1. Bibliografía.

- BASILE, Giuseppe; GIANDOMENICO, P. Nicola. “ *DALL’UTOPIA ALLA RELATA. NOTIZIE DALL LANTIERE DEI DIPINTI IN FRAMMENTI DELLA BASÍLICA SUPERIORE DI SAN FRANCESCO IN ASSISI*”. En Convengo Internazionale distudi 26-28 settembre 2002. Tipografía Matastasio. Assisi, 2002: IL RESTAURO DELLA VELA DI SAN GIROLAMO.
- BOSCH REIG, Ignacio. *INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO: ANÁLISIS TIPOLÓGICO Y CONSTRUCTIVO. EL CASO DE LA REAL CAPILLA DE LA VIRGEN DE LOS DESAMPARADOS DE VALENCIA*. Editorial de la UPV, I.S.B.N. 84-9705-925-5
- BURLAND, Jonh B.; JAMIOLKOWSKI, Michele B.; VIGGIANI, Carlo. Learning Tower of Pisa: Behaviour after stabilization operations. International journal of geoengineering case histories. Vol 1, ISSUE 3.
- BURLAND, Jonh B.; JAMIOLKOWSKI, Michele B.; VIGGIANI, Carlo. Under Excaving the Tower of Pisa: back to future. Geotechnical engineering journal of the SEAGS & AGSSEA. Vol 46 Nº46 Dec.2015 ISSN 0046-5828.
- BURLAND, Jonh B.; VIGGIANI, Carlo. Osservazioni sul compotamento della Torre di Pisa. Rivista Italiana di Geotecnica.
- GONZALEZ TORNEL, P. “El templo de los Santos Juanes: Renovación Barroca” en ROIG PICAZO, P. et al. (ed), *Restauración de Pintura Mural: Iglesia de los Santos Juanes*. Valencia: Servicio Publicaciones UPV, 2007.

- LOAYZA Arispe, N.L.; VETGARA DELGADO, S.N.G. Torres inclinadas: de un error a un estilo en la arquitectura. Noviembre 2011. Pontificia Universidad Católica de Perú, matemáticas aplicadas a la arquitectura.
- ROIG PICAZO, Pilar; CAMPOS GONZÁLEZ, Carlos; BERNAL NAVARRO, Juana C; REGIDOR ROS, José Luis; MARCENAC, Valeria; MADRID GARCÍA, José Antonio; VALCÁRCEL ANDRÉS, Juan C; *INTERVENCIÓN ARQUITECTÓNICA Y PICTÓRICO-ORNAMENTAL EN LA IGLESIA PARROQUIAL DE SAN NICOLÁS OBISPO Y SAN PEDRO MÁRTIR DE VALENCIA*. Edición Parroquia de San Nicolás, Valencia. I.S.B.N. 978-84-617-5628-5
- OLIVARES SANTIAGO, M., GALÁN MARÍN, C., ROA FERNÁNDEZ, J. *LOS COMPOSITES: CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES EN LA EDIFICACIÓN*. 24-IV-03. *INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN*, Vol.54, nº484, marzo-abril2003
- VENIALE, F.; SETTI, M.; LODOLA, S. Diagnostico del deterioro de la piedra en el patrimonio construido. Datos y perspectivas. *Materiales de construcción* vol. 58, 289-290, 11-32 enero-junio 2008. ISSN: 0465-2746.

1.1. Monografía

- ARCE SAINZ, F. (2009). Historia del Arte, Arqueología de la Arquitectura y el telescopio de Galileo. *Arqueología de la Arquitectura*, 6, enero-diciembre 2009.
- ARRIZZI, A. (2008) *Caracterización de morteros de cal para su aplicación en obras de restauración del patrimonio arquitectónico y en la edificación actual* [Tesis inédita de máster]. Granada: Universidad de Granada.
- ARÓSTEGUI, J. (2001). *La investigación histórica: teoría y método*. Barcelona: Editorial Crítica.

