ABRIR TOMO I

"NUEVOS SOPORTES RIGIDOS CON FINES ARTISTICOS"

TOMO II

Tesis Doctoral realizada por **Isabel Rodríguez Sancho** y dirigida por el profesor **Dr. Manuel Huertas Torrejón**

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE BELLAS ARTES
DEPARTAMENTO DE PINTURA

Madrid, 1994

INDICE

TOMO II

PARTE IV: DISEÑO Y EXPERIMENTACION DE LOS NUEVOS SOPORTES

8. DISEÑO Y CONFIGURACION DE LOS NUEVOS SOPORTES 255

8.1. Propuesta y objetivo 255

8.2. Estructura general de los nuevos soportes 257

8.3. Capas o estratos constitutivos de los nuevos soportes 259

8.3.1. Capa Base 259

8.3.1.1. Descripción 259
8.3.1.2. Características 259
8.3.1.3. Tipos 260

8.3.1.3.1. Capa base cerrada en "sandwich" 260
8.3.1.3.2. Capa base abierta 269

8.3.1.4. Versatilidad de la capa base 275
8.3.1.5. Posibilidades de adecuación de la capa base a los distintos procedimientos y técnicas pictóricas 278

8.3.2. Capa receptora 281

8.3.2.1. Descripción 281
8.3.2.1. Características 281
8.3.2.3. Tipos 282

8.3.2.3.1. Capa receptora celulósica 282
8.3.2.3.2. Capa receptora plástica (artificial o sintética) 283
8.3.2.3.3. Capa receptora metálica 284

8.3.2.4. Posibilidades de adecuación de la capa receptora a las distintas preparaciones 285

8.3.3. Capa de Intervención 291

8.3.3.3.1. Capa de intervención física 295
8.3.3.3.2. Capa de intervención química 296
8.3.3.3.3. Capa de intervención físico-química 299

8.3.4. Adhesivos 300

8.3.4.1. Cualidades de los adhesivos empleados 300
8.3.4.2. Tipos 303

8.3.4.2.1. Adhesivos termoplásticos 303
8.3.4.2.2. Adhesivos termoestables 304

8.4. Criterios generales en la elección de los materiales constitutivos de los nuevos soportes 305

8.4.1. Consideraciones ambientales 306

8.4.2. Consideraciones estructurales 309

8.4.3. Consideraciones estéticas 311

8.4.4. Consideraciones de seguridad e higiene 312

8.4.5. Consideraciones económicas 313

9. REALIZACION DE LOS SOPORTES: LA CAPA BASE COMO PUNTO DE PARTIDA 315

Serie A.1: Maquetas correspondientes a la capa base cerrada en "sandwich" simétrico con núcleo de espuma rígida 317

Serie A.2: Maquetas correspondientes a la capa base cerrada en "sandwich" simétrico con núcleo alveolar 351

Serie A.3: Maquetas correspondientes a la capa base cerrada en "sandwich" asimétrico con núcleo de espuma rígida 374

Serie B.1: Maquetas correspondientes a la capa base abierta armada..... 391

Serie B.2: Maquetas correspondientes a la capa base abierta moldeada 402

10. CONTRASTACION ANALITICA 416

10.1. UN REQUISITO PREVIO: LA METODOLOGIA EMPLEADA 418

10.2. ENSAYOS SOBRE LA CAPA BASE 424

10.2.1. Ensayo sobre el comportamiento de la capa base sometida a la acción degradante de la humedad y temperatura en una Cámara de Niebla Salina. Estudio de su deformación estructural 424

10.2.1. Cálculo del espesor del soporte para una longitud dada para evitar su deformación estructural con el paso del tiempo o en el almacenaje 490

10.3. ENSAYOS SOBRE LA CAPA DE INTERVENCION 493

10.3.1. Ensayos sobre la capa de intervención física 493

10.3.1.1. Ensayo para determinar el comportamiento del corcho frente a la acción de diversos agentes químicos líquidos 493

10.3.1.2. Resistencia del corcho frente a posibles agresiones pictóricas 507

10.3.1.3. Reversibilidad del corcho como capa de intervención física 511

10.3.2. Ensayos sobre la capa de intervención química 514

10.3.2.1. Comportamiento del Primal AC33 como capa de intervención química 514

10.4. ENSAYO SOBRE LAS DISTINTAS CAPAS DEL SOPORTE (RECEPTORA DE INTERVENCION Y BASE) CON LA CAPA PICTORICA 530

10.4.1. Ensayo sobre el comportamiento de las distintas capas del soporte y la capa pictórica ante la acción degradante de la temperatura y la radiación ultravioleta en una Cámara de Envejecimiento Artificial Acelerado 530

10.4.2. Ensayo de la resistencia a la radiación ultravioleta de los soportes transparentes y traslúcidos 589

CONCLUSIONES 615

APENDICES

A. REPERTORIO DE LOS PRINCIPALES MATERIALES EMPLEADOS EN LOS NUEVOS SOPORTES 648

B. DIRECTORIO DE LAS CASAS COMERCIALES CONSULTADAS 705

BIBLIOGRAFIA 712

BIBLIOTECAS CONSULTADAS 759

INDICE DE FIGURAS 761

INDICE FOTOGRAFICO 771

8. DISEÑO Y CONFIGURACION DE LOS NUEVOS SOPORTES

> **"La técnica ofrece unas posibilidades de creación artística imponentes. Me parece apasionante que el artista moderno pueda disponer de instrumentos de alta tecnología que encierran grandes posibilidades de expresión. Mi ilusión es poder llevar las cosas al límite. Imagínese, por ejemplo, el día no tan lejano en que las esculturas puedan flotar por el espacio..."**
>
> **Joaquín Vaquero Turcios** [158]

8.1. PROPUESTA Y OBJETIVO

Como ya indicamos anteriormente, el objetivo de este trabajo es ofrecer una alternativa a los soportes rígidos que hoy ofrece el mercado porque en su mayor parte adolecen de calidad. Para ello, hemos diseñado otros nuevos aprovechando la gran oferta de materiales sintéticos y tecnologías existentes con el propósito de sincronizar las exigencias del artista y el ámbito comercial al que se dirige una obra (con el fin de que el comprador realice una inversión segura al adquirir una obra virtualmente estable en el tiempo).

Los soportes rígidos mas comúnmente empleados en la actualidad (aglomerados, cartones, contrachapados, etc.)

---

158 M. de Villanueva, "Joaquín Vaquero Turcios: Sencillo y Monumental", Telva, Nº613, 1990, p.86.

muchas veces no cumplen estos requisitos: no tienen una garantía de perdurabilidad y, lo que es más importante, no están coherentemente relacionados con los procedimientos pictóricos que hoy se utilizan. Por ejemplo, una pintura realizada con emulsiones acrílicas o vinílicas ¿no estaría más coherentemente relacionada con un soporte también sintético?.

Con lo expuesto queremos enfatizar la necesidad de ampliar abanico de los soportes rígidos que hoy se comercializan, posibilitando con ello al pintor el poder elegir nuevos soportes dónde realizar su creación.

Los nuevos soportes rígido-inertes deben cumplir los siguientes requisitos esenciales:

a) Estabilidad en el tiempo. Los soportes han de tener una garantía de permanencia (integridad física) y cumplir la función para la que han sido destinados (sustentar la pintura).

b) Constituir una base adecuada a las distintas técnicas pictóricas.

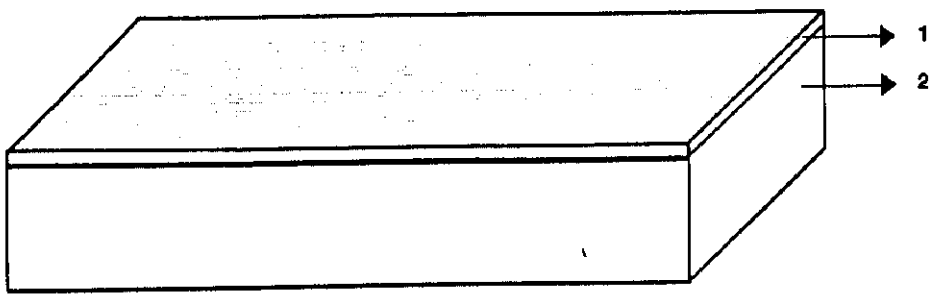
c) Ser razonablemente fáciles de construir y tener un precio moderado.

Los soportes que se proponen poseen una cualidad opcional añadida: la posibilidad de ser "reversibles" (en el sentido de "re-tratables") de manera no traumática. Como veremos, esta característica ofrece la ventaja de poder modificar el soporte durante su realización o en una posible intervención posterior sin que el elemento sustentado (capa pictórica) sufra alteración alguna.

8.2. ESTRUCTURA GENERAL DE LOS NUEVOS SOPORTES

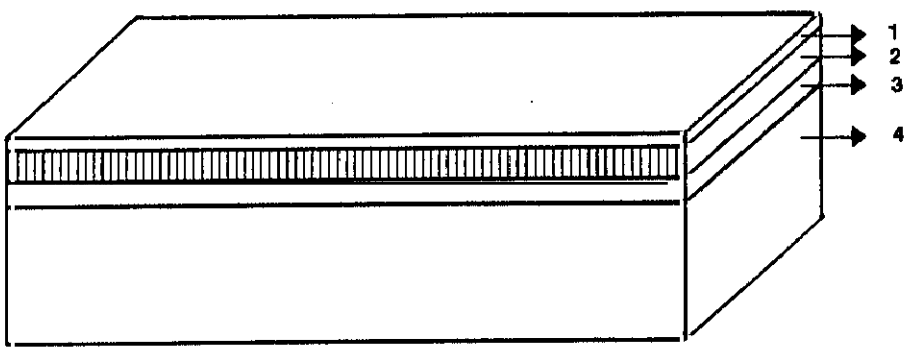
En su totalidad, los soportes presentan una estructura "multicapa" o de "multicomponentes", resultado de la combinación de diversos elementos.

Partiendo de este diseño "multicapa", todos los soportes tienen en común un estrato que hemos denominado CAPA BASE. En unos, esta capa base recibe directamente la capa pictórica (fig.61). En otros, la estructura base se completa con otros estratos (capa de intervención y capa receptora de la pintura) que conferirán determinadas características al soporte (fig.62).



1. CAPA PICTORICA
2. CAPA BASE

Fig.61. Ejemplo de capa base como elemento sustentador de la capa pictórica. En este caso, la capa base funciona directamente como soporte.



1. CAPA PICTORICA
2. CAPA RECEPTORA
3. CAPA DE INTERVENCION
4. CAPA BASE

Fig.62. Ejemplo de capa base a la que se le han añadido otros estratos (capa receptora y capa de intervención) que en su conjunto constituirán el soporte de la obra.

8.3. CAPAS O ESTRATOS CONSTITUTIVOS DE LOS NUEVOS SOPORTES

8.3.1. CAPA BASE

8.3.1.1. Descripción

La capa base es el estrato que proporciona rigidez y consistencia a la obra. En su fabricación hemos usado materiales sintéticos muy livianos, de elevada estabilidad y resistencia a los agentes degradantes. Como veremos, se trata de estructuras tipo "sandwich" (cuyo diseño es parecido al de los paneles tipo "sandwich" industriales), o planchas de fibras reforzadas por resinas y armazones de diversa configuración.

Como ya se ha indicado, esta capa es el punto de partida de todos los soportes diseñados independientemente del tipo de configuración elegido o de los materiales empleados.

8.3.1.2. Características

Esquemáticamente podemos afirmar que las características esenciales de la capa base son las siguientes:

a) Confiere estabilidad al sistema al no presentar movimientos de contracción y dilatación significativos.

b) Presenta una buena resistencia físico - química - estructural.

c) Tiene buena relación de espesor - peso - rigidez.

d) Absorbe golpes y es aislante térmico y acústico.

e) Presenta la posibilidad de crear obras de grandes dimensiones y de adaptarse fácilmente a formas determinadas y complejas.

8.3.1.3. Tipos

Hemos diseñado dos tipos de capa base: CERRADA EN "SANDWICH" y ABIERTA.

8.3.1.3.1. Capa base cerrada en "sandwich"

La capa base cerrada en "sandwich" está formada por dos láminas externas que cubren a un estrato central de material denso y ligero.

La denominación "capa base cerrada" obedece a que su aspecto exterior es similar al de una caja herméticamente sellada.

El calificativo "cerrada en sandwich" se debe a que tiene una estructura en "sandwich" semejante a la de los paneles tipo "sandwich" industriales.

Dependiendo de que sus caras externas sean iguales o distintas, la capa base cerrada en "sandwich" puede ser simétrica o asimétrica respectivamente (figs.63 y 64)

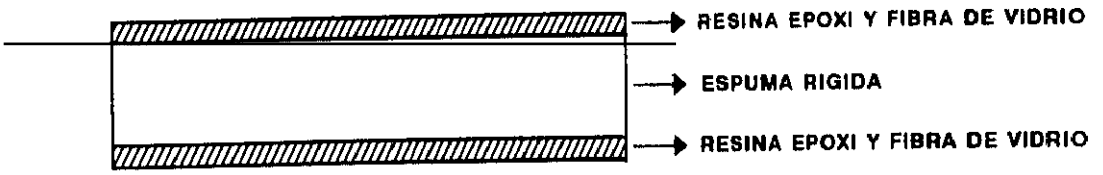


Fig.63. Ejemplo de capa base cerrada en "sandwich" simétrico.

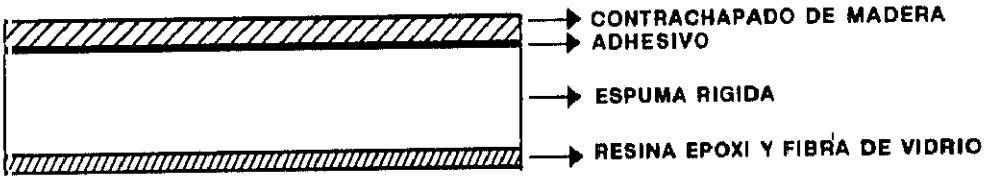


Fig.64. Ejemplo de capa base cerrada en "sandwich" asimétrico

A su vez, dependiendo del material que compone el núcleo, la capa base cerrada en "sandwich" se ha dividido en: capa base cerrada con núcleo de espuma rígida y con núcleo alveolar.

La capa base cerrada en "sandwich" con núcleo de espuma rígida[159] está constituida por paneles cuyo núcleo lo forman espumas rígidas de poliuretano, poliestireno o P.V.C. Podríamos haberla denominado "capa base rellena" porque la espuma llena enteramente el espacio comprendido entre las láminas externas del "sandwich" (fig.65).

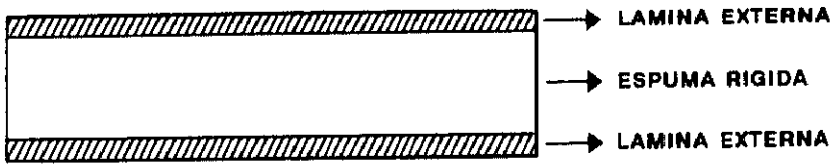


Fig.65. Esquema de capa base cerrada en "sandwich" con núcleo de espuma rígida.

La capa base cerrada en "sandwich" con núcleo alveolar está formada por paneles cuyos núcleos son celdillajes en nido de abeja, entramados metálicos, columnarios transparentes, cartones de huevos, etc. Podríamos haberla denominado "capa base hueca" porque tienen un tanto por ciento mayor de espacio abierto que de material en sí (fig.66).

---

159 Una espuma rígida es un material celular rígido definido por la Norma Española UNE 53-178-176 como: "la espuma no elástica, que una vez deformada mediante fuerza de compresión no retorna a su forma primitiva".

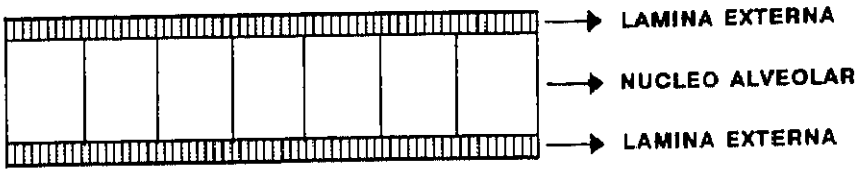


Fig.66. Esquema de capa base cerrada en "sandwich" con núcleo alveolar.

Todas las estructuras cerradas en "sandwich" a las que nos hemos referido estarían incompletas si no se sellasen herméticamente sus bordes. Para ello hemos empleado dos tipos de materiales:

a) Perfiles rígidos. Se trata de listones perimetrales de madera, PVC, aluminio, etc., que dan rigidez a la estructura al mismo tiempo que sellan sus bordes. Como veremos, es un buen sistema para rematar los "sandwich" asimétricos.

b) Masillas. Las masas empleadas han sido fundamentalmente: masillas acrílicas, de poliestireno y tixotrópicas.

Así mismo, se ha tenido en cuenta el acabado final de los "sandwich", siendo en unos rugoso (tiene la textura de la fibra y la resina) y en otros liso. Habitualmente, para obtener este acabado terso y uniforme hemos incorporado en algunas de las estructuras base un nuevo estrato que podríamos denominar capa de acondicionamiento estético compuesto, como veremos, por una resina estructural (epoxi

generalmente) a la que se le añade carbonato cálcico ligero, blanco de titanio, microesferas de vidrio, etc.

Según lo expuesto, si combinamos las láminas externas con el núcleo (independientemente del sellado de bordes o de acabado final), podemos obtener los siguientes tipos de capa base cerrada en "sandwich":

a) Capa base cerrada en "sandwich" simétrico con núcleo de espuma rígida

Se trata de una capa base en "sandwich", cuyas caras externas son iguales, y el núcleo es una espuma rígida. Su estructura general es la siguiente (fig.67):

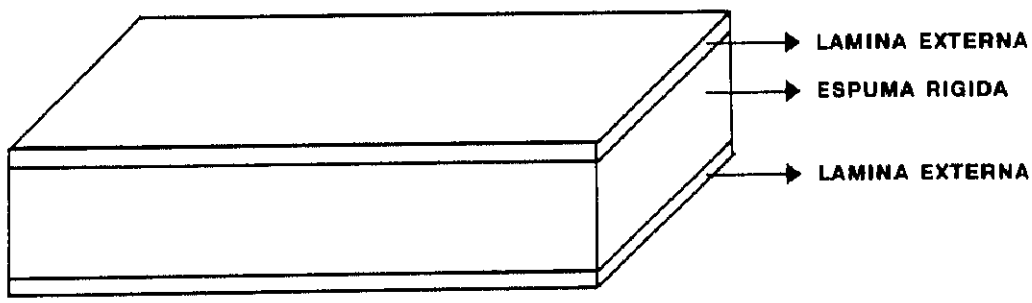


Fig.67. Esquema general de la capa base cerrada en "sandwich" simétrico (las láminas externas son iguales), con núcleo de espuma rígida.

Partiendo de esta estructura general se han diseñado una serie de prototipos cuyos puntos en común radican en que las caras externas son laminados de fibra de vidrio

(mat o tejido) y resina termoestable (epoxi o poliéster), y el núcleo es un material plástico celular. Lo que varía, sin embargo, es el tipo de espuma rígida empleada en este último (poliuretano, poliestireno y PVC).

Como veremos, este tipo de diseño tiene la ventaja de ser muy estable y económico al no necesitar el empleo de un adhesivo para unir los distintos estratos.

El esquema de los prototipos diseñados es el siguiente (fig.68):

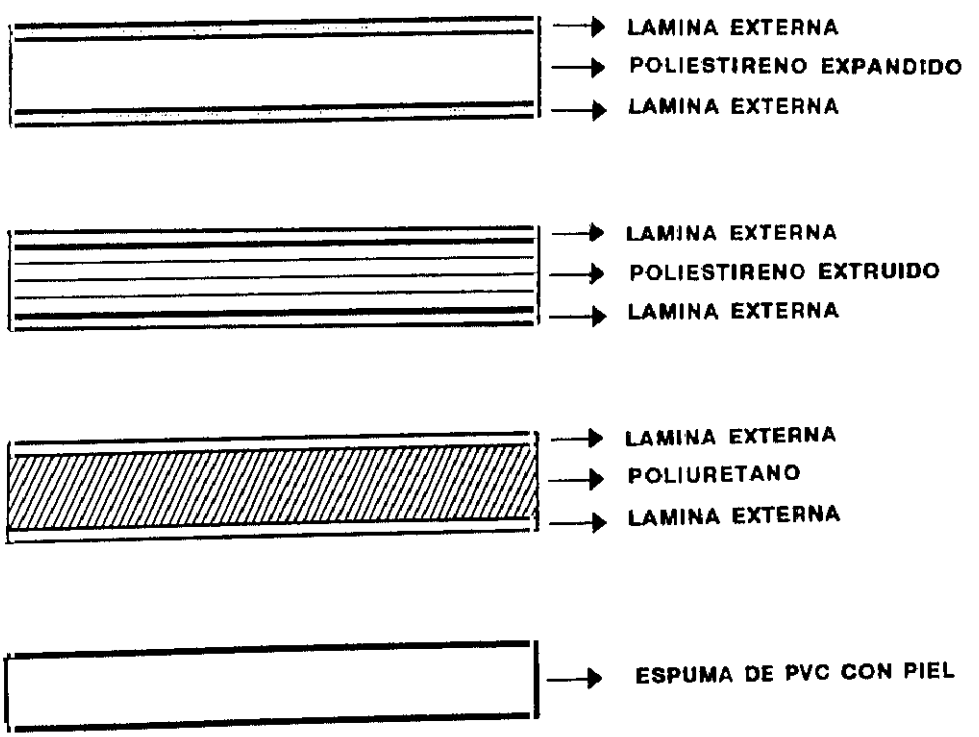


Fig.68. Prototipos de distintas capas base cerradas en "sandwich" simétrico con diferentes núcleos de espuma rígida.

b) Capa base cerrada en "sandwich" simétrico con núcleo alveolar

Se trata de una capa base con sus caras externas iguales y con núcleo alveolar. Su estructura general es la siguiente (fig.69):

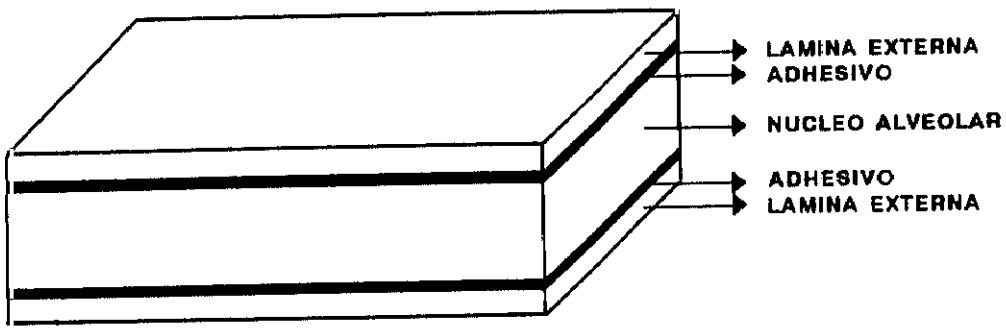


Fig.69. Esquema general de capa base cerrada en "sandwich" simétrico (caras externas iguales) con núcleo alveolar.

Partiendo de esta estructura general hemos diseñado una serie de prototipos, en los que varía tanto el tipo de núcleo alveolar (nido de abeja, entramados metálicos, cartón de huevos, etc.), como el tipo de lámina externa (fibra de vidrio y resina, metal, etc). Este tipo de diseño requiere emplear un adhesivo para unir los distintos estratos. Habitualmente hemos usado una resina termoestable (epoxi en casi todos los casos) de gran poder adhesivo porque los puntos de unión son pocos.

El esquema de los prototipos diseñados es el siguiente (fig.70):

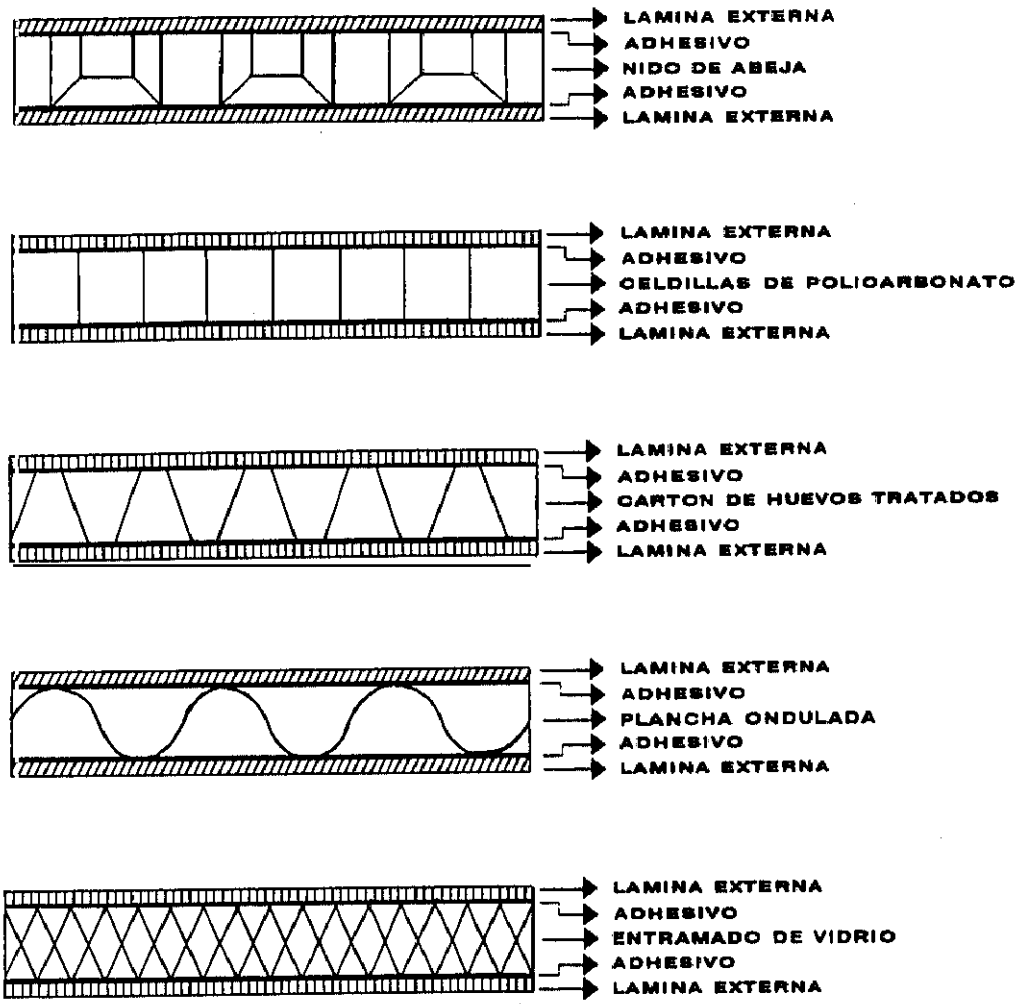


Fig.70. Prototipos de distintas capas base cerradas en "sandwich" con núcleos alveolares.

c) Capa base cerrada en "sandwich" asimétrico

Se trata de una capa base cuyas caras externas son distintas. Su estructura general es la siguiente (Fig.71)

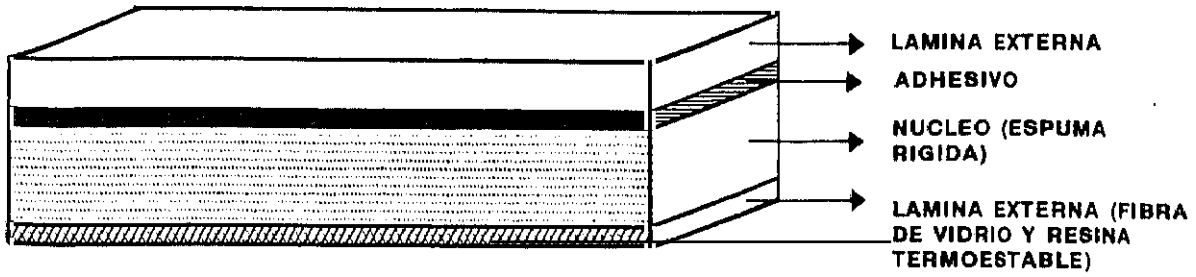
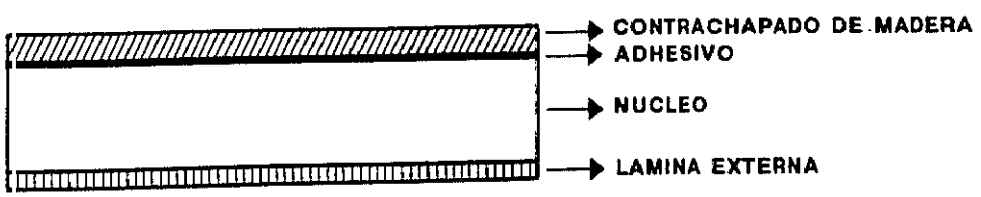


Fig.71. Esquema general de capa base cerrada en "sandwich" asimétrico.

Partiendo de esta estructura general hemos diseñado una serie de prototipos que tienen en común que su núcleo es siempre una espuma rígida (ofrece más puntos de unión que una estructura alveolar y su coste es mucho más reducido), y que su cara inferior es fibra de vidrio y resina termoestable.

Lo que varía en este diseño es la cara externa superior que puede estar formada por materiales tan diversos como madera, cartón, metales, plásticos, etc. Para adherirlos al núcleo es necesario emplear un adhesivo.

Algunos ejemplos de los prototipos diseñados son los siguientes (fig.72):



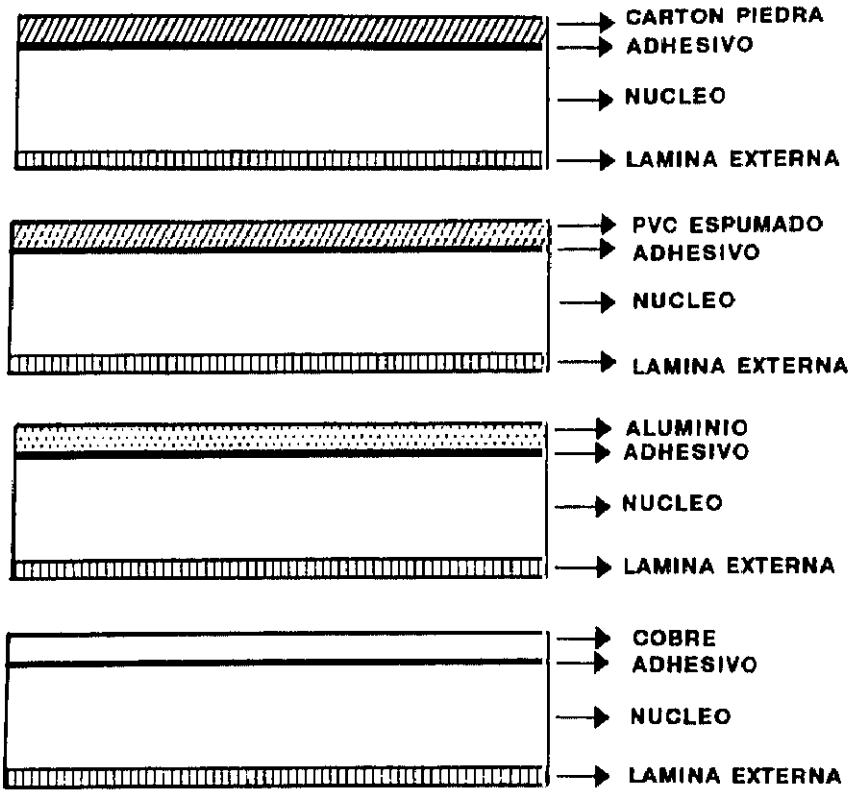


Fig.72. Prototipos de distintas capas base cerradas en "sandwich" asimétrico.

8.3.1.3.2. Capa base abierta

La capa base abierta está diseñada con un concepto que es la antítesis de la capa base cerrada en "sandwich" anterior. No se trata, por tanto de paneles laminados con un núcleo ligero, sino de paneles no cubiertos cuya estructura es tal que en sí misma confiere rigidez y estabilidad al sistema.

En su fabricación no intervienen espumas rígidas, sino que, generalmente, los materiales empleados son resinas termoestables y fibra de vidrio.

La capa base abierta puede ser de dos tipos: armada o moldeada.

a) Capa base abierta armada

En este tipo de capa base, la estabilidad del sistema la aporta un armazón externo (fig.73). Su diseño recuerda a los bastidores de madera sobre los que habitualmente se tensa una tela, y también al sistema de engatillado de muchas tablas antiguas.

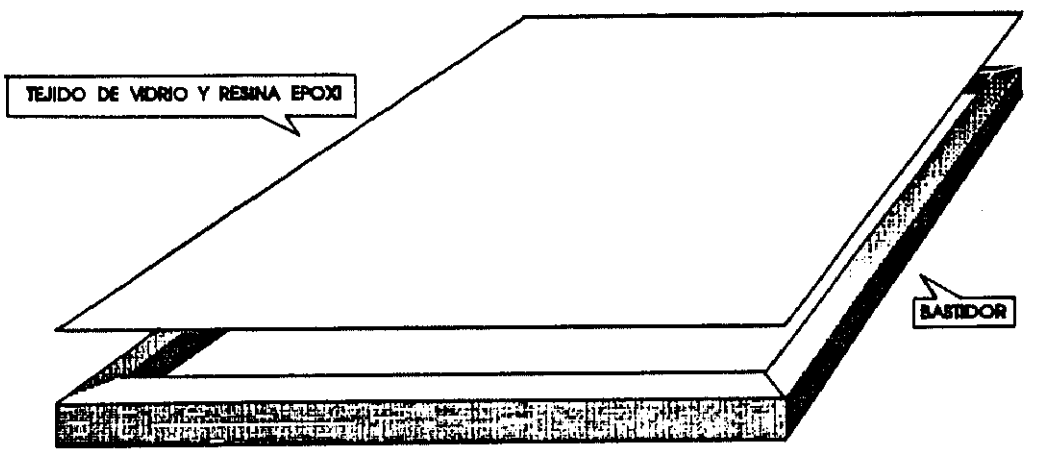


Fig.73. Esquema general de capa base abierta armada

Este tipo de capa base se presta a emplear todo tipo de materiales, siempre que estén coherentemente relacionados y que sean químicamente compatibles. La cara externa está formada habitualmente por tejidos sintéticos o láminas plásticas. El armazón se ha diseñado con elementos tales como un sencillo bastidor de madera, tubos de plástico

o metal, e incluso por estructuras industriales (por ej. fibra de vidrio y resina poliéster ondulada).

Algunos ejemplos de los prototipos diseñados son los siguientes (fig.74):

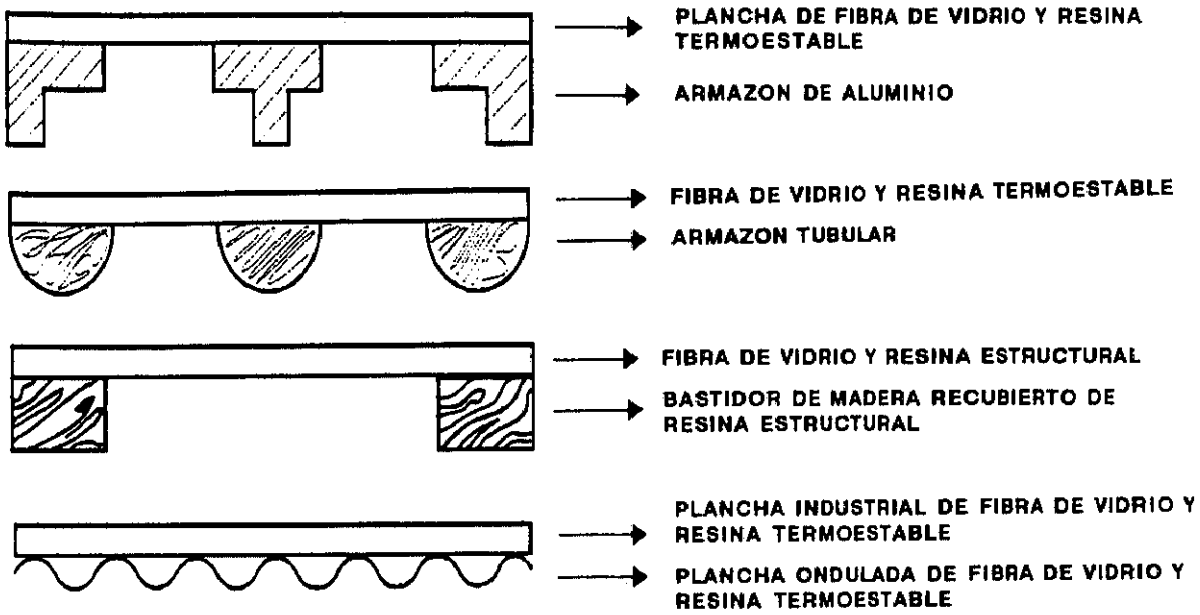


Fig.74. Prototipos de distintas capas base abiertas armadas.

b) Capa abierta moldeada

Este tipo de capa base abierta está realizado a partir de moldes que previamente hemos fabricado. Los moldes tienen un diseño ortótropo (con dos direcciones preferentes) que permite que la estructura resultante sea altamente resistente (se parece al diseño que tiene el reverso de algunas losetas, baldosas, falsos techos, etc. que se emplean en el campo de la construcción).

El proceso de realización de este tipo de capa base es similar al que se emplea para fabricar, por ejemplo, tablas de Windsurf, y consiste en realizar un molde rígido de escayola con una forma determinada, al que se van añadiendo distintas capas de fibras artificiales o sintéticas impregnadas con resinas estructurales.

A ese molde resultante, se le pega (al vacío) una lámina lisa previamente preparada bien del mismo material (fig.75) o con una plancha de otro material (por ejemplo una lámina de contrachapado de madera).

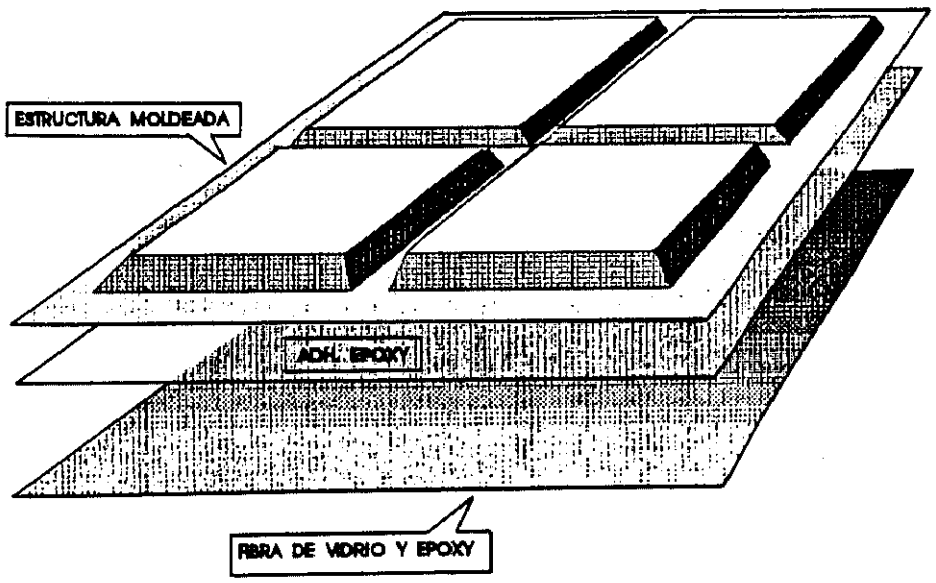
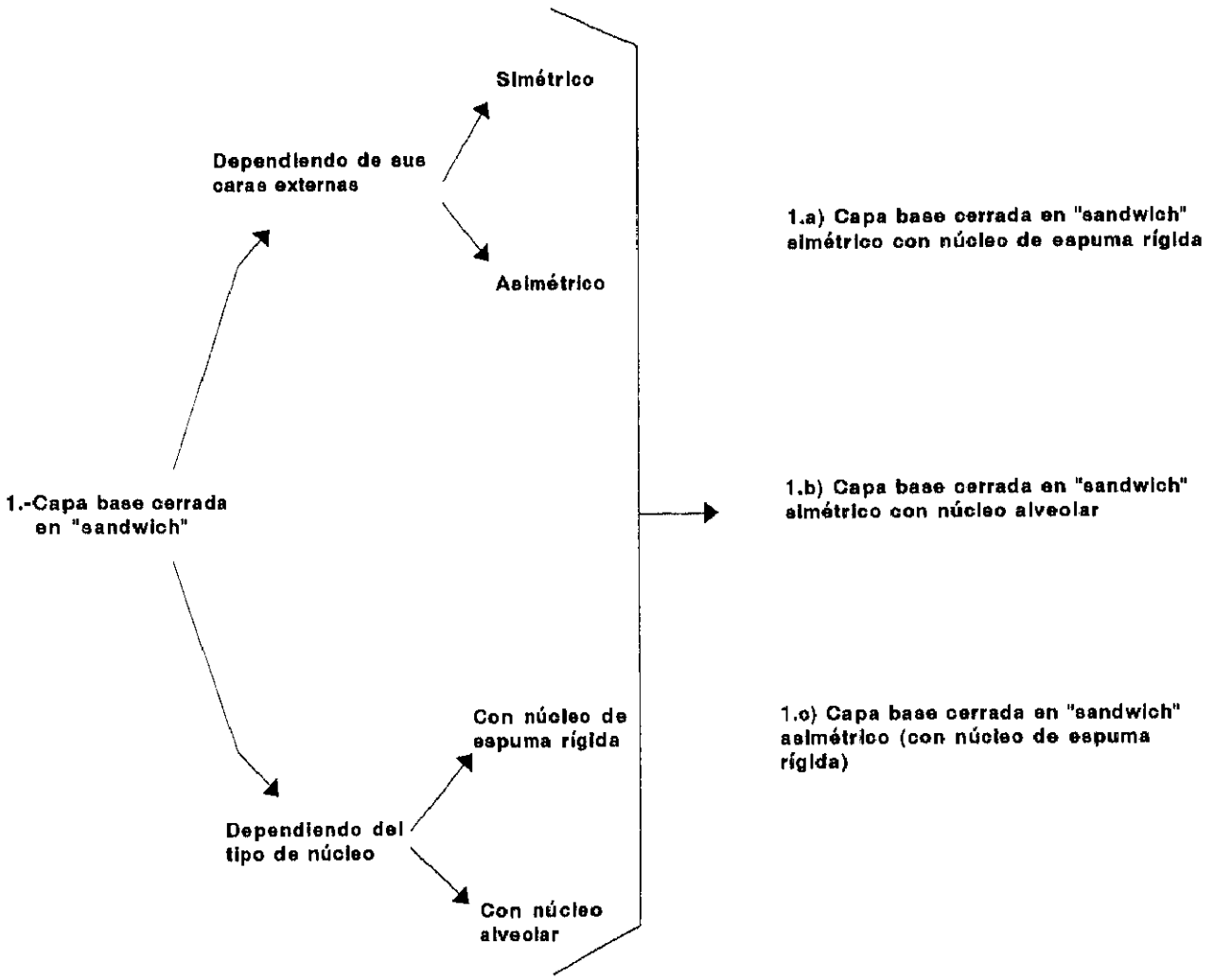


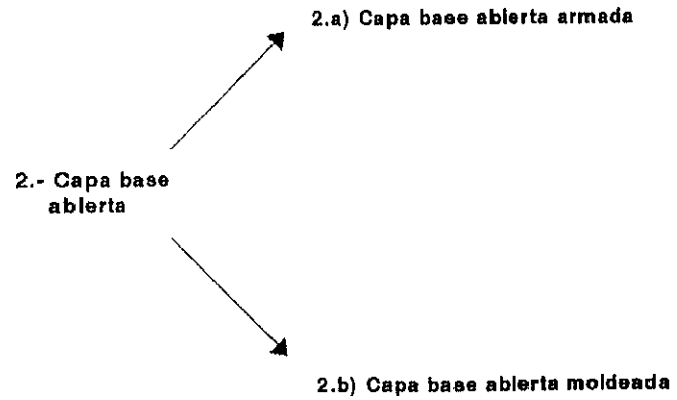
Fig.75. Ejemplo de capa abierta moldeada. El diseño de esta estructura es tal que confiere rigidez y estabilidad al sistema sin necesidad de un armazón adicional.

Para realizar un diseño de este tipo de manera científica, sería necesario recurrir a complicados cálculos

más propios de un ingeniero que de un pintor. Sin embargo, consideramos que la idea de crear una estructura que por su propio diseño confiera rigidez al soporte, puede ser una alternativa óptima al bastidor tradicional, sobre todo si se realizase a gran escala con aparataje industrial (por ej. de manera semejante al proceso de fabricación de las bandejas con cavidades para alimentos, empleadas en numerosos auto-servicios).

ESQUEMA DE LOS DIVERSOS TIPOS DE CAPA BASE





8.3.1.4. Versatilidad de la capa base

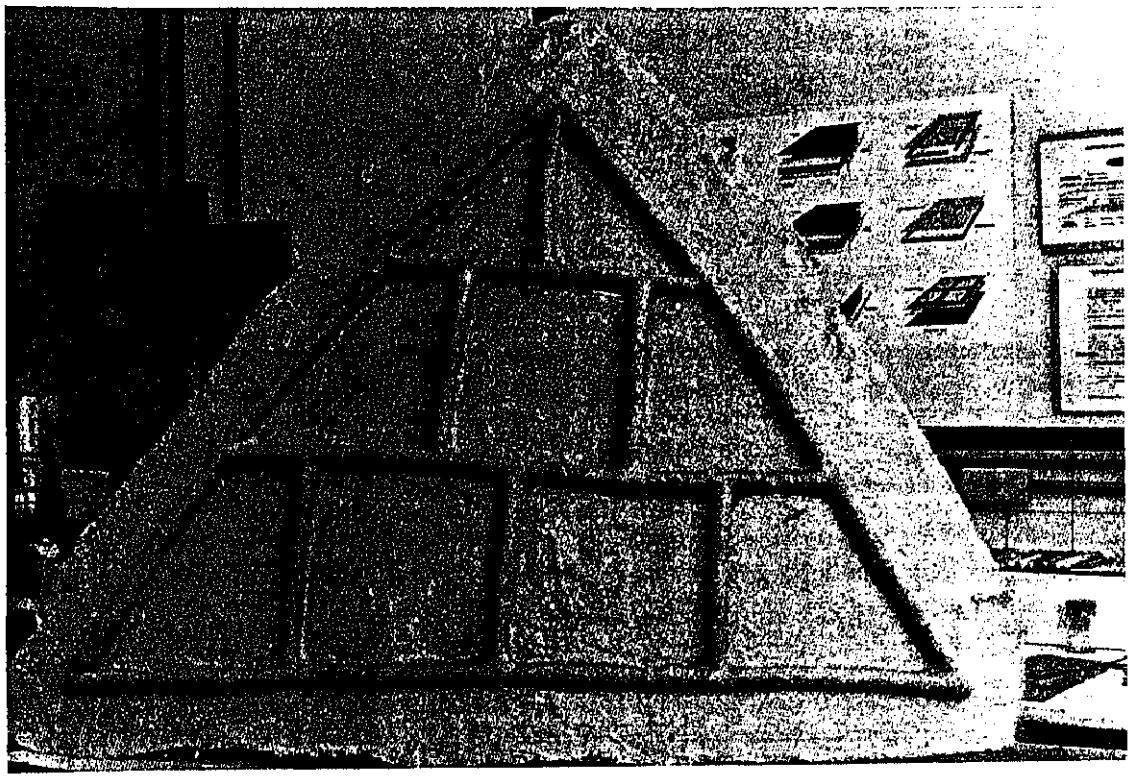
Aunque tradicionalmente los soportes empleados en pintura son rectangulares, circulares o cuadrados, las distintas capas base elegidas en nuestra propuesta ofrecen al pintor la posibilidad de trabajar con soportes de formato irregular (por ejemplo, un soporte con su borde superior asimétrico; fot.118), soportes rígidos de grandes dimensiones (fot.119), o con soportes curvos que incluso puedan adaptarse a un entorno arquitectónico concreto (por ejemplo a las formas curvas de pechinas y bóvedas; fot.117).