- AZKARATE GARAI-OLAUM, A. (2010). El análisis estratigráfico en la restauración del patrimonio construido. Martín Morales, C., Vega García, E. De (coords.) (2010). *Arqueología aplicada al estudio e interpretación de edificios históricos. Últimas tendencias metodológicas*. Madrid: Ministerio de Cultura.
- BELTRAMI, Cristina; BERNARDINI, Cecilia. "Il consolidamento della pellicola pittorica nei dipinti murali del XX secolo". En *Arte contemporanea. Conservazione e restauro*. Nardini Editore. Fiesole, 1994.
- BÉRCHEZ, J. *Iglesia de los Santos Juanes (o Iglesia de San Juan del Mercado)*. En Catálogo de monumentos y conjuntos de la comunidad valenciana. II (Paterna-Zucaína). Consellería de Cultura, Educación y Ciencia de la Generalitat Valenciana. Servicio de Patrimonio arquitectónico. Valencia, 1983.
- BEUTER, Pere Antoni. *PRIMERA PARTE DE LA CRONICA GENERAL DE TODA ESPAÑA Y ESPECIALMENTE DEL REYNO DE VALENCIA. DONDE SE TRATAN LOS EXTRAÑOS ACONTECIMIENTOS QUE DEL DILUVIO DE NOE HASTA LOS TIEMPOS DEL REY DON IAYME DE ARAGON, QUE GANO VALENCIA, EN ESPAÑA LE SIGUIERON: CON LAS FUNDACIONES DE LAS CIUDADES PRINCIPALES DELLA, Y LAS GUERRAS CRUELES, Y MUTACIONES DE SEÑORIOS QUE HA HAVIDO, COMO POR LAS TABLAS SE PODRA VER*. Valencia, Pedro Patricio Mey, 1604.
- BOTTICELLI, Guido. *Metodologia di restauro delle pitture murali*. Centro Di della edifimi srl. Firenze, 1992.
- BRANDI, Cesare. *Teoría de la restauración*. Alianza Forma. Madrid, 1992. Versión española de María Ángeles Toajas Roger.

- DIAGO, Fray Francisco. *ANALES DEL REYNO DE VALENCIA*. Valencia: Pedro Patricio Mey 1713.
- DÍAZ MARTOS, Arturo. *Restauración y conservación del arte pictórico*. Arte Restauro, S.A. Madrid, 1975.
- FERNÁNDEZ ARENAS, José. *Introducción a la conservación del patrimonio y técnicas artísticas*. Ariel. Barcelona, 1996.
- FERRER MORALES, Ascensión. *La pintura mural. Su soporte, conservación, restauración y las técnicas modernas*. Universidad de Sevilla. Sevilla, 1995.
- MACARRÓN MIGUEL, Ana Ma. *Historia de la Conservación y la restauración. Desde la antigüedad hasta el siglo XX*. Ed. Tecnos. Madrid, 2002.
- MIRAVETE, A. *Materiales compuestos Vol.1* ISBN:978-84-921349-8-4
- OERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Quinta edición. Editorial Reverté, S.A. Barcelona, 1991.
- ROIG PICAZO, Pilar; BOSCH REIG, Ignacio. *La iglesia de los Santos Juanes de Valencia. Proceso de intervención pictórica 1936-1990*. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, 1990.

- STUPENENGO, F. *MATERIALES Y MATERIAS PRIMAS*. Materiales compuestos, Capítulo 10
- VV.AA. *Arranque y traslado a un nuevo soporte de la pintura mural realizada por Joaquín Michavila*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia 1998.
- VV.AA. *Catálogo de obras restauradas. Centro de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Castilla y León*. Junta de Castilla y León. Consejería de Educación y Cultura. Valladolid, 1999.

1.2. Artículos en Boletines y Revistas

- ARMENGOL, Conxa; FAGES, Mireia; ROVIRA, Pere; SAMANIEGO, Silvia. "Recuperació i restauració de pintures murals a l'oli de Pere Viver", en *V Reunió Tècnica de conservació i Restauració. Museu Marítim de Barcelona 20 i 21 d'octubre de 1995*. Edita el Grup Tècnic. Associació professional dels conservadors-restauradors de Catalunya. Barcelona, 1998.
- ELIZALDE, I. "Una técnica curiosa" en *Razón y Fe. Revista mensual hispanoamericana publicada por los Padres de la Compañía de Jesús. Año 47. Tomo 135*. Madrid, 1947.
- ESCOHOTADO, Ma Teresa. "Las películas delgadas como adhesivos". En *R&R Restauración y Rehabilitación*. No 24 enero 1999. Edita Prensa Española General de Revistas, S.A. Madrid, 1999.

- GÓNZALEZ PASCUAL, Margarita. “La conservación del suelo pintado con figuras humanas más antiguo del Próximo Oriente”. En *Pátina. Escuela superior de conservación y restauración de bienes culturales de Madrid. Junio 1999. Época II no 9. Iluminación y conservación*. Madrid, 1999.
- MORALES MÉNDEZ, Enrique. Doctor Arquitecto (1994). “*Teoría y técnicas de la edificación*”. Revista de edificación. Nº 17.
- MORALES RAMÍREZ, Susana. “Finalización de la restauración del techo abovedado de la Casa de los Delfines. Realización del soporte inerte”. En *Kausis. Revista de la Escuela Taller de Restauración de pintura mural de Aragón*. No 2. Diciembre 2004. Ed. Revista de la Escuela Taller de Restauración de pintura mural de Aragón. Zaragoza, 2004.
- NOVELL i CARNÉ, Teresa. “Arrancament i traspàs de les pintures murals del carrer de Lledó”. En *Butlletí del Museu d’Art de Catalunya 6 2002*. Mnac. Barcelona, 2003.
- RANESI, R. “Arrancament i restauració de pintures murals romanes d’una domus del carrer Pere Martell de Tarragona”. En *Rescat no 9. Butlletí del Servei de Restauració de Béns Mobles*. Generalitat de Catalunya. Barcelona, 2001.

- RODRÍGUEZ SANCHO, Isabel. "Evolución de los soportes para reforzar y trasladar pinturas. Algunos ejemplos (primera parte)". En *Pátina. Escuela superior de conservación y restauración de bienes culturales de Madrid*. Junio 1995. No7. Madrid, 1995.
- RIVERA BLANCO, J. Debate e investigación. Debate y estado actual de la disciplina de la restauración arquitectónica en Italia. Octubre 2004. 074-075.
- RODRÍGUEZ SANCHO, Isabel; GARCÍA MOLINA, Ma José; RODRÍGUEZ LORITE, Miguel ángel. "Diseño y estudio de nuevos soportes traslúcidos y transparentes con aplicación en el campo pictórico y en el de la restauración". En *Pátina. Escuela superior de conservación y restauración de bienes culturales de Madrid*. Junio 1999. Época II no 9. Iluminación y conservación. Madrid, 1999.
- ROIG PICAZO, Pilar y BOSCH REIG, Ignacio. "Arranque y traslado de una pintura mural a un nuevo soporte y espacio arquitectónico. Primera parte". En *R&R Restauración y Rehabilitación*. No 21 octubre 1998. Edita Prensa Española General de Revistas, S.A. Madrid, 1998.
- ROIG PICAZO, Pilar y BOSCH REIG, Ignacio. "Arranque y traslado de una pintura mural a un nuevo soporte y espacio arquitectónico. Segunda parte". En *R&R Restauración y Rehabilitación*. No 22 noviembre 1998. Edita Prensa Española General de Revistas, S.A. Madrid, 1998.

- ROIG PICAZO, P. (1999). "Digital imaging for the Restoration of the Wall paintings in the Church of Los Santos Juanes in Valencia, Spain". En *Kermes. Art conservation Restoration*. No 34 January – April 1999. Nardini Editore. Fiesole.
- SANZ SANZ, M.M.V. "Crítica de Palomino al proyecto de representación iconográfica del pintor Vicente Guilló para la iglesia de San Juan del Mercado de Valencia". En: *Cuadernos de arte e iconografía*. Madrid: Fundación Universitaria Española, 1989, nº4.
- TONEU, M. "Prócses d'adaptació de les pintures romàniques de Sant Sadurní d'Osormort i Sant Martí del Brull en els nous suports d'alumini" En *Rescat no 12. Butlletí del Servei de Restauració de Béns Mobles*. Generalitat de Catalunya. Barcelona, 2002.

1.3. Artículos en actas de congresos

- DE LA COLINA TEJADA, Leonor; MEJÍA GARCÍA, Carlos; DE LA COLINA BOTELLO, Manuel. "Prototipo de soporte para una pintura mural al fresco". En *VIII Congrs de Conservaci de Bns Culturals. Ponncies i comunicacions. Valencia, 20, 21, 22, 23 setembre 1990*. Actas recopiladas por Pilar Roig Picazo. UPV. Conselleria de Cultura Educaci i Cincia. Valncia, 1990.
- ESCRIG MORENO, Ma Jos; PUERTES TORRENT, Consuelo. "Arranque, restauracin y reintegracin informatizada de un zcalo mural de un palacio civil islmico en Jtiva (Valencia)". En *XII Congreso de Conservacin y Restauracin de Bienes Culturales. Alicante del 28 al 31 de octubre de 1998*. Ed. Generalitat Valenciana. Conselleria de Cultura Educaci i Cincia, Direcci General de Patrimoni Artstic. Octubre 1998.