Sobre todo este último caso tendría una gran repercusión en el campo artístico, en el sentido de que sería necesario revisar la división clásica de los Bienes Culturales en muebles e inmuebles[160]. Por ejemplo, una pintura mural de la bóveda de una iglesia que actualmente se considera un bien inmueble, se convertiría en un bien mueble, ya que el soporte posibilitaría su trasladado si fuera necesario (por ejemplo, en el caso de que peligrara la estabilidad

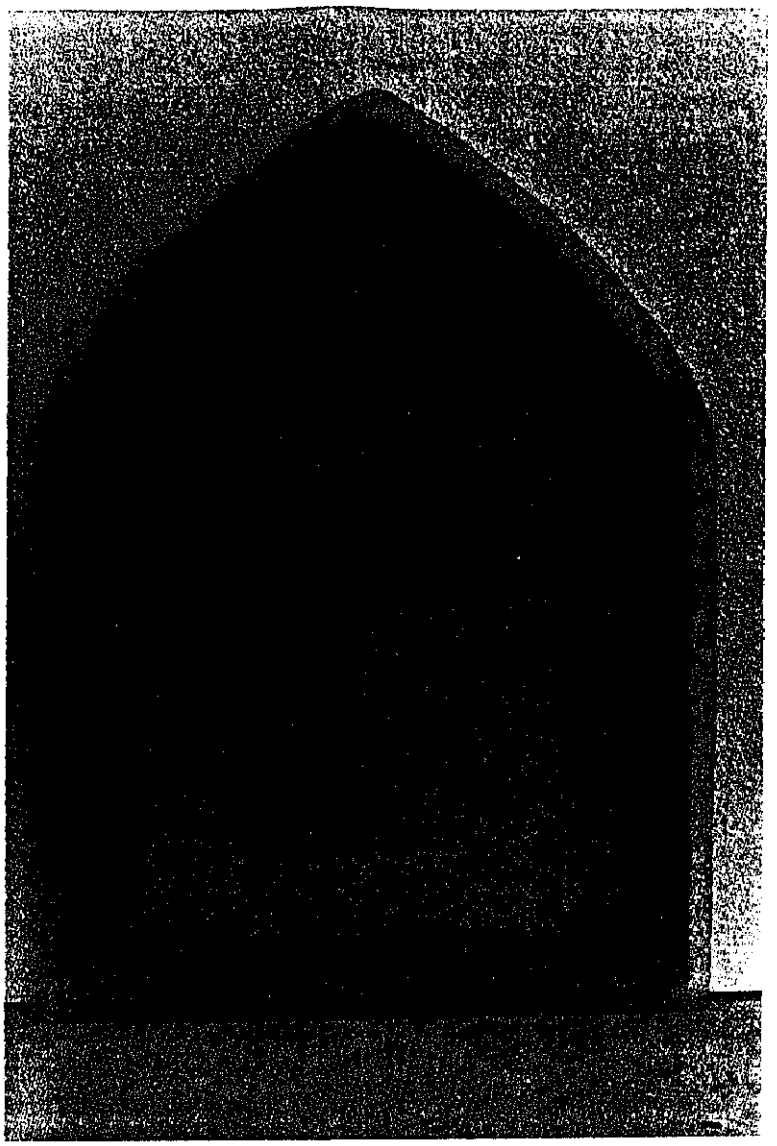
---

160 Según H. Daifuku ("La importancia de los Bienes Culturales", en La Conservación de los Bienes Culturales, UNESCO, 1969, pp.21-23), los Bienes Culturales se clasifican en dos grandes categorías:
1. Los bienes muebles, ya sean obras de arte, libros, manuscritos u otros objetos de carácter artístico o arqueológico y, en particular, las colecciones cintíficas.
2. Los bienes inmuebles, tales como monumentos arquitectónicos, artísticos o históricos, lugares arqueológicos y edificios de interés histórico o artístico.

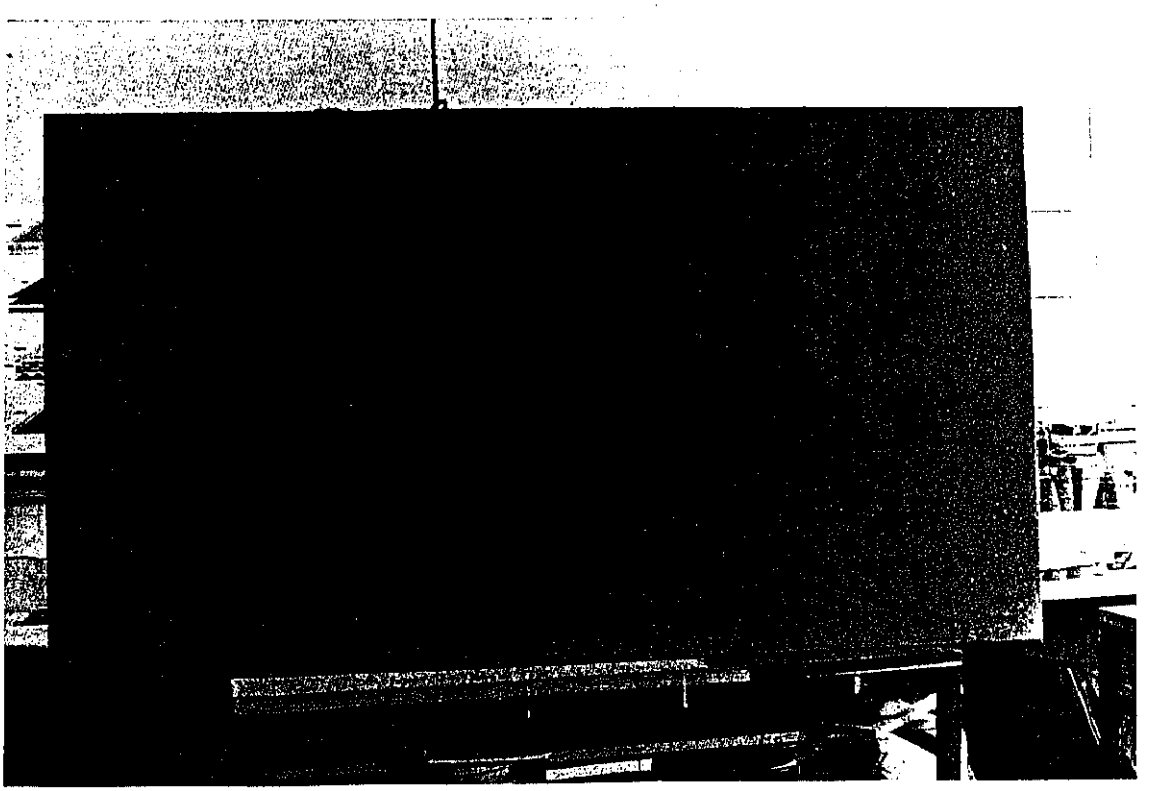
del edificio o se requiriera efectuar cualquier intervención del mismo -goteras, grietas, etc.-). De esta manera, la pintura no está ya supeditada a la arquitectura, sino que, gracias al soporte, funciona como obra de arte independiente.



Fot.117. Soporte curvo de gran formato realizado con fibra de vidrio y resina poliéster con armazón de aluminio, cuyas características le permiten adaptarse a una pechina arquitectónica.



Fot.118. Soporte con formato irregular
Fot.119. Soporte de grandes dimensiones de espuma laminada



8.3.1.5. Posibilidades de adecuación de la capa base a los distintos procedimientos y técnicas pictóricas

Como indicamos anteriormente, sobre cualquiera de las capas base mencionadas se puede pintar directamente o se pueden añadir otros estratos que perfeccionen el sistema.

En el primer caso, la capa base funciona en sí como soporte pictórico definitivo, con el inconveniente de que el artista, en su creación, sólo podrá emplear un número limitado de técnicas pictóricas (sintéticas generalmente).

En el segundo caso, el añadir estratos complementarios a la estructura base ofrece una serie de ventajas técnicas, estructurales, y de perdurabilidad en el tiempo que posibilitarán pintar con cualquier tipo de procedimiento, obtener soportes reversibles y, en definitiva, perfeccionar el soporte final. Estos estratos complementarios los hemos denominado: capa de intervención y capa receptora de la película pictórica.

Tanto si se añaden estratos complementarios como si la capa base funciona como soporte directo, lo más importante es que todas las capas del conjunto de la obra estén coherentemente relacionadas. Esto implica que los materiales empleados sean compatibles y requiere del pintor un conocimiento de los mismos, con el fin de lograr los efectos

estéticos deseados (recordamos que la técnica tiene que estar siempre al servicio de la creatividad).

Esquemáticamente, las posibilidades de adecuación de las capas base descritas a las distintas técnicas pictóricas serían las siguientes:

a) La capa base funciona como soporte

La capa base recibe directamente la capa pictórica funcionando en sí como soporte directo.

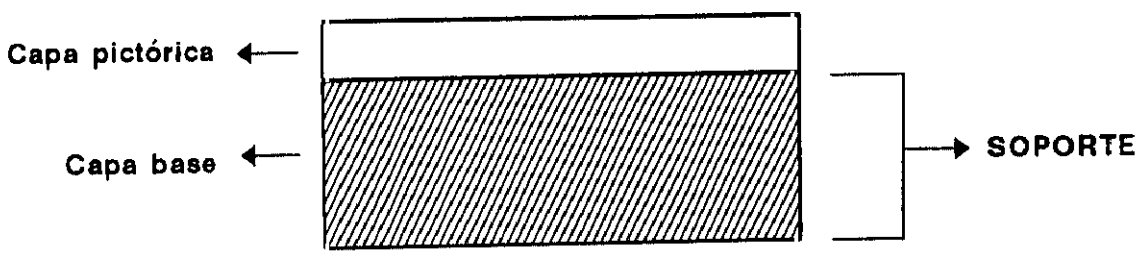


Fig.76. Esquema de una capa base que funciona como soporte directo.

b) El soporte está formado por capa base y capa receptora

A la capa base se le superpone otra capa que recibirá la pintura. La unión de ambos estratos se realiza con un adhesivo adecuado, pero sin tener en cuenta la posible reversibilidad del sistema.

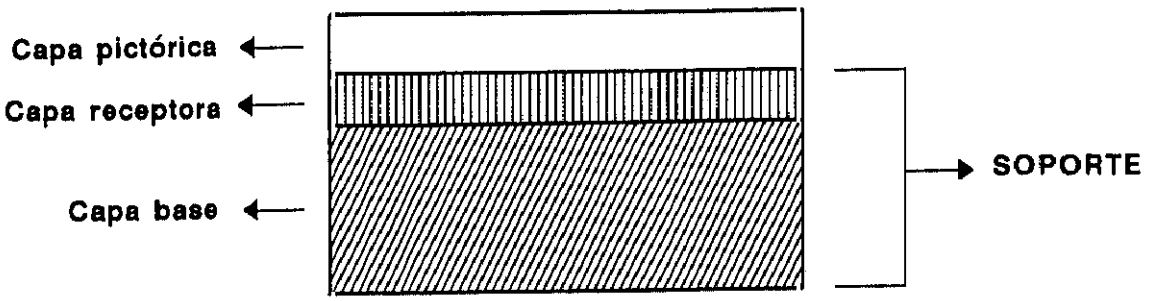


Fig.77. Esquema de soporte formado por capa receptora y capa base.

c) El soporte está formado por capa base, capa receptora y capa de intervención

Este caso es similar al anterior, pero la unión entre las capas se realiza con un criterio de reversibilidad (entendida como re-tratamiento). Para ello, en vez de utilizar cualquier tipo de adhesivo, se emplea uno termoplástico reversible (una emulsión acrílica, por ej.). También se ofrece la posibilidad de incorporar una lámina física (corcho, por ej.).

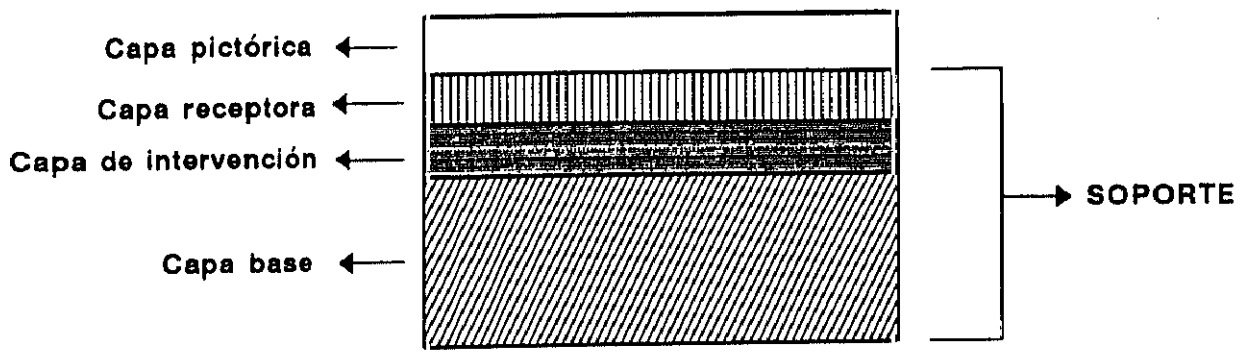


Fig.78. Esquema de soporte reversible formado por capa receptora, capa de intervención y capa base.

8.3.2. CAPA RECEPTORA

8.3.2.1. Descripción

La Capa Receptora es aquella que recibe directamente la Capa Pictórica. Recordemos que el término "capa pictórica" no lo empleamos con el concepto tradicional que hace referencia únicamente a los estratos de color, sino que con él también abarcamos la preparación y todos aquellos materiales que el pintor desee incorporar en su obra como cargas, papeles, trapos, trozos de madera, objetos metálicos, vidrios, residuos alimenticios, etc., sean o no técnicamente seguros.

Para referirnos a dicha "capa pictórica" podríamos haber utilizado otras nomenclaturas: "capa artística" o "capa estética", pero hemos preferido mantener el primer término porque nos parece más adecuado por su connotación matérico- técnica.

8.3.2.2. Características

Desde el punto de vista estructural, la principal ventaja de la capa receptora es su adhesión total al estrato subyacente. Al tener la tensión repartida por igual en todos sus puntos, se evita la fatiga estructural típica, por ejemplo, de los materiales celulósicos ante cambios

ambientales, se modera o elimina la aparición del craquelado pictórico por movimiento del soporte, y se aumenta la resistencia dimensional (se evitan destensados, agujeros, rotos, etc.).

Desde el punto de vista estético la capa receptora ofrece la posibilidad de obtener diferentes texturas visuales o táctiles según se empleen en su composición plásticos, metales, vidrios, madera, tela, cartón, papel,etc. Es decir, la capa receptora admite cualquier tipo de material pictórico, así como cargas matéricas de distinta composición y espesor, con la garantía de una perdurabilidad en el tiempo, al quedar virtualmente minimizados los movimientos del soporte.

8.3.2.3. Tipos

La capa receptora puede estar formada por materiales celulósicos, metálicos, plásticos, etc. Según ello, existen variadas posibilidades de capa receptora:

8.3.2.3.1. Capa receptora celulósica

Esta denominación se debe a que hemos empleado materiales que tienen celulosa en su composición. Puede estar formada por tejidos (naturales o artificiales), láminas finas de contrachapado de madera, cartones, papel, etc.

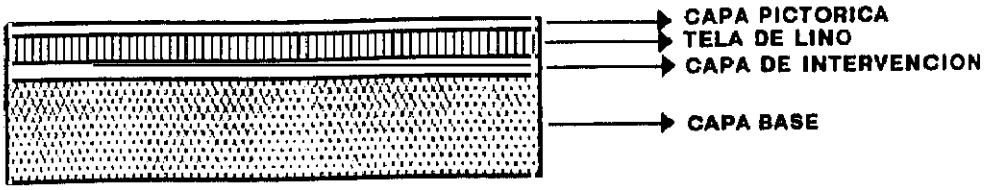


Fig.79. Ejemplo de capa receptora celulósica

8.2.2.3.2.Capa receptora plástica (artificial o sintética)

Con esta denominación abarcamos todas aquellas capas receptoras formadas por materiales tan dispares como láminas de plástico, tejidos sintéticos, etc.

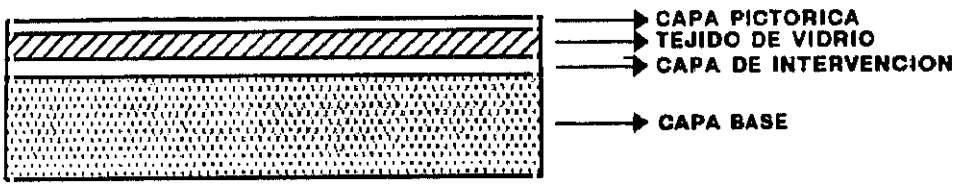


Fig.80. Ejemplo de capa receptora plástica artificial

8.2.2.3.3. Capa receptora metálica

Este tipo de capa receptora abarca todo tipo de láminas metálicas como cobre, aluminio, hojalata, etc., sobre las que se pueda aplicar diversos materiales pictóricos.

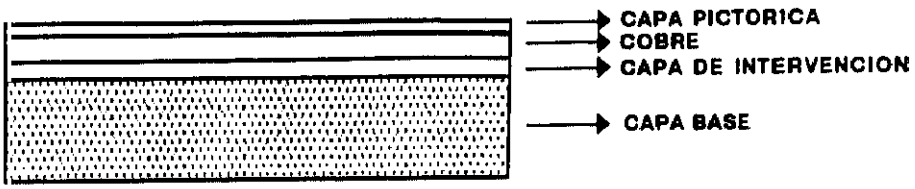


Fig.81. Ejemplo de capa receptora metálica.

8.3.2.4. Posibilidades de adecuación de la capa receptora a las distintas preparaciones

Existen dos aspectos esenciales al tratar la capa receptora de la pintura: su relación con los demás estratos constitutivos del soporte (capa de intervención y capa base) y su relación con las distintas preparaciones, imprimaciones o aparejos[161] que pueda recibir.

Como veremos, la relación de la capa receptora con los demás estratos del soporte (capa de intervención y capa base), está determinada fundamentalmente por el adhesivo empleado en su unión.

En cuanto a la relación entre la capa receptora y las distintas preparaciones cabe indicar que son

---

[161] Los términos "preparación", "imprimación" o "aparejo", son los más comúnmente empleados al referirse a la base que prepara el soporte acondicionándolo para recibir la pintura. Entre ellos, "preparación" es el término más moderno, y actualmente se emplea tanto en el pintura como en conservación. El término "aparejo" es el más antiguo y está tomado del campo arquitectónico. Finalmente, la palabra "imprimación" actualmente se utiliza menos porque se ha confundido frecuentemente con la "imprimatura".
El Diccionario de Términos Artísticos (por Jose Luis Morales y Marín, ed. Unali, S.L., Zaragoza, 1982) los define de la siguiente manera:
* Imprimación: "Fina capa de yeso disuelto con cola y extendido sobre una tabla o lienzo para preparar la superficie antes de ser pintada", p.117.* Aparejar: "Preparación de una superficie para ser pintada. Varía mucho según se trate de un muro, lienzo, papel, etc." * Aparejo: "Forma de distribuir los ladrillos, sillares, piedras, etc.,para levantar un muro, cubrir los espacios de la bóveda o cualquier otro elemento de fábrica o construcción", p.18. (el término "preparación" no aparece).

innumerables los materiales que el artista puede utilizar como capa receptora, las posibles imprimaciones deben adecuarse a la capa receptora escogida (no es lo mismo, por ejemplo, preparar una tela que un metal).

Aunque la preparación (que recibirá los estratos de color, cargas, etc.), ha desempeñado desde antiguo un papel muy importante en la ejecución de un cuadro, actualmente, se considera que es un elemento secundario en el contexto pictórico (tanto es así que numerosos artistas prescinden de ella).

Consideramos que esto es un error porque es básico preparar bien una obra, no sólo por las propiedades mecánicas que dependen del tipo de imprimación[162], sino también por su influencia en los efectos ópticos y cromáticos que condicionan su expresión.

Un soporte, tanto rígido como flexible, casi nunca presenta por sí mismo una superficie idónea para aceptar o recibir directamente la aplicación de los estratos pictóricos. Por ello, cuando un artista se decide a realizar un cuadro surge la necesidad de que el soporte esté adecua-

---

162 La preparación, como capa intermedia entre el soporte y los estratos de pintura, tiene una función muy importante desde el punto de vista de la conservación ya que es la receptora de las alteraciones del soporte y transmisora de éstas a la pintura.

damente preparado de manera que reciba estable y convenientemente los estratos de color y las cargas[163].

Las principales exigencias de un soporte preparado son las siguientes:

En primer lugar, la condición de lisura de la superficie, salvo que se trabaje intencionadamente sobre una superficie ondulada (casi un modelado), es en la mayoría de los casos una exigencia primaria.

Con el término "lisura" nos referimos no tanto a la ausencia de irregularidades microscópicas, sino más bien al grado de acabado de la superficie o mejor a la homogeneidad geométrica del microrrelieve. Por ejemplo, si se pinta sobre tela, la superficie es, por su propia naturaleza, irregular, debido a la trama que la caracteriza. Pero esto no impide que la tela se prepare adecuadamente incluso si el artista desea aprovechar su textura.

No menos importante que la planitud y que el acabado superficial, es la exigencia de una porosidad calibrada del substrato sobre el que se pinta.

---

163 Sobre el tema vid.: M. Matteini y A. Moles, "Tecnique della pittura antica: la preparazioni del supporto", en Kermes, Firenze, 1988, pp.49-62.

El grado de porosidad influye sobre una mayor o menor absorción y posterior retención de los componentes fluidos del color con consecuencias de diversa importancia según el tipo de ligante empleado.

De este modo, una superficie bastante porosa puede absorber gran cantidad de los componentes líquidos de la pintura, cuya consecuencia directa es que los pigmentos, cargas, etc, pierden su ligante y ofrecen un aspecto mate. Aparte de las consecuencias estéticas, también se dan otras de tipo físico (película con escasa cohesión) u óptico-estéticos (opacidad y escasa brillantez o luminosidad de la pintura)[164].

La porosidad también tiene una acción importante en la velocidad de secado de la película. Esto es tanto más cierto para aquellas técnicas, como la témpera, en las que el secado se produce por la evaporación del disolvente (agua).

Los soportes porosos en estos casos aceleran la desecación porque facilitan la eliminación del disolvente tanto por absorción como por evaporación (este fenómeno es, en cambio, menos importante en el caso de ligantes como el

---

164 Sobre el tema es interesante la obra de Manfred Hess: Defectos de las Capas de Pintura, Barcelona, 1973.

óleo cuyo secado se produce por polimerización, sin pérdida de líquido).

El grado de planitud y la porosidad también influyen en lo que puede ser definido como grado de chorreo o fluidez de la pintura sobre extensión de la superficie. Con esto queremos hacer notar como el microrrelieve y la naturaleza de la superficie determinan notablemente que se extiendan mejor o peor las capas de color, etc[165].

Otra propiedad importante es el grado de flexibilidad de la superficie preparada. Un soporte rígido admite tanto una preparación rígida o poco elástica, como una flexible. Sin embargo, los soportes flexibles (como la tela) exigen preparaciones flexibles. Esto en la práctica corresponde a que la imprimación esté realizada con materiales y formulaciones completamente diferentes[166].

Tras lo expuesto y teniendo en cuenta las características mencionadas, los soportes creados se han preparado con distintos aparejos destinados a recibir tanto

---

165 No procede adentrarse en un análisis detallado sobre los parámetros físicos (que no son unicamente aquellos relativos al soporte, sino también a los que son propios del color como la viscosidad, densidad, etc.) que inciden en dichas características.

166 Por ejemplo, cuando los soportes de madera fueron sustituidos por la tela, las preparaciones rígidas de yeso y cola evolucionaron transformándose en mezclas aceitosas y flexibles.

técnicas tradicionales (temple al huevo, por ej.), como actuales (acrílicos y cargas aglutinadas con productos sintéticos).

Las preparaciones seleccionadas son: creta, y "gesso" sintético. También se han utilizado telas preparadas industrialmente y, en algunos casos, resinas termoestables transparentes o pigmentadas, según el tipo de efecto que se desee conseguir. Como excepción y para conseguir determinados fines estéticos, en los soportes transparentes y traslúcidos se ha suprimido la preparación (vid., pto. 10.4.2 de la memoria).

8.3.3. CAPA DE INTERVENCION

8.3.3.1. Descripción y puntualizaciones terminológicas

La capa de intervención, que también podríamos haber llamado capa de "reversibilidad" o de "re-tratamiento", es el estrato que permite volver a tratar, y si fuera necesario separar, la capa receptora de la capa base sin que el elemento sustentado (pintura) sufra daño alguno.

El concepto de "reversibilidad" se ha tomado del campo de la conservación porque pensamos que puede tener una interesante aplicación pictórica. Siguiendo este criterio, hemos incorporado en los nuevos soportes una capa de intervención como posibilidad opcional añadida.

La palabra "reversibilidad" se presta, aún hoy, a equívocos. Desde que en 1960 el AIC (American Institute for Conservation) promulgó un Código Etico en el que se determinó el significado del "Principio de Reversibilidad"[167]

---

[167] El Código Etico del AIC (American Institute for Conservation), afirma literalmente en su sección II.E.: "PRINCIPLE OF REVERSIBILITY": "The conservator is guided by and endeavors to apply the 'principle of reversibility' in his treatments. He should avoid the use of materials which may become so intractable that their future removal could endanger the physical safety of the objet. He also shoud avoid the use of techniques the results of which cannot be undone if that should become desirable", datos tomados del artículo de B. Appelbaum: "Criteria for tretment: Reversibility", Journal of AIC, vol.26, 1987, p.72.

éste es uno de los dogmas básicos y más controvertidos, no sólo en el campo moderno de la conservación, sino en muchas otras áreas (los principios del Código han sido aplicados en el tratamiento de una extensa cantidad de materiales, incluyendo máquinas, edificios, etc.).

Debido a que, como se ha indicado, la palabra "reversibilidad" se usa, con frecuencia, de forma inadecuada o ambigua, creemos necesario realizar algunas puntualizaciones terminológicas.

Con el fin de ser lo más claros posibles respecto al significado del término "reversible", es importante hacer constar que delimitamos su empleo para describir un proceso no un material. La idea de que un material pueda ser reversible no es lógica. El uso incorrecto que se da (incluso en el campo de la conservación) al término "reversibilidad" para expresar, por ejemplo, "solubilidad", sobre todo aplicado a ciertos productos sintéticos, es todavía común. Es frecuente, por ejemplo, oír hacer referencia de un producto como el Paraloid B-72 como un "material reversible" con el fin de indicar una serie de propiedades como su estabilidad química, ausencia de modificaciones de color, falta de cambios de solubilidad incluso durante largos periodos de tiempo, etc.

Sin embargo, aunque sea tentador emplear el término "reversible" para cubrir todas esas propiedades, puede dar lugar a un serio error si de ello se deduce que cualquier proceso en el que se utilice un material soluble es reversible, o que cualquier uso de un producto "aprobado" y aplicado en conservación es fiable y traspolable al campo pictórico.

Actualmente, en conservación, se reserva el término "reversibilidad" para denotar la propiedad de un tratamiento que permite a un especialista "volver atrás el reloj" ("Turn back the clock") en una intervención. En términos funcionales, esto no requiere que el objeto sea igual a como era, únicamente que se pueda devolver a un estado dónde se posibilite reelegir un tratamiento, con unas opciones tan variadas como las que existían antes de intervenir en el mismo[168].

En nuestro caso, utilizar el término "reversibilidad" en este sentido purista, sería, a todas luces, inadecuado, por lo que, cuando se aplica es equivalente a los términos "re-tratamiento" o "remoción"[169].

---

168 Sobre el tema vid.: B. Appelbaum, op.cit., 1987, pp.65-73.

169 Del inglés "re-tratability" y "removal" respectivamente.

Por ejemplo, cuando se impregnan dos materiales con un adhesivo, aunque éste sea fácilmente soluble, siempre queda algo en dichos materiales porque los vapores del solvente han penetrado profundamente. Si posteriormente se desea eliminar el adhesivo es casi imposible quitarlo por completo [170]. Lo que sí es posible, en cambio, es re-tratarlo, volviéndolo viscoso, de manera que vuelva a pegar (por ejemplo, el Primal AC33 se pude activar por calor o con distintos disolventes, pero nunca se eliminará totalmente del material impregnado). En este sentido, la noción de "re-tratabilidad" es más fácil de comprender que la idea de reversibilidad en sí.

8.3.3.2. Características

Esta capa está concebida de tal manera que posibilita un re-tratamiento no traumático del sistema en cualquier momento, sin que el aspecto estético de la obra sufra ninguna alteración. Esto facilita no sólo cualquier posible restauración futura, sino cualquier corrección durante la fabricación del soporte que el artista desee realizar.

---

170 C.V. Horie, en su artículo:"Reversibility of Polymer Treatments" (Resins in Conservation, Proceedings of the Symposium of Eimburg, 1982, The Scottis Society for Conservation and Restoration, pp.3/1-3/3) demuestra como una proporción considerable (50%) de polimetil metacrilato permanece en una pieza de barro, después de que esta hubiera sido lavada con acetona durante ocho horas.

La capa de intervención, aunque posibilita el re-tratamiento de una obra, está realizada con materiales estables y duraderos. Por ejemplo, el Primal AC33 es, como veremos, un producto de elevada estabilidad y a la vez, altamente re-tratable.

8.3.3.3. Tipos

Dado que la reversibilidad puede ser física (separación mecánica del material) o química (interviniendo en el adhesivo), ofrecemos dos posibles capas de intervención, aunque lo ideal será siempre la combinación de ambas.

8.3.3.3.1. Capa de intervención física.

Está formada por una lámina muy fina de corcho (2mm.), que no interfiere en la textura de la capa receptora (fig.82).

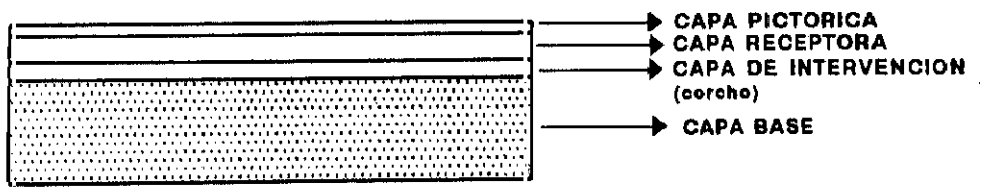


Fig.82. Estructura de un soporte con capa de intervención física.

Esta capa de intervención física, aparte de que permite separar la capa pictórica de la capa base

mecánicamente (con una simple segueta), es una película que actúa como aislante térmico y acústico, y absorbe cualquier daño (golpes, vibraciones, etc.) antes de que llegue al estrato pictórico.

Aunque hemos realizado pruebas con otros materiales como polipropileno, papel o cartulina neutra, tisú libre de ácido y papeles de fractura predeterminada[171], el corcho de 2mm ha resultado ser el material más adecuado por sus características físicas y mecánicas (baja densidad, impermeabilidad, imputrescibilidad, elevada capacidad de aislamiento térmico y acústico, elasticidad, y resistencia a la corrosión y al fuego) que posteriormente indicaremos.

8.3.3.3.2. Capa de intervención química.

Está formada por una película de adhesivo termoplástico, concretamente por la emulsión acrílica Primal AC33 (fig.83).

---

171 Los cartones de "fractura predeterminada", son una capa de intervención física bastante empleada en Italia. Son producto de la investigación y tecnología del Centro de Investigación Ferrara de la Sociedad Montedison y están realizados con unas fibrillas a base de polipropileno y polietileno, mezcladas con celulosa. Información detallada sobre el tema puede encontrarse en el artículo de P. Parrini y M. Milano: "Carte a frattura predeterminata a base de fibrille sintetiche poliofeliniche", O.P.D.,Convegno sul Restauro delle Opere d'Arte, 2-7 novembre 1976, Firenze, 1981, pp.301-305.

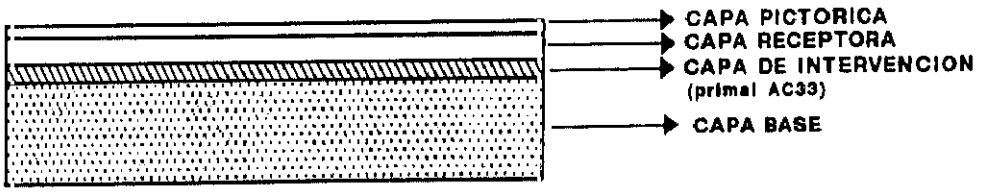


Fig.100. Estructura de un soporte con capa de intervención química.

En este caso la "retratabilidad" puede obtenerse de dos formas: activando el adhesivo con disolvente o con calor. Esto, como veremos, ofrece enormes ventajas prácticas. Por ejemplo, si hemos pegado una tela a la capa base y se ha levantado una esquina, simplemente activando el adhesivo se vuelve a quedar pegada limpiamente.

Como se ha indicado, el producto elegido como capa de intervención química ha sido el Primal AC33 por sus excelentes características físico-químicas. Actualmente existen numerosos estudios sobre este producto (aparte de los que ofrece Rohm and Haas), en dónde se le compara con otras dispersiones poliméricas como el Plextol B500, Primal AC234, Lascaux HV y Lascaux 490HV [172].

---

172 Sobre el tema son especialmente significativos los siguientes artículos con interesante bibliografía específica:
* M. Duffy: "A study of acrylic dispersions used in the tratment of paintings", JIIC, vol.28, nº2, 1989, pp.67-77.
(Nota a pie Página - Continuación)

También podríamos haber empleado cualquier otro adhesivo termoplástico siempre que fuera estable. Con el fin de facilitar al pintor otra posible elección, proponemos usar siempre productos calificados como A o B, según la terminología de Robert Feller[173] (asumida por el ICOM), empleada para describir la estabilidad fotoquímica de las resinas termoplásticas. Por ejemplo, el Acryloid B-72 y las resinas de acetato de polivinilo son materiales que pertenecen a la Clase A, con un tiempo de vida útil que ronda los cien años. El polibutilmetacrilato (Elvacite 2044, por ej.), al corresponder a la Clase B, tiene una vida útil que puede variar de los veinte a los cien años, etc.

Esta terminología es particularmente significativa porque indica que el concepto de "reversibilidad" resalta la

---

(Nota a pie Página - Continuación)
* R. Howells, A. Burnstock, G. Hedley y S. Hackney: "Dispersions de polymeres artificiellement vieillis", IIC Adhesives et Consolidants, París, 2-7 sept.,1984, pp.33-40.

[173] R.L. Feller, "Standars in the Evaluation of Termoplastics Resins", 5th Triennial Meeting, 16 April, 1978, ICOM Commitee for Conservation, Zagreb. La lista siguiente es una adaptación de este artículo:

Clase	Clasificación	Tiempo de vida útil	Ejemplos
T	Materiales en contacto temporal	Menos de 6 meses	
C	Inestables	Menos de 20 años	
B	Intermedios	De 20 a 100 años	Poliv.metacrilato Elvacite 2044
A	Excelentes	Más de 100 años	Paraloid B72 Acet.de polivinilo

necesidad de una estabilidad a largo plazo a la hora de elegir los materiales (requerimiento, a veces, mucho más riguroso que el que se emplea en el campo industrial de quien tomamos, por cierto, los materiales).

8.3.3.3.3. Capa de intervención físico-química

Bajo el punto de vista de la reversibilidad del sistema, ya indicamos que lo ideal sería incorporar una capa de intervención físico-química (corcho y Primal AC33, por ej.) que conjugase las cualidades de ambas (fig.84).

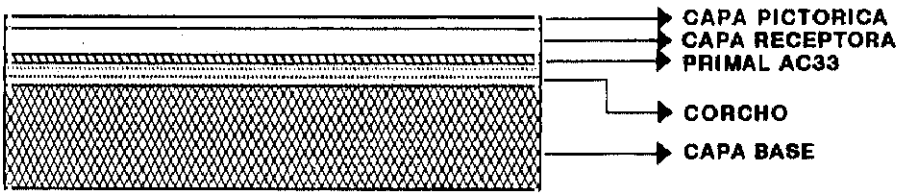


Fig.84. Ejemplo de soporte con capa de intervención físico-química.

8.3.4. ADHESIVOS

8.3.4.1. Cualidades de los adhesivos empleados

Las características generales que hemos tenido en cuenta a la hora de elegir los adhesivos son [174] :

a) Poder adhesivo. El adhesivo deberá alcanzar sobre las superficies a unir un poder de adhesión mecánica suficiente que permita su unión sólida.

La fuerza de esta unión depende en gran medida de la trabazón entre las moléculas del adhesivo y del objeto (esto está íntimamente relacionado con el número de puntos de unión que existan entre ambos).

Para que la película de adhesión cumpla su misión correctamente debe tener un grosor adecuado. Si la capa es excesivamente espesa, la fuerza de unión dependerá más de la fuerza del adhesivo en sí mismo que de la interacción superficial de los materiales. Por el contrario, si la capa de adhesión es extremadamente delgada, las superficies estarán únicamente pegadas por unas cuantas moléculas.

---

174 Las características ideales de los adhesivos se basan en las indicadas en la Tesis de la Dra. Margarita San Andrés: "Aplicación de Resinas sintéticas en la Conservación y Restauración de Obras de Arte" (ed. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 1990, pp.104-108).

b) Penetración. El adhesivo debe de penetrar a una profundidad suficiente en la estructura de las superficies a unir. Cuanto más porosa sea una superficie más profundamente penetrará el adhesivo.

c) Compatibilidad. La interacción física entre el adhesivo y el sustrato debe ser suficiente para que la unión sea eficaz, pero al mismo tiempo debe ser controlada de manera que no aparezcan tensiones, que a su vez puedan provocar alteraciones o deformaciones en el material. Es importante además, que no existan interacciones de tipo químico. Es decir, el adhesivo no debe presentar en su composición constituyentes que puedan resultar perjudiciales para los componentes a unir.

d) Mínima retracción estructural. El adhesivo debe presentar la mínima retracción o dilatación, de manera que los materiales pegados no experimenten ningún tipo de tensiones internas, que podrían provocar una adhesión no uniforme. Por otra parte, es aconsejable que presente un cierto grado de elasticidad y plasticidad, de forma que pueda absorber las tensiones que a largo plazo puedan aparecer en el interior de los materiales tratados.

e) Durabilidad. Debe ser estable física y químicamente, de manera que conserve su poder adhesivo y pueda seguir actuando como medio de unión de las dos superficies.

FACULTAD DE BELLAS ARTES
BIBLIOTECA

Es decir, debe presentar un mínima alteración en su estructura y composición con el transcurso del tiempo.

f) Aplicabilidad. Si el propio pintor manipula el adhesivo, es deseable que el pegar las superficies requeridas no implique tener que trabajar a altas presiones y temperaturas, ya que esto conllevaría la utilización de sistemas que encarecen y complican el proceso. En cambio, si se trata de un proceso industrial, no sólo es aconsejable, sino muchas veces imprescindible el empleo de estos medios.

De la misma manera que es muy importante que el método de aplicación no sea perjudicial para las superficies a unir, tampoco debe serlo para el artista que está manipulando el adhesivo[175].

El poder disolvente tiene que ser suficiente para solubilizar el adhesivo, pero no debe ser tan alto como para atacar los materiales a unir.

La volatilidad o velocidad de evaporación del dispersante debe producirse en un tiempo adecuado a la operación. Si la volatilidad es excesivamente alta, no se producirá una buena penetración del adhesivo, con lo que la

---

175 Propiedades como el grado de toxicidad, inflamabilidad y perjuicios para la salud, suelen estar indicadas en el propio envase.

trabazón entre las caras a unir será superficial. En cambio, si la volatilidad es excesivamente baja, las superficies a unir pueden moverse (dado que el adhesivo se encontraría en un estado semiviscoso), y el polvo y la suciedad ambiental pueden ser atraídos por el mismo.

g) Reversibilidad. Como se indicó anteriormente, si se desea el adhesivo puede ser re-tratable o removible (vid., pto.8.3.3.3.2.:"Capa de intervención química").

8.3.4.2. Tipos

Los adhesivos que unen los distintos estratos del soporte son de dos tipos:

8.3.4.2.1. **Adhesivos Termoplásticos** (reversibles por medio de calor o por un disolvente) para pegar la capa receptora y la capa de intervención física o la capa base, según proceda (fig.85).

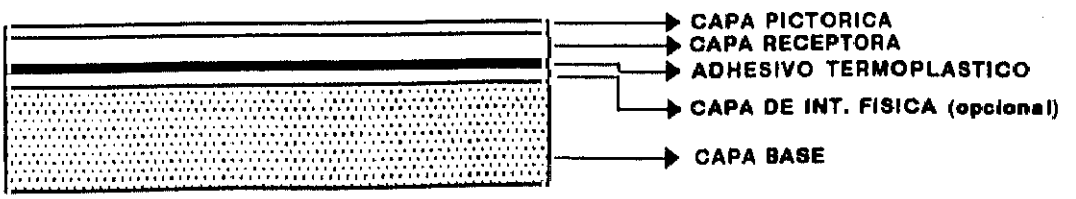


Fig.85. Ejemplo de soporte con capa de intervención química consistente en un adhesivo termoplástico.

Como ya se ha indicado, dentro de los adhesivos termoplásticos hemos elegido las emulsiones acrílicas y entre ellas el Primal AC33, por sus excelentes cualidades adhesivas (alto contenido en soluto), elevada estabilidad química y sencilla reversibilidad.

El empleo de emulsiones acrílicas ofrece además una serie de ventajas: si se desea, nos permite realizar la unión por activación (como veremos esta cualidad es muy importante porque permite controlar la impregnación de la capa receptora) y que el sistema sea altamente reversible.

8.3.4.2.2. Adhesivos Termoestables (irreversibles a partir de su polimerización) para adherir la capa de intervención física y la capa base (fig.86).

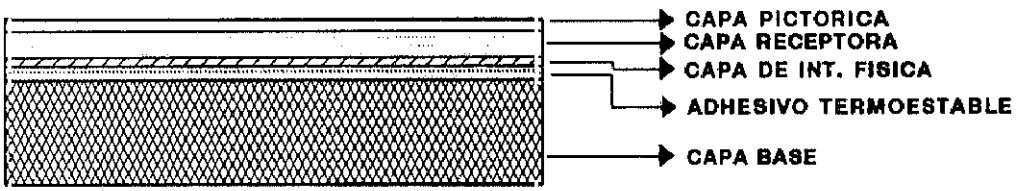


Fig.86. Ejemplo de soporte en el que se ha empleado un adhesivo termoestable para adherir la capa de intervención física y la capa base.

Dentro de los adhesivos termoestables hemos utilizado resinas epoxi y poliéster, por ser irreversibles, de elevada estabilidad, y gran poder adhesivo. También se ha empleado adhesivo de contacto (compatible con el poliestireno) en la realización de algunas maquetas.

8.4. CRITERIOS GENERALES EN LA ELECCION DE LOS MATERIALES CONSTITUTIVOS DE LOS NUEVOS SOPORTES

Los soportes creados se prestan a emplear un número casi ilimitado de posibles materiales. De hecho, todos ellos son estructuras "multicapa", lo que implica que existe una gran versatilidad en la configuración de los mismos. El principal criterio seguido a la hora de seleccionar y combinar los materiales que componen cada soporte es la compatibilidad de los mismos y su relación coherente con el elemento sustentado (preparación y pintura). Para ello, hemos contado permanentemente con el asesoramiento tanto de profesionales especializados, como de las distintas Casas Comerciales [176].

En la selección de los diversos materiales se han tenido en cuenta las cualidades requeridas a un soporte ideal anteriormente mencionadas (pto.4.2. del Tomo I del trabajo). Según esto, nos hemos basado en las siguientes consideraciones:

---

176 Para cualquier consulta, se ofrece en el Apéndice B de la memoria un Directorio de las Casas Comerciales que nos han asesorado.

8.4.1. Consideraciones ambientales

a) Temperatura

Como en cualquier estructura de fabricación industrial en la que se combinen diversos elementos, la temperatura ambiente juega un papel muy importante en la selección de materiales[177].

En general, todas las maquetas creadas se han realizado a una temperatura ambiental de aproximadamente 20ºC. El factor temperatura se ha tenido especialmente en cuenta, por ejemplo, en el curado de las resinas termoestables empleadas, cuya reacción exotérmica se acelera si la temperatura es alta.

b) Inflamabilidad

En general, los materiales se pueden dividir en tres categorías: Incombustibles (lo que significa que el material no arde); autoextinguibles (lo que significa que el material puede arder si se le aplica una llama pero se

---

177 En ingeniería aeonáutica, por ejemplo, las estructuras en nido de abeja se realizan a temperaturas distintas según su posterior aplicación que oscilan entre los 180ºF y los 450ºF (0ºC = 35ºF).

extinguirá cuando ésta se retire); e inflamables (son los que pueden arder en condiciones determinadas).

La estabilidad del material elegido frente al fuego ha sido un factor que hemos tenido especialmente en cuenta sobre todo en la realización de la capa base. Por ejemplo, todas las espumas empleadas en la misma, son autoextinguibles (están calificadas B1 y M1, según las normas DIN 4102 y UNE 23727 respectivamente) lo que implica un comportamiento frente al fuego adecuado.

c) Transmisores de Calor

La transmisión de calor a través del panel depende de los principios básicos de convección, conducción y radiación. Por ejemplo, las maquetas que tienen las caras externas y el núcleo metálicos, son altamente transmisores de calor. Los demás materiales, sobre todo las espumas, reducen esta particularidad.

d) Transmisores Acústicos

En general la estructura "multicapa" que presentan los soportes que hemos diseñado favorece la absorción de ondas acústicas. Esta propiedad, que puede parecer vanal en un soporte pictórico, podría ser importante si el cuadro se coloca posteriormente en un Museo o Exposición ya que sería

interesante y novedoso que el soporte absorbiese las vibraciones producidas, por ejemplo, por los visitantes.

e) Humedad

Es muy importante que el soporte tenga una cierta resistencia a la humedad[178]. Para ello, se han sometido a los efectos degradantes de una Cámara de Niebla y a las pruebas de envejecimiento acelerado de la Cámara de Envejecimiento.

f) Evaporación del disolvente del adhesivo

Algunos adhesivos desprenden gases o vapores del disolvente durante el proceso de curado que pueden reaccionar con algún componente del soporte, e incluso atacar posteriormente a la capa pictórica si su evaporación no ha sido total[179].

A la hora de mezclar distintos productos ha sido muy importante comprobar que no se producen alteraciones derivadas de la incompatibilidad de materiales. Por ejemplo, al emplear masillas de poliéster para sellar los bordes de

---

178 Sobre el tema retomar el punto 4.2.5. del Tomo I de la memoria.

179 Más información en el punto 4.2.8. del Tomo I del trabajo.

alguna capa base, éstas han producido mermas cuando se han aplicado sobre espumas de poliestireno, por lo que se ha recomendado sustituirlas por otras o, por ejemplo, proteger previamente la espuma con una masilla acrílica.

Así mismo, considerando el proceso a la inversa, algunos componentes de los "mediums" pictóricos (por ej. la esencia de trementina) pueden filtrarse hacia el interior del soporte y causar daños en el mismo, si éste es sensible al producto invasor.

8.4.2. Consideraciones estructurales

a) Resistencia mecánica

La resistencia mecánica de los productos empleados es ofrecida por las Casas Comerciales que facilitan amplios listados e información detallada de los productos requeridos. A la hora de elegir materiales con una capacidad mecánica adecuada, hemos tenido en cuenta básicamente su densidad y su resistencia a la compresión.

b) Fatiga

La fatiga es el esfuerzo dinámico cíclico al que está sometido un panel. En industria el término fatiga hace referencia a los efectos de carga y descarga. En pintura el

término lo podemos aplicar a la fatiga térmica. Los cambios y fluctuaciones de humedad y temperatura influyen negativamente en la conservación de los soportes. Para evitar posibles fluctuaciones se ha tenido especialmente en cuenta el coeficiente de dilatación lineal de los materiales empleados (ésta ha sido una de las razones por las que hemos empleado, por ejemplo, resina epoxi cuya retracción es mínima).

c) Espesor

Los materiales elegidos en la fabricación del soporte deben proporcionar un óptima relación entre su peso, su rigidez y su espesor.

Tanto los soportes creados con capa base cerrada en "sandwich", como los de capa base abierta se han realizado con productos con los que se obtengan paneles de espesor reducido, rigidez adecuada y bajo peso.

El espesor que debe tener un soporte es un concepto relativo porque, por ejemplo, una espuma rígida laminada necesita menor espesor para mantener su estabilidad dimensional que la misma espuma tal como se comercializa. Además, el espesor que requiere un soporte para no alabearse puede variar dependiendo, por ejemplo, del tipo de sellado que tenga en los bordes. Así, con un perfil rígido el

soporte puede tener un espesor menor que si se sella con una masilla acrílica.

d) Actuación del adhesivo

En términos generales los adhesivos empleados nunca son frágiles o quebradizos, sino que unen fuertemente los estratos de los soportes.

Desde un punto de vista práctico, cuantos más puntos de unión haya la adhesión será más sencilla, por lo que el tipo de adhesivo para unir por ejemplo, dos láminas externas a un núcleo alveolar de una capa base tiene que ser muy potente, en cambio, si se trata de un núcleo de espuma rígida hay más posibles opciones porque existe un mayor número de puntos de contacto.

En el caso de que el adhesivo empleado funcione como capa de intervención debe ser re-tratable, por lo que se hace más rigurosa la elección del producto idóneo.