- FERNÁNDEZ GARCÍA, Guillermo; GARCÍA MOLINA, Ma José; GONZÁLEZ PASCUAL, Margarita; SANZ CRUZADO, Laura; PÉREZ MEDINA, Diana. “El legado de la Tía Sandalia: consolidación, arranque y montaje de la obra para el futuro Museo Etnográfico Local de Villacañas (Toledo). En *VIII Congrés de Conservació i Restauració de Béns Culturals. Ponències i Comunicacions. València, 20, 21, 22, 23 setembre 1990. Generaliat Valenciana*. Actas recopiladas por Pilar Roig Picazo. UPV. Conselleria de Cultura, Educació i Ciència. València, 1990.
- MONRAVAL, Magdalena; KROUGLY, Laurence. “Las pinturas murales de la Capilla de la Universitat de València. Estudi general. Proceso de arranque y salvamento (1988)”. En *VIII Congrés de Conservació i Restauració de Béns Culturals. Ponències i Comunicacions. València, 20, 21, 22, 23 setembre 1990. Generalitat Valenciana*. Actas recopiladas por Pilar Roig Picazo. UPV. Conselleria de Cultura, Educació i Ciència. València, 1990.
- MONRAVAL, Magdalena; KROUGLY, Laurence. “Las pinturas murales de la Capilla de la Universitat de València. Estudi general. Trabajo práctico de transferencia a un nuevo soporte”. En *VIII Congrés de Conservació i Restauració de Béns Culturals. Ponències i Comunicacions. València, 20, 21, 22, 23 setembre 1990. Generaliat Valenciana*. Actas recopiladas por Pilar Roig Picazo. UPV. Conselleria de Cultura, Educació i Ciència. València, 1990.
- REGIDOR ROS, J. L. - Autores 2020 (Conferencias pronunciadas entre el 24 de enero al 9 de diciembre de 2017). *LA HISTORIA DEL ARTE A TRAVÉS DE LOS MURALES VALENCIANOS*. Edita la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos, Valencia, colección cultura y patrimonio nº2. I.S.B.N. 978-84-121542-0-7

- ROIG PICAZO, P. "La iglesia de los Santos Juanes de Valencia. Proceso de intervención desde el año 1936 hasta nuestros días". En *Actas del VI congreso de Conservación de Bienes Culturales. Tarragona, 29 de mayo al 1 de junio de 1986*. Generalitat de Catalunya. Departament de Cultura. Centre de Conservació i Restauració de Béns Culturals Mobles. Barcelona, 1988.
- ROIG PICAZO, P. *La iglesia de los Santos Juanes de Valencia. Proceso de intervención Pictórica 1936-1990*. Valencia: Universitat Politècnica de València, 1990
- ROIG PICAZO, P.; BOSCH REIG, I; ALONSO, J.L.; DOMÉNECH CARBÓ, M.T.; MUÑOZ VIÑAS, S. (1994) "Aproximación al estudio de la obra de Antonio Palomino: los frescos de la bóveda de la Iglesia parroquial de los Santos Juanes de Valencia". En el libro de actas del Congreso Nacional *Madrid en el contexto de lo hispánico desde la época de los descubrimientos*". Tomo II. Departamento de historia del arte II. Facultad de Geografía e Historia (U.C.M). Madrid.
- SORIANO SANCHO, P; OSCA PONS, J.; ROIG PICAZO, P. "Análisis de la metodología de arranques parciales de pintura mural: un caso práctico". En *Libro de Actas del XIV Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Ed. Ayuntamiento de Valladolid. Volumen II. Valladolid, 2002*. Páginas 785-799.

1.4. Tesis

- ÁGUILA HIGUERO, V. *CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE HORMIGONES REFORZADOS CON FIBRAS DE: VIDRIO, CARBONO Y ARAMIDA*. Universidad Politécnica de Madrid. Trabajo Fin de Máster.
- GARCÍA CASTILLO, S. K. *ANÁLISIS DE LAMINADOS DE MATERIALES COMPUESTOS CON PRECARGA EN SU PLANO Y SOMETIDOS A IMPACTO*. Tesis Doctoral. Universidad Carlos III de Madrid.
- MARTÍNEZ BAZÁN, Ma Luisa. *Determinación de los colores existentes en la decoración al fresco, ejecutada por A. Palomino, en un fragmento de la nave central de la Iglesia de los Santos Juanes en Valencia / tesis doctoral dirigida por Pilar Roig Picazo*. Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, 1999.
- OSCA PONS, Julia. *La consolidación de pinturas murales: la obra de Palomino en Valencia / tesis doctoral dirigida por Pilar Roig Picazo*. Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, 1998.
- REGIDOR ROS, José Luís. *Estabilidad, protección y aceptación de las impresiones Ink Jet en procesos de creación y conservación de obras de arte / tesis doctoral dirigida por Pilar Roig Picazo; codirigida por Ma Luisa Martínez Bazán*. Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, 2004.

- SÁNCHEZ PONS, Mercedes. *Revisión de Técnicas y criterios en torno a la reintegración de pinturas murales al fresco. Aplicación en las pinturas murales de la bóveda de la iglesia de los Santos Juanes de Valencia.* / tesis doctoral dirigida por Ignacio Bosch Reig. Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, 2002.

- SORIANO SANCHO, M^a Pilar. *Los frescos de Palomino en la bóveda de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia: Estudio y Aplicación de un nuevo soporte.* Programa de doctorado: Conservación y Restauración del Patrimonio Histórico-Artístico. Departamento: Conservación y Restauración de Bienes Culturales.

- VALCÁRCEL ANDRÉS, Juan. *Estudio de la técnica empleada por Antonio Palomino en los frescos de la Real Basílica de la Virgen de los Desamparados de Valencia a partir de su análisis con radiación de diferentes longitudes de onda.* / tesis doctoral dirigida por Julia Osca Pons. Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, 2004.

- ZALBIDEA MUÑOZ, Antonia. *La técnica del cartonaje en Giambattista Tiepolo y sus posibles influencias en artistas españoles.* / tesis doctoral dirigida por Pilar Roig Picazo. Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, 2004.

2. Webgrafía.

- VENIALE, F. La Torre inclina de Pisa. Estructura, materiales de construcción e intervenciones de refuerzo. Comité Internacional para la salvaguarda de la Torre de Pisa. Dpto.. de Ciencias de la Tierra. Universidad de Pavia. Fecha de recepción: 9-10-99. fecha de aceptación: 24-01-00.
<http://matercontrucc.resvista.csic.es>
- www.arketipomagazine.it Architetture del fare, "Il restauro della Torre di Pisa"
- www.torrepisa.com/torre-di-pisa/ "la Torre che pende che pende che ma verrà giù" così recita un motivetto storico pisano... ma será vero? (página oficial)
- PÉREZ PUCHE, F. *Cronología general de la Guerra Civil Española (1936-1939)*. [Consulta: 10 de mayo de 2017] disponible en [:https://www.valenica.es/ayuntamiento/publicaciones.nsf/page/7](https://www.valenica.es/ayuntamiento/publicaciones.nsf/page/7)
- http://www.international.icomos.org/charters/wallpaintings_sp.htm
- <http://www.hilti.es>
- <http://www.ediltec.es>.
- <http://www.poliuretanos.com>.
- <http://www.grudem.es>.
- <http://www.anape.es>
- <http://www.maderuelo.com>
- <http://www.romanicoaragones.com>
- <http://www.diariodelaltoaragon.es>

- <http://www.museoprado.mcu.es>
- <http://www.imageserver.library.unr.edu>
- <http://www.getty.edu>
- <http://www.ehu.es>
- <http://carloerbareagenti.com>
- <http://www.spheretex.com>

CAPITULO VII

ANEXOS

CAPÍTULO VII. ANEXOS

1. Introducción.

Las imágenes que aquí se muestran, se enmarcan dentro de las pruebas realizadas a las fibras estudiadas en el capítulo IV para la conservación y restauración de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia, con el objetivo de dejar claro todos los procedimientos realizados y los resultados totales obtenidos.

2. Práctica 1: CORTE DE TELAS.

2.1. Fibra de vidrio matt.

2.2. Fibra de vidrio multiaxial.

2.3. Fibra de carbono.

2.4. Fibra de aramida - vidrio 30/70 multiaxial.

2.5. Fibra de vidrio tafetán.

2.6. Fibra de aramida sarga.

2.7. Todas las fibras cortadas.

3. Práctica 2: PROCESO LAMINADO.

3.1. Productos.

3.1.1. Catalizador, resina y cera.

3.2. Proceso.

3.3. Levantado de laminados.

3.4. Corte.

4. Práctica 3: PRUEBAS DE TRACCIÓN.

4.1. Proceso.

4.2. Resultados.

4.2.1. Vidrio Tafetán 1 capa.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	VT_1_01_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1010.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
BBAA01	—	—	—	1065,56

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
BBAA01	98,9443	0,50796	53,8190	1,04013

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
BBAA01	–0,0592	0,29928	283118	–0,0927

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	VT_01_02_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1019.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
BBAA02	-. -	-. -	-. -	1396,97

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
BBAA02	138,343	0,81412	482,178	1,68187

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
BBAA02	-0,1454	0,55295	433383	-0,3043

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	VT_01_03_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1022.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
BBAA03	-. -	-. -	-. -	1300,27

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
BBAA03	123,273	0,64187	53,5806	1,30879

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
BBAA03	-0,2012	0,51165	68549,9	-0,1116

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	VT_01_04_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1025.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
BBAA04	--	--	--	1339,25

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
BBAA04	125,122	0,73396	63,4352	1,50805

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
BBAA04	0,33200	0,52861	625889	0,00200

4.2.2. Aramida 0,90 Tafetán 1 capa.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	AT90_1-05 TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1029.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
K90_05	–	–	–	2110,70

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
K90_05	179,600	1,04375	694,243	2,14918

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
K90_05	–0,1974	0,83584	448486	–0,3312

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	AT90_1-05-2 2_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1139. xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
K90_05-2	12891,4	1913,33	162,805	2792,79