8.4.3. Consideraciones estéticas

a) Interacción entre el soporte y la capa pictórica

Los materiales empleados en el soporte deben estar coherentemente relacionados con los utilizados como capa

pictórica. Por ejemplo, sobre un soporte cuya superficie esté constituida por resina epoxi y fibra de vidrio es preferible no aplicar una preparación a la creta, sin embargo, si es perfectamente compatible con un aparejo acrílico.

b) Versatilidad y adaptabilidad dimensional

Los materiales elegidos pueden adaptarse a cualquier forma arquitectónica y pueden ser manipulados de manera que ofrezcan una gran versatilidad de formas y tamaños.

c) Aspecto estético adecuado

Los productos empleados en los acabados finales (masillas, colorantes, etc) son estables y susceptibles de ser lijados para conseguir los efectos deseados.

8.4.4. Consideraciones de seguridad e higiene

Los materiales empleados en la realización de los soportes, prescindiendo de si son naturales o sintéticos, abarcan desde los inocuos (telas naturales, maderas, espumas rígidas de poliestireno expandido) hasta los de una cierta toxicidad (resinas epoxi y poliéster). El grado de toxicidad puede aumentar si no se toman las precauciones adecuadas. Por ello, durante la manipulación de los distintos productos se han tenido en cuenta factores como el que la ventilación

fuese adecuada, la exposición a vapores tóxicos no fuese prolongada, la protección de cuerpo con cremas, guantes, gafas, mascarilla, etc.

8.4.5. Consideraciones económicas

Se ha considerado por una parte, el coste del tiempo total de realización de los soportes (si se fabricasen industrialmente este coste sería mínimo y su realización más rápida) y por otra, el precio de los materiales que configuran el soporte de manera que éste fuera asequible (a veces, más barato que los que se comercializan actualmente)[180].

---

[180] El precio de los materiales más empleados en la configuración de los distintos soportes (según las facturas correspondientes al año 1992) es el siguiente:

Material	Distribuidor	Precio unitario (sin IVA)
A) Capa base		
Espumas rígidas de poliestireno expandido		
Techo Pan (Poliglas) (2000x1200x20mm)	Complas	695m3

(Nota a pie Página - Continuación)

Material	Distribuidor	Precio unitario (sin IVA)
A) Capa base (continuación)		
Espumas rígidas de poliestireno extruido:		
Wallmate IB (Dow) (1250x600x20mm)	Cirsa	539pts/m2
Wallmate IB (Dow) (1250x600x30mm)	Cirsa	808pts/m2
Wallmate IB (Dow) (1250x600x50mm)	Cirsa	1.039pts/m2
Polifoam IV (Poliglas) (1250x600x20mm)	Complas	540pts/m2
Espuma rígida de poliuretano		
Pl. Poliuretano (Prax) (2000x1000x30mm)	Cirsa	645pts/m2
Espumas rígidas de PVC		
Tettocel (Basf) (3000x1250x19mm)	PV Plastics	12.300pts
Tettocel (Basf) (3000x1250x13mm)	PV Plastics	7.400pts
Tettopor (Basf) (2440x1220x2mm)	PV Plastics	5.461pts
Tettopor (Basf) (2440x1220x3mm)	PV Plastics	4.218pts
Laminados de resina poliéster y fibras sintéticas		
Pl."Relon" tras. 3x1'2 m (Poliglas)	VT Plastics	1.673pts
Pl."Relon" O/P natural tras.(Poliglas)	VT Plastics	1.782pts
B) Capa de intervención:		
Corcho en rollo de 2mm	Cirsa	444pts
Primal AC33	Prod. de Conservación	1.200pts/l
C) Capa receptora		
Mat de vidrio (M-711, 225 gr.x130cm)	Feroca	240pts
Tela de vidrio T/Velázquez	Prod. de Conservación	630pts
Tela de lino T/ Velázquez	Prod. de Conservación	3.450pts
D) Adhesivos		
Primal AC33	Prod. de Conservación	1.067pts/l
- Tolueno	Prod. de Conservación	1.549pts/l
- Rohagit SD15	Prod. de Conservación	858pts
Resina epoxi (Fetadit 55/63 2/C)	Fetasa	1.200pts/l
Bote de pegamento de poliestireno	Torca	600pts
Resina Poliéster:		
- Cronolita 1.112	Plastiform	422pts/Kg
- Catalizador C-201		420pts/100gr
- Activador A-101		260pts/20gr

9. REALIZACION DE LOS SOPORTES: LA CAPA BASE COMO PUNTO DE PARTIDA

Los soportes realizados tienen en común que el primer estrato confeccionado ha sido la capa base.

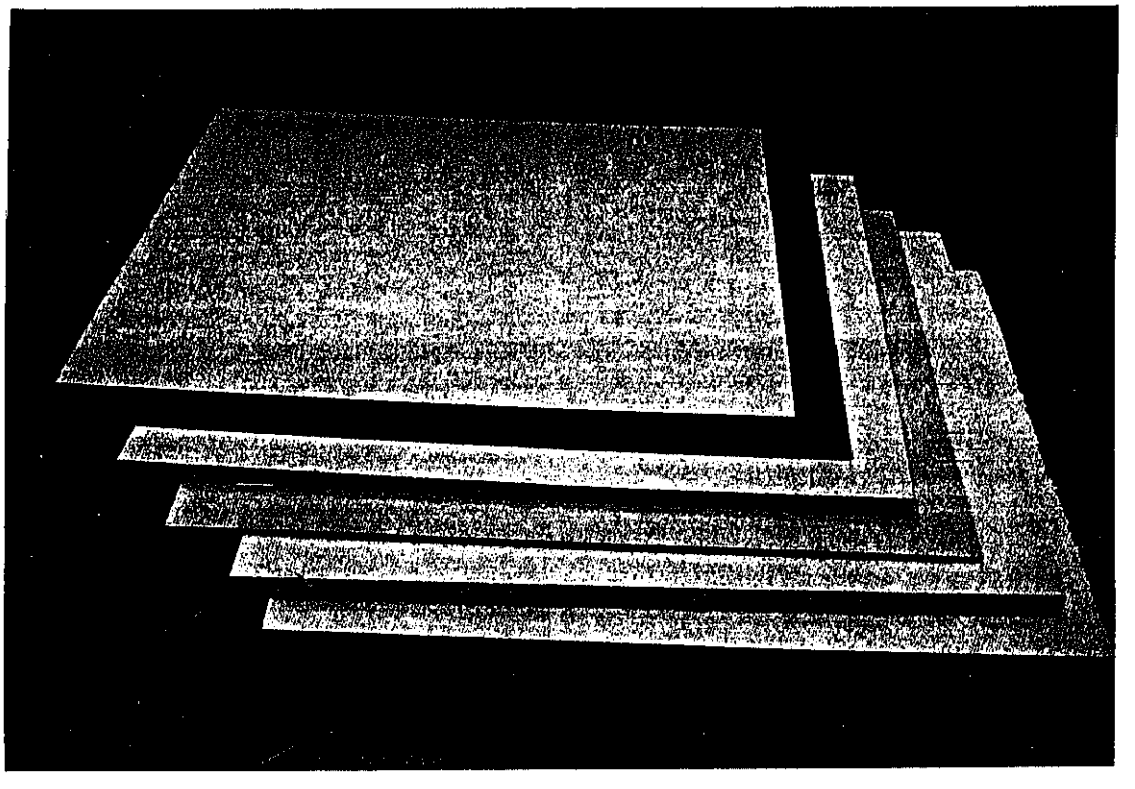
Para ello hemos fabricado una serie de maquetas de 60x60cm aproximadamente y con un espesor variable entre 1'4 y 3cm. Posteriormente, la mayoría de estas maquetas se han cortado en dos planchas de 30x60cm, una de las cuales se ha sometido a los ensayos de degradación acelerada previstos (fot.120).

Todas las maquetas correspondientes a la capa base se han realizado partiendo de los prototipos enunciados en el capitulo anterior (pto. 8.3.1).

La nomenclatura de las maquetas sigue el siguiènte criterio: todas las denominadas con la letra "A" corresponden a la capa base cerrada en "sandwich" y las de la letra "B" a la capa base abierta.

Cada maqueta se presenta con un dibujo explicativo y con su ficha técnica correspondiente. En ésta, se describen su estructura y proceso de realización, al que se adjunta un comentario final en el que se indican tanto los

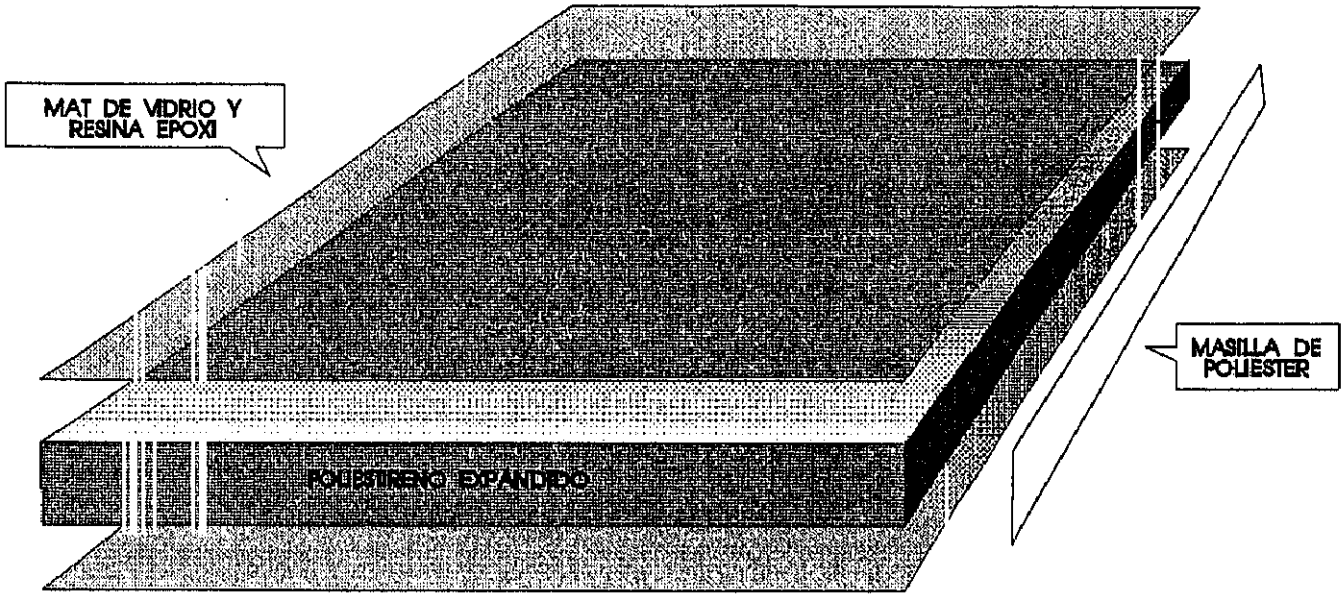
aspectos positivos de su proceso de fabricación de la maqueta como los errores y productos que no han funcionado correctamente. En estas fichas, no se describen los materiales empleados, sino que unicamente se mencionan (una información amplia sobre los más significativos puede encontrarse en el Apéndice A al final del presente Tomo II).



Fot.120. Aspecto general de algunas de las maquetas realizadas

SERIE A.1.

MAQUETAS CORRESPONDIENTES A LA CAPA BASE CERRADA EN "SANDWICH" SIMETRICO CON NUCLEO DE ESPUMA RIGIDA



MAQUETA NºA.1./1.

MAQUETA NºA.1./1

1. Descripción

Capa base cerrada en "sandwich" simétrico con núcleo de espuma rígida de poliestireno expandido, laminado exteriormente con resina epoxi y tejido de vidrio.

2. Materiales

- Resina epoxi: Fetadit 55/66 (Fetasa).
- Fibra de vidrio: Tejido de vidrio Velázquez.
- Espuma rígida de poliestireno expandido: Techo-Pan (20mm, 20 Kg/m3, M-1), (Poliglas).
- Masilla de poliestireno: Polyester 760 R (2/C), (Du Pont).

3. Proceso

- Se lamina una cara del poliestireno con tejido de vidrio y resina epoxi (300gr de Fetadit 55/66, proporción 2:1)[182]

- Una vez que la resina ha curado, se lamina de la misma

---

[182] La cantidad de Fetadit 55/66 empleada para laminar cada lámina externa de todos los paneles "sandwich" es de 300 gr (proporción 2:1).

manera la otra cara de la espuma.

- En los bordes se aplica una capa de masilla de poliestireno de dos componentes, lijándose posteriormente con pulidora eléctrica.

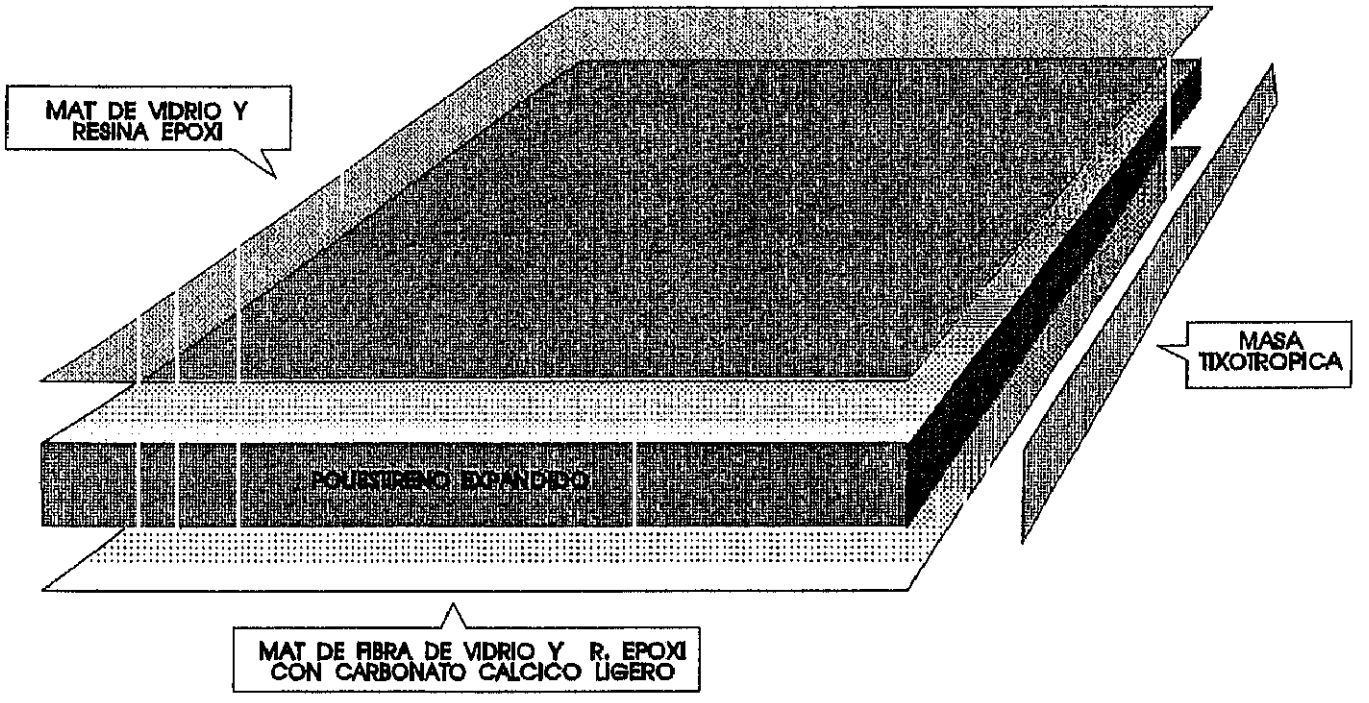
4. Comentario

- El tejido de vidrio "Velázquez" empleado se trabaja muy bien por su flexibilidad y adaptabilidad. Si se desea obtener unas láminas externas de mayor espesor y resistencia, puede emplearse una fibra de vidrio (tejida o en manta = "Mat") de mayor gramaje y densidad.

- La masilla de poliestireno empleada para sellar los bordes ataca ligeramente a la espuma, por lo que proponemos dos opciones:

  a) Utilizar masillas acrílicas o pastas tixotrópicas en sustitución de la misma.

  b) Proteger previamente el poliestireno (por ejemplo, con una pasta acrílica).



MAQUETA NºA.1./2.

MAQUETA NºA.1./2

1. Descripción

Capa base cerrada en "sandwich" simétrico con núcleo de espuma rígida de poliestireno expandido y con láminas externas de fibra de vidrio y resina epoxi (la lámina externa inferior está pigmentada con carbonato cálcico ligero).

Esta maqueta es una variación de la anterior(nºA.1./1). En sentido purista deberíamos tratarla como una capa base cerrada en "sandwich" asimétrico, ya que las dos láminas externas no son iguales (la inferior lleva una pigmentación blanca de carbonato cálcico ligero con el fin de conseguir un acabado final coloreado). Sin embargo, dado que la cantidad de carga es mínima, la incluimos entre los "sandwich" simétricos, para posteriormente comprobar si la adición de carbonato cálcico repercute en la estabilidad estructural del panel.

2. Materiales

- Fibra de vidrio (Mat -711, 225gr x 130 cm).
- Resina epoxi: Fetadit 55/66.
- Espuma rígida de poliestireno expandido: Techo-Pan (30mm; 20 Kg/m3), (Poliglas).

- Carga: Carbonato cálcico ligero.
- Masa tixotrópica: Gel de sílice y resina epoxi.

3. Proceso

- Se lamina el poliestireno por una cara con fibra de vidrio y resina epoxi.

- La cara restante se lamina de igual manera pero se incorpora carbonato cálcico ligero para conferir al reverso un aspecto blanquecino.

- En los cantos se aplica un baño de resina epoxi, sellándose posteriormente con una masa tixotrópica de gel de sílice y resina epoxi.

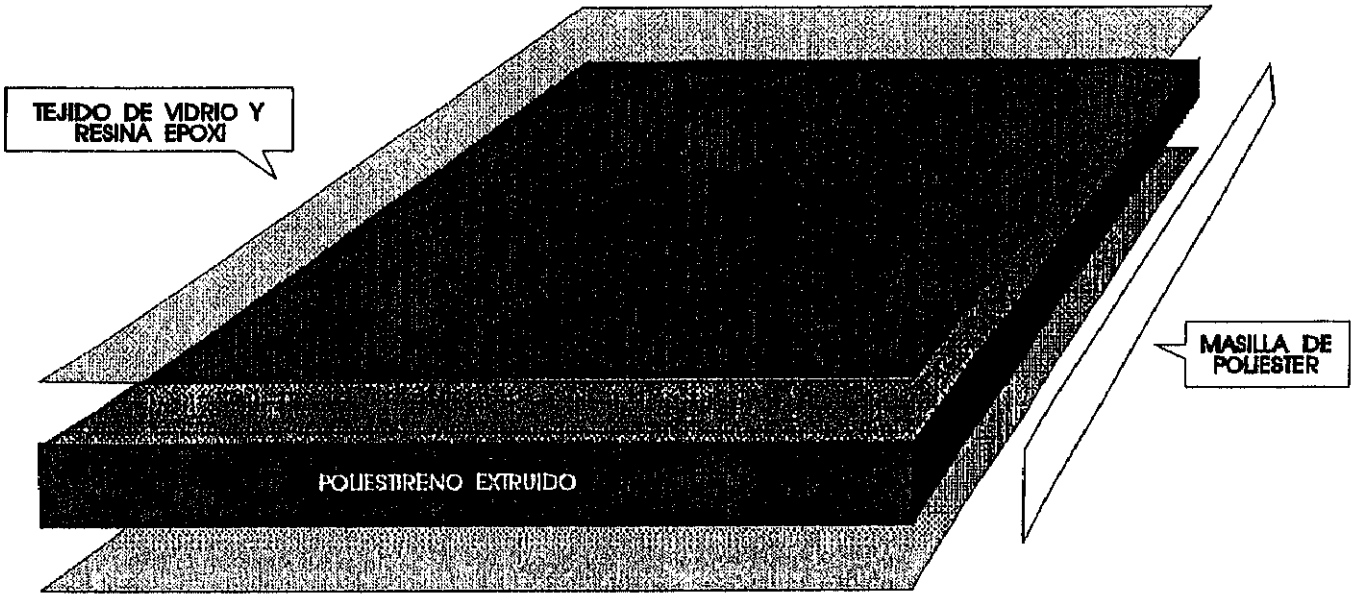
4. Comentario

- Tanto el carbonato cálcico ligero como el gel de sílice son productos muy afines a la fibra de vidrio. El componente principal con el que se fabrica la fibra de vidrio es la sílice (vid., Apéndice A), y el carbonato cálcico es uno de los materiales que se añaden habitualmente para hacer la mezcla y obtener los filamentos.

- Si se desea que el aspecto estético final del reverso sea totalmente blanco, se puede adicionar un poco de blanco de

titanio a la mezcla, o simplemente sustituir el carbonato cálcico por el pigmento blanco.

- El gel de sílice empleado en la realización de la masa tixotrópica debe ser utilizado con precaución ya que su inhalación repetida y prolongada podría llegar a producir silicosis.



MAQUETA Nº A.1./3

MAQUETA NºA.1./3.

1. Descripción

Capa base cerrada en "sandwich" simétrico con núcleo de espuma rígida de poliestireno extruido, laminado exteriormente con resina epoxi y tejido de vidrio.

2. Materiales

- Resina epoxi: Fetadit 55/66 (Fetasa).
- Fibra de vidrio: Tejido de vidrio Velázquez.
- Espuma rígida de poliestireno extruido: Wallmate IB (20mm, 28 Kg/m3, M-1), (DOW).
- Masilla de poliestireno: Polyester 760 R (2/C), (Du Pont).

3. Proceso

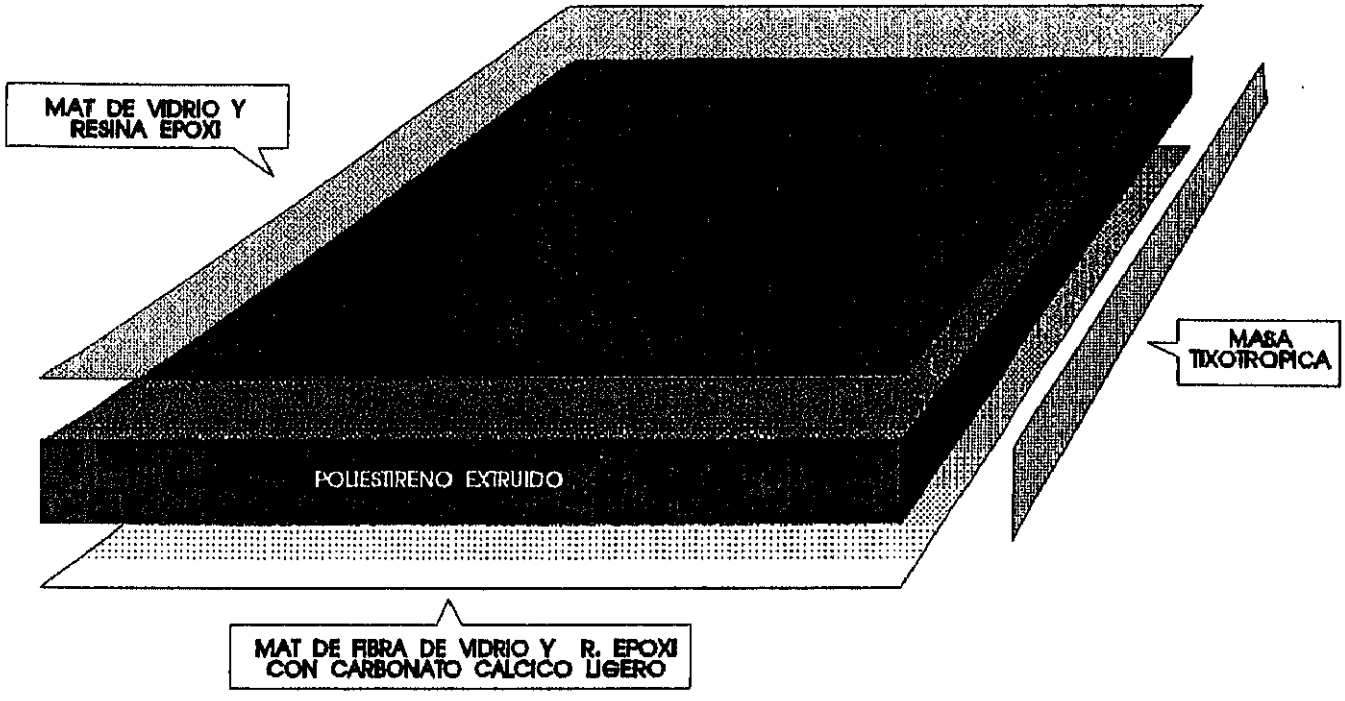
- El proceso seguido es idéntico al de la maqueta nºA.1./1.

4. Comentario

- Aunque Dow Chemical Company fabrica numerosas espumas rígidas de poliestireno extruido (algunas de las cuales se han empleado en diversas maquetas), una de las más idóneas como núcleo de la capa base es la gama Wallmate IB

(perteneciente a la gama de productos del plan Styrofoam). Esto se debe a que estas planchas están diseñadas para aislamientos térmicos en cerramientos verticales y los cálculos realizados sobre las mismas se aproximan bastante a los requeridos por un cuadro colocado en vertical.

- La espuma rígida de poliestireno Wallmate IB resiste adecuadamente la masa de poliestireno aplicada en los cantos sin que produzcan mermas apreciables (debe advertirse que puede no ocurrir lo mismo con otras espumas de poliestireno extruido). Se podrían emplear con excelentes resultados masillas acrílicas o tixotrópicas.



MAQUETA Nº A.1./4

MAQUETA NºA.1./4.

1. Descripción

Capa base cerrada en "sandwich" simétrico con núcleo de espuma rígida de poliestireno extruido, laminado con fibra de vidrio (Mat) y resina epoxi, y con una capa de acondicionamiento estético de resina epoxi y carbonato cálcico ligero.

Esta es una variación de la maqueta anterior (NºA.1./3.) a la que se ha proporcionado un acabado liso y satinado a través de la resina y la carga. Se trata de comprobar si el incorporar este nuevo estrato influirá en la estabilidad dimensional del "sandwich".

2. Materiales

- Fibra de vidrio (Mat- 711, 225gr x 130cm).
- Resina epoxi: Fetadit 55/66 (Fetasa).
- Espuma rígida de poliestireno extruido: Wallmate IB (20mm, 28 Kg/m3), (Dow Chemical Company).
- Pasta tixotrópica de resina epoxi y gel de sílice.
- Acabado final del reverso: Colada de resina epoxi y carbonato cálcico ligero.

3. Proceso

- Se lamina el poliestireno por ambas caras con fibra de vidrio y resina epoxi.

- Para conseguir el acabado liso el procedimiento es el siguiente:

  a) Se fabrica una piscina con listones de madera forrados de cinta adhesiva que se adhieren provisionalmente a los cantos del "sandwich" por medio de adhesivo termoplástico aplicado con pistola (fot.121).

  b) Se prepara la resina epoxi (300gr. aprox.) y se añade lentamente el carbonato cálcico ligero. Cuando la mezcla está homogénea, se echa sobre la piscina dejándola secar (fot.122). Un procedimiento ideal para que no queden burbujas y la mezcla sea perfecta consistiría en introducir la preparación en una cámara de ultrasonidos (aspecto a tener en cuenta sobre todo si el "sandwich" se realizase industrialmente).

- Una vez que ha curado, se retiran los listones perimetrales que servían de piscina, obteniéndose un acabado liso de color blanco.

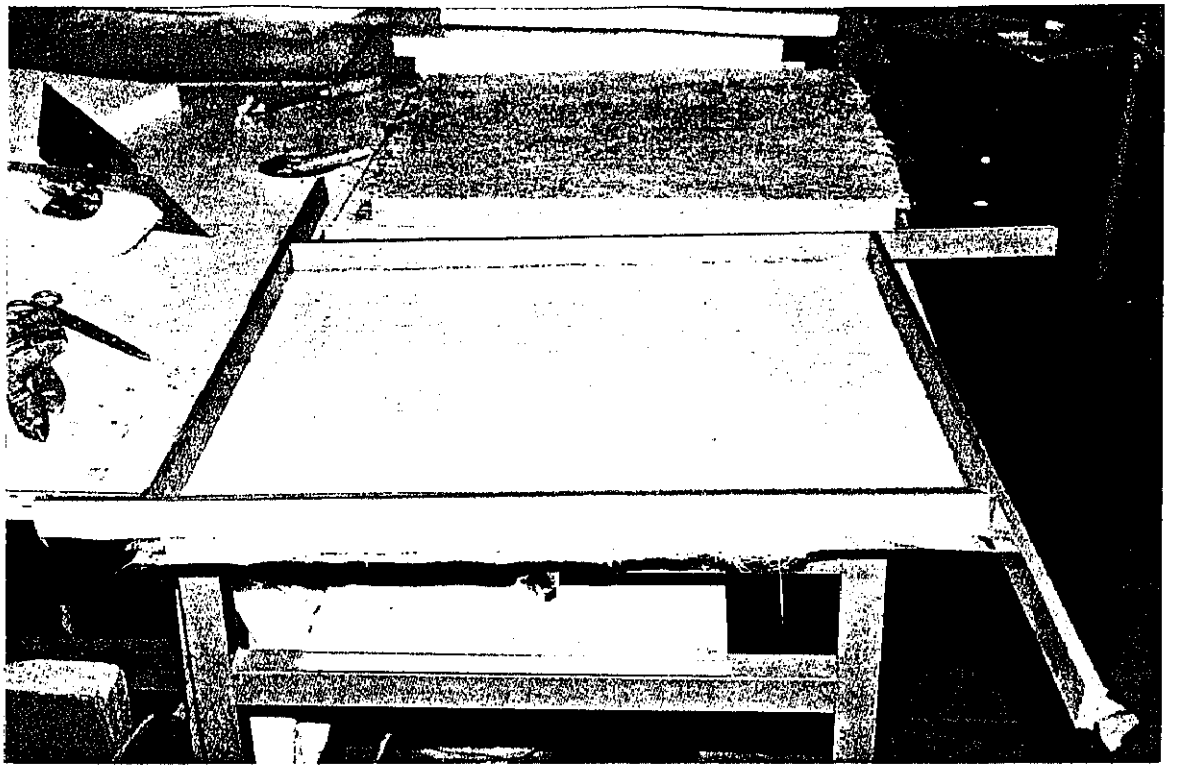
- Finalmente, en los bordes se aplica una pasta tixotrópica de gel de sílice y resina epoxi. Una vez seca, se lijan los cantos con pulidora eléctrica.

4. Comentario

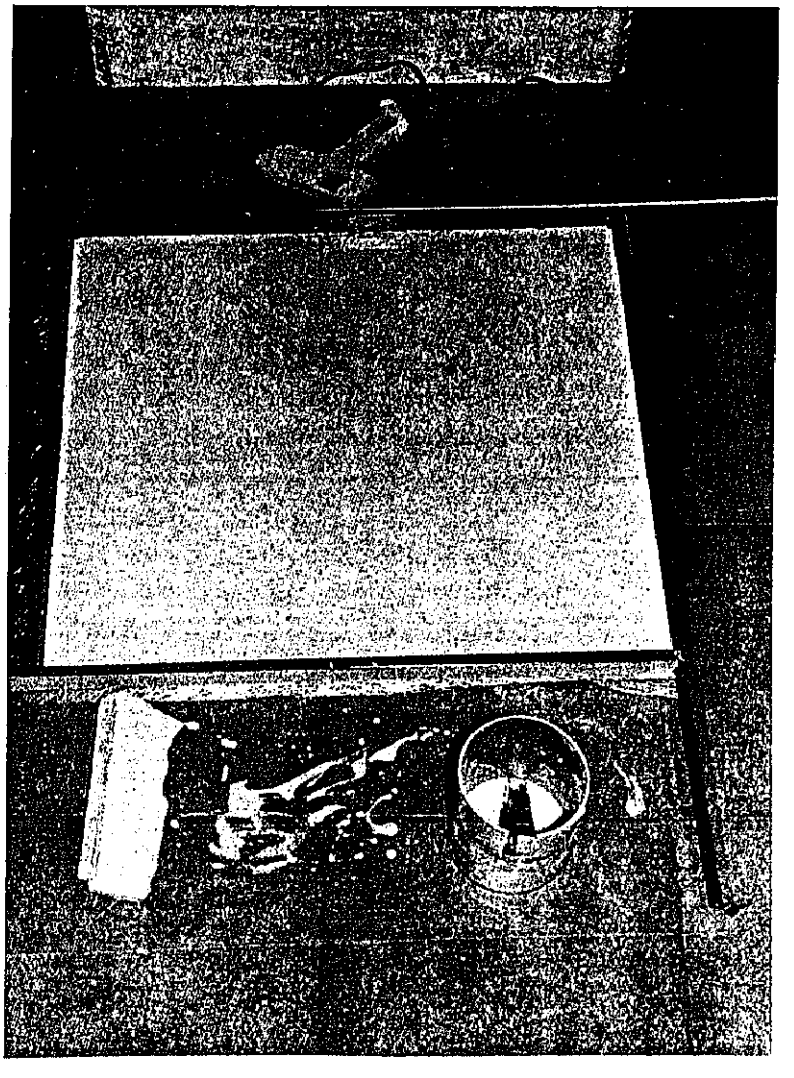
- La manta de vidrio empleada en la laminación del poliestireno absorbe más resina que el tejido y es algo más laboriosa de trabajar, pero el acabado final es óptimo.

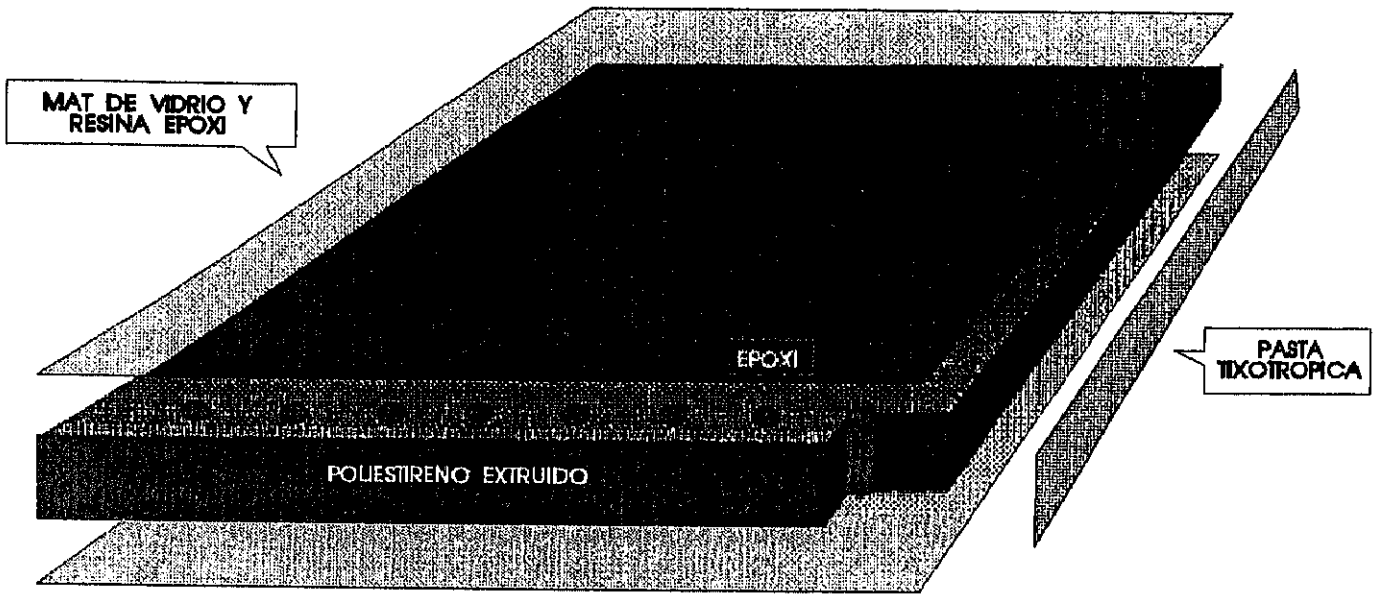
- Si se desea obtener una mezcla más flexible para realizar el acondicionamiento final del reverso, se pueden añadir microesferas de vidrio, pero el efecto no será tan satinado.

- La capa de acondicionamiento estético formada por resina epoxi y carbonato cálcico ligero incrementa mínimamente el peso de la capa base.



Fot.121. Realización de la piscina con listones perimetrales forrados con cinta desmoldeante y pegados provisionalmente con pistola termofundible alrededor del poliestireno.
Fot.122. Aspecto del "sandwich" una vez vertida la mezcla de resina epoxi y carbonato cálcico ligero en la piscina. El efecto final es muy satinado.





MAQUETA Nº A.1./5.

MAQUETA NºA.1./5.

1. Descripción

Capa base cerrada en "sandwich" simétrico con núcleo de espuma rígida de poliestireno extruido y caras externas de manta de vidrio y resina epoxi, con columnario de refuerzo de resina epoxi.

Esta maqueta es una variación de la NºA.1./3. En este caso se ha perforado el poliestireno con el fin de realizar un columnario que una las caras externas del "sandwich". Con ello se pretende comprobar si durante el proceso de curado o en las posteriores pruebas de envejecimiento acelerado, este refuerzo contribuye a evitar la deformación estructural del panel.

2. Materiales

- Fibra de vidrio (Mat -711, 225gr x 130 cm), (Feroca).
- Resina epoxi: Fetadit 55/66.
- Poliestireno extruido: Wallmate IB (20mm, 28 Kg/m3),(Dow)
- Pasta tixotrópica de gel de sílice y resina epoxi.

3. Proceso

- Se lamina una cara del poliestireno con resina epoxi y fibra de vidrio.

- Se agujerea el poliestireno con un taladro de broca 8mm, realizando un columnario de cuadrados de 4'5 x 4'5cm (fot.123).

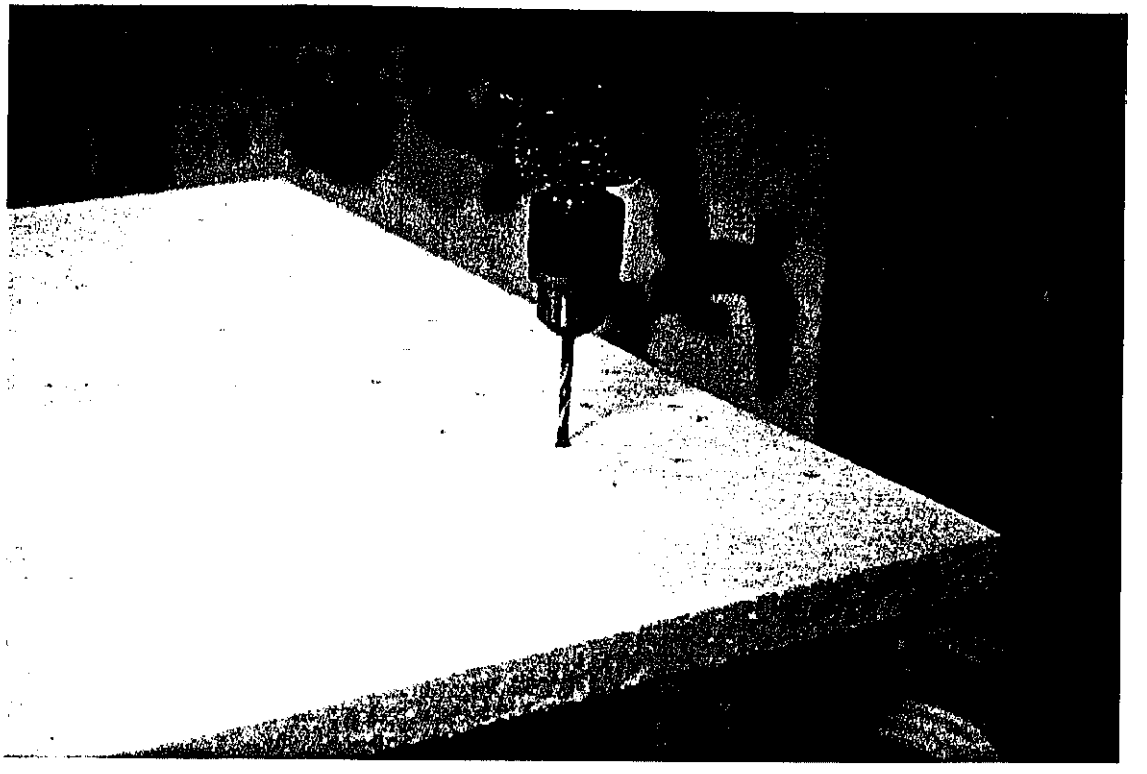
- Se rellena el poliestireno horadado con resina epoxi inyectada con una jeringa (fot.124).

- Una vez seco, se lamina la otra cara del poliestireno con resina epoxi y fibra de vidrio.

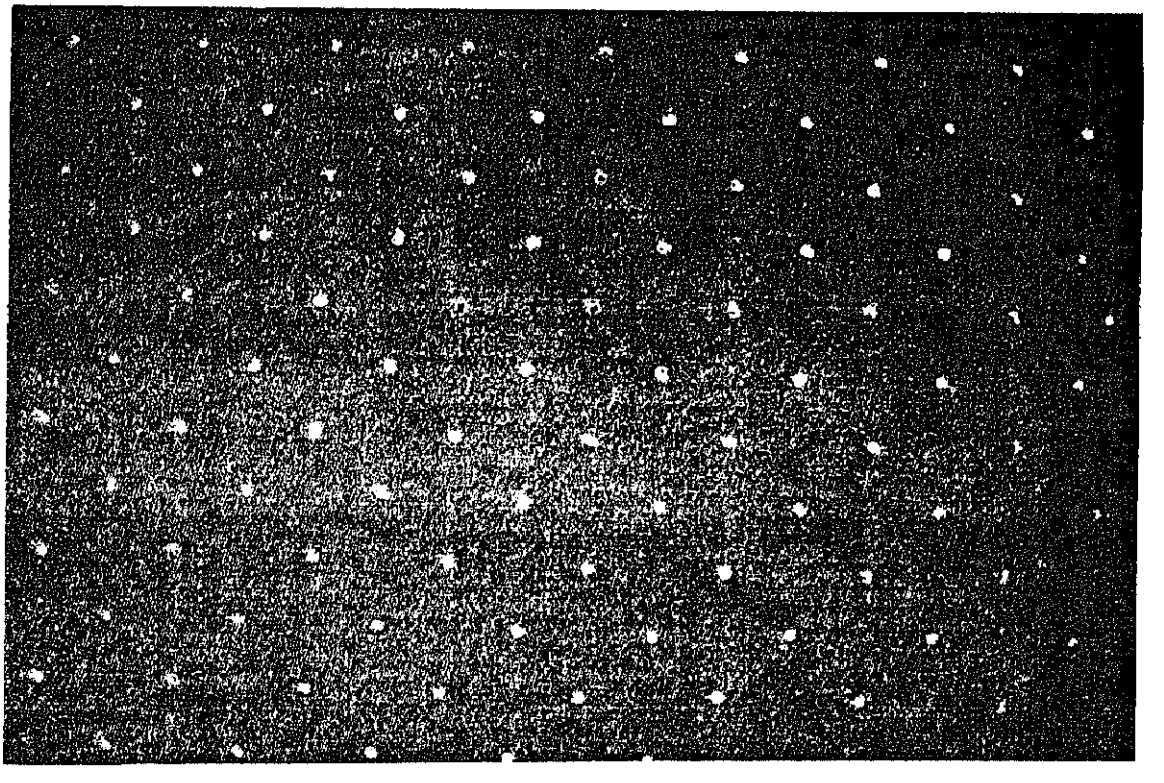
- Los bordes se sellan con pasta tixotrópica realizada con resina epoxi y gel de sílice. Posteriormente se lijan con pulidora eléctrica.

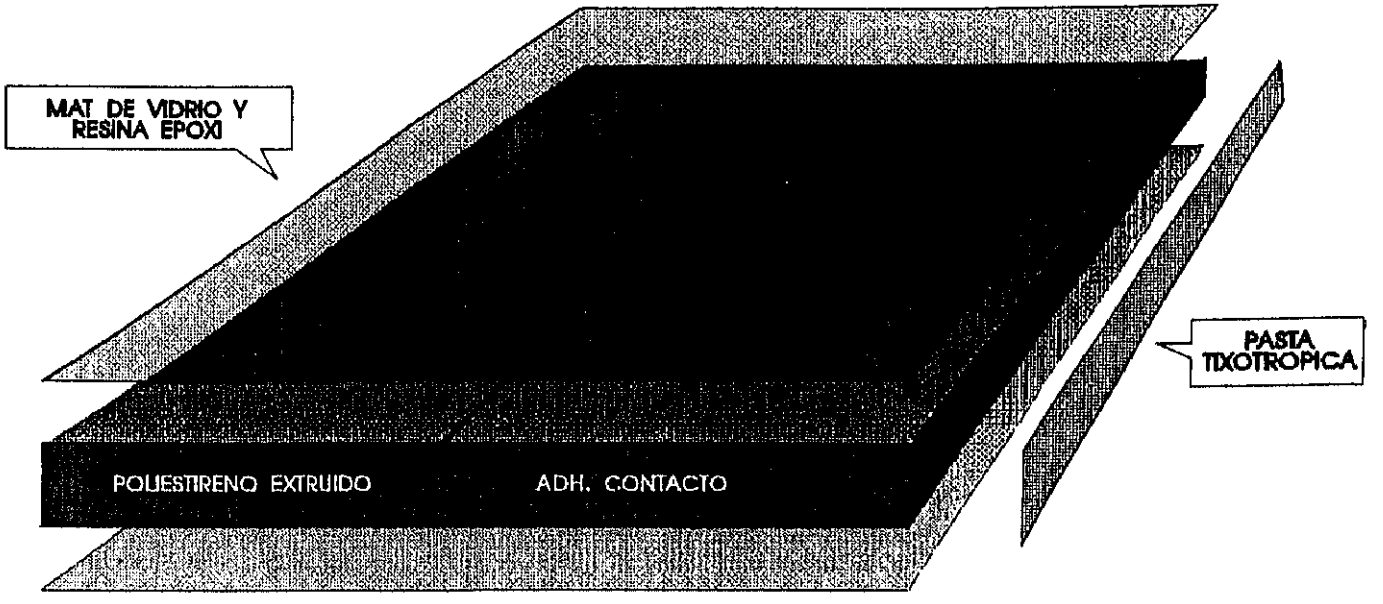
4. Comentario

- El columnario de resina epoxi debe hacerse alternando las zonas de inyección de la resina, para que la reacción exotérmica que se produce durante el curado de la misma, no funda la espuma.
- El relleno del columnario podría hacerse también adicionando una carga a la resina epoxi.



Fot.123. Momento en que se agujerea el poliestireno con el taladro.
Fot.124. Aspecto del poliestireno al trasluz una vez horadado.





MAQUETA Nº A.1./6.

MAQUETA NºA.1./6.

1. Descripción

Capa base cerrada en "sandwich" simétrico con caras externas de manta de vidrio y resina epoxi, y núcleo formado por dos planchas unidas de espuma rígida de poliestireno extruido.

Esta es una variación de la maqueta NºA.1./3., en la que se han pegado dos planchas de poliestireno (en este caso Floormate 200), con el fin de comprobar posteriormente si la unión de planchas afecta la resistencia estructural del "sandwich".

2. Materiales

- Fibra de vidrio (Mat -711, 225gr x 130cm).
- Resina epoxi: Fetadit 55/66 (Fetasa).
- Poliestireno extruido: Floormate 200 (30 mm, 25 Kg/m3), (Dow Chemical Company).
- Adhesivo de contacto: Bostik (Poliestireno 1454- Hexano).
- Pasta tixotrópica de gel de sílice y resina epoxi.

3. Proceso

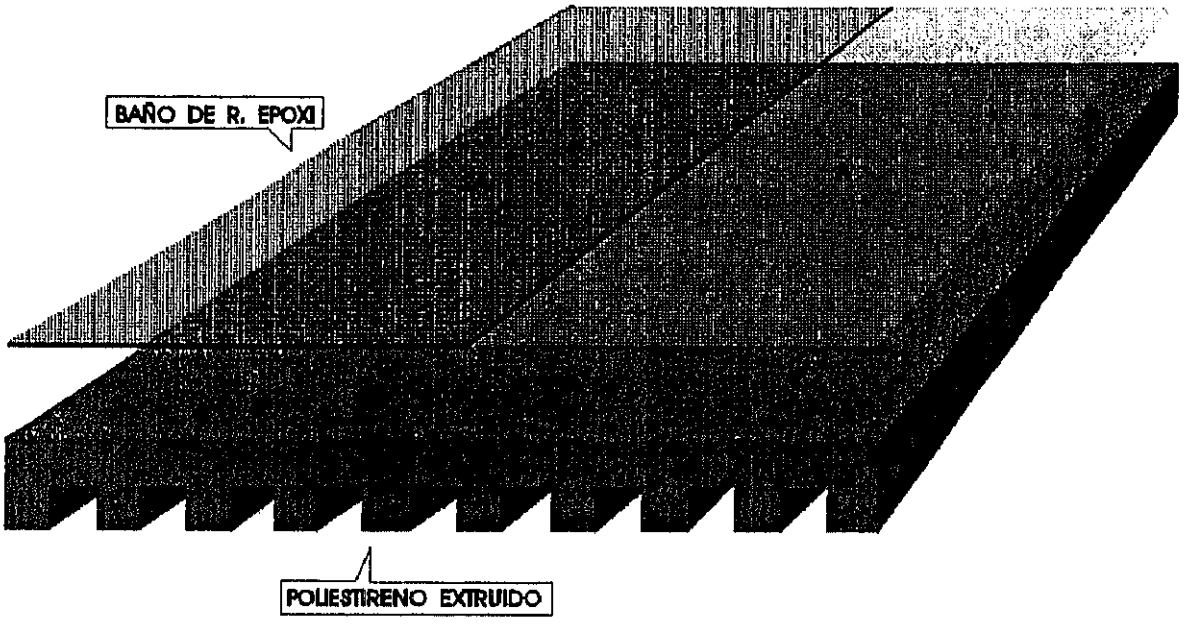
- Se pegan ambas planchas de poliestireno con adhesivo de contacto, de manera que coincidan los perfiles en escalón.