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(%/Max) 50	Nivel(%/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
K90_05-2	237,638	0,96987	260,814	1,97925

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(%/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
K90_05-2	-0,1209	1,41426	304077	-0,2432

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	AT90_1-06_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1035.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
K90_06	-.-	-.-	-.-	2510,31

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
K90_06	181,134	1,05678	94,0800	2,17392

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
K90_06	-0,4054	1,16436	585759	0,02328

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	AT90_1-06-2 2_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1149. xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
K90_06-2	9324,67	2556,59	184,473	3119,31

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(%/Max) 50	Nivel(%/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
K90_06-2	225,077	1,13250	590,340	2,32214

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(%/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
K90_06-2	-0,2923	1,95874	98125,1	-0,2474

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	AT90_1-07_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1151.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
K90_07	10742,3	1559,73	130,319	2857,65

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
K90_07	238,764	0,70671	128,079	1,44118

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
K90_07	0,36676	1,55462	25609,8	0,16721

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	AT90_1-08_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1155.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
K90_08	13518,4	875,998	77,4356	2534,10

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
K90_08	224,007	0,97054	875,998	1,98670

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
K90_08	-0,2177	1,06079	108011	0,59642

4.2.3. Aramida - Vidrio 0,45 Multiaxial 1 capa.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	AVM45_1_09_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1039.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
K45_09	-. -	-. -	-. -	140,508

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(%/Max) 50	Nivel(%/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
K45_09	12,8240	3,27342	65,8989	7,57459

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(%/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
K45_09	-5,4545	0,43157	37230,0	-. -

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	AVM45_1_10_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1227.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max._Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
A45_10	--	--	--	153,414

Nombre	Max._Tension	Max._Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
A45_10	13,0107	5,08193	60,0815	11,5183

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
A45_10	-10,282	0,72329	17263,1	--

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	AVM45_1_11_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1240.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
A45_11	-.-	-.-	-.-	150,108

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(%/Max) 50	Nivel(%/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
A45_11	13,8267	3,99796	75,0224	8,69187

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(%/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
A45_11	-8,4181	0,52424	18710,1	-.-

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	AVM45_1_12_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1224.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
A45_12	-. -	-. -	-. -	126,298

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
A45_12	9,79840	5,15540	63,0061	10,8567

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
A45_12	-11,739	0,55407	2631,90	-. -

4.2.4. Carbono 0,90 Tafetán 1 capa.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	CT90_1-13_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1051.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
C90_13	14928,9	508,897	61,9212	2145,37

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(%/Max) 50	Nivel(%/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
C90_13	261,043	0,37123	508,897	0,76023

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(%/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
C90_13	–.–	0,47519	619074	–.–

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	CT90_1-13-3 _TraccionConExt_100kN _BBAA_20180510_1058. xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_B BAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
C90_13-3	17941,3	382,042	46,4858	3507,57

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(%/Max) 50	Nivel(%/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
C90_13-3	426,791	0,62437	382,042	1,27071

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(%/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
C90_13-3	-.-	0,96070	2316837	-.-

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	CT90_1-14_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1158.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max._Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
C90_14	17472,2	292,285	31,9037	3289,16

Nombre	Max._Tension	Max._Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(%/Max) 50	Nivel(%/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
C90_14	359,020	0,64098	292,285	1,30866

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(%/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
C90_14	-.-	0,71307	646031	-.-

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	CT90_1-15_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1202.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max._Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
C90_15	16724,4	568,326	67,3891	3207,64

Nombre	Max._Tension	Max._Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
C90_15	380,345	0,79828	568,326	1,63060

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
C90_15	–.–	0,93130	968021	–.–

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	CT90_1-16_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1206.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max._Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
C90_16	52277,1	2098,23	273,589	3057,64

Nombre	Max._Tension	Max._Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
C90_16	398,688	0,92698	1290,48	1,89996

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
C90_16	2,84109	0,92906	1086958	0,14998

4.2.5. Vidrio 0,45 multiaxial 1 capa.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	VM45_1-17_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1516.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
VM17	—	—	—	1663,88

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
VM17	61,8292	0,43334	510,327	0,89002

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
VM17	–0,8966	0,31725	28182,0	–0,5284

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	VM45_1-17-2_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1522.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
VM17_2	-.-	-.-	-.-	3757,32

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(%/Max) 50	Nivel(%/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
VM17_2	139,621	1,17727	940,514	2,41163

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(%/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
VM17_2	-4,1934	2,39439	589909	-0,7115

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	VM45_1-18_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1534.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max._Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
VM18	-.-	-.-	-.-	3354,10

Nombre	Max._Tension	Max._Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
VM18	142,600	0,47536	258,176	0,95266

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
VM18	-4,8575	0,77960	376387	-1,1500

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	VM45_1-19_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1543.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
VM19	--	--	--	3027,76

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(%/Max) 50	Nivel(%/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
VM19	134,970	-1,7980	211,255	-3,8389

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(%/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
VM19	-3,1810	-3,1660	504509	0,10377

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	VM45_1-20_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1545.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max._Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
VM20	-.-	-.-	-.-	3168,85

Nombre	Max._Tension	Max._Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
VM20	126,739	0,73605	1017,51	1,44738

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
VM20	-2,6854	0,58886	262472	-0,2192

4.2.6. Vidrio Matt 4 capas.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	MAT_4-21_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1641.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
MAT_21	-.-	-.-	-.-	4563,57

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(%/Max) 50	Nivel(%/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
MAT_21	56,7861	0,99737	1971,25	2,10991

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(%/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
MAT_21	-0,9084	2,81481	301836	-0,2425

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	MAT_4-22_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1647.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
MAT_22	-.-	-.-	-.-	3394,56

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(%/Max) 50	Nivel(%/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
MAT_22	43,2432	0,57267	633,160	0,96268

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(%/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
MAT_22	-0,3229	0,77517	163022	-0,3523

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	MAT_4-23_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1656.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max._Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
MAT_23	-. -	-. -	-. -	4749,14

Nombre	Max._Tension	Max._Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
MAT_23	61,5849	0,88654	721,995	1,78978

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
MAT_23	-0,6370	2,24696	188671	-0,5075

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	MAT_4-24_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1704.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
MAT_24	-. -	-. -	-. -	4283,11

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
MAT_24	55,8503	0,81747	2122,94	1,64515

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
MAT_24	-0,5549	1,79512	182076	-0,1444

4.2.7. Vidrio Multiaxial 3 capas.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	VM45_3-25_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1253.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
VM_25	--	--	--	10902,9

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(%/Max) 50	Nivel(%/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
VM_25	192,911	1,28388	4306,19	2,96497

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(%/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
VM_25	-1,1390	9,89938	176764	-0,0364

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	VM45_3-26_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1300.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max._Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
VM_26	-.-	-.-	-.-	10133,4

Nombre	Max._Tension	Max._Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
VM_26	175,907	1,22627	-.-	-.-

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
VM_26	-.-	6,84991	139741	0,06322

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	VM45_3-27_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1309.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	28/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max._Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
VM_27	--	--	--	10387,1

Nombre	Max._Tension	Max._Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
VM_27	184,473	1,12250	5116,16	5,60777

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
VM_27	8,14989	16,8708	210732	0,22314

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	VM45_3-28_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1316.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max._Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
VM_28	-.-	-.-	-.-	9716,80

Nombre	Max._Tension	Max._Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
VM_28	164,938	0,99060	4852,39	3,30548

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
VM_28	8,11236	9,45723	360376	0,00764

4.2.8. Aramida Sarga 3 capas.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	AS_3-29_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1323.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
KSARGA-29	14274,8	6433,52	240,617	7287,26

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(%/Max) 50	Nivel(%/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
KSARGA-29	272,547	0,95525	1986,77	1,95386

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(%/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
KSARGA-29	0,24028	3,76974	232374	0,38072

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	AS_3-30_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1332.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
KSARGA-30	15120,8	3908,44	144,403	7248,78

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
KSARGA-30	267,816	0,82264	381,184	1,68415

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
KSARGA-30	-0,5544	3,37618	654185	0,70492

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	AS_3-31_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1335.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max._Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
KSARGA-31	15711,0	6560,82	245,199	7271,61

Nombre	Max._Tension	Max._Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
KSARGA-31	271,764	0,92913	2244,98	1,89548

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
KSARGA-31	-0,3991	3,52658	48181,0	0,34541

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	AS_3-32_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180510_1339.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	10/05/2018	Fecha de ensayo	10/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
KSARGA-32	15499,7	409,349	15,2656	7169,71

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(%/Max) 50	Nivel(%/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
KSARGA-32	267,376	3,34263	409,349	5,68955

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(%/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
KSARGA-32	-.-	-2,2834	38067,6	-.-

4.2.9. Carbono 0,90 Tafetán 3 capas.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	CT90_3-33_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1552.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
C90_3_33	6145,19	2198,16	111,509	9319,48

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(%/Max) 50	Nivel(%/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
C90_3_33	472,761	0,83884	2198,16	1,72957

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(%/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
C90_3_33	29,8843	3,74269	1271317	-48,172

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	CT90_3-34 TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1556.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
C90_3_34	38693,2	8150,88	425,123	9971,09

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
C90_3_34	520,059	1,99031	3311,87	4,03495

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
C90_3_34	-43,151	3,39558	1039836	-256,08

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	CT90_3-35_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1601.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max._Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
C90_3_35	3370,30	827,265	44,6447	7947,86