- Se laminan las superficies con fibra de vidrio y resina epoxi.

- Los bordes se sellan con pasta tixotrópica de gel de sílice y resina epoxi. Una vez secos se lijan con pulidora eléctrica.

4. Comentario

- Mediante un simple examen organoléptico o visual, no se aprecia ningún tipo de deformación durante y después del pegado de las dos planchas (esta apreciación deberá ser verificada en los ensayos degradantes a los que se someterá el "sandwich").



MAQUETA Nº A.1./7.

PROBETA NºA.1./7.

1. Descripción

Capa base cerrada formada por un núcleo de espuma rígida de poliestireno extruido bañado con resina epoxi tanto por el anverso como por el reverso.

Esta maqueta se ha realizado para comprobar cómo funciona un baño de resina epoxi sin fibra de vidrio como lámina externa.

2. Materiales

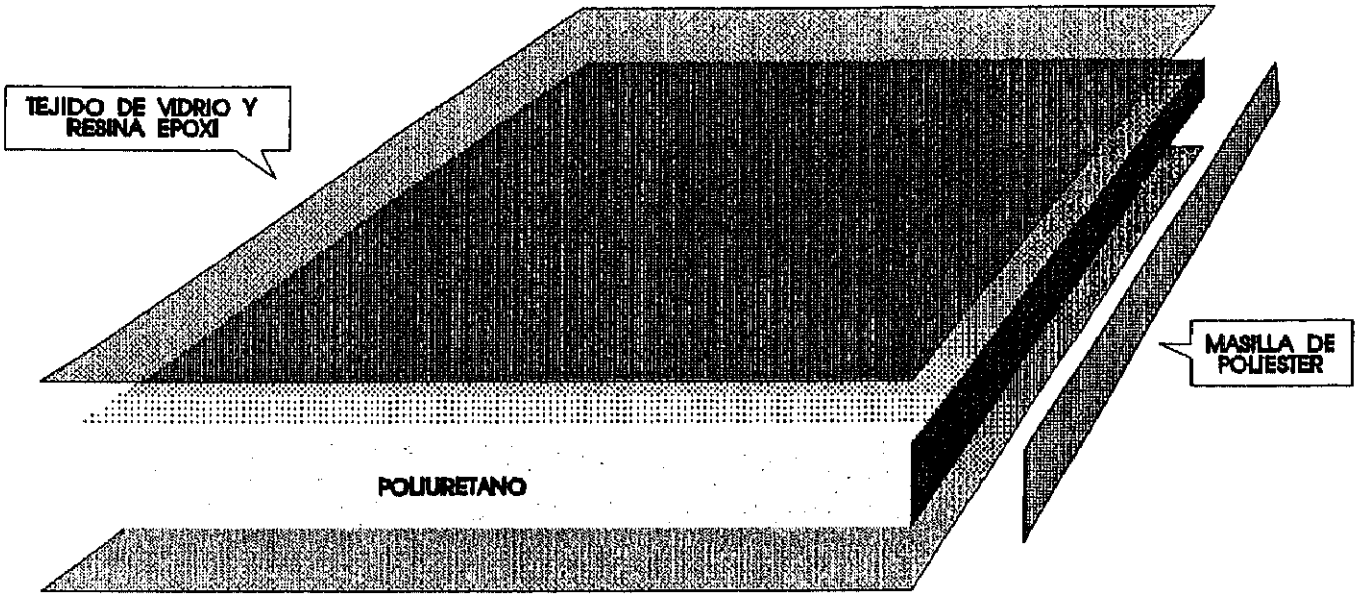
- Resina epoxi: Fetadit 55/66 (Fetasa).
- Espuma rígida de poliestireno extruido: Roofmate PT (40mm, 32-35 Kg/m3), (Dow Chemical Corporation).

3. Proceso

- Se barnizan las superficies externa e interna así como los bordes con resina epoxi. La mitad de la maqueta (lado A), tiene un doble baño de resina epoxi.

4. Comentario

- El baño de resina puede quebrarse por efecto de un golpe dejando desprotegida la espuma de poliestireno. Por ello, un primer examen superficial determina que un simple barnizado de resina no es un refuerzo suficiente. La capa base resultante es, por lo tanto, inadecuada, para su posterior manipulación.



MAQUETA Nº A.1./8.

MAQUETA NºA.1./8.

1. Descripción

Capa base cerrada en "sandwich" simétrico con núcleo de espuma rígida de poliuretano laminado con resina epoxi y tejido de vidrio.

2. Materiales

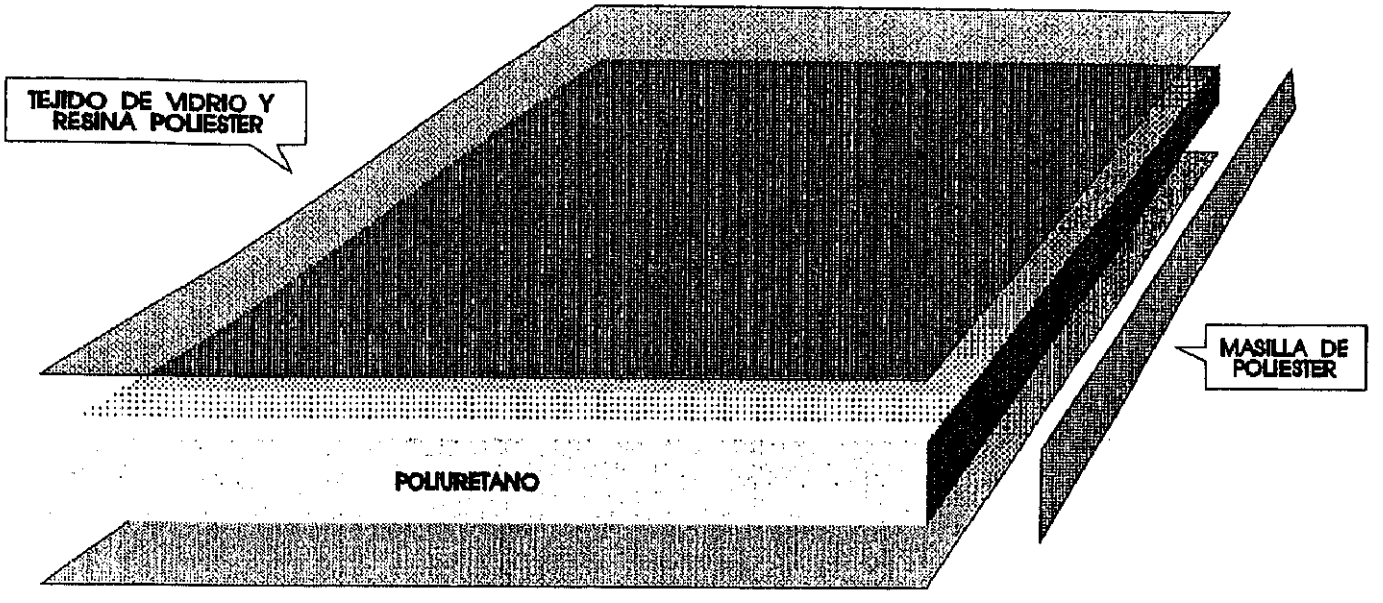
- Resina epoxi: Fetadit 55/66 (Fetasa)
- Fibra de vidrio: Tejido de vidrio Velázquez
- Espuma rígida de poliuretano (30mm, 32 Kg/m3), (Prax,S.A).
- Masa de poliestireno: Polyester 760 R (2/C), (Du Pont).

3. Proceso

- El proceso de realización seguido es idéntico al de la maqueta nºA.1./1.

4. Comentario

- El poliuretano, debido a su condición pulverulenta, es algo más difícil de laminar que los poliestirenos.
- La masilla de poliéster es perfectamente compatible con la espuma y no produce ningún tipo de merma en la misma.



MAQUETA NºA.1./9.

MAQUETA NºA.1./9

1. Descripción

Capa base cerrada en "sandwich" simétrico con núcleo de espuma rígida de poliuretano, laminado con resina poliéster y tejido de vidrio.

Esta maqueta es una variación de la maqueta anterior (NºA.1./8.) en la que se cambia la resina epoxi por resina poliéster.

2. Materiales

- Fibra de vidrio: Tejido de vidrio Velázquez.
- Resina poliéster: Cronolita (Plastiform, S.A.).
- Espuma rígida de poliuretano (30mm, 32Kg/m3),(Prax,S.A.).
- Masa de poliestireno: Polyester 760 R (2/C), (Du Pont).

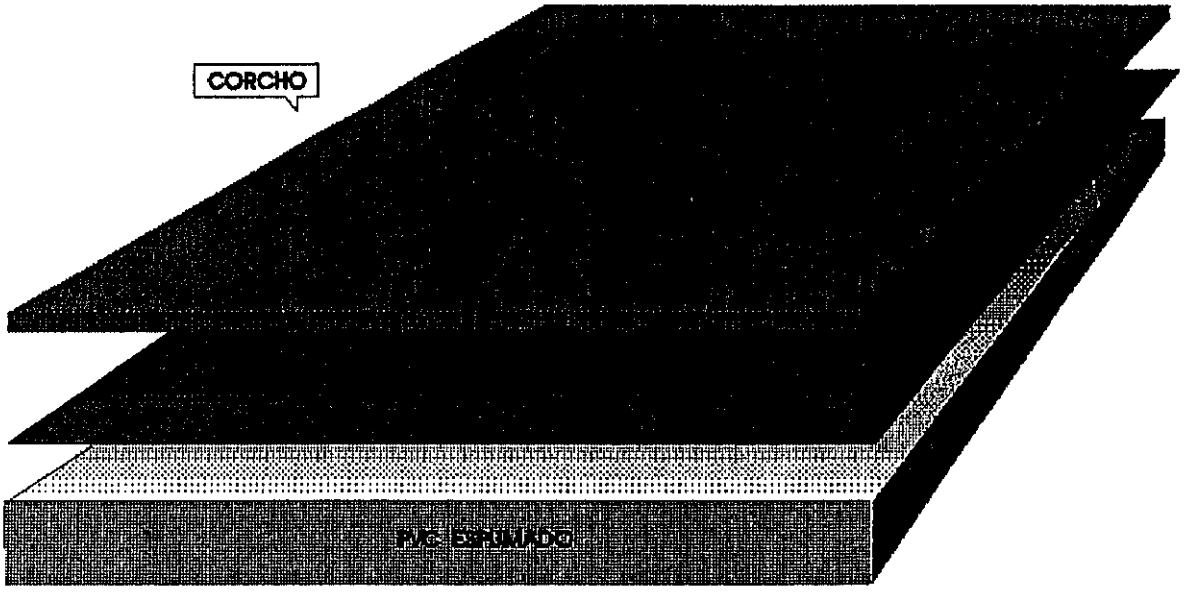
3. Proceso

- Se laminan ambas caras del poliuretano con resina poliéster (300 gr.aprox.; Proporción para 1Kg de resina: 0'3% de activador -equivale a 3gr- y 1'8% de catalizador -equivale a 18gr-) y tejido de vidrio.

- Una vez laminado, en los bordes se aplica la masilla de poliestireno de dos componentes. Cuando está curada, se lija con pulidora eléctrica.

4. Comentario

- La combinación entre la espuma rígida de poliuretano y la resina poliéster ofrece excelentes resultados, y es un método de laminación más económico que el realizado con resina epoxi.



MAQUETA Nº A.1./10.

MAQUETA NºA.1./10.

1. Descripción

Capa base cerrada en "sandwich" simétrico formada por una plancha de PVC espumado con piel, a la que se ha pegado una fina lámina de corcho para comprobar el resultado de unir ambos elementos.

En este caso no es necesario laminar exteriormente la espuma de PVC, ya que se comercializa terminada con piel [183].

2. Materiales

- Lámina de corcho natural de 2mm.
- Adhesivo de contacto: Bostik - Poliestireno 1454 - Hexano
- Placa de PVC espumado rígido: Tettocel (14 mm), (PV Plastics - Grupo BASF).

3. Proceso

- Se corta la plancha de corcho y se pega al PVC espumado

---

183 La PIEL es definida por la norma UNE 53-178-76 como "una capa compacta o relativamente densa formada en la superficie de un plástico celular".

(previamente rayado) con adhesivo de contacto.

4. Comentario

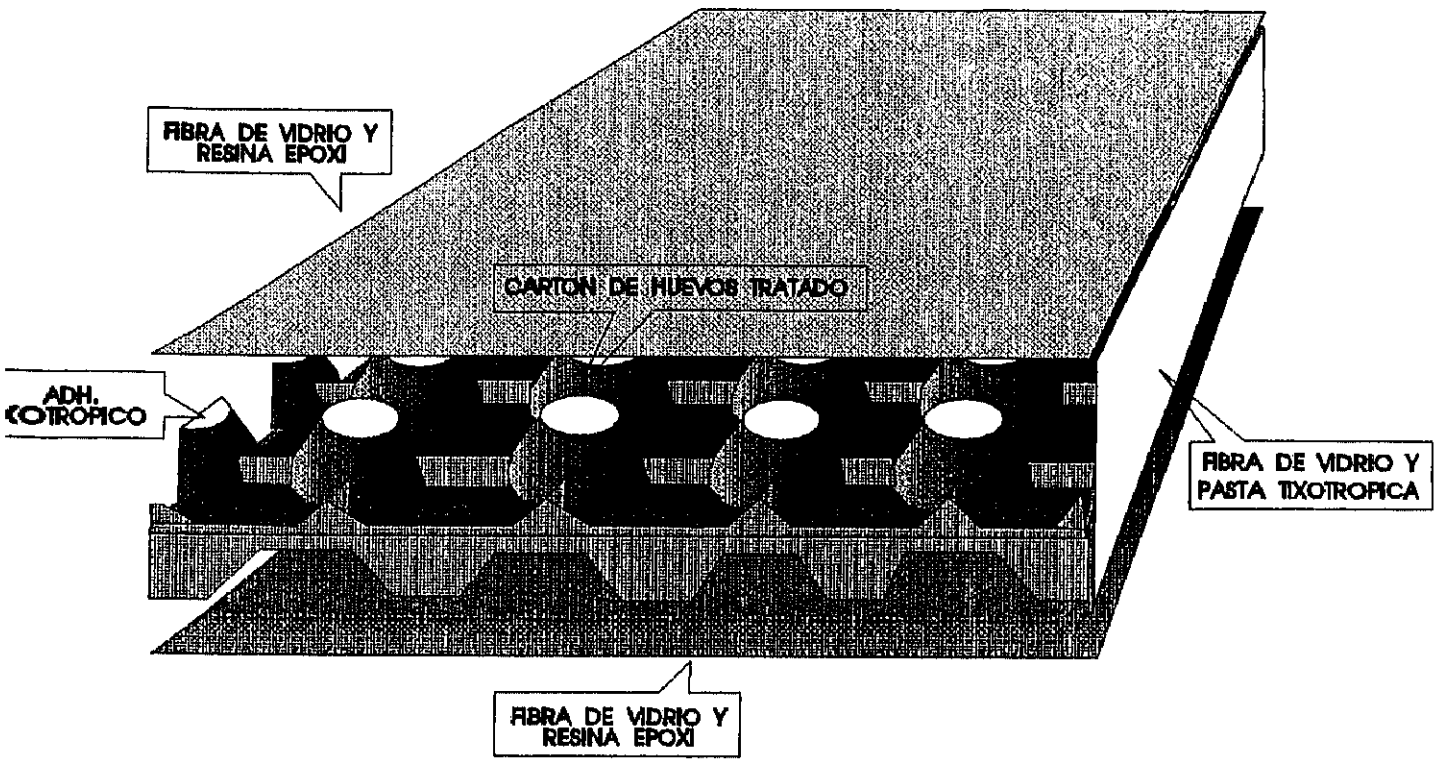
- Este sistema es muy cómodo porque la capa base de PVC espumado se puede adquirir directamente en el comercio.

- No es necesario sellar los bordes.

- El inconveniente que tiene esta espuma de PVC es que es más pesada que las de poliuretano o poliestireno.

SERIE A.2.

MAQUETAS CORRESPONDIENTES A LA CAPA BASE CERRADA EN "SANDWICH" SIMETRICO CON NUCLEO ALVEOLAR



MAQUETA NºA.2/1.

MAQUETA Nº A.2./1

1. Descripción

Capa base en "sandwich" simétrico con núcleo alveolar de cartón de huevos tratado y láminas externas de resina epoxi y fibra de vidrio.

Con esta maqueta se pretende indicar que cualquier material alveolar, con una estructura firme, podría servir de núcleo de una capa base en "sandwich".

2. Materiales

- Fibra de vidrio (Mat- 711, 225gr x 130cm).
- Resina epoxi: Fetadit 55/66 (Fetasa).
- Cartón de huevos impregnado de resina epoxi.
- Adhesivo tixotrópico de gel de sílice y resina epoxi.

3. Proceso

- Se realizan dos planchas de fibra de vidrio y resina epoxi. Para ello se impermeabiliza una superficie lisa con cinta aislante y se impregna la fibra con la resina.

- Se aplica por ambas caras del cartón de huevos una mano de

resina epoxi (también podríamos haber empleado una resina fenólica).

- Se realiza una pasta tixotrópica con gel de sílice y resina epoxi que se aplica en los vértices externos del cartón para pegar las caras externas (lo ideal es que la unión se realice al vacío).

- Se colocan las planchas de fibra de vidrio y se deja que cure el adhesivo.

- Bordes: se preparan unas tiras de fibra de vidrio y resina poliéster (de la misma manera como se han realizado las caras externas) y se pega con la masa tixotrópica de gel de sílice y resina epoxi.

4. Comentario

- El cartón de huevos podría, una vez impregnado, ser un excelente núcleo para "sandwich" por ser resistente y económico. En el comercio puede encontrarse cartón ondulado que también se podría emplear como núcleo en este tipo de configuración, pero la adhesión con las capas externas es más inestable al ser menos los puntos de unión.

- Lo ideal para que la unión entre las caras externas y el

núcleo fuese perfecta sería realizar la adhesión al vacío

- El sellado de bordes en éste tipo de capa base alveolar es algo más complicado que el de las espumas anteriormente expuestas.

- Como ya se ha indicado, el núcleo de esta maqueta podría haber sido cualquier otra estructura prefabricada económica y consistente. Sin embargo, si deseamos emplear este tipo de capa base en aplicaciones más sofisticadas, proponemos una alternativa creada a partir de la reciente patente internacional de David Colvin y Craig Pottertes (WO 90/14942; 13.12.90)[184]. Estos inventores, fabricaron una estructura amortiguadora para embalajes muy útil para paliar y proteger diversos artículos de los daños, caídas y golpes durante su transporte (fig.87). Esta configuración (en la que emplearon materiales baratos como papeles, espumas, plásticos, etc.), consta de dos caras externas planas (A) realizadas con un material flexible pegadas a una matriz de celdillas con forma poligonal (B) que contienen un fluido como el aire u otro gas. Dichas celdillas están comunicadas unas con otras por un conducto (C), de manera que el aire o el gas puedan pasar de una a otra y

---

184 Si se desea obtener una información detallada sobre esta patente vid., PCT (Patent Cooperation Treaty), con la siguiente clasificación internacional: B32B 3/12, B65D 81/14.

favorecer el efecto amortiguador en caso de impacto.

Basándonos en esta estructura se podrían fabricar soportes rígidos o semiflexibles realizados con materiales estables, en los que también se podría incorporar un gas, como el helio. Esto favorecería el que fuesen especialmente livianos, aspecto muy útil a la hora de realizar un soporte de gran formato, por ejemplo, para un techo.

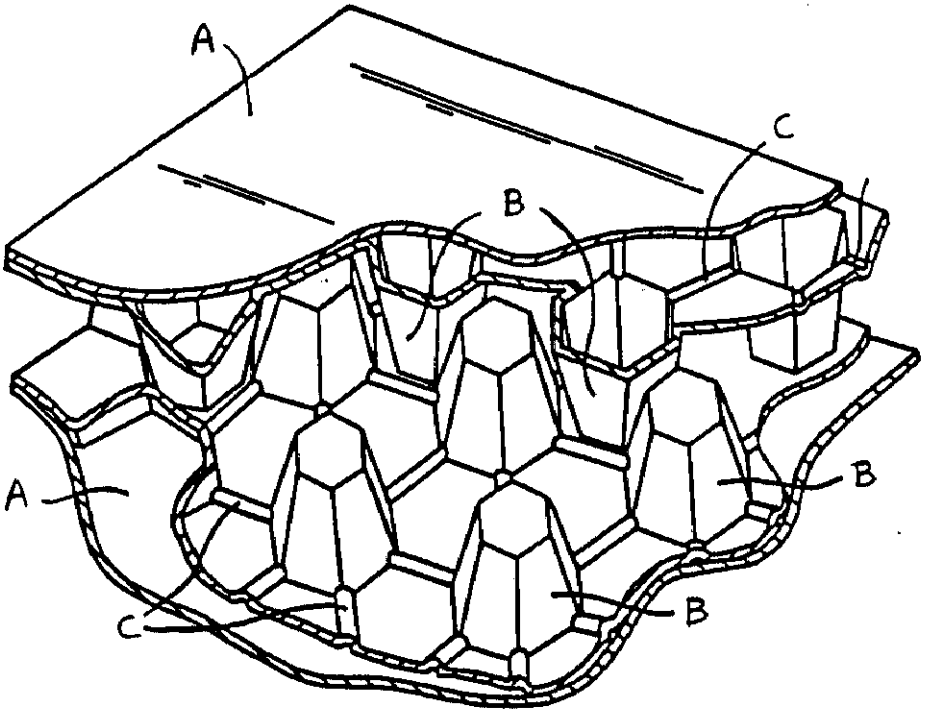
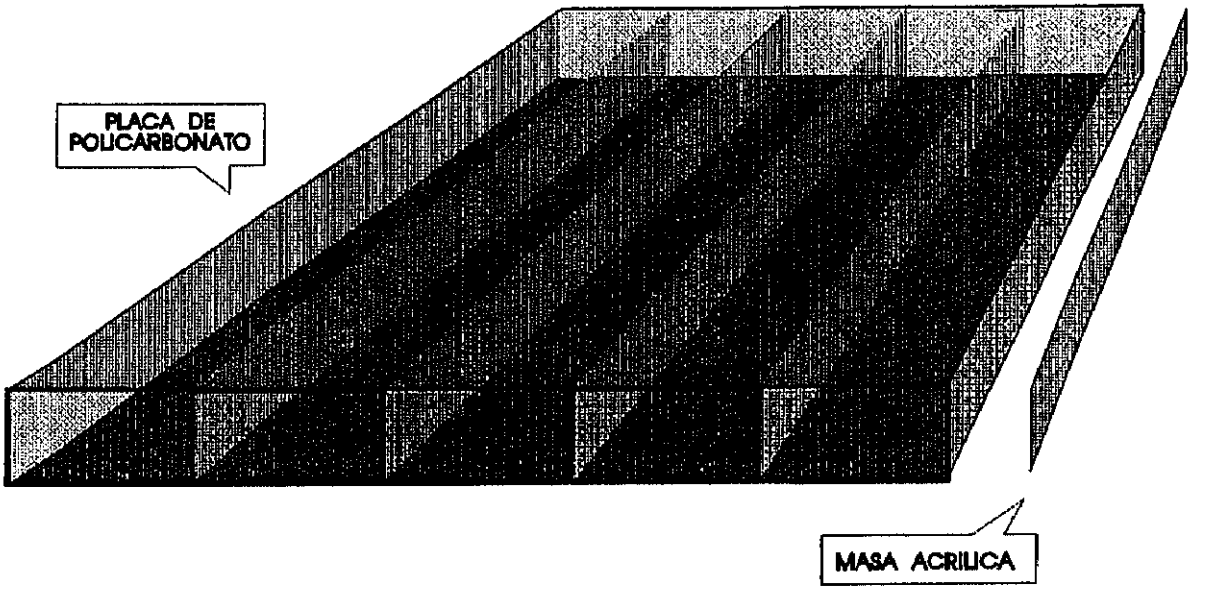


Fig.87. Estructura amortiguadora para embalajes realizada por D. Colvin y C. Pottertes (Patente: WO 90/14942; 13.12.90).



MAQUETA Nº A.2/2.

MAQUETA Nº A.2./2.

1. Descripción

Capa base cerrada en "sandwich" simétrico con núcleo alveolar compuesto por una placa rígida de policarbonato de paredes múltiples.

2. Materiales

- Placa de policarbonato: Lexan Termoclear (GE Plastics).
- Bordes: Masa acrílica de Primal AC33 y yeso.

3. Proceso

- Se corta la plancha de policarbonato y se rellenan dos de sus bordes con la masa acrílica. El comercio vende una cinta selladora de aluminio especial para policarbonatos que también hemos probado, pero que tiene el inconveniente de ser desmoldeante.

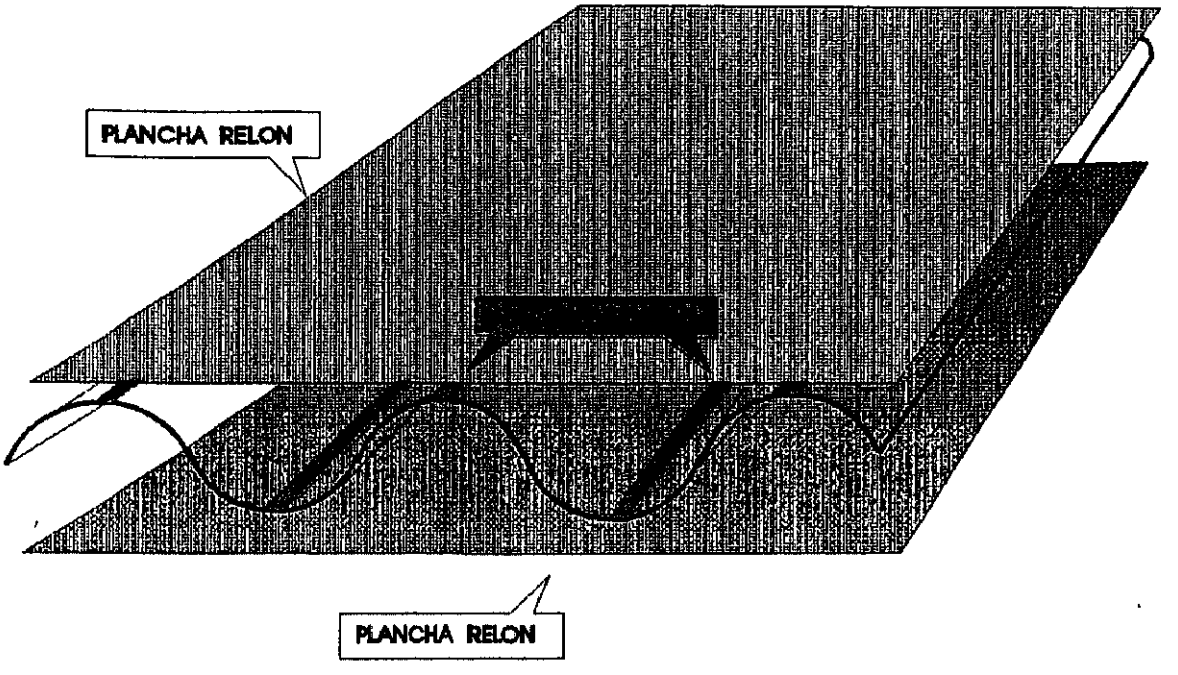
4. Comentario

- Las mayores ventajas de las planchas de policarbonato usadas como capa base son su gran resistencia a impactos y que son prácticamente irrompibles (se comercializan como

sustitutos a los acristalamientos tradicionales, y aguantan tempestades, granizo, nieve, ataques vandálicos, etc). Además, son muy ligeras y prácticamente inalterables por la acción de la radiación ultravioleta.

- Los inconvenientes de estas planchas son: su sensibilidad a la acción de numerosos disolventes (son atacadas por los disolventes de la mayor parte de los adhesivos que se comercializan en el mercado, exceptuando, por ejemplo, la resina epoxi que resulta inocua), y su precio.

- Con las planchas de policarbonato utilizadas directamente como soporte, se podrían obtener efectos y transparencias empleando, por ejemplo, pinturas acrílicas.



MAQUETA Nº A.2./3.

MAQUETA NºA.2./3

1. Descripción

Capa base cerrada en "sandwich" simétrico con núcleo alveolar formado por una placa ondulada RELON y caras externas de placas RELON (resina poliéster, fibra de vidrio y nylon).

Este es un ejemplo de como se pueden aprovechar los múltiples diseños de perfiles industriales adaptándolos a nuestras necesidades (vid. figs.88, 89 y 90). En esta maqueta hemos aprovechado una "minionda" no standart.

2. Materiales

- Planchas RELON de fibra de vidrio, nylon y resina poliéster.
- Adhesivo: masa tixotrópica de resina epoxi y gel de sílice.

3. Proceso

- Se pegan con masa tixotrópica de gel de sílice y resina epoxi la plancha lisa y la ondulada (el adhesivo unicamente se aplica en la parte alta de las ondas).

- Una vez curado, se pega la otra cara de la misma manera, obteniendo una capa base transparente.

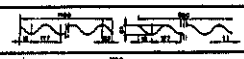
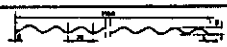
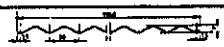
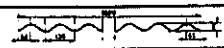
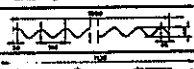
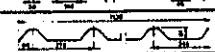
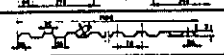
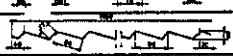
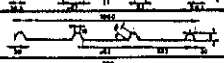
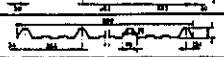
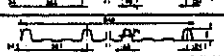
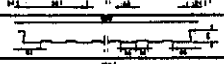
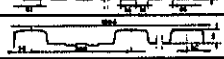
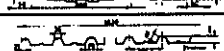
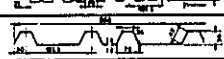
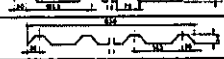
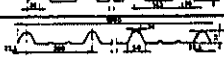
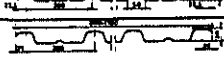
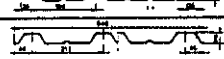
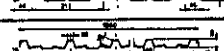
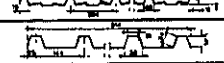
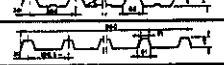
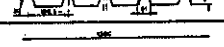
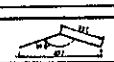
- La plancha lisa RELON tiende a desmoldearse, por lo que la hemos desprendido de una de las caras y sustituido por otra lámina previamente fabricada de resina epoxi y fibra de vidrio, cuyo agarre es mayor.

4. Comentario

- Aunque la planchas industriales empleadas no han ofrecido los resultados apetecidos (actúan como desmoldeantes), éste es un buen ejemplo de cómo se podrían aprovechar los distintos perfiles industriales prefabricados como núcleos de muchos soportes pictóricos. Precisamente un ejemplo de fabricación de un soporte con un núcleo ondulado para la producción de paneles configurados podemos encontrarlo en las patentes de J. Roth, p. Seiler, R. Lavenir y A. Manigold (Nº 75/05064 y 75/40180). Dichos paneles constan de un núcleo de cartón ondulado solidarizado con una espuma, por medio de un elastómero. Según sus artífices, los paneles producidos según este procedimiento presentan, especialmente gracias al empleo del cartón, una gran ligereza y elevada rigidez, una buena resistencia a la temperatura y un precio de costo muy bajo. Estas características permiten su aplicación en diversas áreas, por ejemplo, en la fabricación de techos de automóviles.

Tal como se aprecia en la figura 91, esta estructura está constituida por una placa de cartón ondulado (1), que constituye el núcleo y armadura del panel, por una plancha (2) y por bandas (3) de espuma de poliuretano que sirven para el acolchamiento del cartón ondulado, por un recubrimiento de acabado (4) y por una solución de elastómero de poliuretano que da rigidez y une los distintos componentes del panel. No es nuestro propósito detenernos en los detalles puntuales de este invento, sino únicamente queremos poner de manifiesto cómo se pueden configurar paneles muy estables (para aplicaciones industriales) con materiales baratos.

- Nuestra propuesta sería encargar perfiles standard de pequeño tamaño de diversos materiales (desde cartón ondulado hasta todo tipo de plásticos) para confeccionar soportes que podrían tener grandes posibilidades pictóricas.

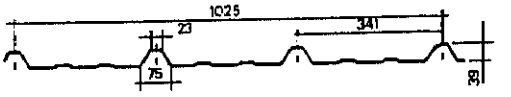
NOMENCLATURA	PERFIL	MODULOS			PLACA			COLORES		CORRESPONDENCIA
		Nº	LONGITUD	ALTURA	LONGITUD	ANCHO UTIL	ANCHO TOTAL	TRANSLUCIDOS	OPACOS	
PERFIL 1		5 y 6	177	51	Sin Límite	1050 900	1100 950	NAT. AZP. AZI AM. V. BLAN	—	FIBROCEMENTO ONDA GRANDE
PERFIL 2		15	76	18	"	1070	1150	NAT. AZP. AZI AM. V. BLAN	BLANCO VERDE	HIERRO GALVANIZADO ONDA MEDIANA
PERFIL 3		32	35	7	"	1080	1150	NAT. AZP V. AM	—	———
PERFIL 4		5	155	45	"	698	950	NAT	—	FIBROCEMENTO PORTUGUES
PERFIL 5		7	130	30	"	970	1020	"	—	FIBROCEMENTO DANES VIDRIO ARMADO
PERFIL 6		7	145	48	"	1060	1090	"	—	FIBROCEMENTO DANES B-6
PERFIL NV		3	275	51	"	1100	1130	NAT. AZP. V	—	FIBROCEMENTO NERVADA
PERFIL GT		15	70	14	"	1050	1100	NAT. AZI. V AM. BLAN	BLANCO	PLACA P V C
PERFIL DS		11	99	20	"	1050	1150	NAT	—	———
PERFIL AA		7	127	40	"	890	940	NAT. AZI. V	—	ALUMINIO
PERFIL BA		3	333	40	"	990	1060	NAT	—	ALUMINIO
PERFIL GA		3	254	39	"	762	830	"	—	ALUMINIO
PERFIL PN		3	267	41	"	802	850	"	—	PERFRISA R-57/39
PERFIL PI		10	76	30	"	900	930	"	—	PERFRISA PLANO INFERIOR
PERFIL PS		3	300	36	"	900	1000	NAT. AZI	—	PERFRISA PLANO SUPERIOR
PERFIL RB		5	197.5	38	"	970	1030	NAT. BLAN AZ-PALIDO	—	ROBERTSON F-38
PERFIL RF		4	197.5	38	"	790	850	" "	—	ROBERTSON F-38
PERFIL RT		6	143	24	"	860	930	" "	—	ROBERTSON F-23/960/909
PERFIL LE		5	209	32	"	1036	1090	NAT. AZP. V	—	LESACA 30/209
PERFIL TZ		4	208	30	"	830	890	NAT. AZP. V	BLANCO	ACERALUM TECZONE
PERFIL TS		4	195	30	"	780	850	NAT. AZP. V	—	ACERALUM
PERFIL TC		4	212	26	"	848	940	NAT. AZP. V	—	ACERALUM TZ-1
PERFIL AC		5	204	30	"	1010	1050	NAT. AZP. V	—	ACIEROID MUROID
PERFIL GD		6	144	32	"	864	914	NAT. AZP. V	—	ACIEROID GRECOID
PERFIL UD		5	208	35	"	952 1040	1100	NAT	—	ULLOD TR-826
PERFIL VR		4	180	39	"	720	760	NAT	—	VIDAL ROS 40/183
PLANA		—	—	—	"	—	1200 1000	NAT. AZI. AZF V. AM	—	———
CUMBRERAS		1	ALA 250	ANGULO 145°	2500	460	476	NAT	—	———

COTAS EN mm

Fig.88. Perfiles tomados del catálogo de POLIGLAS cuyo riguroso diseño podría ser aprovechado como núcleo de diversos soportes pictóricos.

3.341.39

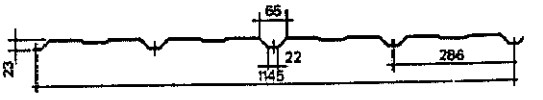
Aplicaciones: Cubierta simple
Cubierta sandwich



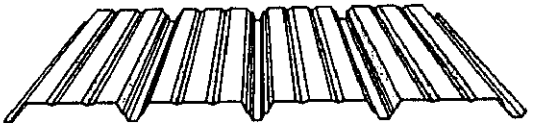
ESPESOR (mm)	0,60	0,70	0,80	1,00
MASA (kg/m²)	5,74	6,70	7,66	9,57
INERCIA (cm⁴/mt)	9,6	11,4	13,1	16,5

4.286.23

Aplicaciones: Fachada

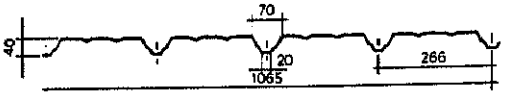


ESPESOR (mm)	0,60	0,70	0,80	1,00
MASA (kg/m²)	5,14	6,00	6,86	8,57
INERCIA (cm⁴/mt)	3,3	3,9	4,5	5,6

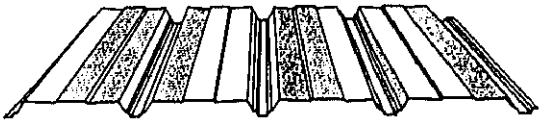


4.266.40

Aplicaciones: Soporte de cubierta DECK
Fachada

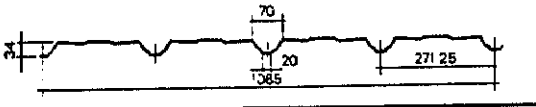


ESPESOR (mm)	0,60	0,70	0,80	1,00
MASA (kg/m²)	5,53	6,45	7,37	9,21
INERCIA (cm⁴/mt)	11,9	14,1	16,2	20,4

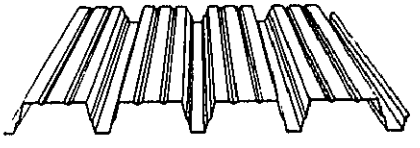


4.271.34

Aplicaciones: Fachada, Cubierta simple, Cubierta sandwich, Soporte de cubierta DECK

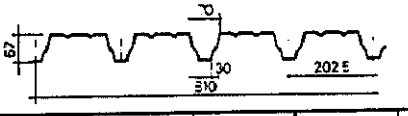


ESPESOR (mm)	0,60	0,70	0,80	1,00
MASA (kg/m²)	5,66	6,60	7,54	9,41
INERCIA (cm⁴/mt)	8,90	10,40	11,90	14,90



4.202.67

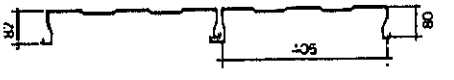
Aplicaciones: Cubierta simple, Cubierta sandwich, Soporte de cubierta DECK. Encofrado perdido



ESPESOR (mm)	0,60	0,70	0,80	1,00
MASA (kg/m²)	7,41	8,65	9,88	12,35
INERCIA (cm⁴/mt)	52,33	61,05	69,80	87,20

1.405.80

Aplicaciones: Fachada



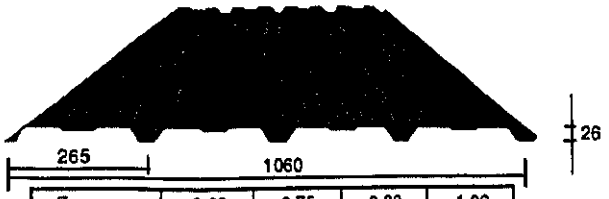
ESPESOR (mm)	0,60	0,70	0,80	1,00
MASA (kg/m²)	7,50	8,75	10,00	12,50
INERCIA (cm⁴/mt)	75,00	88,00	100,40	125,50

Fig.89. Perfiles tomados del catálogo de EUROPERFIL

PROGRAMA DE FABRICACION

PERFILES **GAMA 2**

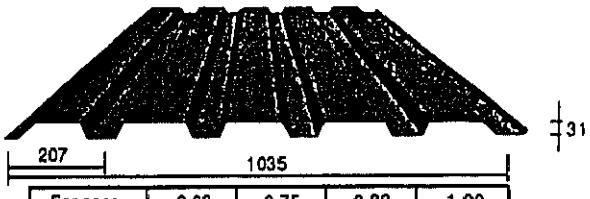
Utilización: Fachada



Espesor	0,63	0,75	0,88	1,00
Peso	5,60	6,66	7,82	8,88

Perfil: 4.265.27 B

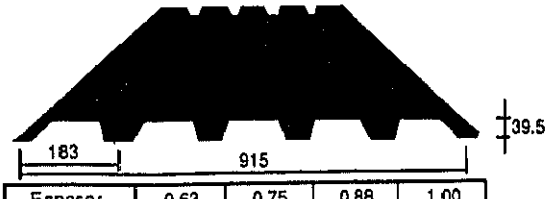
Utilización: Fachada



Espesor	0,63	0,75	0,88	1,00
Peso	5,73	6,83	8,01	9,10

Perfil: 5.207.32 B

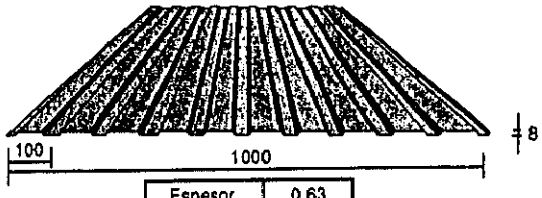
Utilización: Fachada



Espesor	0.63	0,75	0,88	1,00
Peso	6,49	7,72	9,06	10,29

Perfil: 5.183.39 B

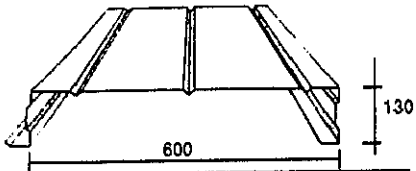
Utilización: Fachada



Espesor	0.63
Peso	5,34

Perfil: 10.100.8 B

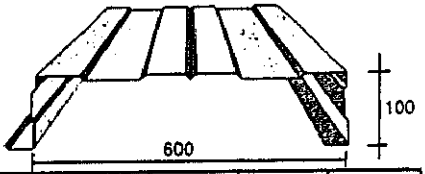
Utilización: Fachada



Espesor	0,75	0,88	1,00	1,25
Peso	9,81	11,51	13,08	16,35

Perfil: 1.600.100

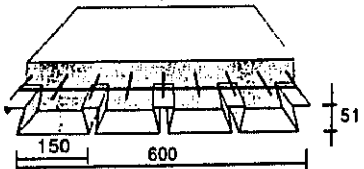
Utilización: Fachada



Espesor	0,75	0,88	1,00	1,25
Peso	8,83	10,36	11,78	14,72

Perfil: 1.600.130

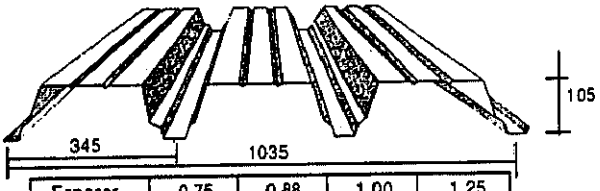
Utilización: Forjado Colaborante



Espesor	0,75	0,88	1,00
Peso	11,22	13,17	14,97

Perfil: HAIRCOL 51

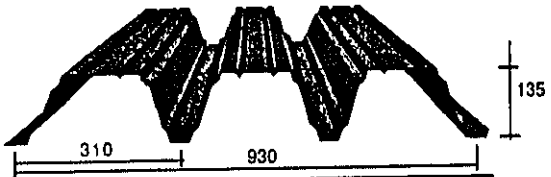
Utilización: Grandes Luces



Espesor	0,75	0,88	1,00	1,25
Peso	8,53	10,01	11,37	14,22

Perfil 3.333.109

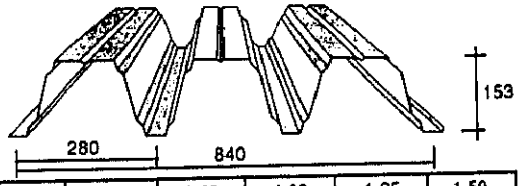
Utilización: Grandes Luces



Espesor	0,75	0,88	1,00	1,25
Peso	9,50	11,14	12,66	15,83

Perfil: 3.310.135

Utilización: Grandes Luces



Espesor	0,75	0,88	1,00	1,25	1,50
Peso	10,51	12,33	14,01	17,32	21,02

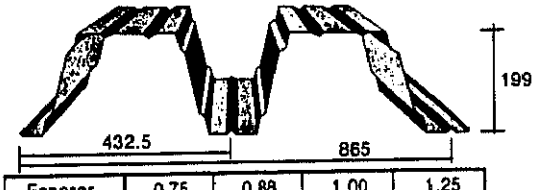
Perfil: 3.280.153

Utilización: Grandes Luces

Espesor	0,75	0,88	1,00	1,25	1,50
Peso	11,77	13,81	15,69	19,62	23,54

Perfil: 3.250.170

Grandes Luces



Espesor	0,75	0,88	1,00	1,25
Peso	10,21	11,97	13,61	17,01

Perfil: 2.243, 5.200

Fig.90. Perfiles tomados del catálogo de EUROPERFIL.