Nombre	Max._Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
C90_3_35	428,919	0,16582	827,265	0,33132

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
C90_3_35	2,10206	2,34535	720137	-7,6008

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	CT90_3-36_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1606.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max._Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
C90_3_36	30639,9	136,439	6,46979	9747,54

Nombre	Max._Tension	Max._Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
C90_3_36	462,218	0,26219	3178,45	0,52797

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
C90_3_36	8,88952	0,69997	961531	43,4309

4.2.10. Vidrio Tafetán 3 capas.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	VT_3-37_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1614.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
VT3_37	3444,48	3949,99	205,297	5997,99

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(%/Max) 50	Nivel(%/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
VT3_37	311,740	3,76247	795,730	6,89788

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(%/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
VT3_37	-0,1587	12,4242	1070089	-0,0071

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	VT_3-38_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1621.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
VT3_38	5233,12	823,768	41,3164	6276,67

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
VT3_38	314,809	1,01895	823,768	1,79133

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
VT3_38	0,07010	2,92667	458174	-0,0571

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	VT_3-39_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1633.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
VT3_39	11509,2	5766,27	284,132	6345,46

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(%/Max) 50	Nivel(%/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
VT3_39	312,672	1,61037	310,946	3,25529

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(%/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
VT3_39	0,49592	4,07690	819759	0,12577

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	VT_3-40_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1635.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
VT3_40	15949,9	5725,99	267,463	6207,28

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(%/Max) 50	Nivel(%/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
VT3_40	289,944	0,96034	2288,82	1,26433

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(%/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
VT3_40	-0,3000	1,24305	610650	0,15678

4.2.11. Aramida multiaxial 3 capas.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	AVM45_3-41_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1711.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max._Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
KM3_41	-.-	-.-	-.-	3615,11

Nombre	Max._Tension	Max._Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(%/Max) 50	Nivel(%/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
KM3_41	97,4268	0,61007	871,070	1,20057

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(%/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
KM3_41	-0,8363	1,18212	379408	1,43300

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	AVM45_3-42_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1716.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max._Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
KM3_42	-.-	-.-	-.-	2994,65

Nombre	Max._Tension	Max._Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
KM3_42	83,1205	0,46062	1211,83	0,64083

Nombre	Rotura_Achura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
KM3_42	-0,7763	0,39734	256472	-1,4378

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	AVM45_3-43_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1722.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
KM3_43	-.-	-.-	-.-	3170,00

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
KM3_43	86,5088	0,70767	607,316	2,00854

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
KM3_43	-1,6156	2,24750	234210	-4,4635

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	AVM45_3-44_TraccionConExt_100kN_BBAA_20180516_1727.xtak	Nombre de metodo de ensayo	TraccionConExt_100kN_BBAA.xmak
Fecha de informe	16/05/2018	Fecha de ensayo	16/05/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	2mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	M.Elastico	LE1_Fuerza	LE1_Tension	Max_Fuerza
Parametros	Tension 100 – 200 N/mm2	0,2 %	0,2 %	Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N/mm2	N
KM3_44	-.-	-.-	-.-	3371,68

Nombre	Max_Tension	Max_Ext.1	Rotura_Fuerza	Rotura_Ext.1 (Deformacion)
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Nivel(€/Max) 50	Nivel(€/Max) 50
Unidad	N/mm2	mm	N	%
KM3_44	96,6093	0,82867	1484,89	1,68126

Nombre	Rotura_Anchura1 (Deformacion)	Energia1	Max.	I.Poisson
Parametros	Nivel(€/Max) 50	Calc. at Entire Areas	2 Puntos	Tension 10 – 20 N/mm2
Unidad	%	J	N/mm2	
KM3_44	-1,2326	1,82482	258215	-0,9328

5. Práctica 4: ANÁLISIS MICROESTRUCTURAL.

5.1. Proceso.

5.2. Imágenes análisis.

5.2.1. Vidrio Tafetán 1 capa.

5.2.2. Carbono 0,90 Tafetán 3 capas.

5.2.3. Carbono 0,90 Tafetán 1 capa.

5.2.4. Aramida - Vidrio 0,45 Multiaxial 1 capa.

5.2.5. Aramida 0,90 Tafetán 1 capa.

5.2.6. Aramida - Vidrio 0,45 Multiaxial 3 capas.

5.2.7. Aramida Sarga 3 capas.

5.2.8. Vidrio Matt 4 capas.

5.2.9. Vidrio 0,45 multiaxial 1 capa.

5.2.10. Vidrio 0,45 Multiaxial 3 capas.

5.2.11. Vidrio Tafetán 3 capas.

6. Práctica 5: DIGESTIÓN DE LAS FIBRAS Y RESINA.

6.1. Proceso.