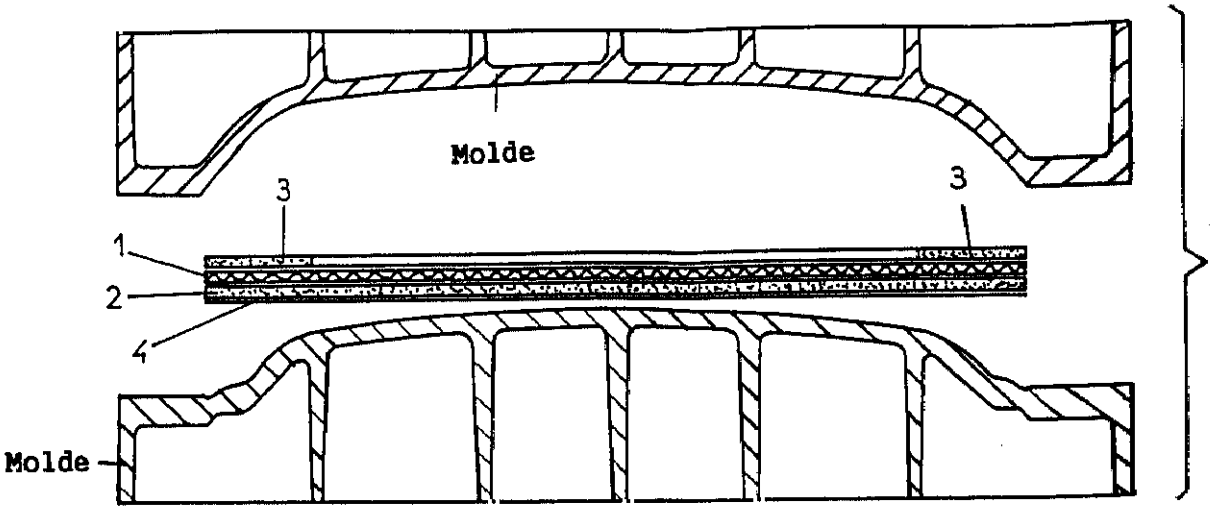


Fig.91

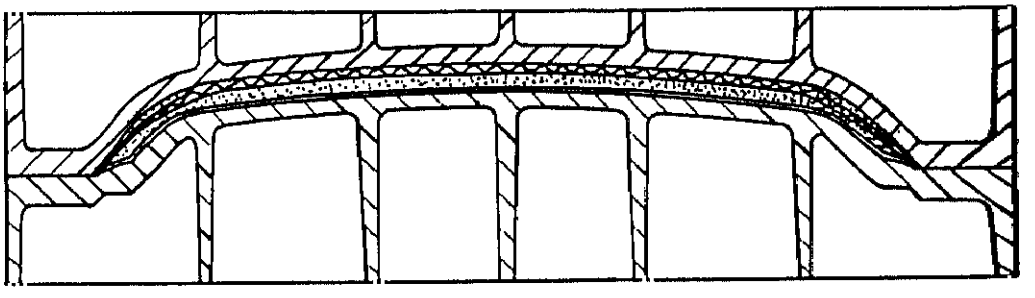
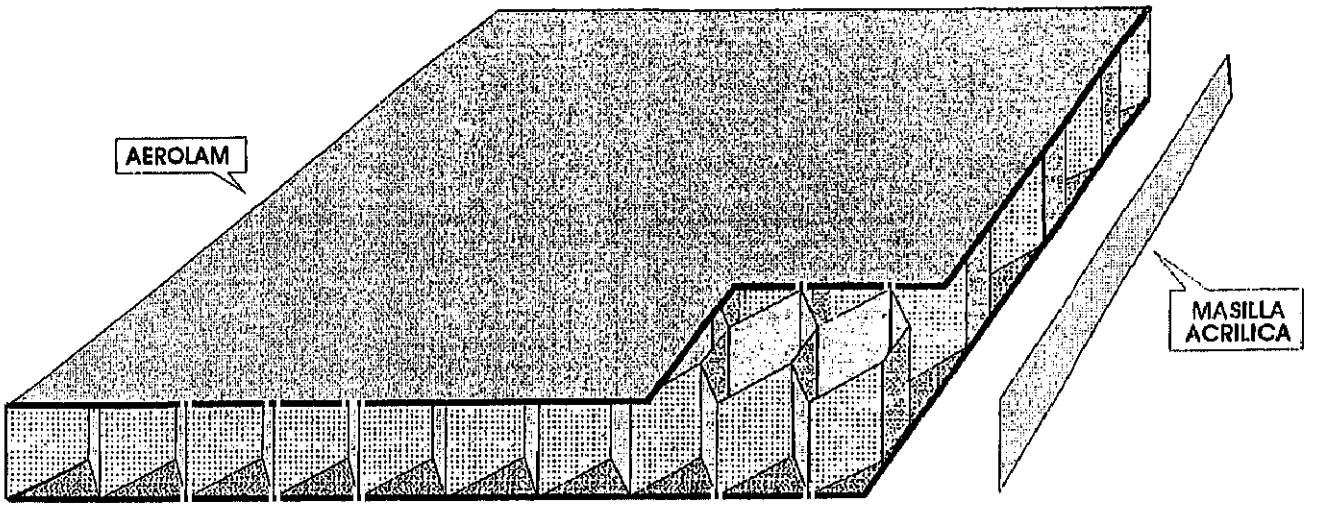


Fig.92

Figs. 91 y 92. Ejemplo de panel para el techo de un automóvil realizado con un núcleo de cartón ondulado (Patente de Invención nº 75/05064 y 75/40180), que demuestra como se pueden fabricar con materiales baratos, estructuras livianas, estables y de precio moderado, que también podrían ser aplicadas como soportes pictóricos.



MAQUETA Nº A. 2/ 4

MAQUETA NºA.2./4

1. Descripción

Capa base cerrada en "sandwich" simétrico con núcleo alveolar constituido por un panel comercial "AEROLAM" (F.Board) de CIBA-GEIGY.

2. Materiales

- Panel "AEROLAM" F. Board B001238 (con núcleo de nido de abeja de aluminio y caras externas de FRP- Plástico de fibra de vidrio reforzado de 14 mm), (CIBA-GEIGY).

- Masa acrílica: Primal AC33 con yeso.

3. Proceso

- Se corta el nido de abeja y se rellenan sus bordes con masilla acrílica realizada con Primal AC33 y yeso.

4. Comentario

- El panel "Aerolam" es una capa base perfecta por sus características de elevada estabilidad, y por su excelente relación espesor/peso/rigidez.

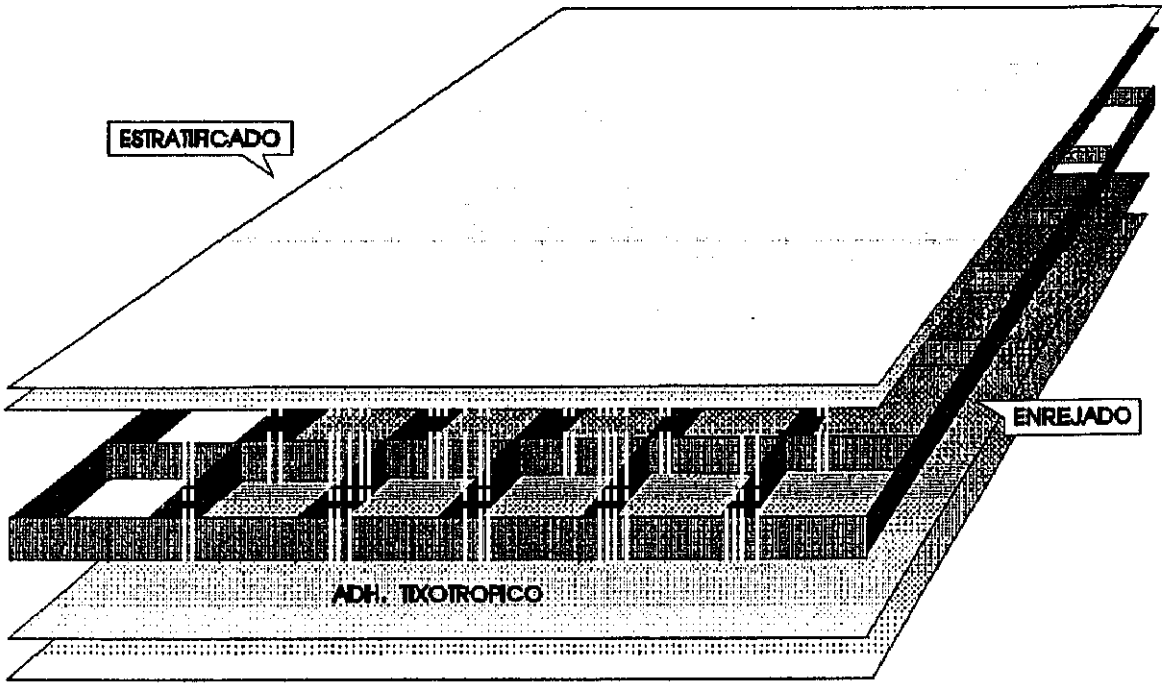
- Dentro de este prototipo de capa base, también se podría haber utilizado cualquiera de las numerosas configuraciones en nido de abeja que ofrecen las casas comerciales (CIBA-GEIGY, HEXCEL, MAC GILL CORPORATION).

- El inconveniente mayor que tiene es su elevado precio. Nuestra propuesta sería fabricar este tipo de paneles sin calidad aeronáutica, ya que su encarecimiento se debe a las numerosas pruebas de alta tecnología (ultrasonidos, por ej.) a las que tienen que ser sometidos para obtener la calidad aeroespacial requerida[185]. Una alternativa para abaratar el precio de los mismos, sería emplear los nidos de abeja de cartón que se emplean en la fabricación de puertas y confeccionar con ellos el "sandwich" deseado.

---

185 La Casa HEXCEL, fabrica un nido de abeja de aluminio sin calidad aeronáutica que tiene un precio asequible denominado ACG Honeycomb (Aluminium Commercial Grade. Data Sheet 600).

El inconveniente práctico encontrado a la hora de comprar nido de abeja industrial es que se deben adquirir grandes cantidades, lo que para un pintor no es siempre factible.



MAQUETA Nº A.2./5.

MAQUETA NºA.2./5

1. Descripción

Capa base cerrada en "sandwich" simétrico con núcleo de rejilla y láminas externas de estratificado previamente fabricado (fibra de vidrio y resina epoxi).

2. Materiales

- Planchas prefabricadas de fibra de vidrio y resina epoxi
- Adhesivo: masa tixotrópica de gel de sílice y resina epoxi.
- Enrejado de tiras de fibra de vidrio y resina epoxi (para este tipo de estructura puede emplearse cualquier enrejado desde aluminio a cualquier tipo de plástico).

3. Proceso

- Se preparan las láminas externas del "sandwich", forrando con cinta desmoldeante un tablero y aplicando la resina al Mat de vidrio previamente cortado.

- Se pegan las caras externas al enrejado con adhesivo tixotrópico de gel de sílice y resina epoxi y se deja secar con peso (lo ideal es realizar este proceso en una

cámara de vacío porque los puntos de unión son pocos).

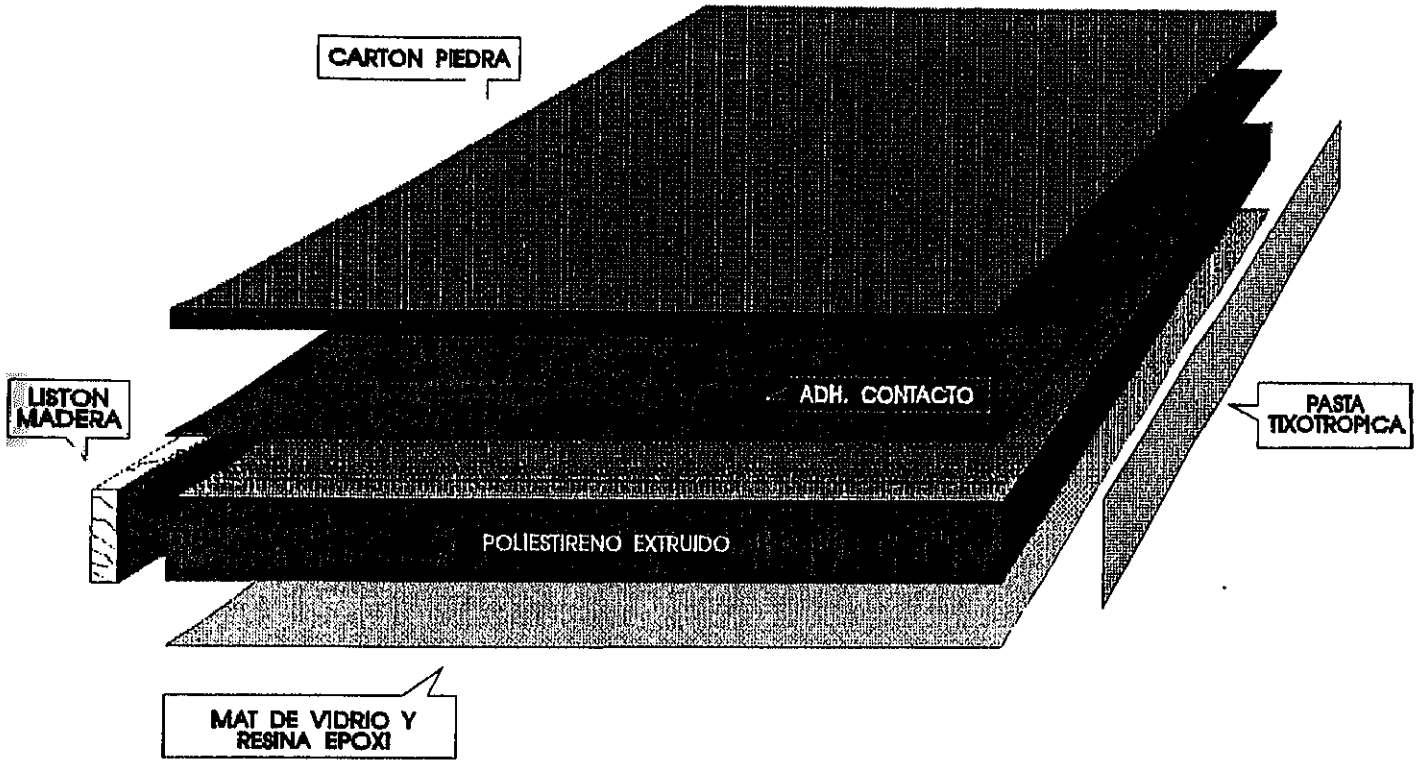
4. Comentario

- Cualquier rejilla liviana y de material estable sería adecuada para este tipo de capa base.

- Si se realiza esta configuración de forma artesanal, el inconveniente mayor que encontramos es lograr una adhesión adecuada entre el entramado y las caras externas del "sandwich", ya que los puntos de unión son mínimos (milímetros) y para que la unión fuese perfecta debería realizarse al vacío.

SERIE A.3.

MAQUETAS CORRESPONDIENTES A LA CAPA BASE CERRADA EN "SANDWICH" ASIMETRICO CON NUCLEO DE ESPUMA RIGIDA



MAQUETA NºA.3./1.

MAQUETA NºA.3./1

1. Descripción

Capa base cerrada en "sandwich" asimétrico con núcleo de espuma rígida de poliestireno extruido, con lámina superior de cartón piedra y cara inferior de fibra de vidrio y resina epoxi.

Este es un ejemplo de como la capa base cerrada en "sandwich" asimétrico puede funcionar en sí como soporte, ya que el cartón piedra que conforma la cara externa del mismo, si se desea, actúa como capa receptora de la pintura.

Aunque este diseño no presenta capa de intervención, tiene una reversibilidad sencilla ya que se podría intervenir en la junta que une la espuma y el cartón piedra.

Puede apreciarse que la maqueta se ha sellado con dos tipos de bordes (perfil rígido de madera y masilla), con el fin de comprobar posteriormente cual ofrece mejores resultados.

2. Materiales

- Plancha de cartón piedra (3 mm).

- Adhesivo de contacto Bostik - Poliestireno 1454- Hexano.
- Espuma rígida de poliestireno extruido: Wallmate IB (30mm, 28 Kg/m3), (Dow Chemical Company).
- Fibra de vidrio (Mat- 711, 225gr x 130cm), (Feroca).
- Resina epoxi: Fetadit 55/66 (Fetasa).
- Listón de madera (3 x 1 cm de ancho).

3. Proceso

- Se cortan el cartón piedra, el poliestireno extruido y los listones perimetrales de madera.

- Se ralla el cartón y se perfilan sobre el mismo los espacios correspondientes a los listones.

- Se aplica adhesivo de contacto sobre las caras a unir, pegándose al cabo de cinco minutos. Se golpean con mazo de goma y se coloca peso encima.

- Una vez que el adhesivo ha curado, se pegan con el mismo adhesivo los listones de madera y el poliestireno.

- Los dos cantos restantes se sellan con una pasta tixotrópica de resina epoxi y gel de sílice.

- Cuando han curado todos los adhesivos, se lijan los bordes con pulidora eléctrica.

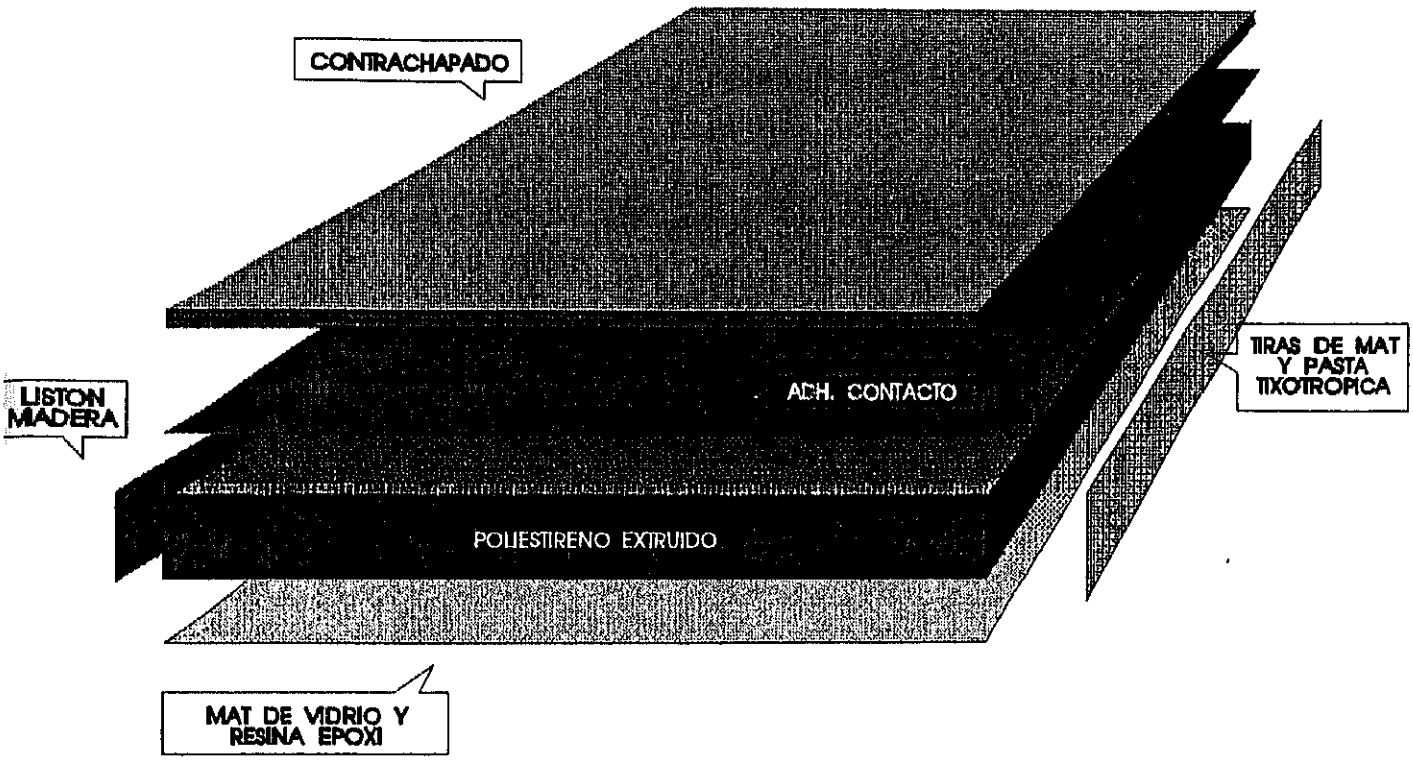
4. Comentario

- Este podría ser un buen sistema para reforzar cartonajes.

- En el caso del cartón piedra, aumentan las posibilidades de estabilidad en el tiempo si está reforzado.

- El adhesivo de contacto empleado para unir la espuma y el cartón podría haber sido cualquier termoestable que no ataque al poliestireno.

- Si el pintor utiliza una gran cantidad de disolventes en su ejecución, de manera que empapasen el cartón y lo traspasarán hasta llegar al poliestireno, podría peligrar la estabilidad de este tipo de soporte.



MAQUETA NºA.3./2.

MAQUETA Nº A.3./2

1. Descripción

Capa base cerrada en "sandwich" asimétrico con núcleo de espuma rígida de poliestireno extruido, con lámina superior de contrachapado de madera y cara inferior de fibra de vidrio y resina epoxi.

Esta es una variación de la maqueta anterior (nºA.3./1), en la que se ha sustituido el cartón por una lámina de contrachapado.

2. Materiales

- Contrachapado de madera (4 mm).
- Adhesivo de contacto: Bostik- Poliestireno 1454 - Hexano
- Espuma rígida de poliestireno extruido: Wallmate IB 911001, (30 mm, 28 Kg/m3), (Dow).
- Fibra de vidrio (Mat- 711, 225gr x 130cm).
- Listón de madera (3 x 1cm).
- Pasta tixotrópica de gel de sílice y resina epoxi.

3. Proceso

- Se cortan el contrachapado de madera, el poliestireno extruido y los listones perimetrales.

- Se ralla la madera (con punta de tijeras) y se perfilan sobre la misma los espacios correspondientes a los listones.

- Se aplica adhesivo de contacto sobre las caras a unir (previamente limpiadas). Pasados cinco minutos se pegan, se golpean con mazo de goma y se coloca peso encima.

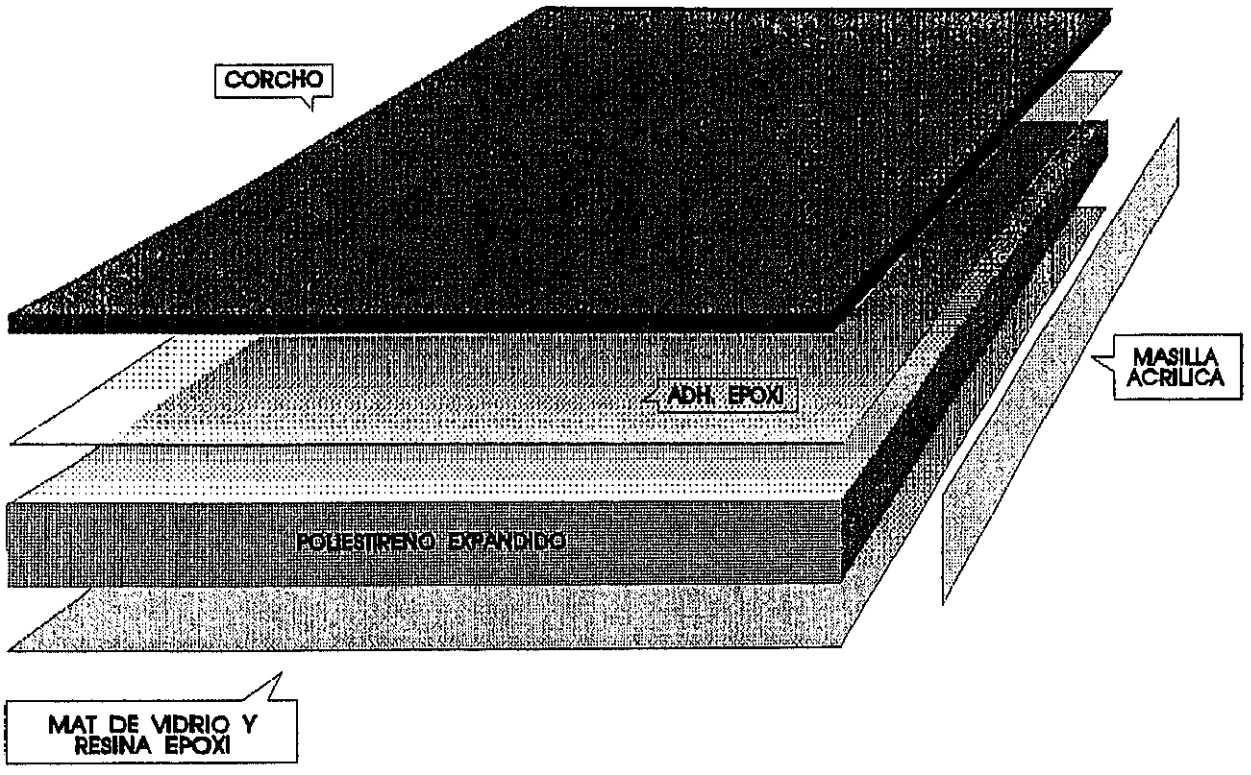
- Una vez que está curado, se aplica de nuevo adhesivo de contacto sobre los listones y el poliestireno, y se pegan de la misma manera.

- Los dos cantos restantes se cubren con unas tiras de fibra de vidrio y resina epoxi previamente preparadas que se pegan con una pasta tixotrópica de resina epoxi y gel de sílice.

- Cuando todo está bien seco o curado, los cantos se lijan con pulidora eléctrica.

4. Comentario

- Los bordes de fibra de vidrio y resina epoxi pegados con pasta tixotrópica en dos cantos de la maqueta son laboriosos de realizar, pudiéndose sustituir con buenos resultados por una pasta tixotrópica o un perfil rígido.



MAQUETA Nº A.3./3.

MAQUETA Nº A.3./3

1. Descripción

Capa base en "sandwich" asimétrico con núcleo de espuma rígida de poliestireno expandido, con lámina externa superior de corcho y lámina externa inferior de fibra de vidrio y resina epoxi.

En esta maqueta, la cara superior (corcho), funciona a su vez como capa de intervención. Se ha realizado con el fin de comparar este diseño con el de los "sandwich" simétricos a los que se pega una lámina de corcho, sin que ésta forme parte de la capa base en sí.

2. Materiales

- Lámina de corcho natural (2mm).
- Espuma rígida de poliestireno expandido: Hasipor (20mm, 18/20 Kg/m3) M1.
- Fibra de vidrio (Mat -711, 225 gr x 130 cm).
- Resina epoxi: Fetadit 55/66.
- Masilla acrílica Valentine.

3. Proceso

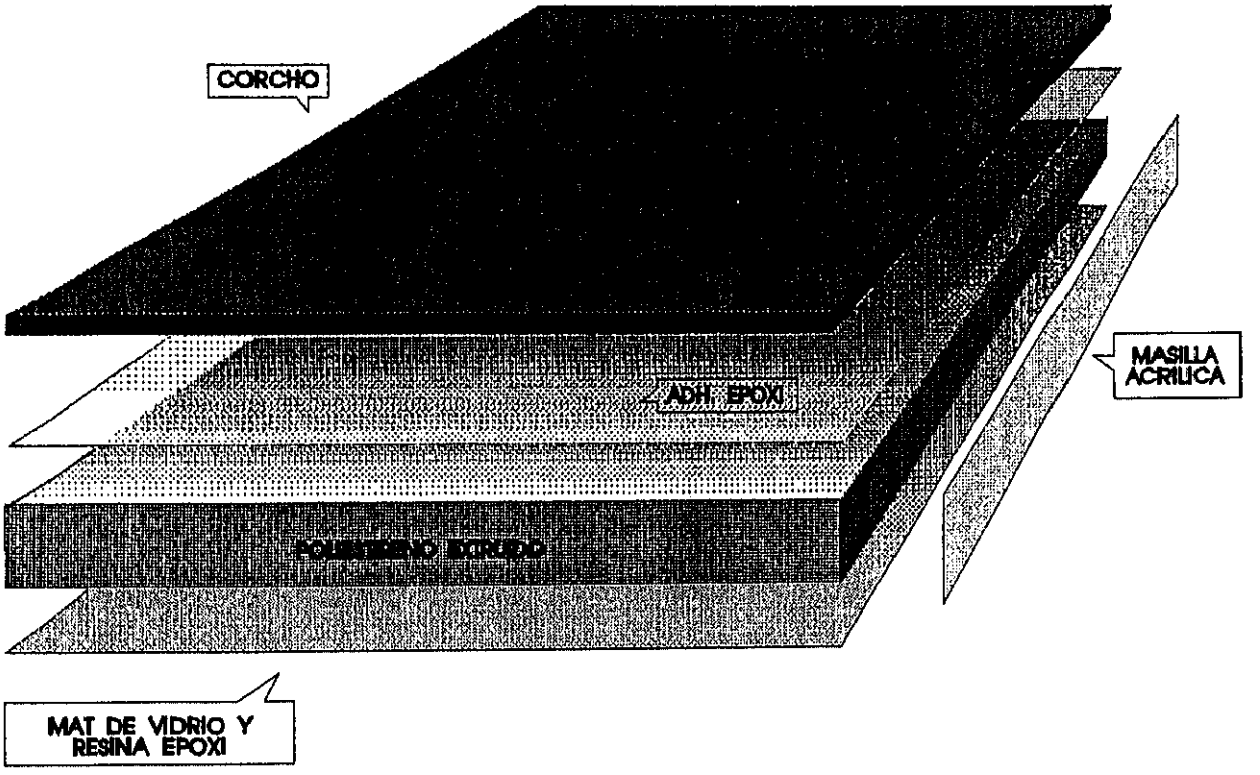
- Se pega la plancha de corcho previamente cortada al poliestireno con resina epoxi. Se deja curar con peso.

- Se lamina la otra cara del poliestireno con resina epoxi y fibra de vidrio.

- Una vez que la resina ha curado, en los bordes se aplica con espátula la masilla acrílica. Una vez seca se lija.

4. Comentario

- La masilla industrial aplicada pude quebrarse si la temperatura ambiental es elevada. Para evitar pequeñas grietas conviene humedecer previamente la espuma con agua, y aplicar una o varias capas de espesor reducido.



MAQUETA Nº A.3./4.

MAQUETA Nº A.3./4

1. Descripción

Capa base cerrada en "sandwich" asimétrico con núcleo de espuma de poliestireno extruido, con lámina superior de corcho y cara inferior de mat de vidrio y resina epoxi.

Esta maqueta es una variante de la anterior (nº A.3./3), en la que se ha sustituido el poliestireno expandido por el extruido.

2. Materiales

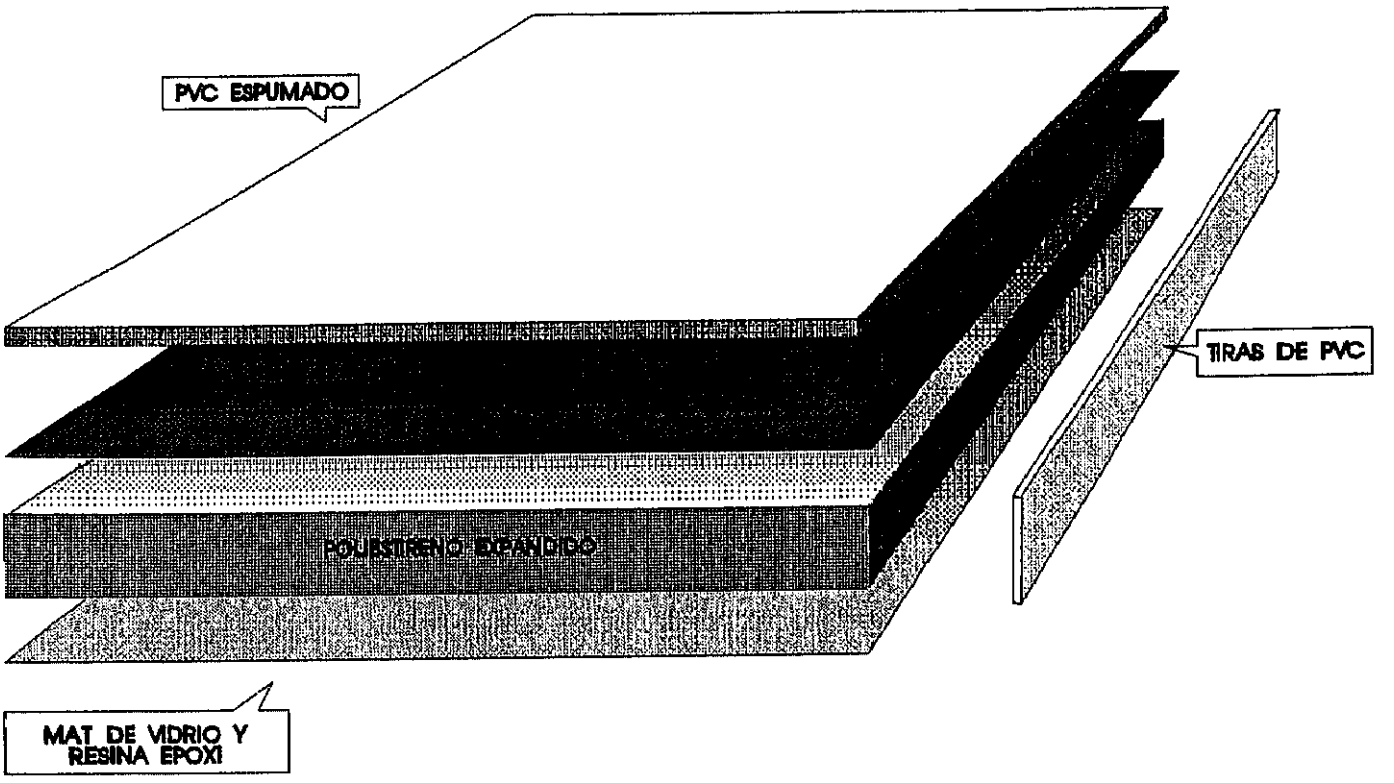
- Lámina de corcho natural (2mm).
- Espuma rígida de poliestireno extruido: Polifoam (20mm, 30 Kg/m3), (Poliglas).
- Fibra de vidrio (Mat- 711, 225gr x 130cm).
- Masilla acrílica (Valentine).

3. Proceso

- El proceso de realización es idéntico al de la maqueta anterior (nº A.3./3).

4. Comentario

- El poliestireno extruido de Poliglas empleado da peores resultados (tiende a alabearse y es más satinado) que su equivalente fabricado por Dow Chemical. Con esto queremos indicar que el alabeo que presenta la maqueta obedece a que el poliestireno estaba ya curvado antes de realizarla y no a una retracción de la resina durante el proceso de curado.



MAQUETA Nº A.3./5.

MAQUETA NºA.3./5

1. Descripción

Capa base cerrada en "sandwich" asimétrico con núcleo de espuma rígida de poliestireno expandido, con lámina superior de PVC duro espumado y con cara inferior de fibra de vidrio y resina epoxi.

2. Materiales

- PVC duro espumado: Tettopor (19mm), (BASF).
- Poliestireno expandido: Iberipor (30mm ; 10 Kg/m3).
- Adhesivo de contacto: Bostik- Poliestireno 1454- Hexano.
- Fibra de vidrio (Mat -711, 225gr x 130cm).
- Resina epoxi: Fetadit 55/66.

3. Proceso

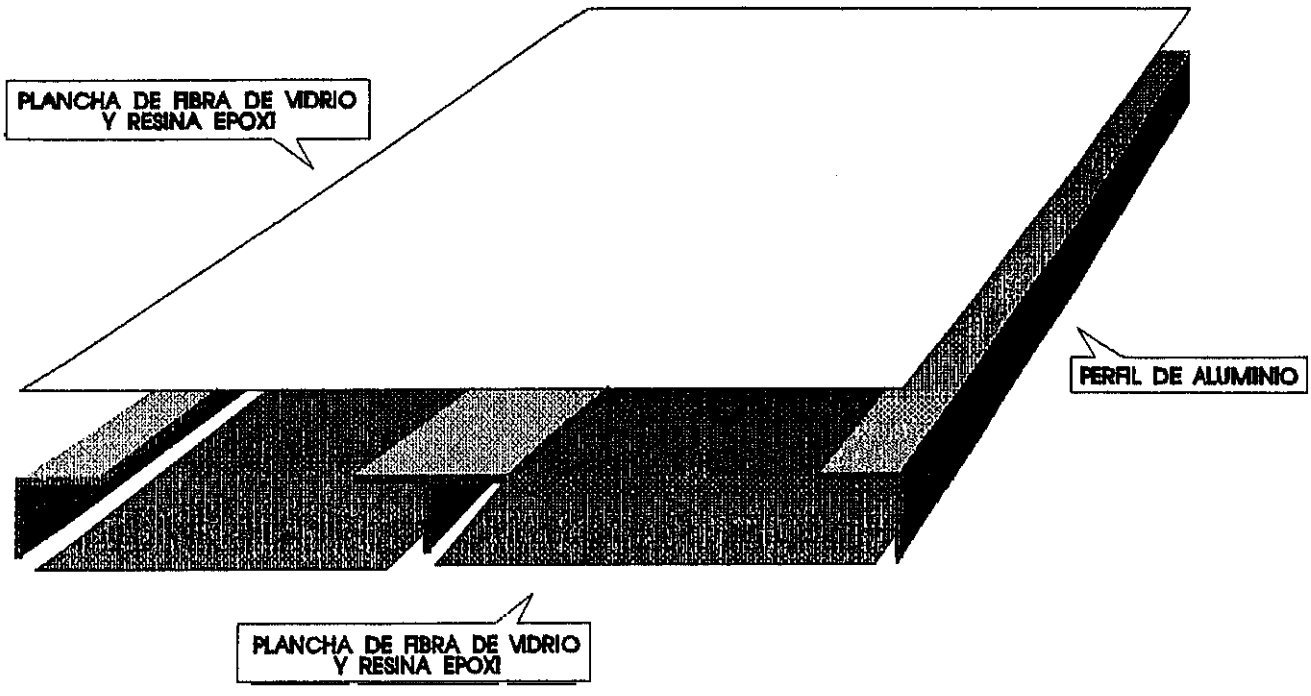
- Se pegan el PVC espumado y el poliestireno con adhesivo de contacto. Se golpean con martillo de goma y se dejan con peso.
- Se lamina la otra cara del poliestireno con fibra de vidrio y resina epoxi.
- Se pegan en los bordes unas tiras de 3cm previamente preparadas con adhesivo de contacto.

4. Comentario

- Como anécdota diremos que otra maqueta similar a ésta, se realizó calentando la plancha de PVC con una pistola de aire caliente y pegándola al poliestireno expandido. La unión falló debido a la excelente calidad del PVC empleado (otras planchas de PVC de peor calidad funden sin dificultad).

SERIE B.1

MAQUETAS CORRESPONDIENTES A LA CAPA BASE ABIERTA ARMADA



MAQUETA Nº B.1./1.

MAQUETA Nº B.1./1

1. Descripción

Capa base abierta armada formada por una lámina superior de fibra de vidrio y resina epoxi pigmentada y armazón de aluminio formado por seis listones en "L" (cuatro perimetrales y dos de refuerzo).

2. Materiales

- Fibra de vidrio (Mat 711, 225gr x 130cm).
- Resina epoxi: Fetadit 55/66.
- Perfiles de aluminio en "L" (2 x 2cm).
- Blanco de titanio.

3. Proceso

- Sobre una plancha de cristal se realiza una "piscina" con listones de madera forrados con cinta desmoldeante y pegados con adhesivo termoestable. El interior de la piscina mide 30 x 60 cm, con el fin de albergar los perfiles de aluminio y la fibra de vidrio.

- Se realiza una mezcla de resina epoxi y blanco de titanio y se vierte en la piscina (es lo que posteriormente dará

un aspecto satinado tipo mármol).

- Se corta la fibra de vidrio y se coloca en el interior de la piscina, adaptándola bien con un pincel grueso.

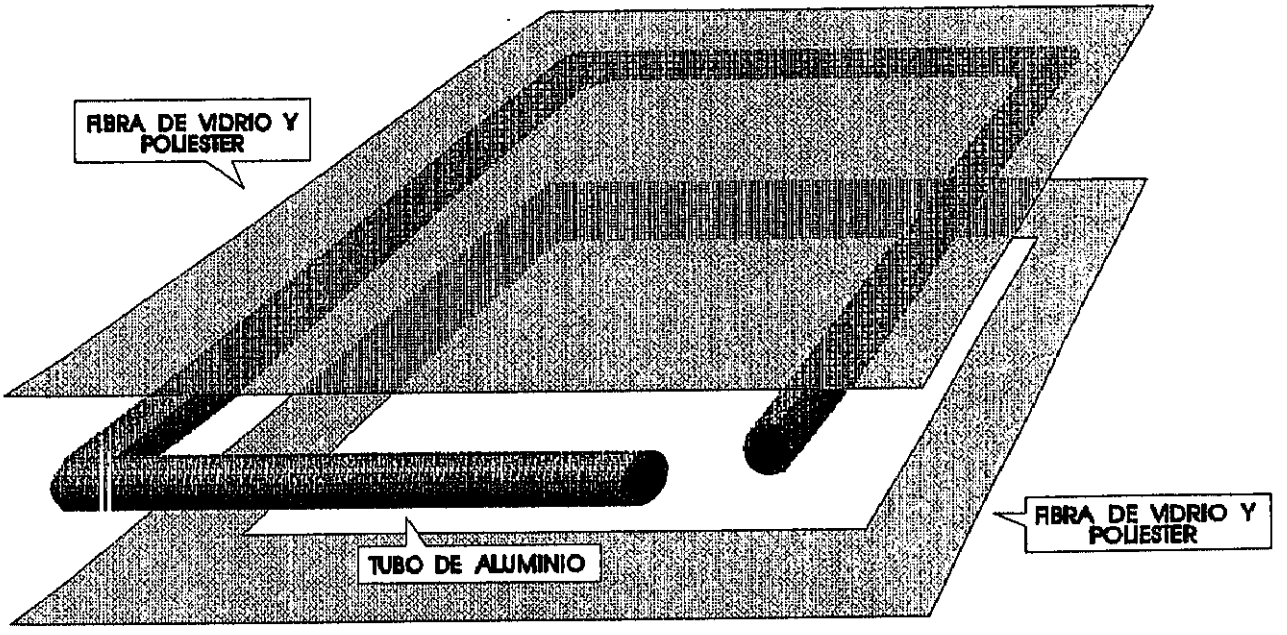
- Se colocan los perfiles de aluminio dejando libre una parte de la "L" , y embutiendo la otra en la piscina hasta formar un perímetro de 30 x 60cm. Después se coloca otra pieza de fibra de vidrio y resina.

- El sistema se refuerza con dos listones de aluminio , que también son recubiertos por trozos de fibra de vidrio, previamente cortados.

- Una vez que la resina ha curado, se retira fácilmente la piscina dejando libre la maqueta.

4. Comentario

- Esta maqueta pretende ser un simple ejemplo de como la fibra de vidrio y la resina estructural, reforzadas perimetralmente, podrían ser un buen soporte pictórico. Lo ideal sería que este tipo de capa base se realizara con un diseño riguroso y a nivel industrial (lo que supondría un coste mínimo de tiempo y material).
- Para este tipo de estructura se puede emplear resina poliéster, cuyo curado es más rápido y su precio menor.



MAQUETA NºB.1./2.

MAQUETA NºB.1./2

1. Descripción

Capa base abierta armada con cara exterior de fibra de vidrio y resina poliéster, con un armazón formado por tubos de aluminio.

2. Materiales

- Fibra de vidrio (Mat 711, 225gr x 130cm).
- Resina poliéster (Plastiform, S.A).
- Tubos de aluminio.

3. Proceso

- Se prepara un estratificado de mat de vidrio y resina poliéster (proporción para 1 K. de resina: 0'3% de activador -equivale a 3 gr.-, y 1'8% de catalizador -equivale a 18 gr.-).

- Se cortan unas tiras de fibra de vidrio que se adaptan con la resina y refuerzan los tubos de aluminio previamente colocados sobre el estratificado ya seco.

4. Comentario

- Este tipo de capa base permite realizar soportes muy estables, económicos y livianos. Su especial estructura perimetral (perfectamente sellada) permite incluso fabricar soportes de bajo peso (por ejemplo para un techo) incorporando un gas dentro del armazón tubular. Esta innovación favorecería su ligereza e incluso posibilitaría al pintor el poder trabajar con soportes "flotantes".

- Este tipo de capa base también es un buen sistema para hacer soportes curvos, que podrían colocarse, por ejemplo, en las bóvedas, pechinas, etc., de cualquier edificio. Con este tipo de soporte se restauraron las pinturas de las bóvedas y pechinas del antiguo Palacio de Linares de Madrid (fots.125 y 126, y figs.93 y 94).

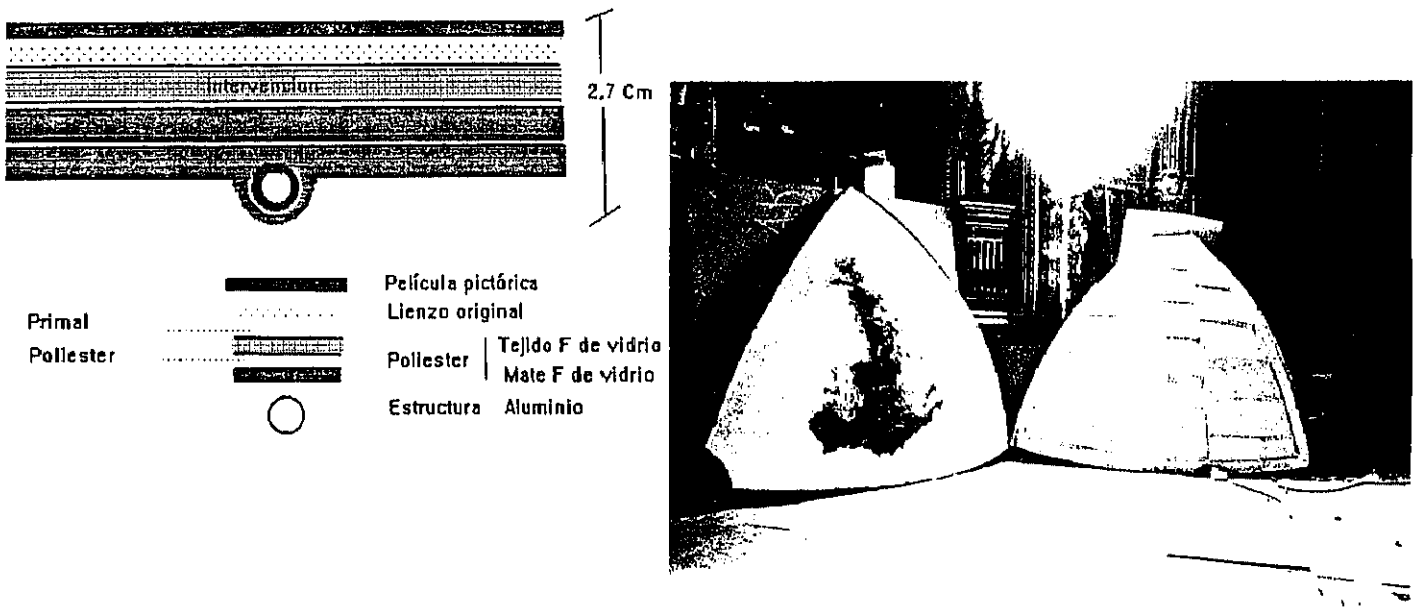


Fig.93 y fot.125. Gráfico del soporte inerte para una pechina de la escalera del palacio.

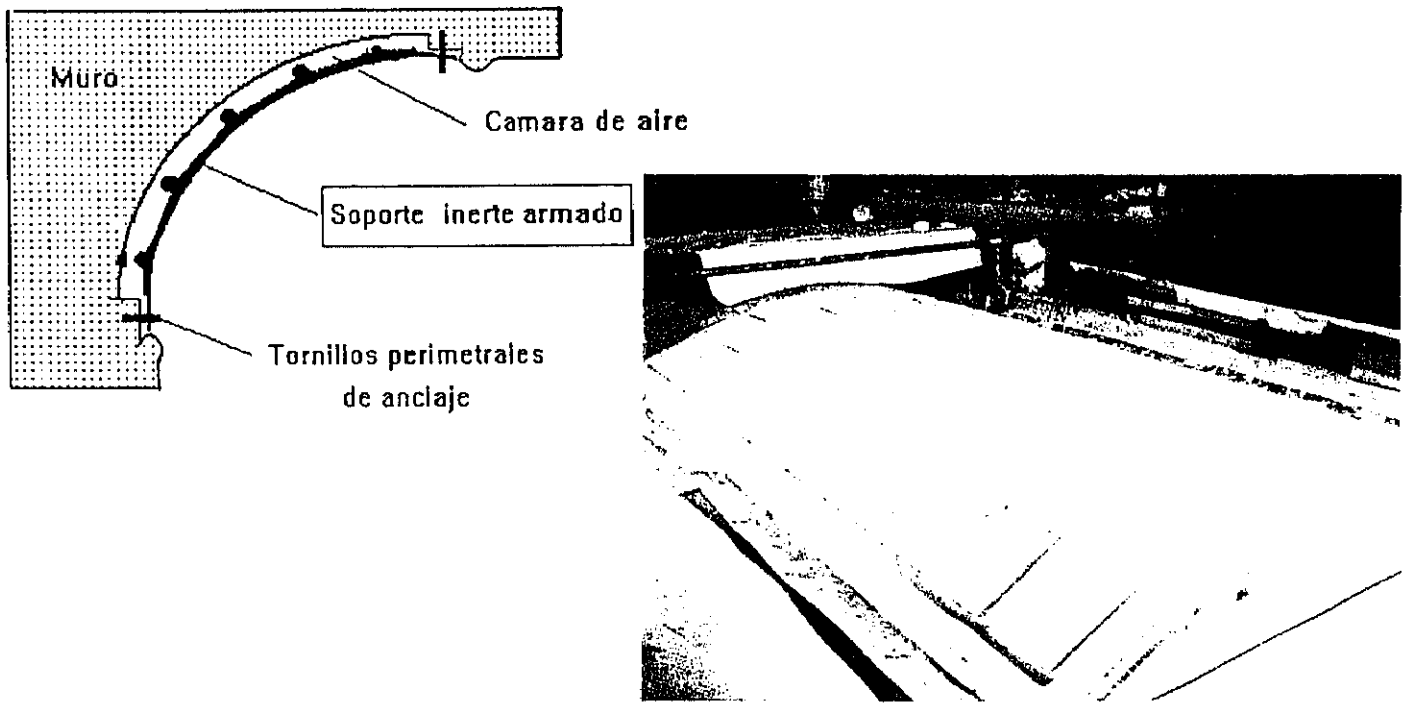
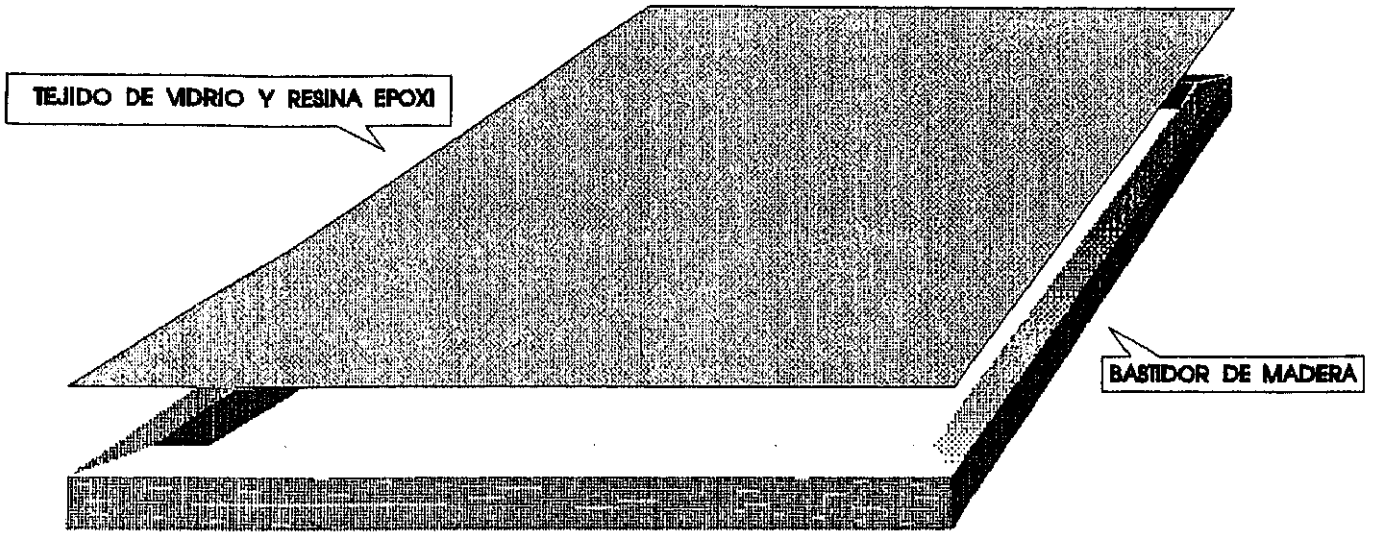


Fig.94 y fot.126. Gráfico del anclaje del soporte inerte al muro perteneciente a "La Industria".

Dos tipos de soporte armado con sus respectivos sistemas de anclaje al muro empleados en la restauración del antiguo Palacio de Linares (Figs. y fots. cortesía de D. G. Fernández).



MAQUETA Nº B.1./3.

MAQUETA NºB.1./3

1. Descripción

Capa base abierta armada con cara externa de fibra de vidrio y resina epoxi, con un bastidor de madera impregnado de resina epoxi.

2. Materiales

- Bastidor de madera.
- Fibra de vidrio (Mat 711,225gr x 130cm).
- Resina epoxi: Fetadit 55/66.

3. Proceso

- Se forra una superficie lisa (mesa) con cinta desmoldeante y se coloca la fibra de vidrio.

- Se prepara la resina epoxi (200gr) y se vierte sobre la fibra extendiéndola bien con un pincel.

- Se deja secar y se procede al desmoldeo.

- Se pegan el bastidor de madera y la plancha de fibra de vidrio con una masa tixotrópica de gel de sílice y resina

epoxi.

4. Comentario

- Este tipo de capa base puede funcionar directamente como soporte y, aprovechando las transparencias, se pueden conseguir curiosos efectos (por ejemplo, la pintura se puede aplicar tanto por el anverso como por el reverso).

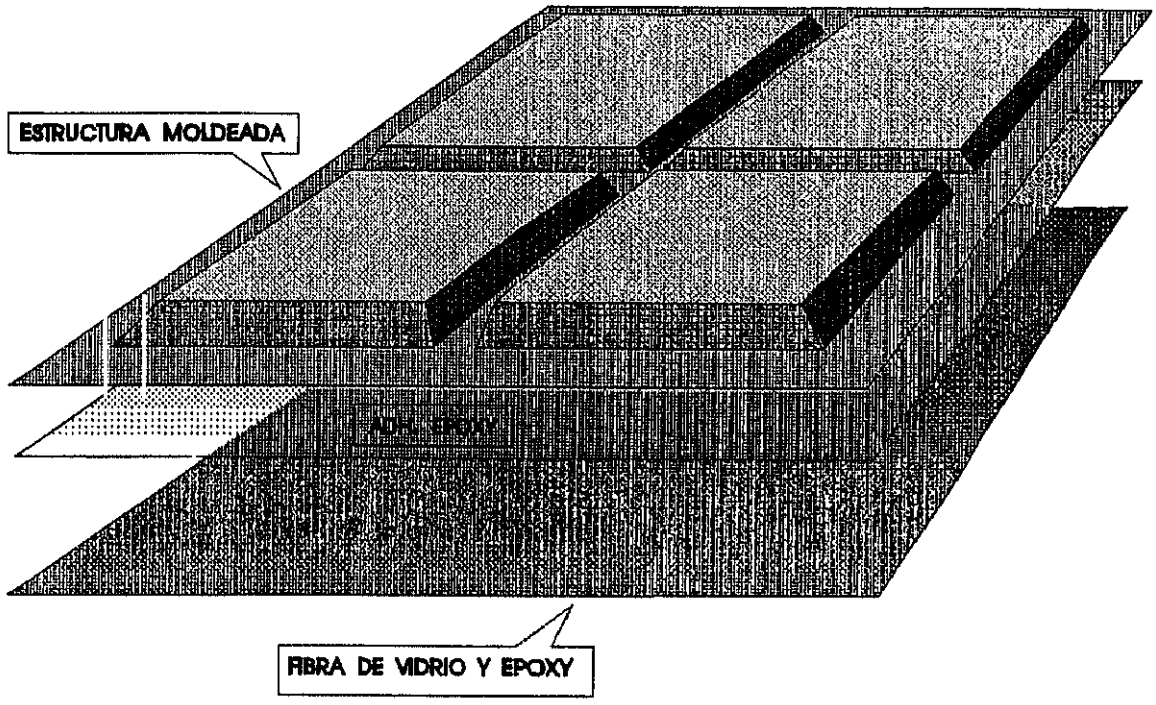
- Para lograr un soporte totalmente traslúcido es necesario emplear un armazón transparente (por ejemplo, de metacrilato) en vez del bastidor de madera.

- Como posteriormente veremos, para lograr que la resina no se oxide por efecto de la radiación ultravioleta, se le puede añadir un recubrimiento protector (la misma operación puede realizarse con la resina poliéster). Sin embargo, si deseamos que el soporte no se vea alterado por la radiación ultravioleta a largo plazo, es preferible emplear otros materiales como un metacrilato o un barniz de poliuretano.

SERIE B.2.

MAQUETAS CORRESPONDIENTES A LA CAPA BASE ABIERTA MOLDEADA

FACULTAD DE BELLAS ARTES
BIBLIOTECA



MAQUETA Nº B.2./1.

MAQUETA Nº B.2./1

1. Descripción

Capa base abierta armada de resina epoxi pigmentada y varias capas de fibra de vidrio formada a partir de un molde de escayola de cuatro cavidades cuadradas y laminada en su cara superior por una plancha de tejido de vidrio y resina epoxi pigmentada.

2. Materiales

- Molde 1º: Poliestireno extruido Wallmate IB (30mm).
- Molde 2º: Escayola.
- Resina epoxi: Fetadit 55/63.
- Fibra de vidrio (Mat y tejido).
- Blanco de titanio.

3. Proceso

- Molde de poliestireno extruido: se dibujan sobre la plancha de poliestireno cuatro cuadrados que posteriormente se vacían con fresadora eléctrica de manera que los cantos no formen ángulo recto (fot.127).

- Se encera este primer molde de poliestireno y se prepara

una masa con agua y escayola que posteriormente se vierte sobre el mismo, rellenando, en primer lugar, los agujeros y, a continuación, extendiendo la masa gradualmente con una espátula (fots.128, 129 y 130). Una vez que está todo cubierto se deja secar completamente (es muy importante que se evapore totalmente el agua para que la humedad no reaccione con la resina epoxi que aplicaremos posteriormente).

- Una vez seco se procede al desmoldeo, quedando libre el nuevo molde de escayola (fot.131). Este se lija suavemente hasta obtener una superficie lisa y uniforme (fot.132).

- Una vez lijado, el molde se encera (con cera de abejas), cubriendo bien las esquinas y ángulos, para que el posterior desmoldeado se realice con facilidad (fot.133).

- Sobre este molde de escayola se pegan con una pistola de adhesivo termoplástico unos bordes de corcho, cuyo efecto es contener el vertido de resina que realizaremos a continuación (fot.134).

- Se cortan en trozos pequeños unas tiras de Mat y tejido de vidrio, y se preparan unos 250gr de resina epoxi pigmentada con blanco de titanio.

- Se colocan sobre el molde tres capas alternativas de fibra

de vidrio y resina, adaptándolas bien con una brocha (fot.135).

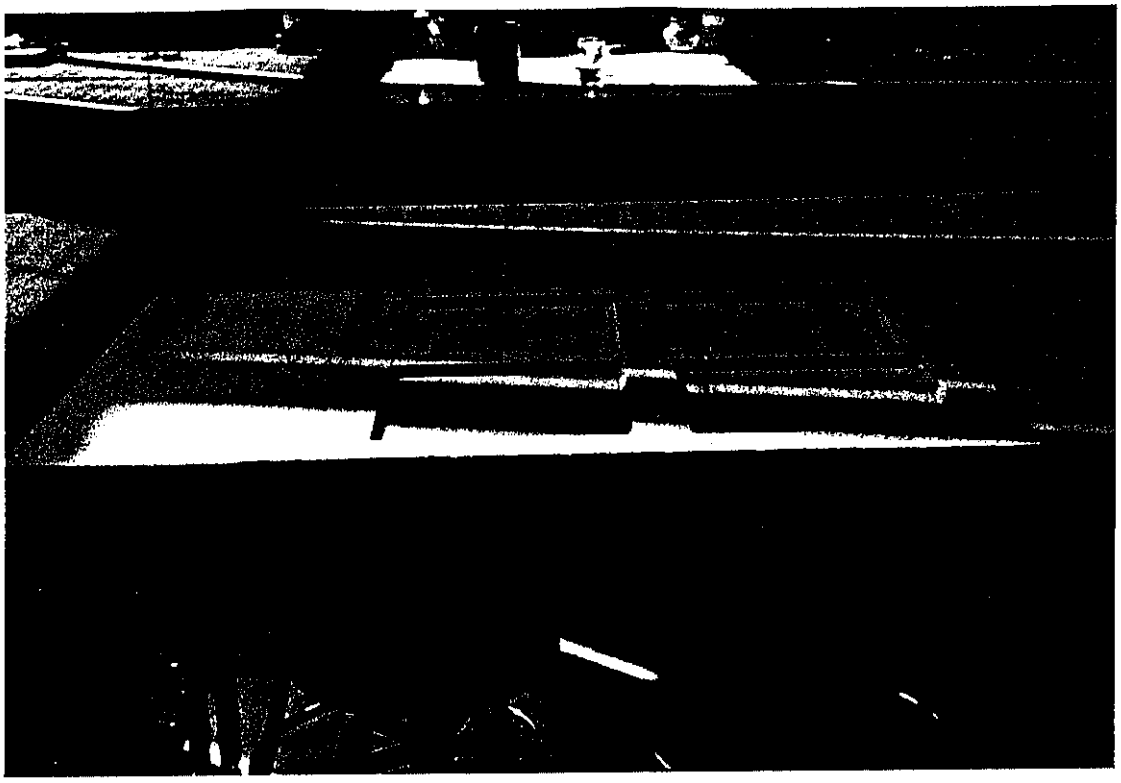
- Una vez que la resina ha curado, se retiran los bordes de corcho, se desmoldea y se eliminan los pequeños restos de cera.

- Se obtiene de esta forma una nueva estructura de resina epoxi y fibra de vidrio de gran estabilidad dimensional y bajo peso.

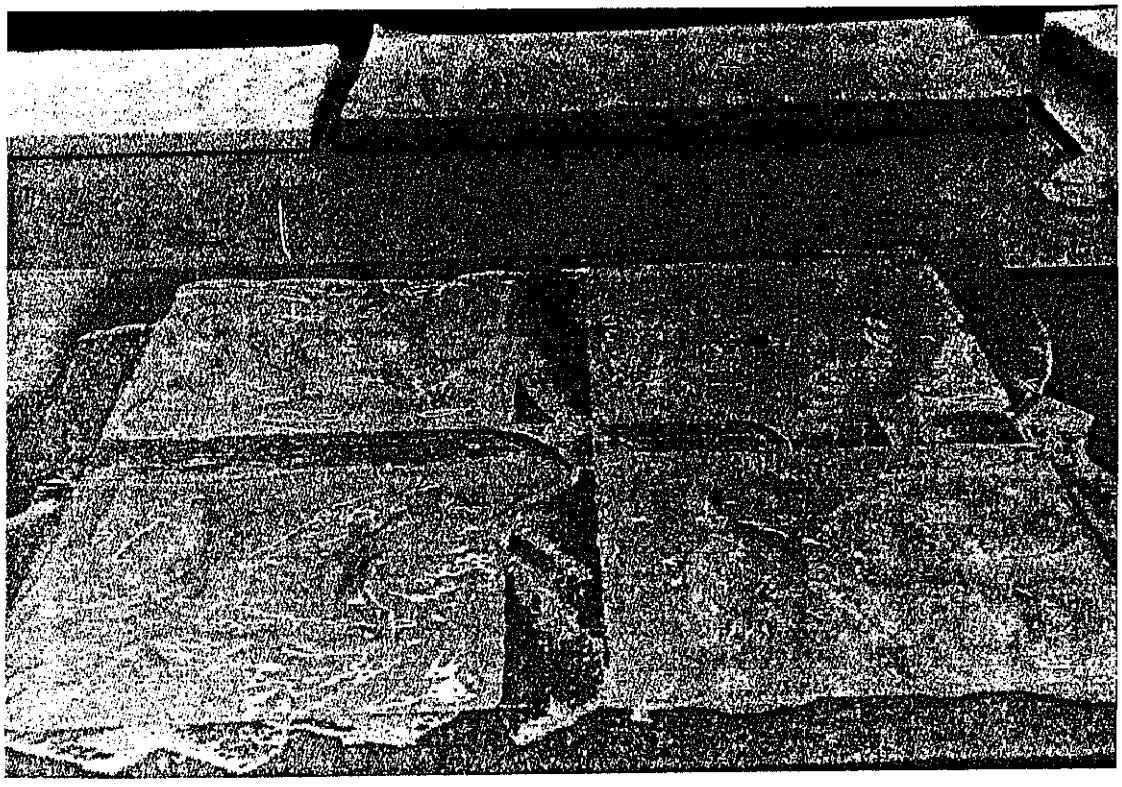
- La lámina superior se ha realizado tensando en un bastidor de madera un tejido de vidrio Velázquez, que se ha impregnado con resina epoxi pigmentada con blanco de titanio (fot.136). De ésta manera se consigue una plancha rígida que se pega a la estructura moldeada con resina epoxi y se deja con peso hasta que cure.

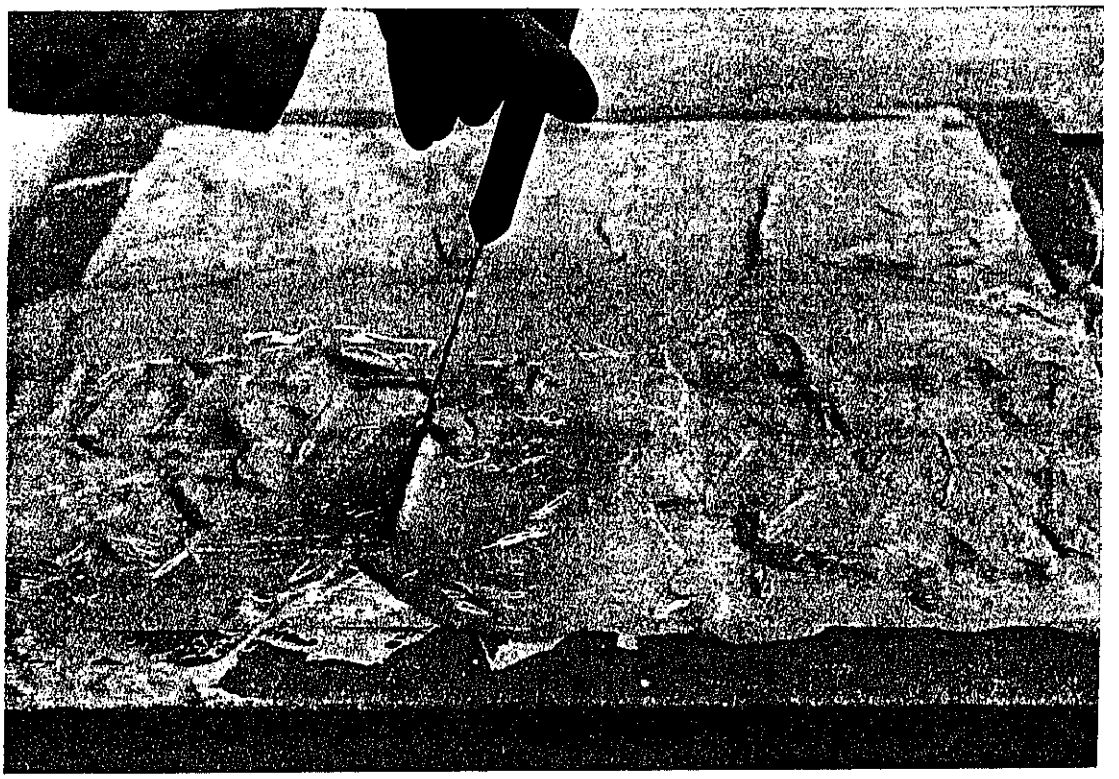
- Cuando ambas superficies están perfectamente adheridas, se recortan los bordes (fot.138) y se sellan en algunos puntos con unos toques de pasta tixotrópica.

- El aspecto final de los tres moldes y de la capa base moldeada resultante puede apreciarse en las fots. 137 y 139 respectivamente.

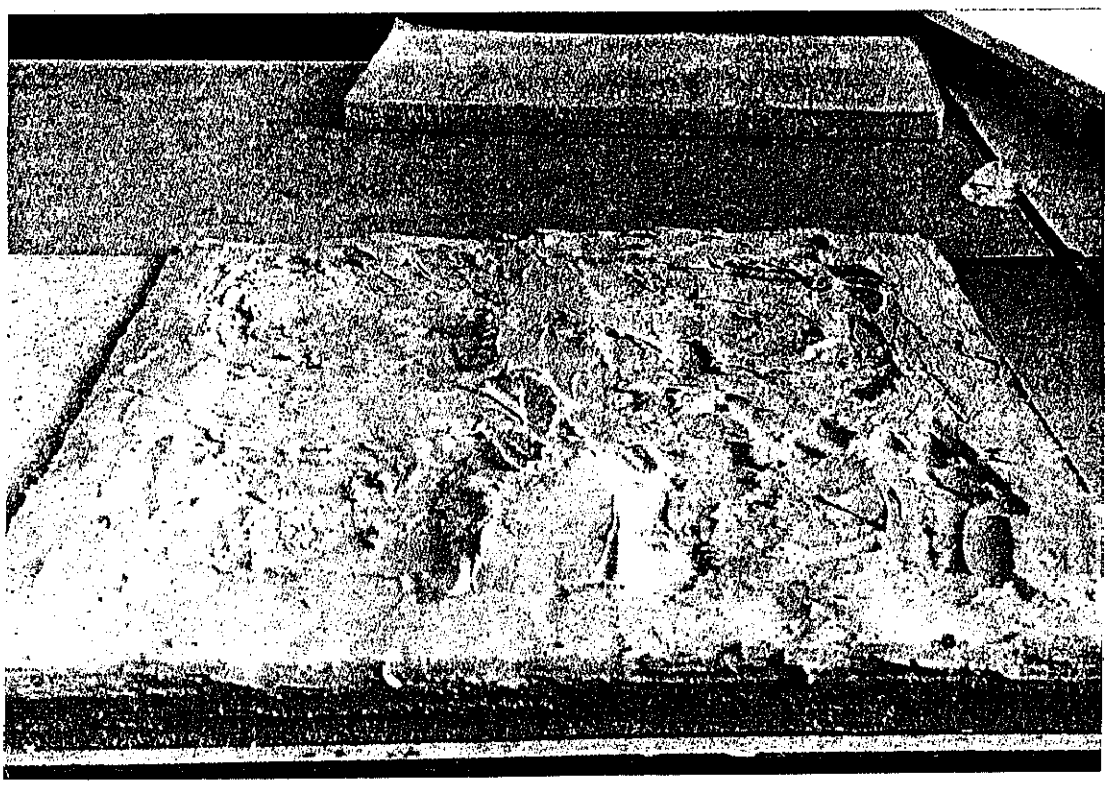


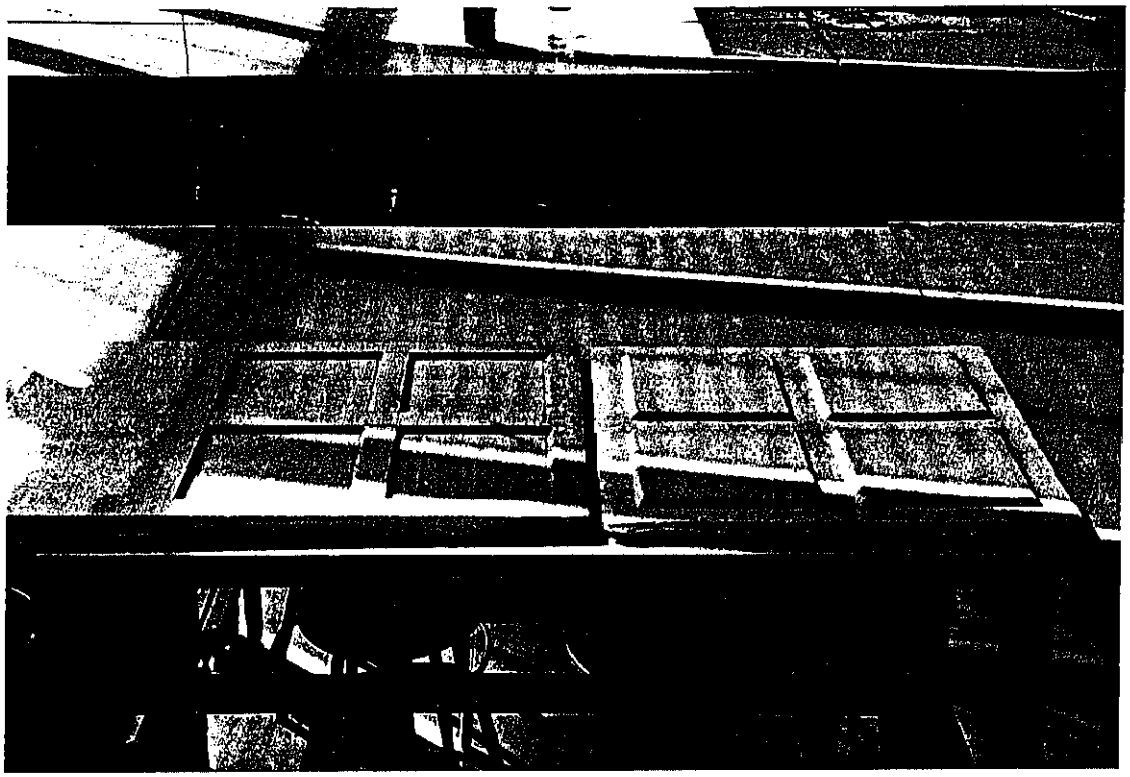
Fot.127. Molde de poliestireno extruido, en el que se han vaciado cuatro cuadrados con fresadora eléctrica. En la imagen aparece ya encerado.
Fot.128. Relleno del molde de poliestireno con una masa de escayola para obtener un nuevo molde. Como se aprecia en la imagen, en primer lugar se han rellenado las zonas huecas.



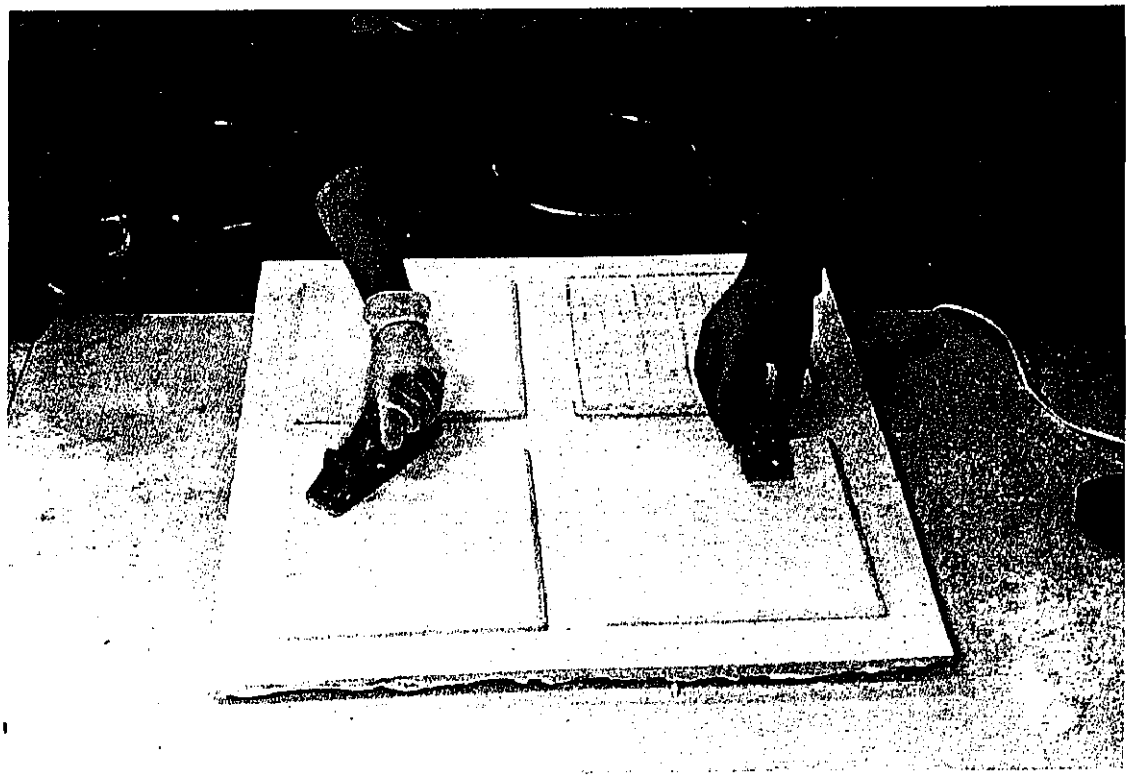


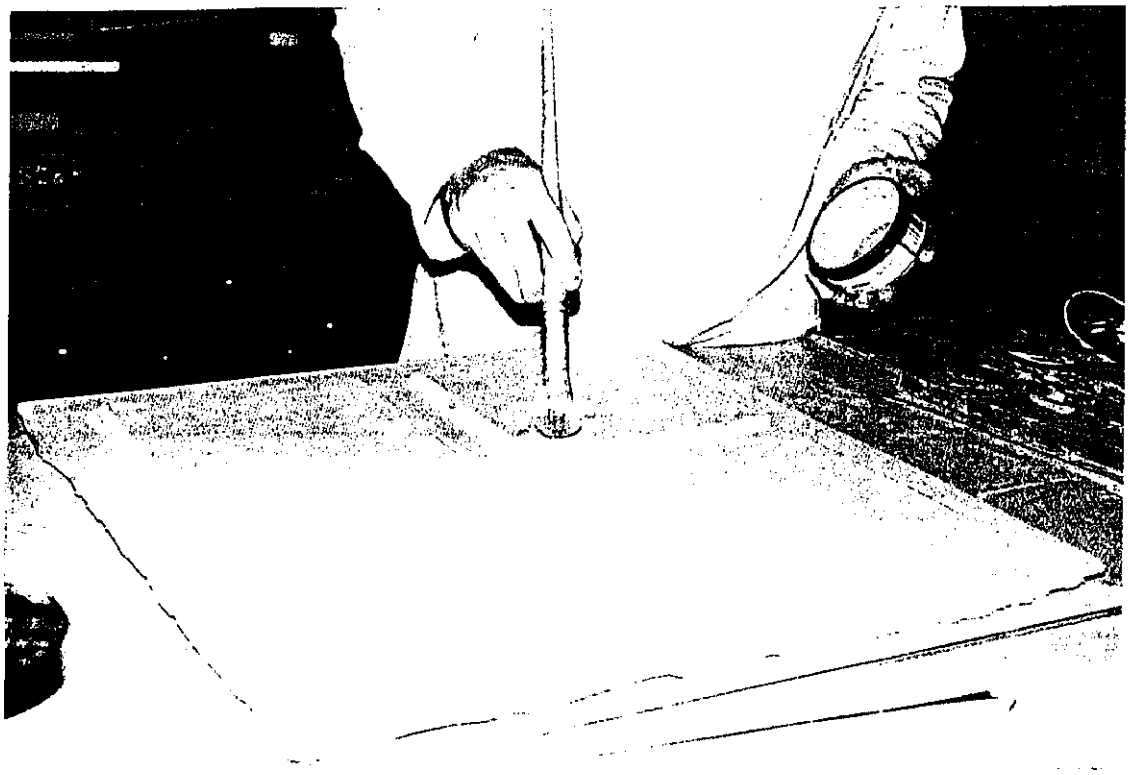
Fot.129. Aplicación de la masa de escayola a la totalidad del molde.
Fot.130. Aspecto del molde de escayola sobre el molde de poliestireno antes de proceder a su separación.



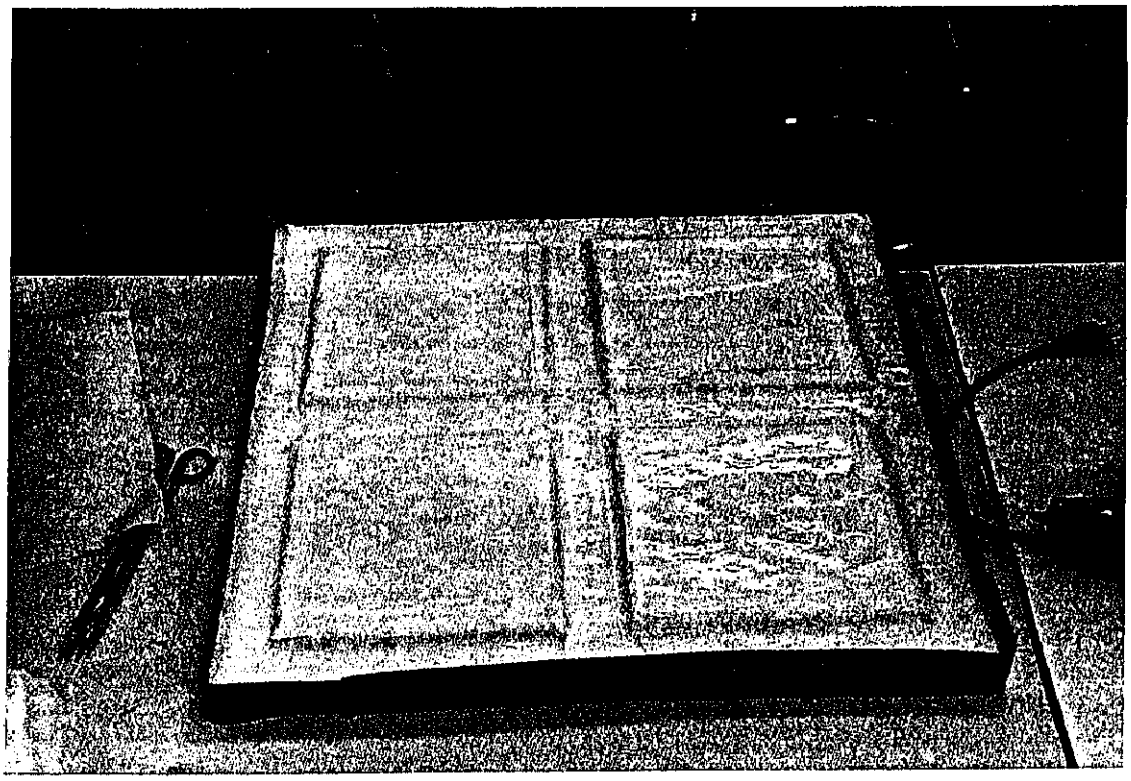


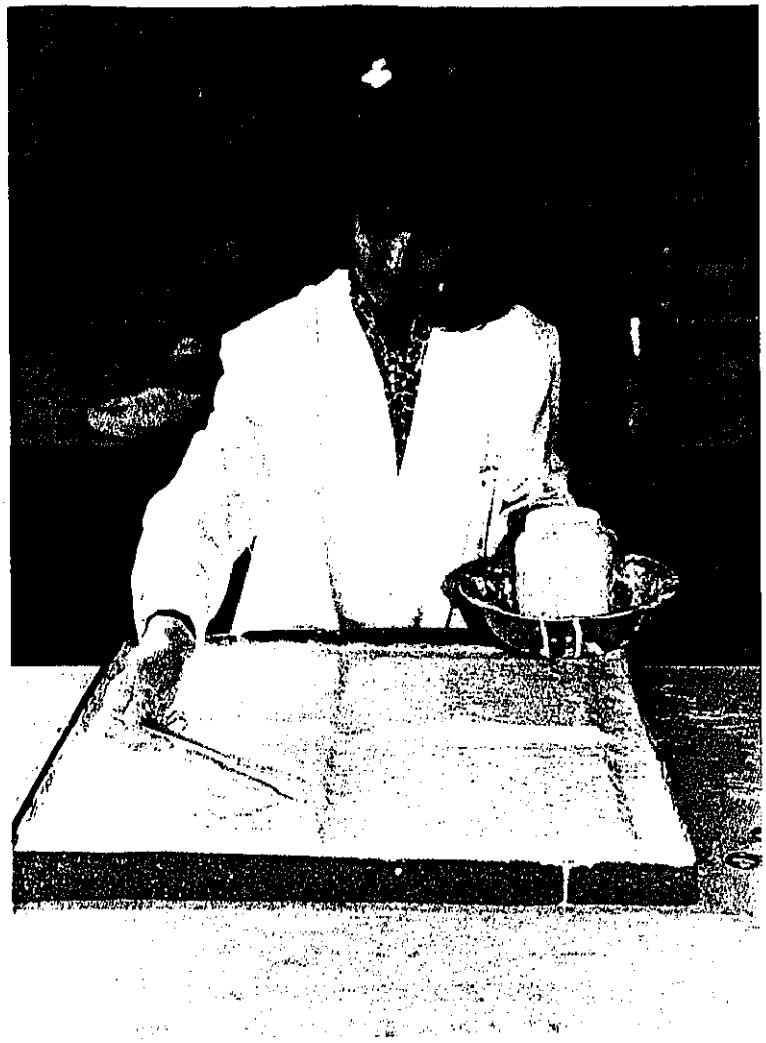
Fot.131. Aspecto de los dos moldes: primer molde de poliestireno y segundo molde de escayola.
Fot.132. Lijado del molde de escayola para obtener una superficie lisa y uniforme.





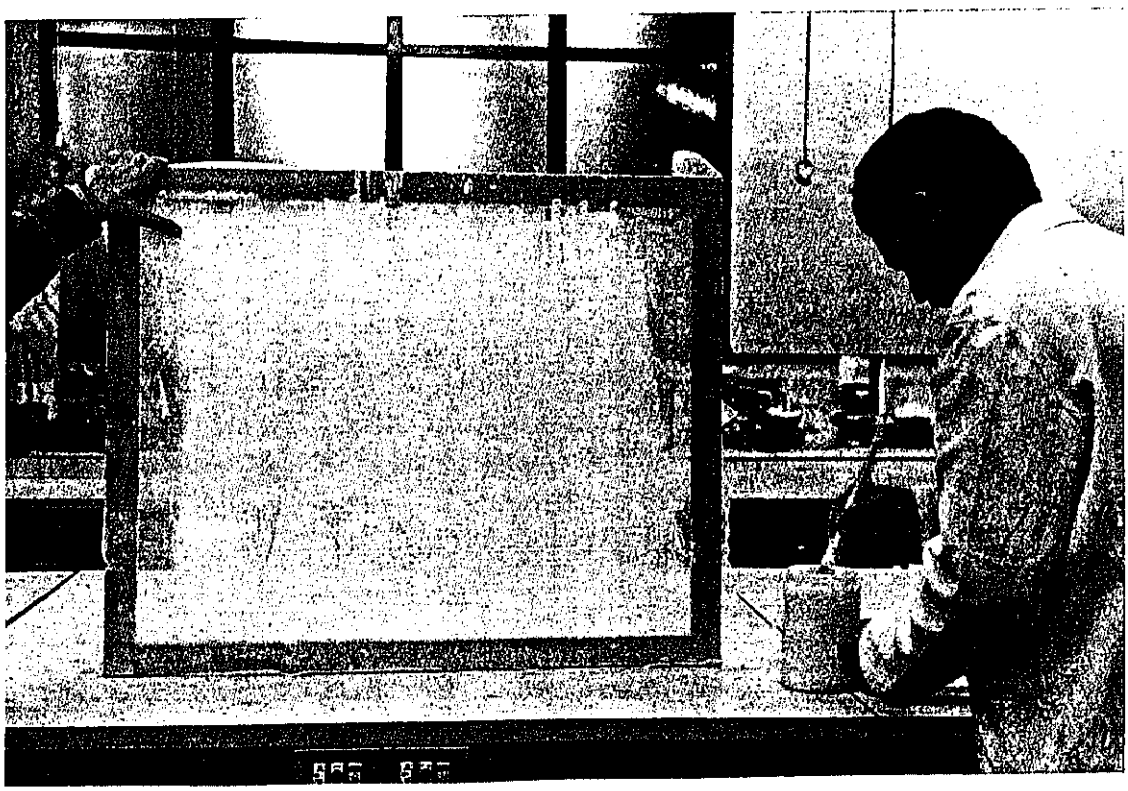
Fot.133. Aplicación de la cera de abejas sobre el molde de escayola.
Fot.134. Sobre este molde se pegan con una pistola de adhesivo termoplástico unos bordes de corcho, con el fin de contener el posterior vertido de resina.

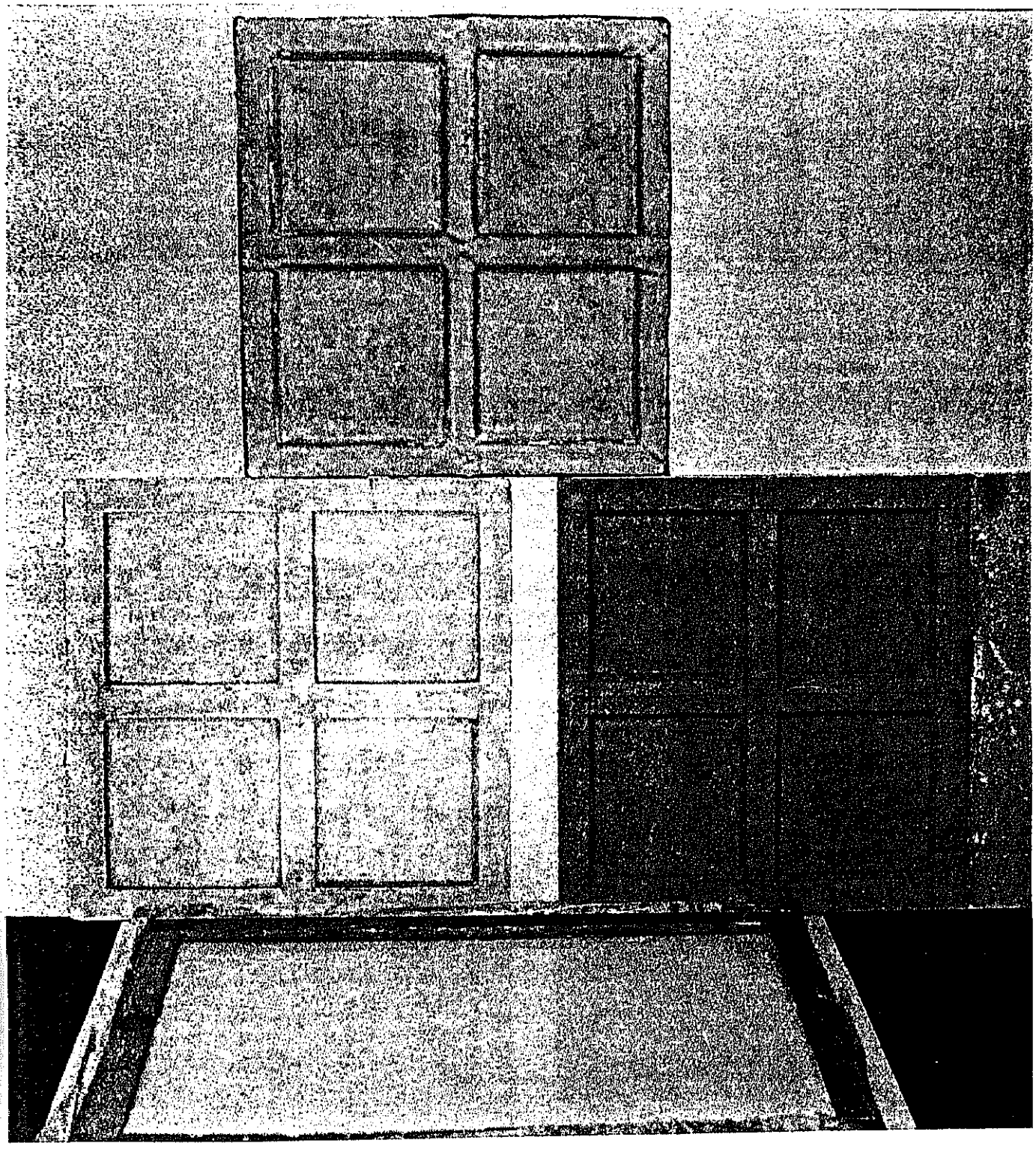




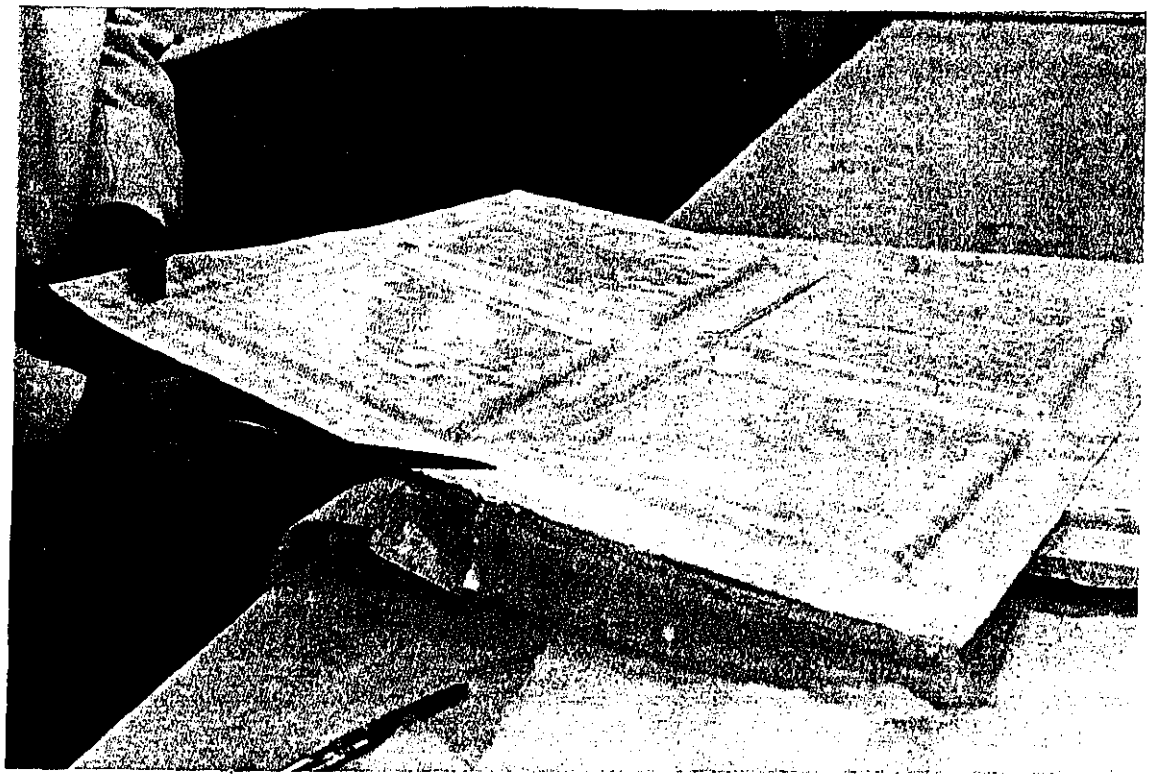
Fot.135. Aplicación de tres capas alternativas de fibra de vidrio y resina epoxi pigmentada con blanco de titanio, adaptándolas bien con una brocha.

Fot.136. Realización de la lámina superior del molde final, tensando el tejido de vidrio Velázquez sobre un bastidor de madera previamente impregnado de resina epoxi pigmentada con blanco de titanio.

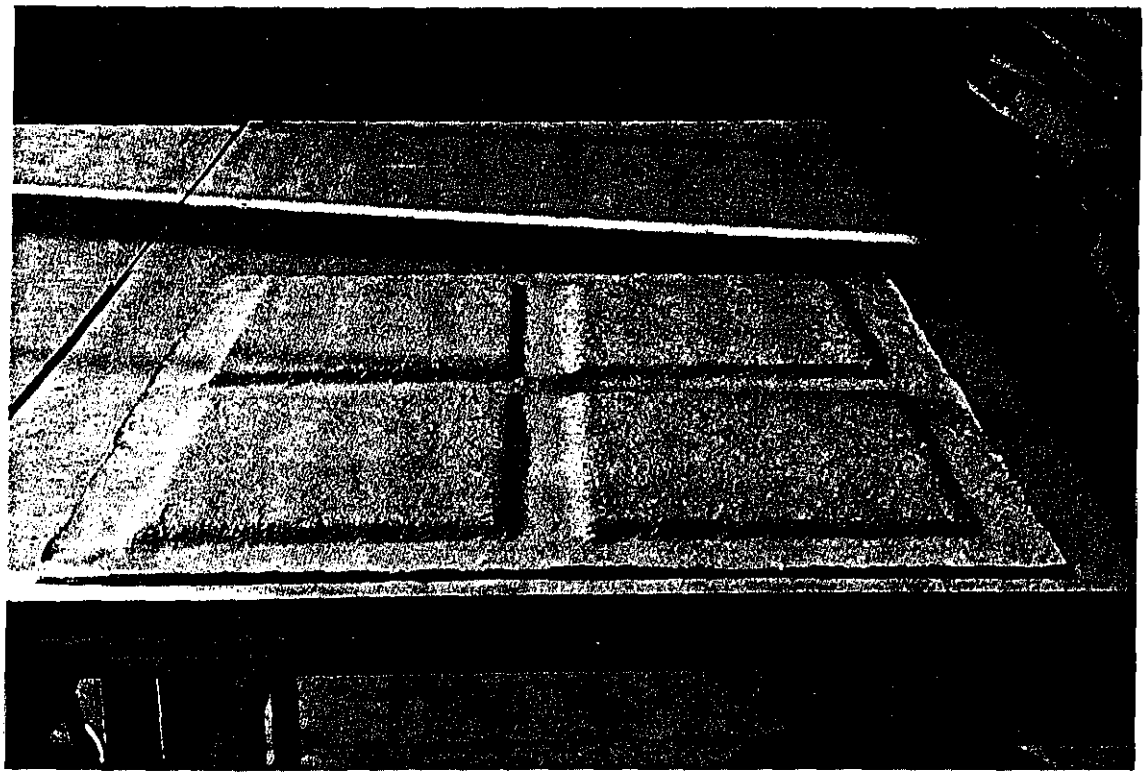




Fot.137. Aspecto de los moldes y de la plancha superior (en el suelo).



Fot.138. Las dos partes de la capa base (plancha de tejido de vidrio y estructura moldeada) se unen con la masa tixotrópica de resina epoxi y gel de sílice, recortando posteriormente los bordes.
Fot.139. Aspecto final de la capa base moldeada.



4. Comentario

- La estabilidad estructural de esta capa base está conferida por su diseño ortótropo (dos direcciones preferentes). Este diseño es idóneo para ser realizado a nivel industrial (sobre todo por moldeo o por inyección), dado que es altamente resistente y económico. Aunque hemos elegido una configuración sencilla, podría emplearse cualquier otra cuyo diseño confiriese estabilidad dimensional al soporte, utilizando, además, otros materiales (por ejemplo, polietileno de alta densidad) que abaratarían el sistema (figs.95, 96 y 97).

- La lámina superior que cierra la estructura moldeada podría ser realizada con cualquier otro material rígido (madera, cartón, metal, etc.).

- En las oquedades intermedias de la estructura moldeada podrían incorporarse productos estabilizantes que serían de gran utilidad, sobre todo, si la lámina superior fuera celulósica. Por ejemplo, si se coloca como cara externa una plancha de contrachapado de madera, se podrían colocar en los huecos productos como gel de sílice, sepiolita, fungicidas, etc., que contribuirían a crear un microclima estable en el soporte.

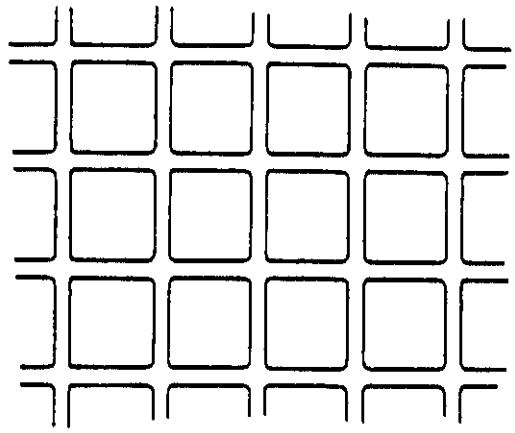
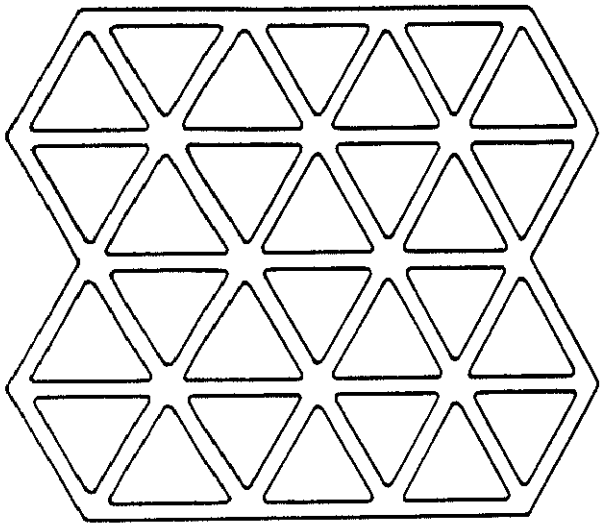
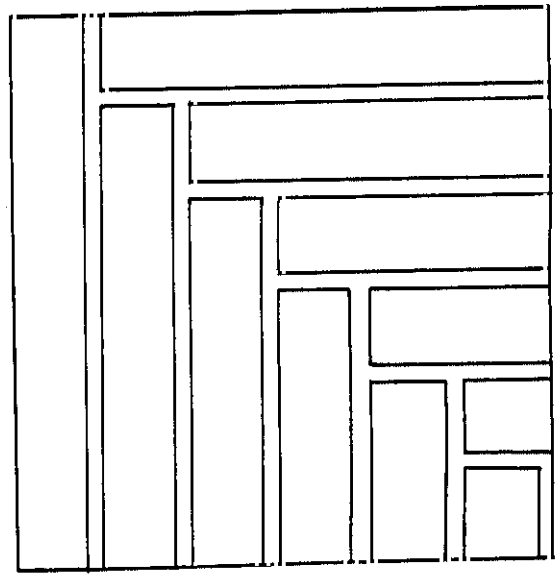


Fig.95. Diseño ortótropo (dos direcciones preferentes) similar al empleado en la maqueta realizada.





Figs.96 y 97. Ejemplo de diferentes diseños con los que se podrían fabricar (de forma artesanal o industrial), soportes con capa base abierta moldeada.

10. CONTRASTACION ANALITICA

Como se indicó anteriormente, los ensayos realizados están encaminados a comprobar si los soportes creados cumplen los objetivos previstos: tener una estabilidad en el tiempo, ofrecer una base adecuada para las distintas técnicas pictóricas, ser económicos y fáciles de realizar y, si procede, ser reversibles (en el sentido de re-tratables).

Para comprobar la estabilidad en el tiempo se han realizado los ensayos pertinentes sobre la capa base (ensayo de deformación estructural en Cámara de Niebla Salina, y cálculo del espesor de la capa base para que el soporte no se alabee), y sobre la capa de intervención (comportamiento del corcho ante distintos solventes).

Para comprobar la compatibilidad entre todos los estratos del soporte (capa base, capa de intervención y capa receptora) y su comportamiento al recibir distintas preparaciones, se han sometido las distintas muestras a los efectos degradantes de una Cámara de Envejecimiento Artificial Acelerado.

Se han realizado, así mismo, estudios sobre el comportamiento de la capa de intervención física y química, para verificar el posible re-tratamiento del sistema.

No se ha estudiado la resistencia mecánica, ni la química de los productos empleados (por ejemplo, de los adhesivos), porque son datos de los que informan detalladamente las Casas Comerciales.

Indicar finalmente que en todo momento hemos contado con el asesoramiento de especialistas y personal cualificado tanto en la realización de las maquetas, como en los distintos ensayos a que las hemos sometido.

10.1. UN REQUISITO PREVIO: LA METODOLOGIA EMPLEADA

Actualmente existe el tópico de que el único método aplicable para abordar el campo artístico (en cuanto disciplina del conocimiento), es el empírico. En general se cree que el Arte es algo subjetivo sin ninguna relación con la Ciencia. Sin embargo, muchos de los grandes Maestros (por ejemplo, Piero della Francesca y Leonardo da Vinci), aplicaban la metodología científica de su tiempo para crear sus propias obras y para estudiar las de los demás. Un caso concreto lo tenemos en la sección áurea (prop.1: 0,618...) que fue la proporción ideal en todo el Renacimiento, a partir de la cual los pintores cuadriculaban matemáticamente sus lienzos [186] (fig.98).

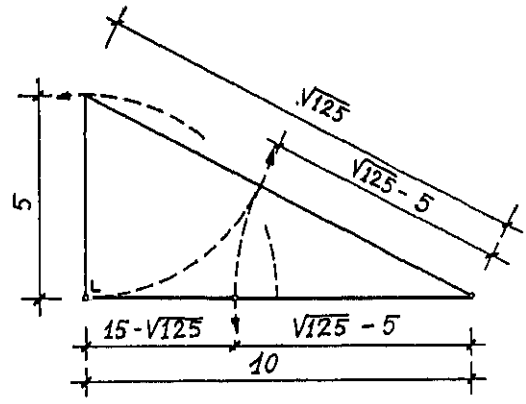


Fig.98. Formulación gráfica de la sección áurea o "divina proporción".

---

[186] Sobre el tema vid., entre otros: R. Arnheim, Arte y Percepción Visual, Madrid, 1981, pp.310-325; y Fuentes y Documentos para la Historia del Arte, vol.4: "Renacimiento en Europa", 1983.

Ya en nuestro siglo, se ha abordado el Arte con otros métodos. Uno de los más conocidos es el de los psicólogos de la "Gestalt"[187] que, a partir de los experimentos realizados sobre la percepción sensorial, dieron una serie de resultados científicos, que aplicaron en sus cuadros pintores como Mondrian o Klee[188] (fot.140).

Bajo nuestro punto de vista, el método empírico es perfectamente válido y útil como punto de partida en cualquier estudio de Arte, pero toda obra artística (en cuanto creación matérico-técnica), es susceptible de ser analizada a través de otras metodologías.

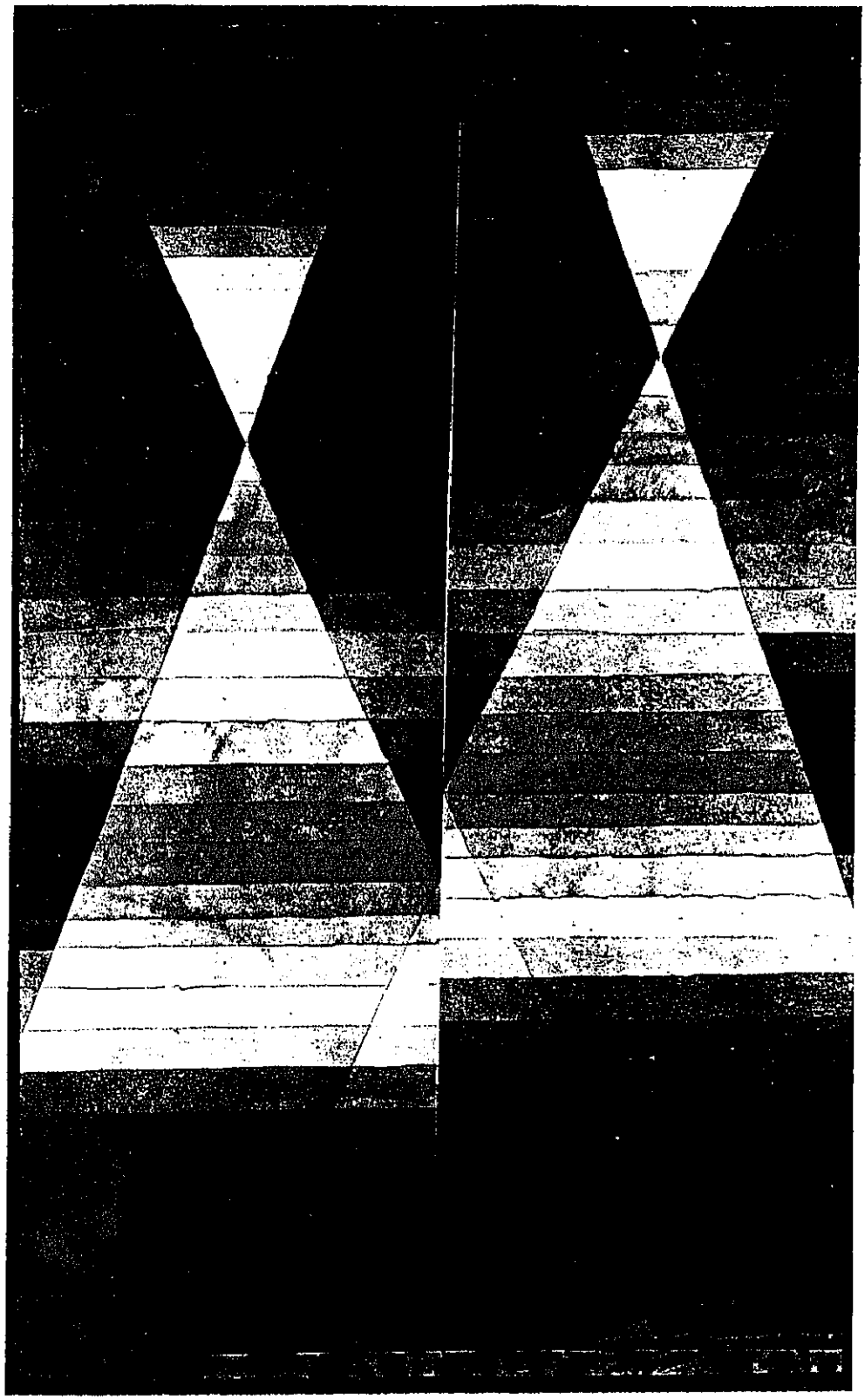
Para todos resulta evidente que la aplicación del método "científico duro"[189] es únicamente posible para disciplinas tales como las matemáticas o la física. Sin embargo, incluso dentro de estas áreas, la vanguardia científica de estos últimos años opina que el método basado en el

---

187 "La palabra "Gestalt", nombre común que en alemán quiere decir "forma", se viene aplicando desde los comienzos de éste siglo a un cuerpo de principios científicos que en lo esencial se dedujeron de experimentos sobre la percepción sensorial", R. Arnheim, op.cit., 1981, p.17.

188 Paul Klee recogió numerosas observaciones sobre la percepción visual en su obra: Bases para la estructuración del arte, (trad. Pedro Tanagra), México, 1981.

189 El método cientifico duro consiste en la reducción de un amplio volumen de observaciones a escuetas y compactas ecuaciones matemáticas.



Fot.140. Paul Klee: "Tente double" (1923). Ejemplo de obra en la que se aplican los principios científicos deducidos a partir de experimentos sobre la percepción sensorial propugnados por la "Gestalt".

binomio teoría-experiencia (modelo mental frente a resultado observado) en torno a un simple objeto y la idea de inteligibilidad científica deben ampliarse para dar cabida a otras muchas aproximaciones de la realidad fuera del estricto modelo matemático.

En psicología, biología, medicina, sociología, filosofía, y sobre todo en ARTE, es evidente que existen realidades que no pueden medirse por el modelo matemático. ¿Como se aplica la ciencia dura a un virus, al cerebro, a una pasión amorosa, a la angustia, la depresión, la moral, o a la creación artística? o ¿cómo medir realidades como los planetas y astros que ni siquiera pueden observarse, no tanto porque sean invisibles, grandes o pequeños, sino por su complejidad?. Medir esto, según las modernas teorías científicas, es sólo posible por medio de un método nuevo: <u>la simulación</u>.

Simular es, ante todo, tantear. En cierto modo, la ciencia es tanteo. La simulación ha sido posible sobre todo desde que las prestaciones de los ordenadores han alcanzado un cierto nivel. Con un ordenador se puede experimentar (probar las consecuencias de la imposición de diferentes condiciones), y también teorizar (probar diferentes algoritmos y programas). Es decir, el método simulativo permite hacer ciencia de una manera nueva. Entre las altas esferas científicas está alcanzando el rango de la vía teórica y de

la experimental:"La simulación es una tercera vía para conocer la realidad, que no es ni teoría ni experiencia, aunque puede jugar el papel de cualquiera de las dos"[190].

La simulación no es un método aplicable únicamente a los trabajos realizados con ordenador. Nosotros lo emplearemos a menudo en el apartado práctico, en las pruebas de deformación estructural y de envejecimiento acelerado a las que hemos sometido las maquetas. Esto obedece a una cuestión práctica. Si aplicásemos el método "científico duro" para saber, por ejemplo, la acción degradante del paso del tiempo sobre un conjunto de maquetas, tendríamos que esperar cien años (tiempo mínimo para un conservador), para obtener los resultados. Simulando el paso del tiempo en una cámara de envejecimiento, podemos obtener datos científicos (observaciones transformadas en fórmulas y gráficos), en tan sólo unos meses.

Quisiéramos finalmente subrayar que, por nuestra formación artística, hemos partido con la enorme ventaja de tener libertad para plantear hipótesis totalmente empíricas. Sin embargo, los resultados obtenidos en la parte experimental del trabajo, siguen un criterio científico (para ello

---

190 J. Wasengberg, "Complejidad y Simulación: hacia una nueva forma de hacer ciencia", en "Política Científica", nº30, Comisión Internacional de Ciencia y Tecnología, Diciembre 1991, Madrid, p.60.

hemos contado con el asesoramiento puntual de especialistas). Todas las conclusiones de tipo subjetivo o las apreciaciones organolépticas quedan expresamente indicadas.

10.2.1. ENSAYO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LA CAPA BASE SOMETIDA A LA ACCION DEGRADANTE DE LA HUMEDAD Y TEMPERATURA EN UNA CAMARA DE NIEBLA SALINA. ESTUDIO DE SU DEFORMACION ESTRUCTURAL.

10.2.1.1. Introducción

Como ya indicamos, uno de los problemas fundamentales que tienen los soportes es mantener en el tiempo su estabilidad dimensional. El efecto directo de la pérdida de estabilidad es el que el soporte se comba. Esta curvatura o deformación se produce esencialmente por dos factores:

a) Por los movimientos que tiene en sí el soporte provocados por los cambios ambientales. Un ejemplo típico es el alabeo de la madera (fig.99).

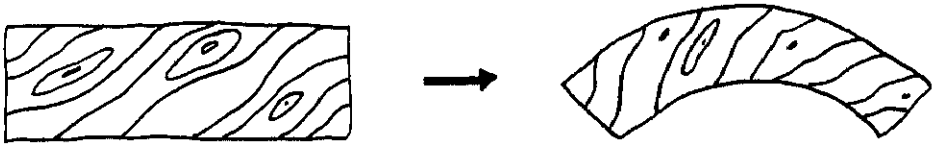


Fig.99. Alabeo típico de un soporte de madera ante cambios de humedad y temperatura.

b) Por su posición durante su almacenaje. Habitualmente los soportes se almacenan apilándose unos sobre otros, de manera que únicamente un lado apoya en el suelo. El efecto de ello es que el soporte se curva por su propio peso. Esto se aprecia claramente en los contrachapados, tablex, cartones, etc., que habitualmente vende el comercio (fig.100).

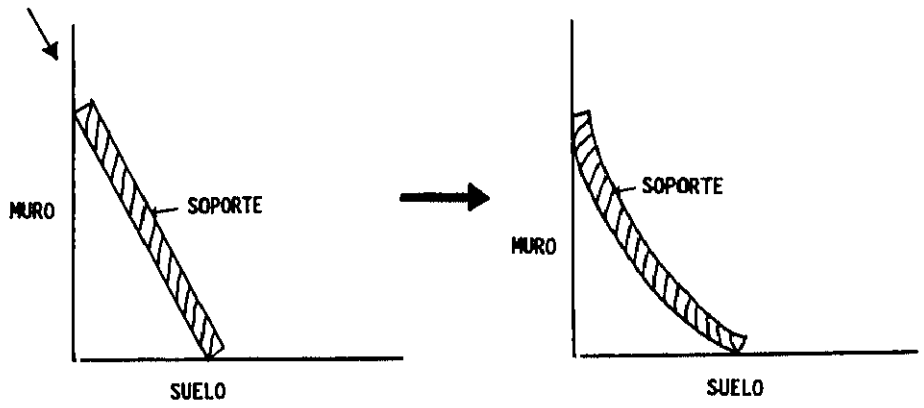


Fig.100. Ejemplo de deformación estructural de un soporte almacenado que se comba por su propio peso.

10.2.1.2. Objetivo y procedimiento

Según lo expuesto y con el fin de garantizar una estabilidad dimensional adecuada en los soportes creados, el objetivo de este ensayo es determinar el comportamiento de la Capa Base[191] en condiciones ambientales adversas.

---

191 Los ensayos se han realizado unicamante en la Capa Base porque, al ser el estrato que proporciona estabilidad y rígidez a la obra, es la responsable directa de la estabilidad dimensional del soporte.

El ensayo se ha efectuado sobre los distintos prototipos de capa base cerrada en "sandwich" y de capa abierta armada estudiados en el capítulo anterior[192] y sobre cuatro probetas correspondientes a materiales celulósicos habitualmente empleados como soportes pictóricos rígidos, con el fin de comparar su estabilidad dimensional con la de los nuevos soportes propuestos.

El procedimiento seguido ha consistido en medir la posible curvatura inicial de los distintos paneles que constituyen la capa base y su curvatura final una vez sometidos a un proceso de degradación en una Cámara de Niebla. La diferencia entre la curvatura final y la inicial nos dará el alabeo o la deformación estructural de los mismos.

Debido al proceso de realización artesanal de las maquetas, los resultados obtenidos en este ensayo son relativos (es muy difícil que sin un procedimiento de fabricación industrial una muestra sea absolutamente idéntica a otra). A pesar de ello y como veremos posteriormente, dichos resultados son altamente representativos del comportamiento

---

192 Sobre las maquetas Nº A.2/5 y B.2/1 no procede realizar el ensayo ya que para obtener datos fiables, las muestras deberían haberse realizado con moldes prefabricados y uniendo sus capas al vacío. Además, la estabilidad de los materiales que la componen (fibra de vidrio y la resina epoxi) está garantizada por ser productos cuya combinación ya ha sido probada química y estructuralmente (las Casas Comerciales ofrecen amplia información al respecto).

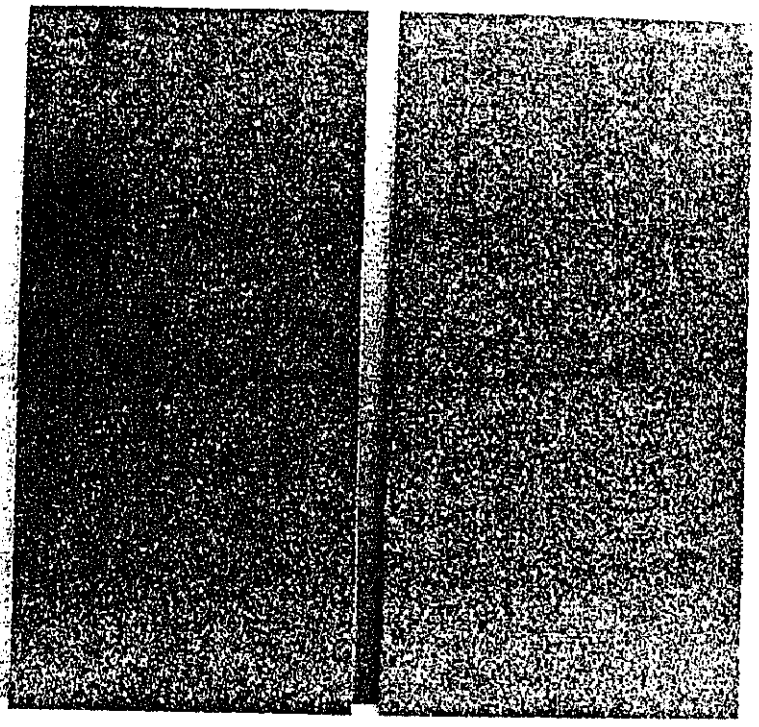
de las distintas capas base ante la acción degradante de la humedad y la temperatura.

10.2.1.3. Descripción y preparación de las muestras

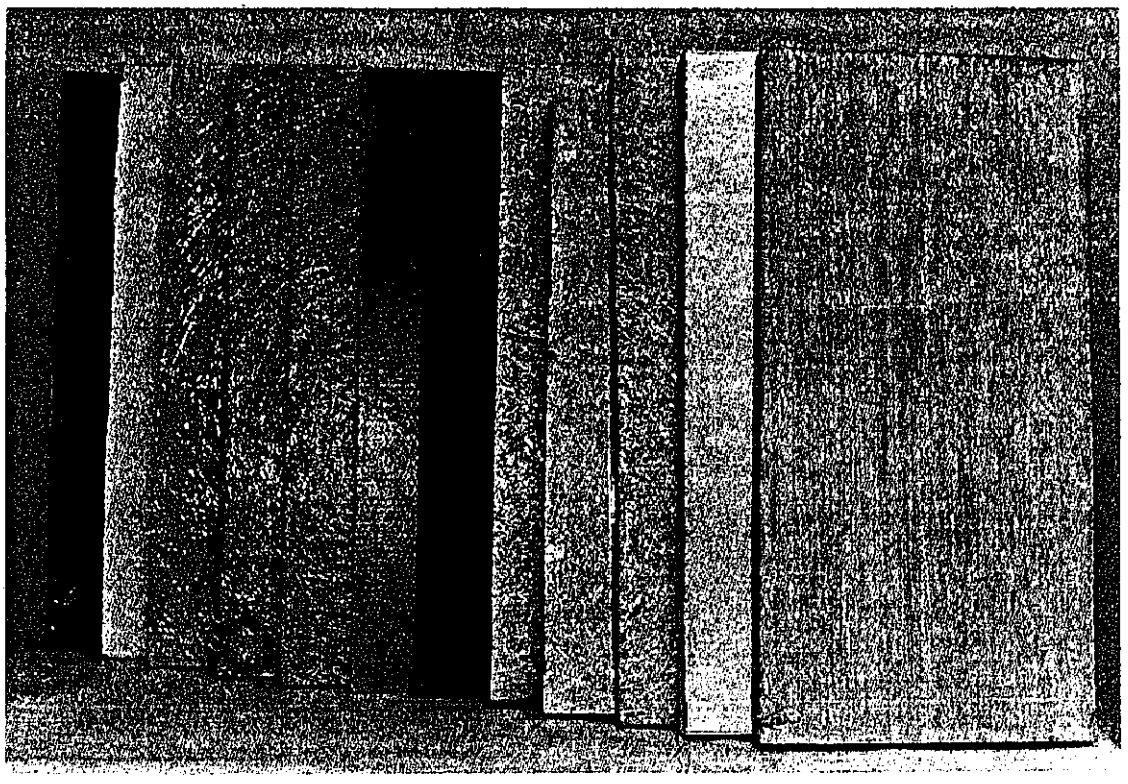
Como ya se ha indicado, las muestras correspondientes a las distintas capas base tenían un tamaño inicial de 60 x 60cm, sin embargo, después realizar una prueba con la maqueta nº A.3./1. sometiéndola al ensayo degradante sin que sufriera alteraciones significativas (vid., gráfico 15), se optó por cortar por la mitad (a un tamaño de 30 x 60cm) las maquetas iniciales con el fin de favorecer un alabeo mayor. Los bordes del nuevo corte se han protegido con el mismo recubrimiento que tenían el resto de los cantos de la maqueta original (fot.141).

Las muestras ensayadas corresponden a las capas bases ya enunciadas en el capítulo 9 del trabajo: Serie A.1.; Serie A.2.; Serie A.3 y Serie B.1.(fot.142).

Así mismo, se han preparado cuatro muestras de las mismas medidas (60 x 30cm) correspondientes a aquellos soportes rígidos más empleados en la actualidad: tablero de madera prensada (C.1.), conglomerado (C.2.), contrachapado (C.3.) y cartón piedra (C.4.).



Fot.141. Sección de la maqueta en dos partes
Fot.142. Aspecto de las muestras antes de ser degradadas artificialmente



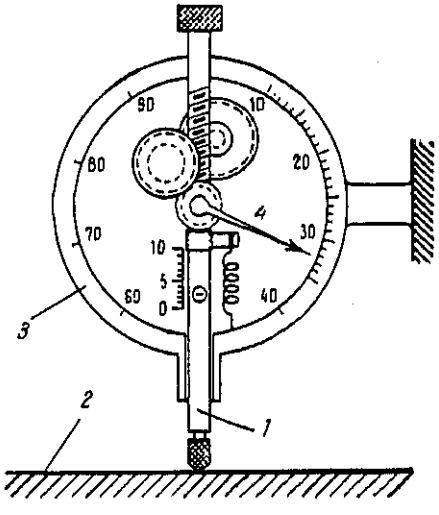
10.2.1.4. Primera medición

En primer lugar se ha medido con un Reloj Comparador la posible curvatura inicial de las probetas.

10.2.1.4.1. Utiles de medición

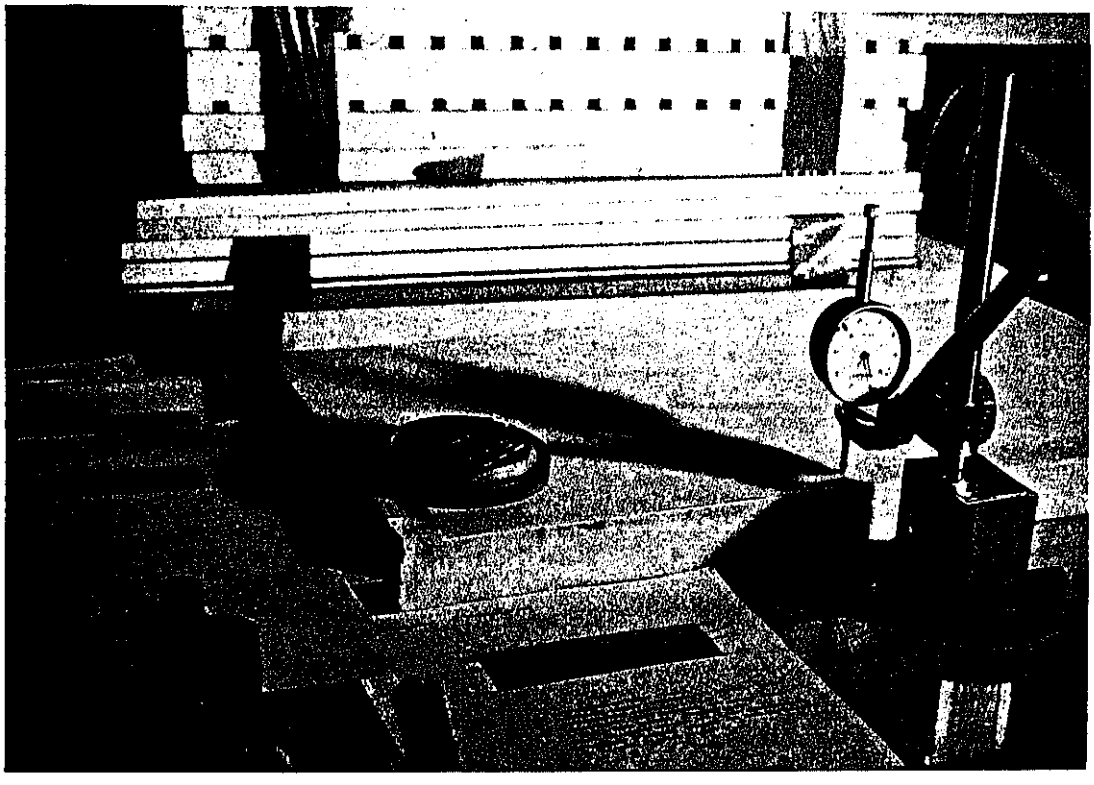
a) Reloj Comparador

Se podría definir como un útil común de laboratorio que se emplea para medir distancias con precisión. La medida (centésimas de milímetro) es registrada gracias al desplazamiento de un vástago o perno de medición que acciona un dispositivo amplificador constituido por un juego de engranajes, que a su vez mueve el índice que señala la medida en el disco graduado del visor (fig.101).

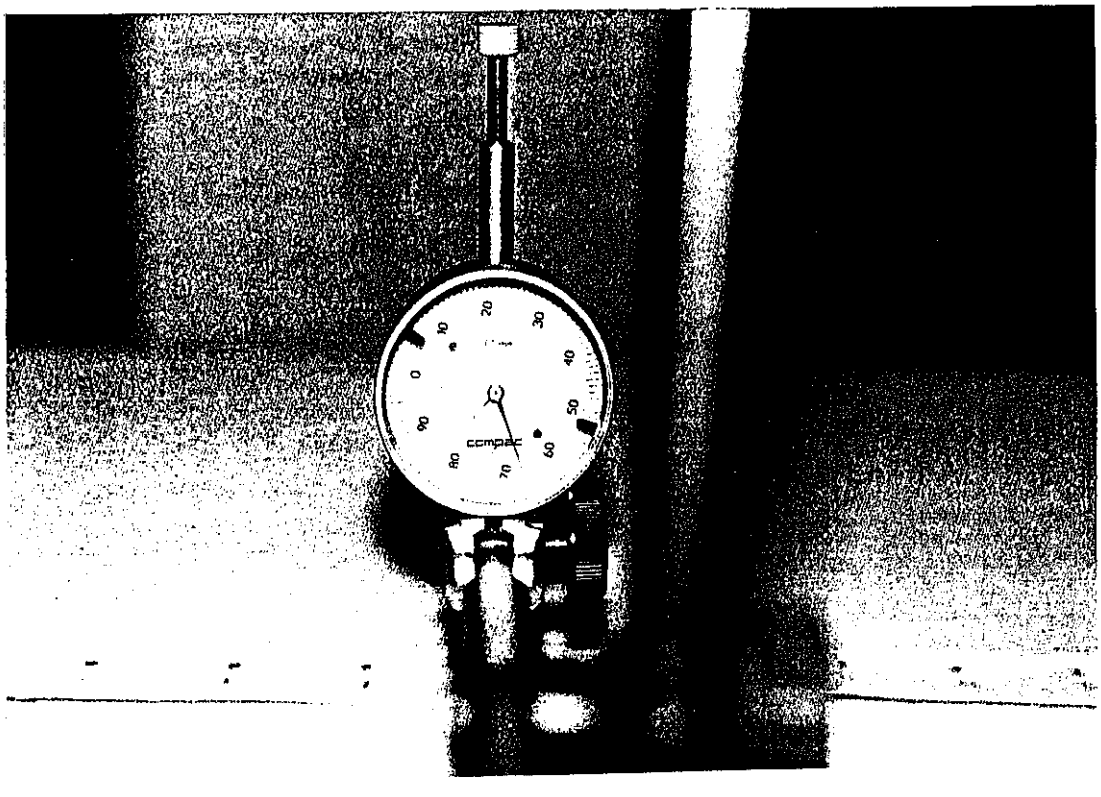


1. Perno de medición
2. Superficie de apoyo
3. Sistema de engranajes
4. Aguja

Fig.101. Esquema de un reloj comparador para mediciones lineales.



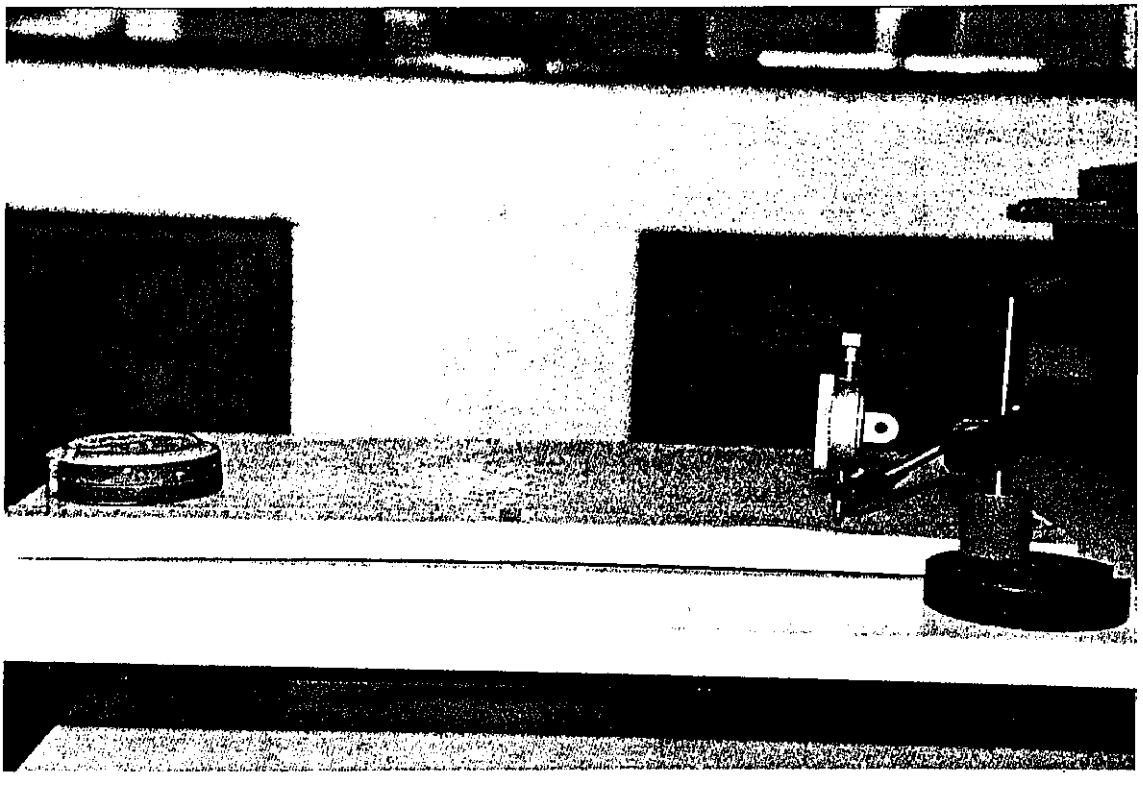
Fot.143. Aspecto del reloj comparador colocado sobre una probeta.
Fot.144. Detalle del reloj comparador



b) Plantilla de papel milimetrado

Uniendo dos hojas de papel milimetrado, se ha realizado una plantilla de 60 cm de longitud, sobre la que se marcan 21 puntos (con una distancia entre ellos de 3cm, y a 2 cm del borde inferior, tal como se aprecia en la fot.145).

La plantilla nos permite tomar las medidas con gran precisión tanto antes como después de degradar las probetas.

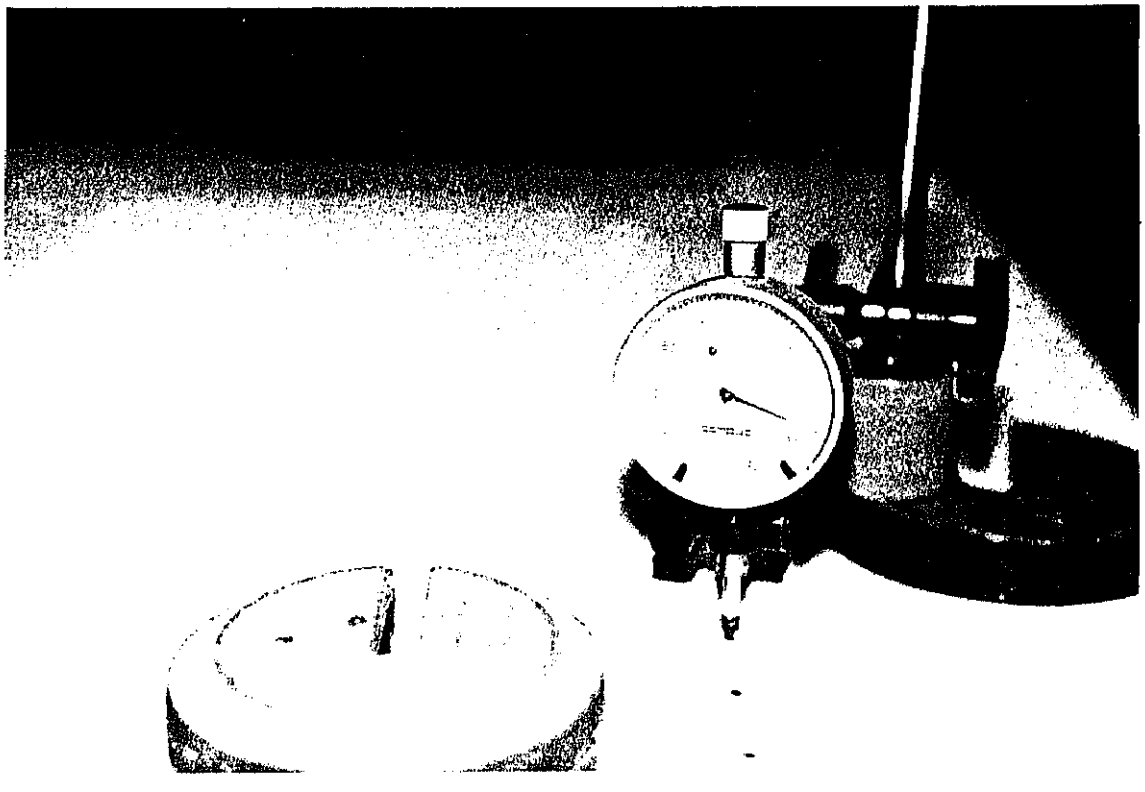


Fot.145. Ejemplo de colocación de la plantilla de papel milimetrado sobre una probeta.

10.2.1.4.2. Proceso

El procedimiento seguido es el siguiente:

* Se monta el reloj comparador en una peana magnética sobre el plano horizontal.
* Se coloca el papel milimetrado en uno de los lados de 60cm de la probeta y se toman cada 3cm las medidas de los 21 puntos marcados (fot.146).
* La curva resultante de esta medición realizada en centésimas de milímetro nos proporciona la deformación estructural inicial de la probeta (los datos de esta primera medición se encuentran en las gráficas que se adjuntan).



Fot.146. Ejemplo de cómo se toman las medidas con el reloj comparador.

10.2.1.5. Ensayo con Cámara de Niebla Salina

Una vez realizada la primera medición se introducen las probetas en la Cámara de Niebla Salina. Esta cámara se emplea habitualmente para realizar ensayos de corrosión de los metales en atmósferas artificiales (ver norma UNE 112-017-92)[193]. Es decir, se usa para comprobar la resistencia de ciertos materiales sobre todo en las ingenierías industrial, naval y aeronáutica, y es especialmente útil para detectar las discontinuidades del tipo de poro u otros defectos de determinados recubrimientos metálicos, anódicos o de capas de conversión.

Este es un ensayo altamente degradante, sobre todo si se aplica a soportes pictóricos que nunca se van a encontrar en unas condiciones ambientales tan altamente corrosivas. Por lo tanto, los resultados que se obtengan en el mismo, no deben considerarse como una indicación directa de su resistencia estructural ante factores ambientales adversos. Hecha esta puntualización, lo que se pretende demostrar es que las capas base propuestas son estructuralmente fiables, si resisten este ensayo.

---

193 Este ensayo se ha realizado siguiendo la norma UNE 112-017-92 titulada: "Ensayos de corrosión en atmósferas artificiales" (esta norma puede adquirirse en la Asociación Española de Normalizacion y Certificación (AENOR), vid., el apartado: "Bibliotecas Consultadas")

b) Dispositivo de calefacción y de regulación de la temperatura

Un dispositivo adecuado permite mantener la cámara y su contenido a la temperatura especificada. La temperatura se controlará a una distancia mínima de 100 mm de las paredes.

c) Dispositivo de pulverización

El dispositivo de alimentación de solución salina se compone de un suministro de aire limpio de presión y temperatura controlados, un depósito para almacenar la solución que debe pulverizarse y uno o varios atomizadores.

El suministro de aire comprimido para cada atomizador deberá pasar por un filtro que retire cualquier resto de aceite o material sólido y deberá estar a una presión de 70 a 170 KPa [195].

Para evitar la evaporación del agua de las partículas pulverizadas, el aire se debe humedecer antes de introducirlo en cada atomizador, mediante el paso por una torre de saturación que contenga agua a una temperatura de

---

[195] 1 KPa = 1 KN/m2 = 0,01 atm.

varios grados Celsius por encima de la cámara. La temperatura adecuada dependerá de la presión utilizada y del tipo de boquilla atomizadora y se ajustará de tal modo, que la proporción de recogida de solución pulverizada en la cámara y la concentración de la solución pulverizada recogida se mantengan dentro de los límites establecidos. El nivel del agua deberá mantenerse constante por medios automáticos que garanticen una humedad adecuada.

Los atomizadores deben estar hechos de un material inerte, como por ejemplo, de vidrio o de material plástico. Se pueden utilizar deflectores para evitar un rociado directo sobre las muestras ensayadas. La utilización de deflectores ajustables es útil para obtener una distribución uniforme de solución pulverizada en toda la cámara. El nivel de la solución salina deberá mantenerse constante por medios automáticos, que garanticen un alimentación constante de la solución pulverizada durante todo el ensayo.

d) Dispositivos de recogida

Se deberá disponer de al menos dos dispositivos de recogida adecuados, constituidos por embudos de vidrio o cualquier otro material químicamente inerte, cuyos tubos están introducidos en probetas graduadas u otros recipientes del mismo tipo. Los embudos de 100 mm de diámetro tienen una zona de recuperación de 80 cm2 aproximadamente. Los

dispositivos de recogida se deberán colocar en la zona de la cámara en la que estén situadas las muestras ensayadas, uno cerca de una boquilla de pulverización y otro lejos. Deberán estar situados de tal modo que sólo se recoja solución pulverizada y no líquido que caiga desde las planchas ensayadas o de alguna parte de la cámara.

e) Reutilización

Si el equipo se ha utilizado para un ensayo de pulverización o para cualquier otra finalidad distinta con una solución que difiera de la que se especifica para el presente ensayo, deberá limpiarse cuidadosamente antes de su uso.

El aparato de ensayo debe ponerse en funcionamiento durante un periodo mínimo de 24 h y debe verificarse que el PH de la solución recogida es correcto durante todo el periodo de pulverización antes de situar cualquier muestra en la cámara.

El modelo de cámara utilizado en los ensayos cumple exactamente estos requisitos. Su esquema general es el siguiente (figs.102 y 103):

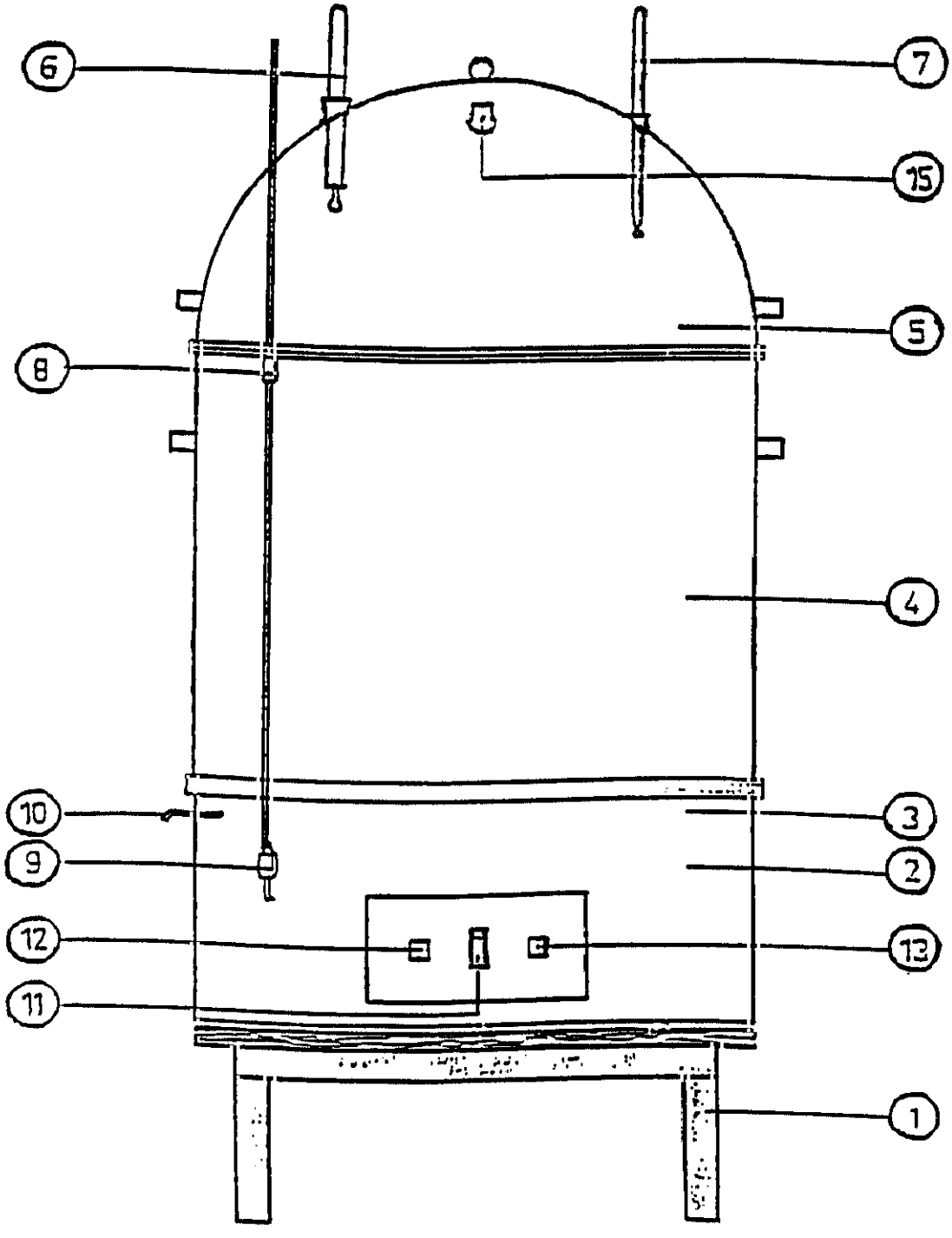
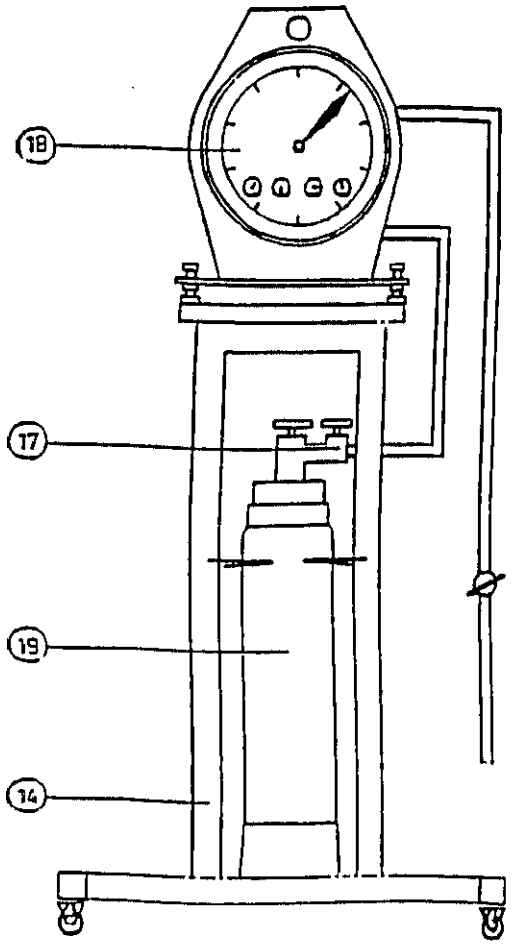


Fig.102. Esquema de la Cámara de Niebla Salina utilizada en el ensayo



1. Bastidor inferior
2. Parte inferior
3. Recipiente inferior
4. Cilindro de Cámara
5. Cúpula
6. Termómetro de contacto
7. Termómetro de control
8. Conexión superior
9. Conexión inferior
10. Tubo de entrada de gas
11. Interruptor
12. Lámpara de control "Aparato"
13. Lámpara de control "Regulador"
14. Carro rodante
15. Válvula de sobrepresión
16. Válvula de presión mínima
17. Válvula de presión de agua
18. Gasómetro

BOQUILLA EN PVC O SIMILAR

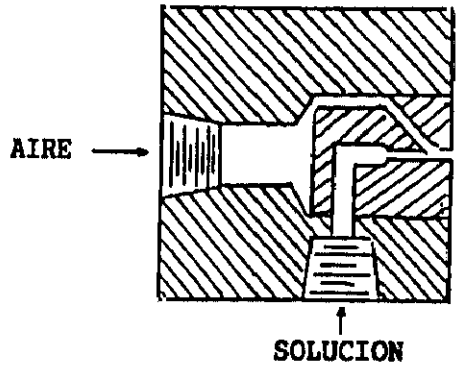


Fig.103. Equipo de Gas

10.2.1.5.2. Disposición de las muestras

Las muestras de sitúan de tal modo en la cámara que no se encuentren en el rociado directo de la solución pulverizada.

El ángulo al que se expone cada una de las muestras dentro de la cámara es de suma importancia. La muestra ensayada deberá en principio ser plana y situarse en la cámara de pulverización, orientada hacia arriba con un ángulo que se acerque lo más posible a 20º respecto de la vertical. Según la citada norma UNE 112-017-92, tal ángulo debe imperativamente estar comprendido entre 15º y 30º.

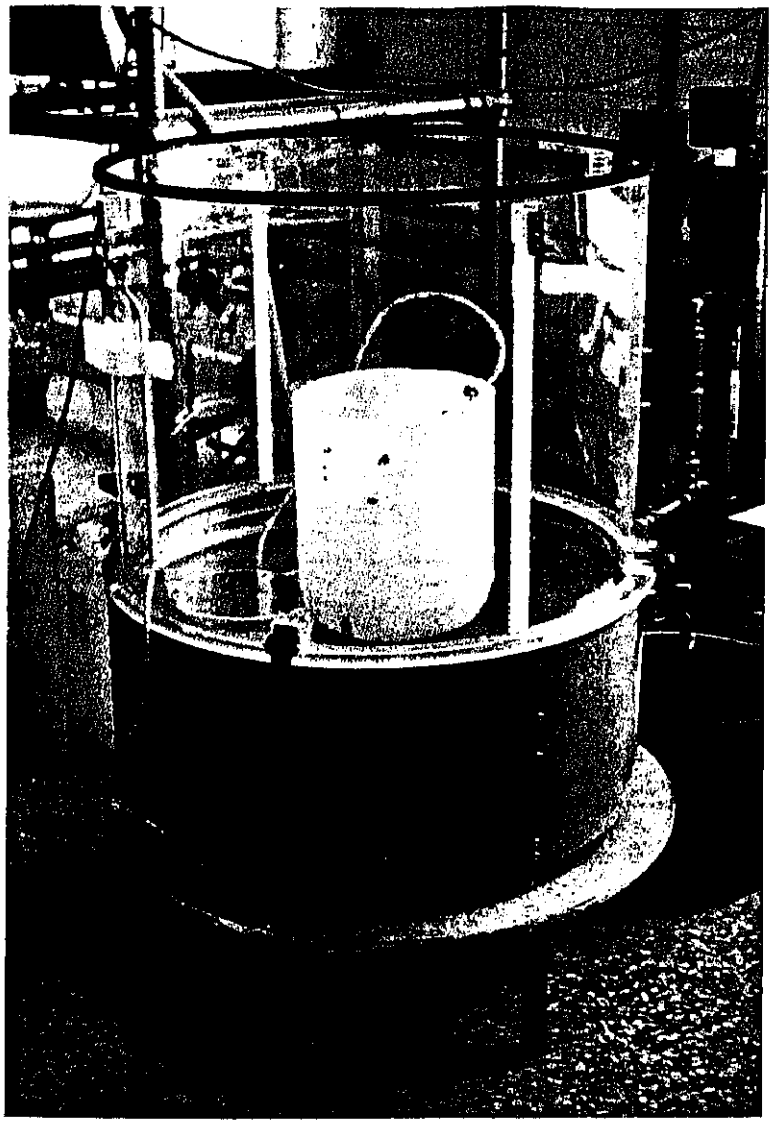
Las muestras se han dispuesto de forma que sólo apoyan dos de los cantos, sin que el resto de la probeta entre en contacto con la cámara, y que las superficies a ensayar estén expuestas al agua pulverizada únicamente donde ésta circule libremente. Además las muestras se han dispuesto de forma que el vapor de agua no gotee de unas a otras.

10.2.1.5.3. Condiciones de ensayo y duración

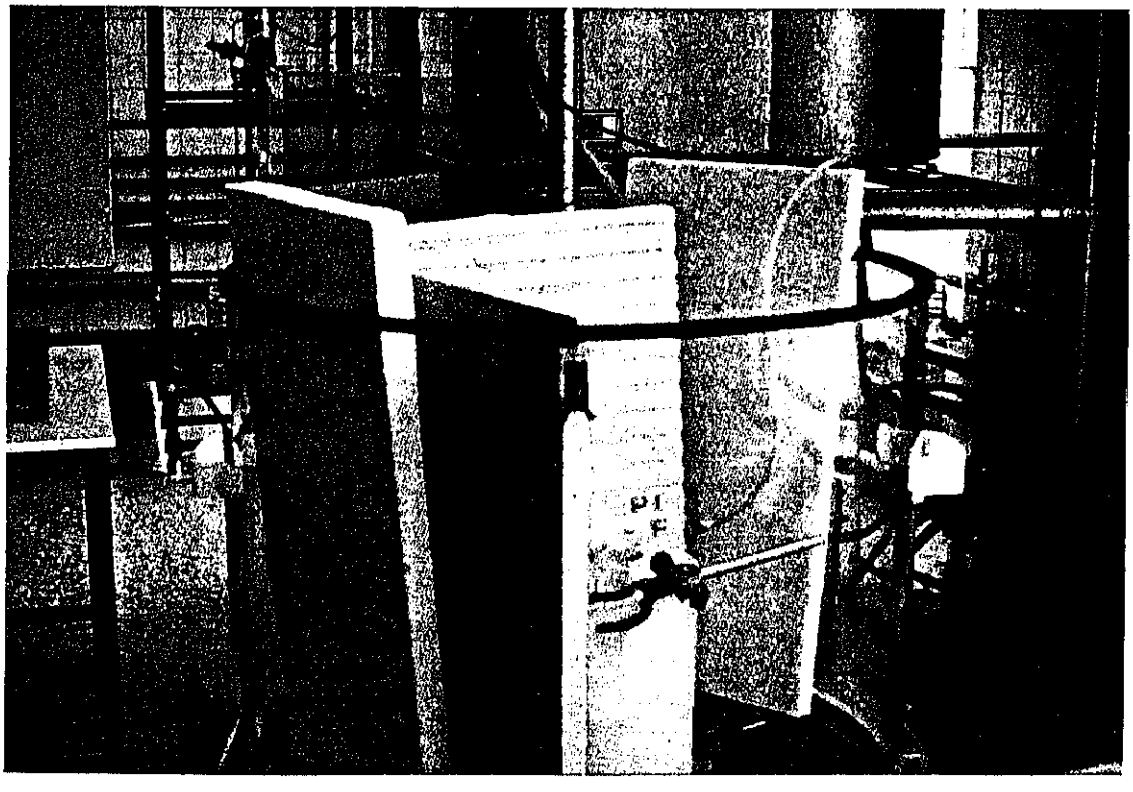
El ensayo se ha realizado con una humedad del 95%, con una presión de 100 KPa (= 1 atm) y con una temperatura media en el interior de la cámara de pulverización de 45ºC. La duración de los ensayos es de 48h.

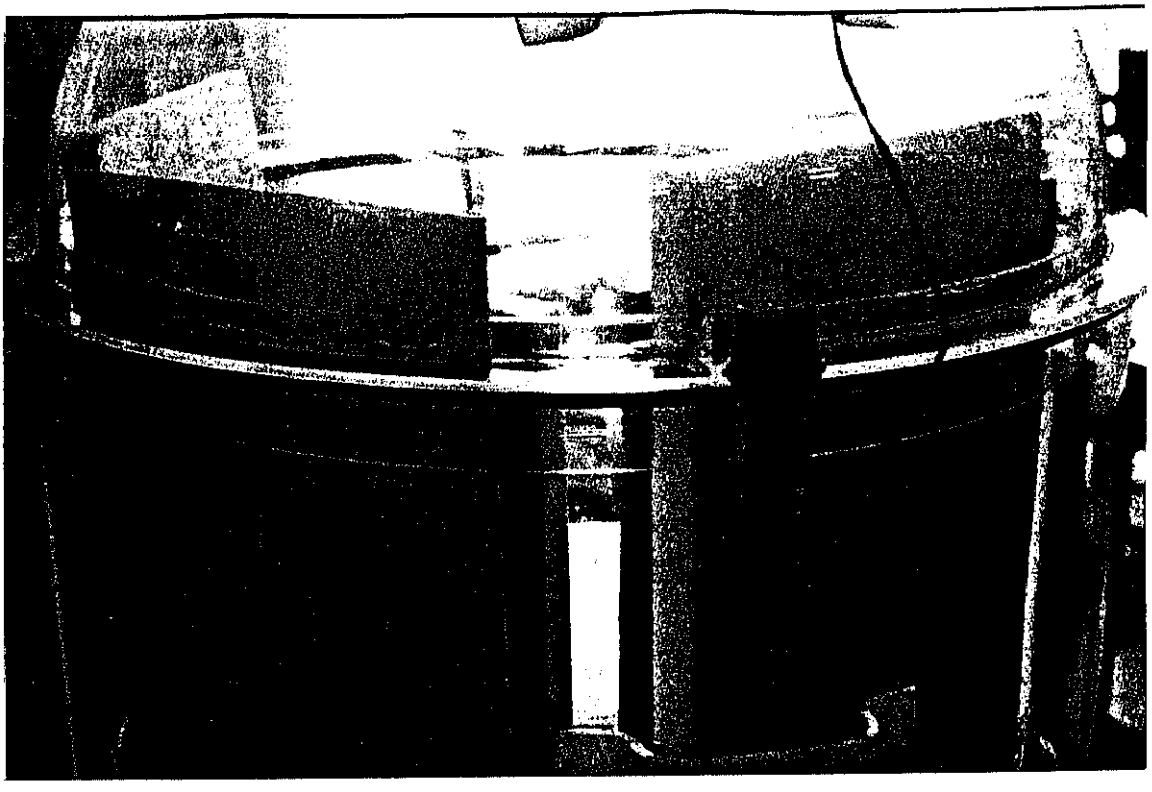
Se ha evitado cualquier tipo de sobrepresión o depresión en la cámara durante el ensayo.

La pulverización se ha realizado sin interrupción alguna a lo largo del todo el periodo de ensayo (el agua empleada en el ensayo no puede volver a utilizarse). A pesar de que la citada norma UNE 112-017-92 permite abrir la cámara en caso de estricta necesidad durante un corto espacio de tiempo para inspeccionar las muestras (sin descolocarlas) y para rellenar de agua el depósito, la cámara ha permanecido cerrada durante todo el ensayo.



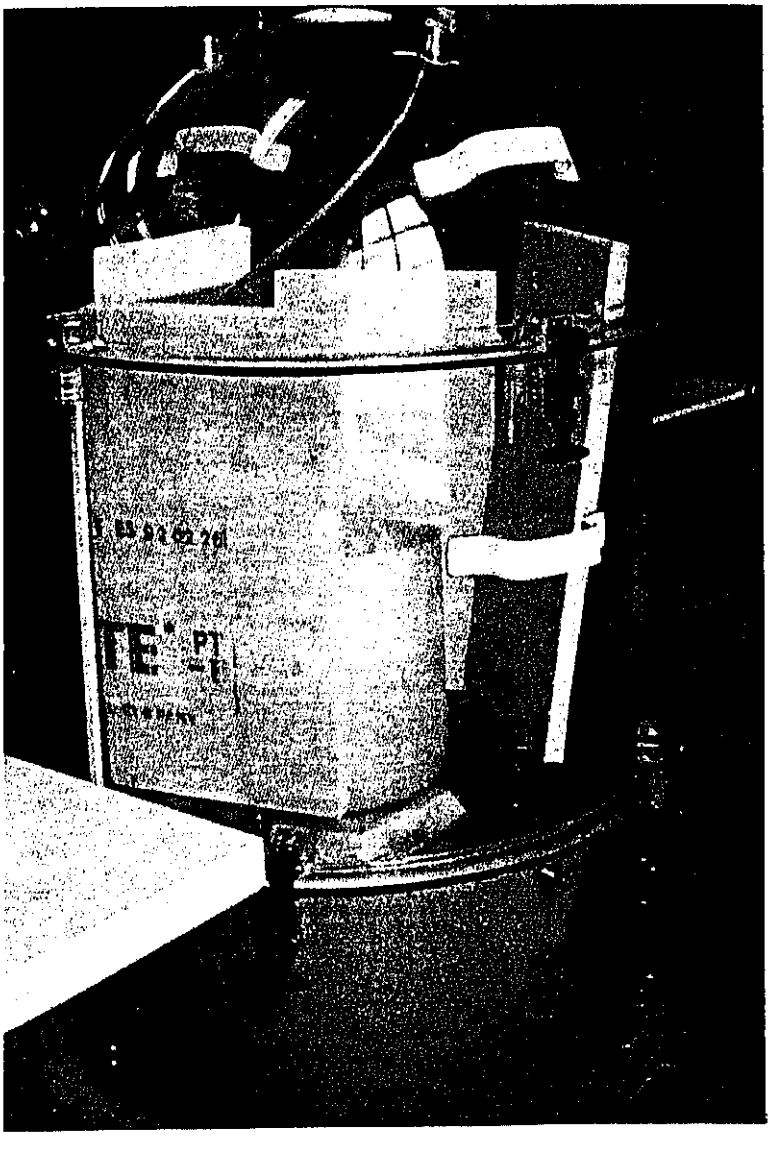
Fot.147. Cámara de Niebla sin tapadera antes de colocar las probetas.
Fot.148. Colocación de las probetas en la Cámara de Niebla

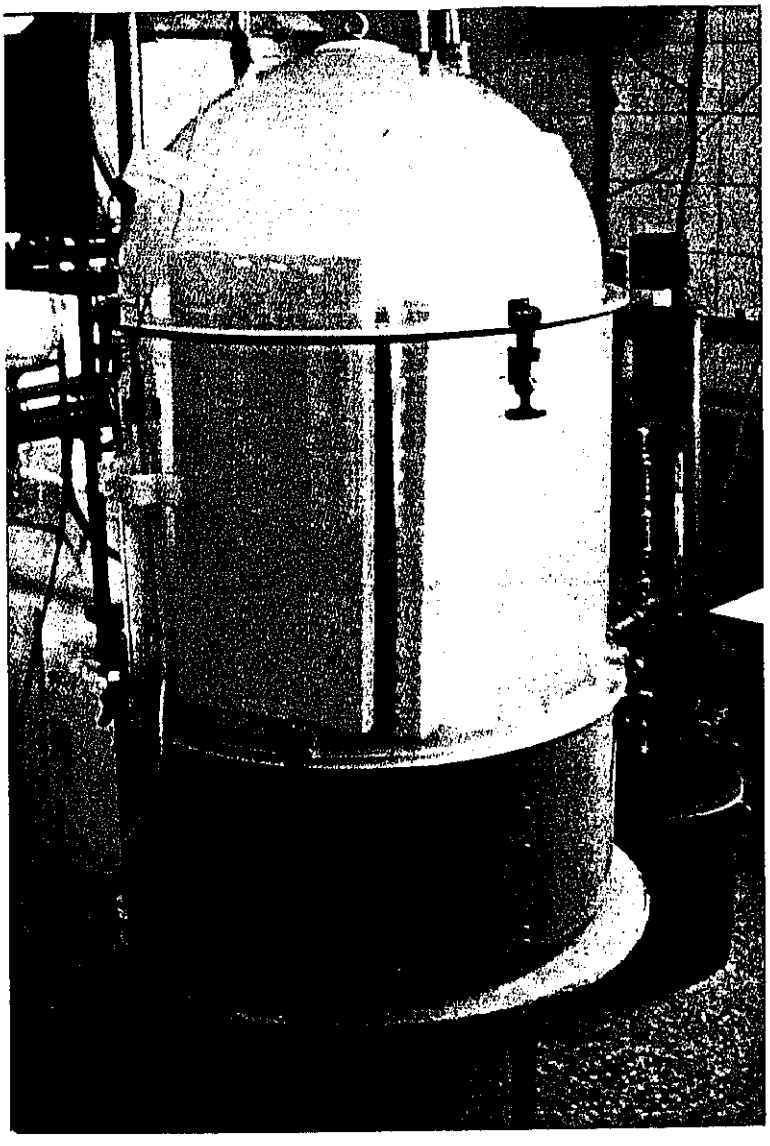




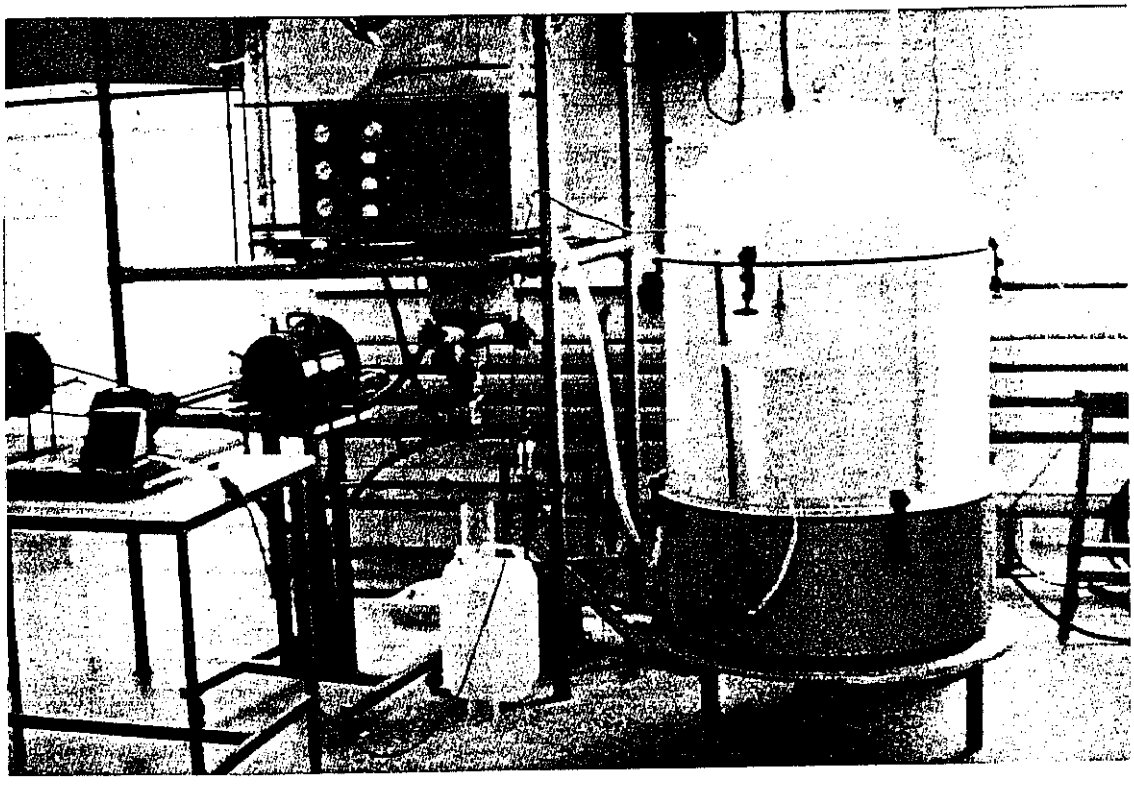
Fot.149. Cierre hermético de la Cámara de Niebla, una vez colocadas las probetas.

Fot.150. Aspecto de las probetas en la Cámara de Niebla antes de ser degradadas.





Fot.151. Puesta en marcha de la cámara en la que se aprecia la acción del dispositivo de pulverización (sus paredes se encuentran empañadas)
Fot.152. Aspecto de las probetas introducidas en la Cámara de Niebla a T: 40ºC y H: 95%.

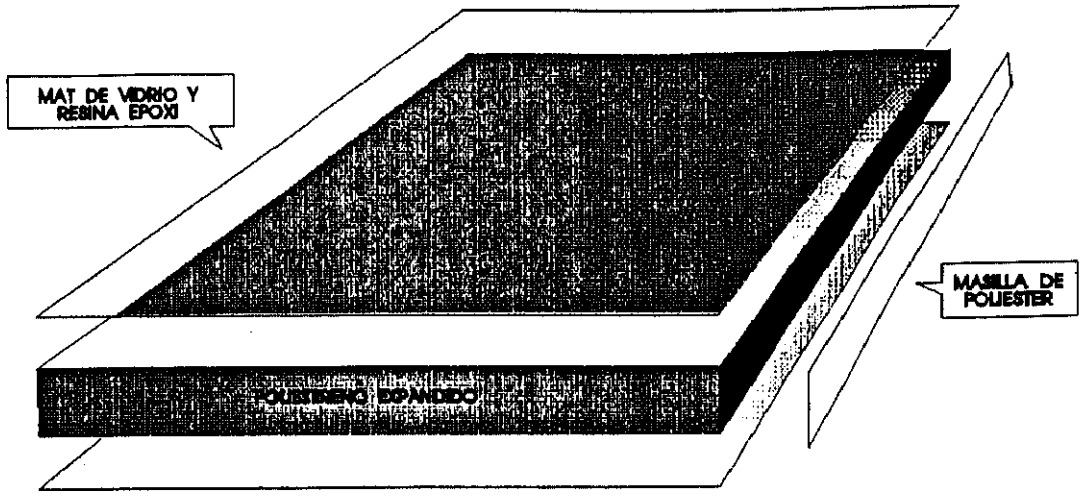


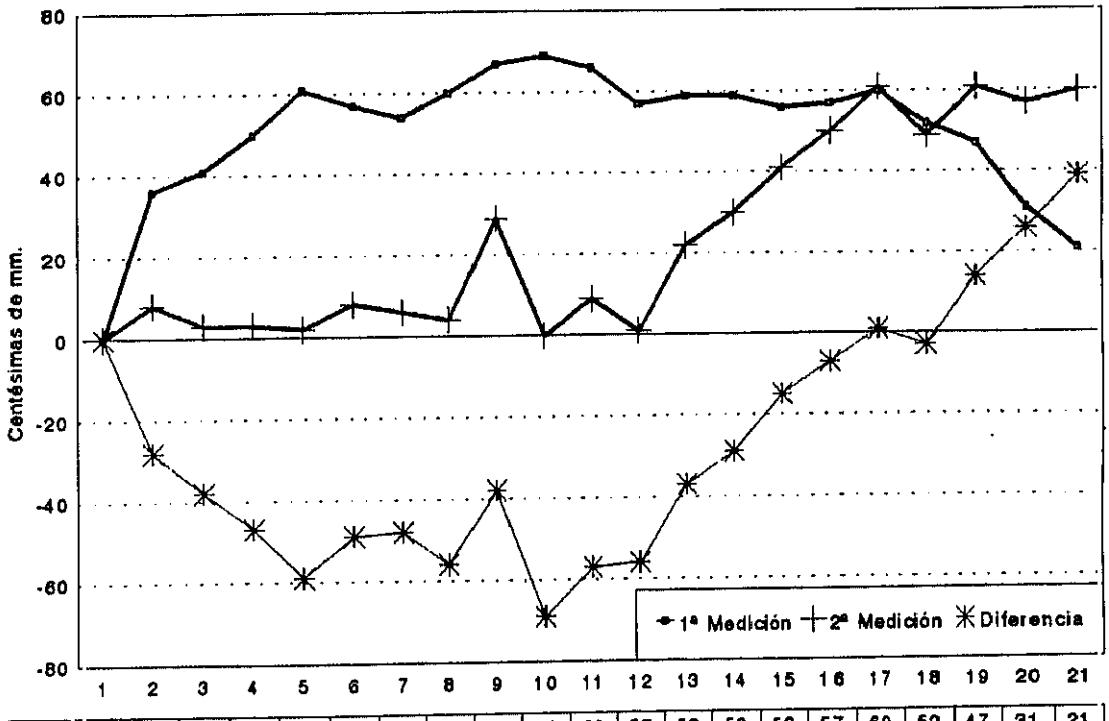
10.2.1.5.4. Tratamiento posterior de las muestras

Al haber utilizado únicamente agua no hace falta lavar posteriormente las muestras.

10.2.1.6. Segunda medición

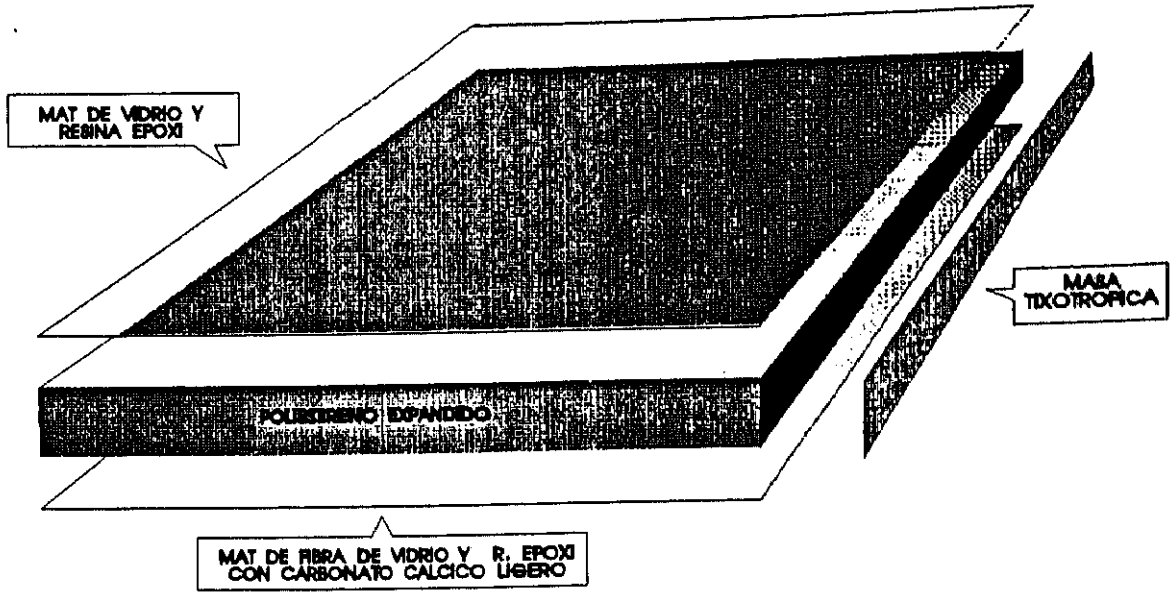
Una vez que las muestras han perdido su humedad superficial, se vuelven a tomar las medidas de los 21 puntos exactamente igual que la primera vez. Tal como puede apreciarse en los gráficos que se adjuntan, la diferencia entre la curva resultante de esta segunda medición menos la primera, nos indica la deformación estructural de las distintas capas base ante condiciones ambientales adversas.

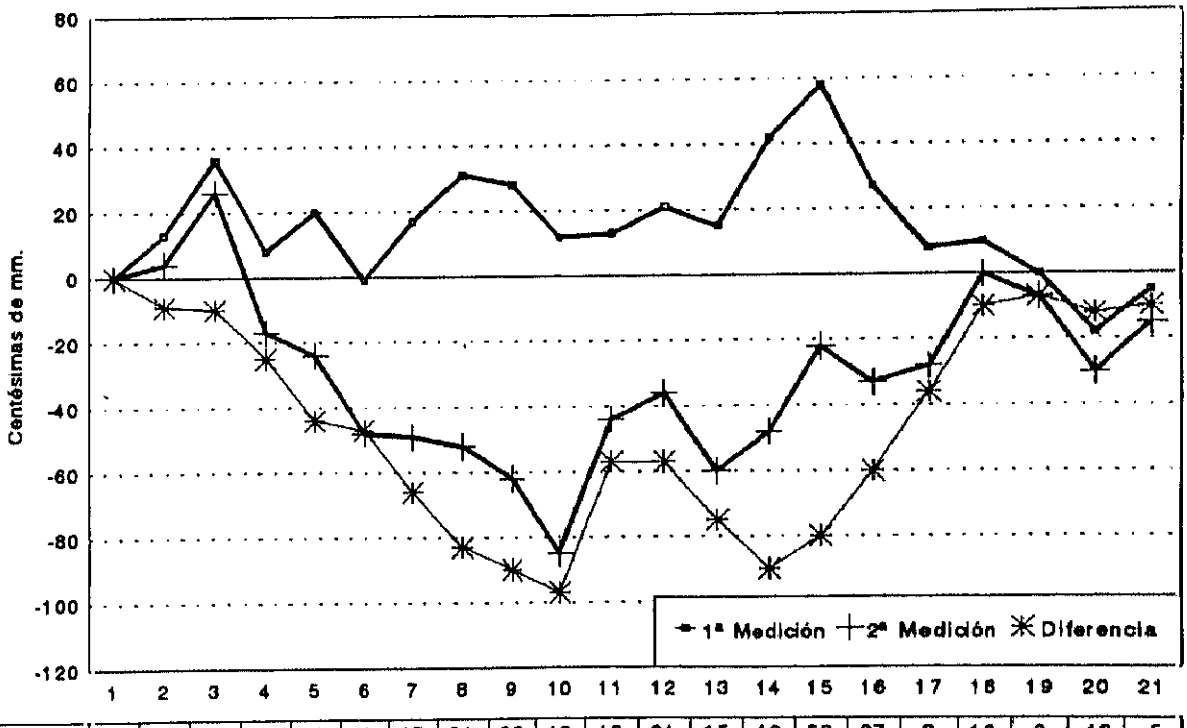




Puntos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1ª Medición	0	36	41	50	61	57	54	60	67	69	66	57	59	59	56	57	60	52	47	31	21
2ª Medición	0	8	3	3	2	8	6	4	29	0	9	1	22	30	41	50	61	49	61	57	60
Diferencia	0	-28	-38	-47	-59	-49	-48	-56	-38	-69	-57	-56	-37	-29	-15	-7	1	-3	14	26	39

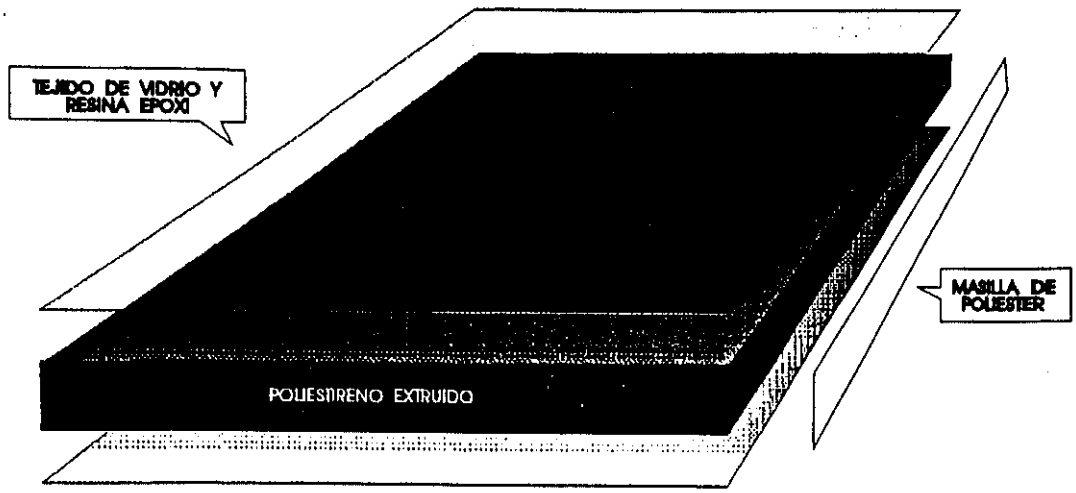
GRAFICO 1 correspondiente a la MAQUETA Nº A.1./1.

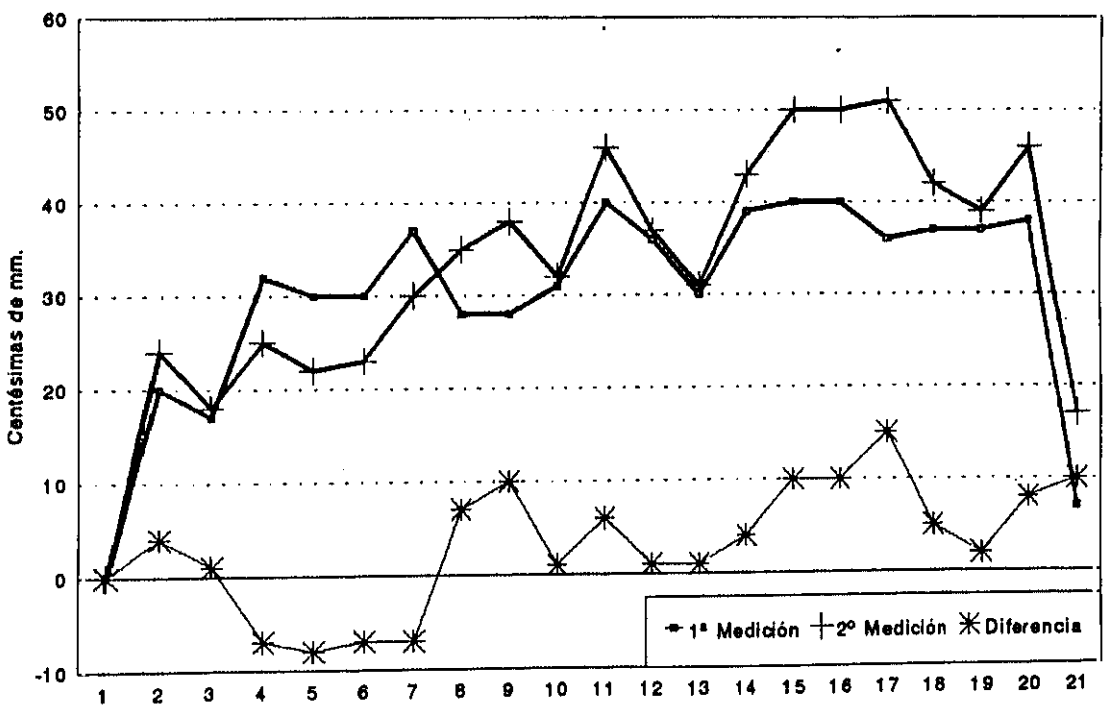




Puntos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1ª Medición	0	13	36	8	20	-1	17	31	28	12	13	21	15	42	58	27	8	10	0	-18	-6
2ª Medición	0	4	26	-17	-24	-46	-49	-52	-62	-85	-44	-36	-60	-48	-22	-33	-28	0	-7	-30	-15
Diferencia	0	-9	-10	-25	-44	-47	-66	-83	-90	-97	-57	-57	-75	-90	-80	-60	-36	-10	-7	-12	-10

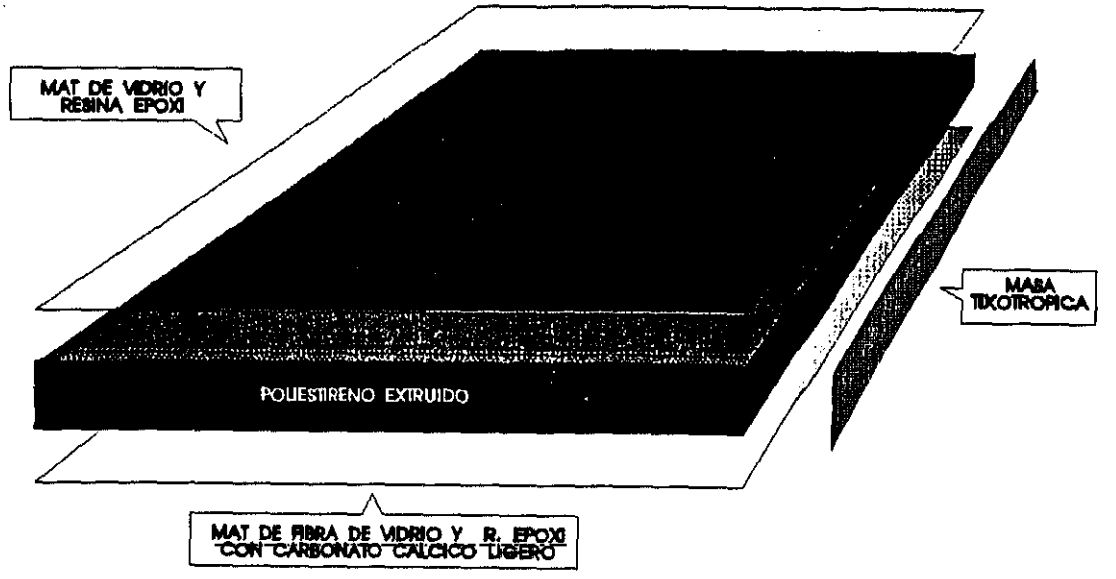
GRAFICO 2 correspondiente a la MAQUETA Nº A.1./2.

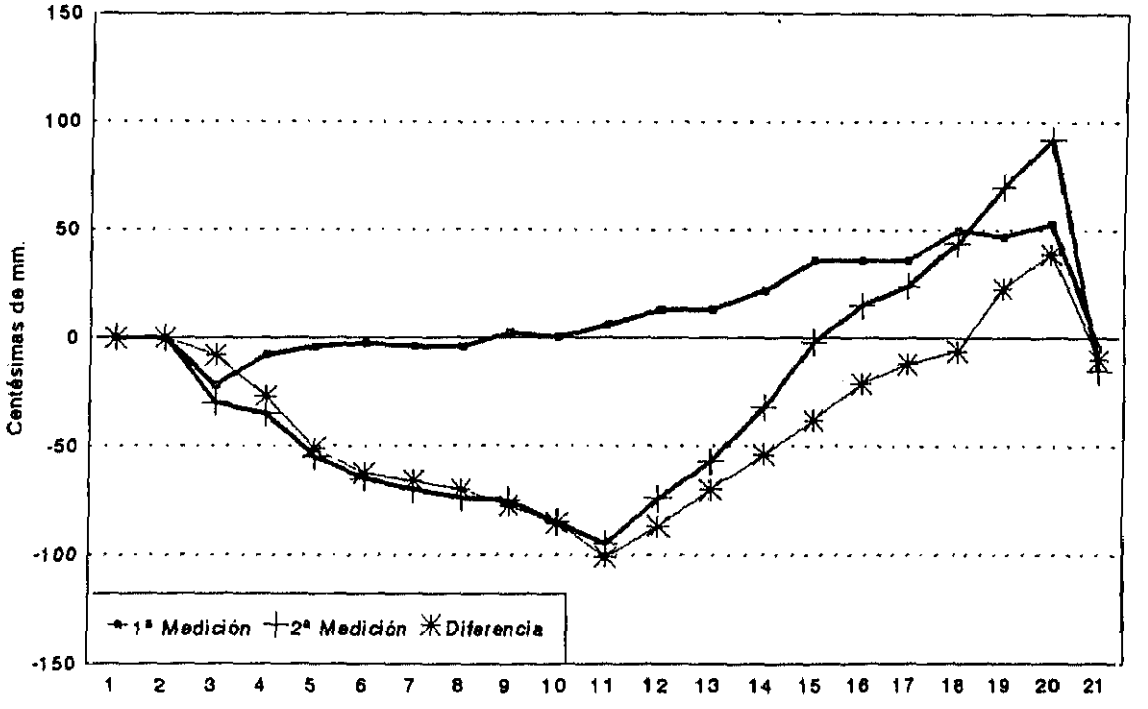




Puntos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1ª Medición	0	20	17	32	30	30	37	28	28	31	40	36	30	39	40	40	36	37	37	38	7
2º Medición	0	24	18	25	22	23	30	35	38	32	46	37	31	43	50	50	51	42	39	46	17
Diferencia	0	4	1	-7	-8	-7	-7	7	10	1	6	1	1	4	10	10	15	5	2	8	10

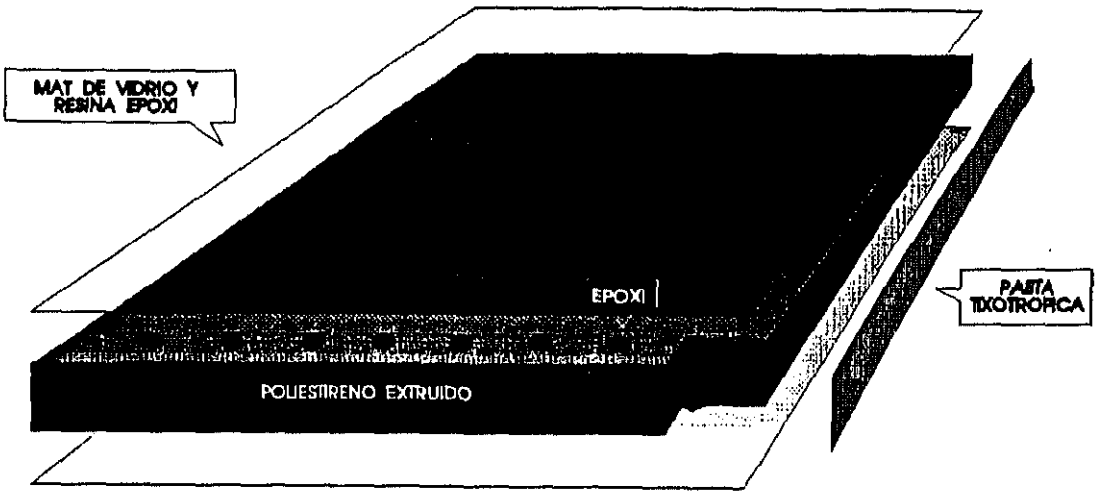
GRAFICO 3 correspondiente a la MAQUETA NºA.1./3.

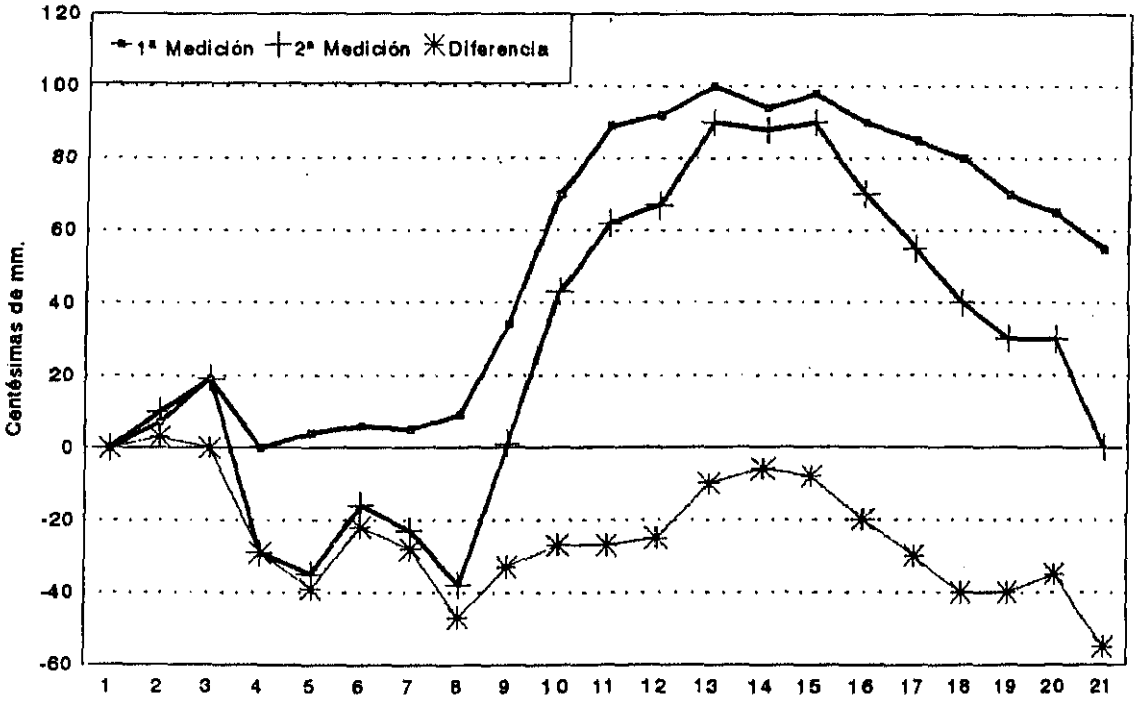




Puntos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1ª Medición	0	0	-22	-8	-4	-2,5	-4	-4	2,5	0,5	6	13	13	22	36	36	36	50	47	53	-5
2ª Medición	0	0	-30	-35	-55	-65	-70	-74	-75	-85	-95	-74	-57	-32	-2	15	24	44	70	92	-15
Diferencia	0	0	-8	-27	-51	-62,5	-66	-70	-77,5	-85,5	-101	-87	-70	-54	-38	-21	-12	-6	23	39	-10

GRAFICO 4 correspondiente a la MAQUETA Nº A.1./4.

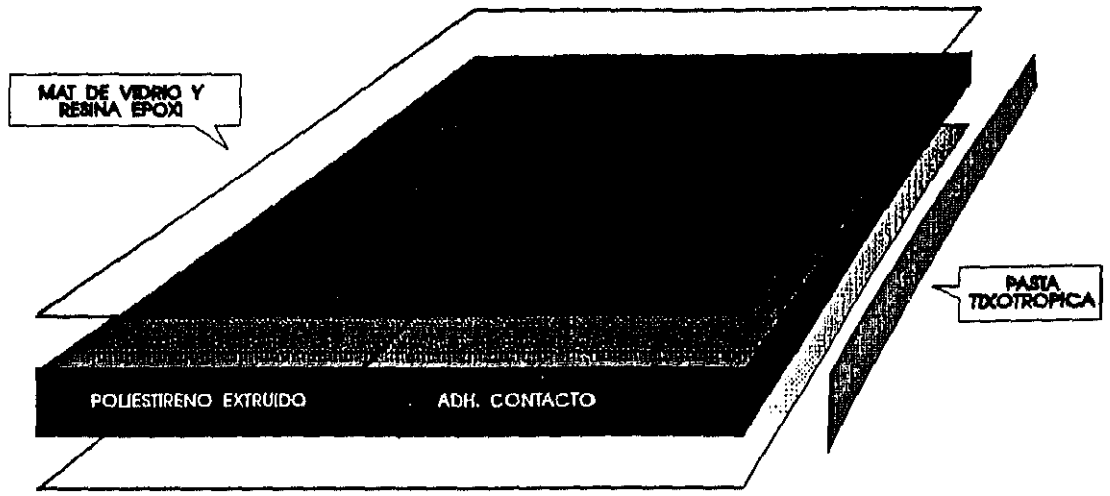


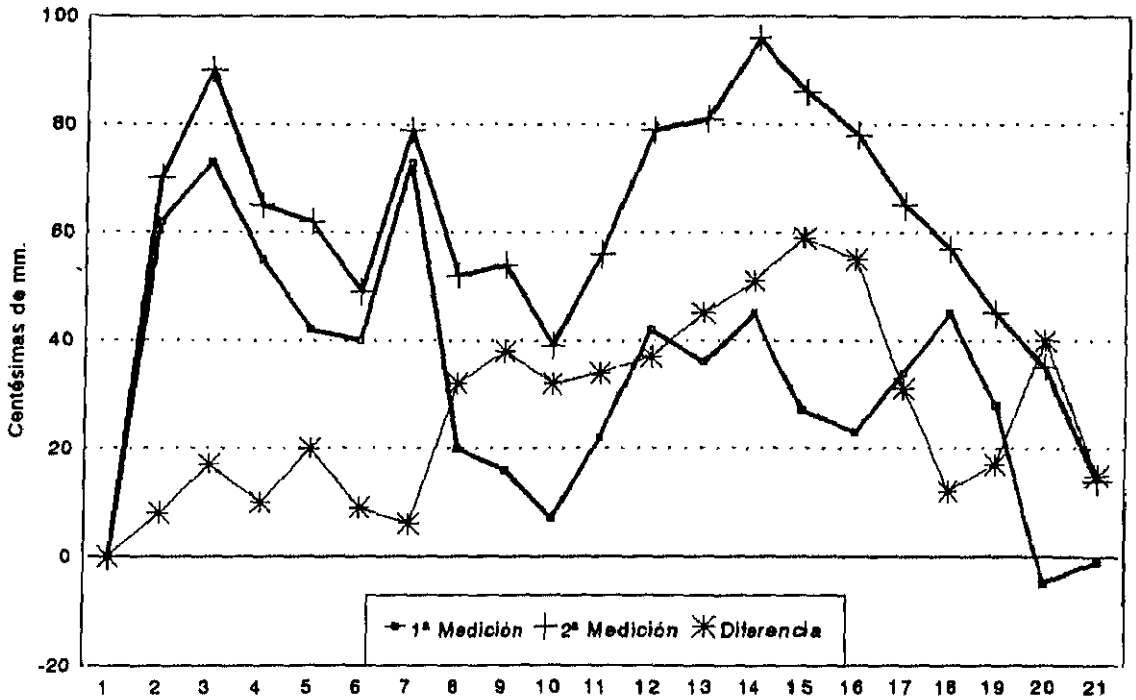


1ª Medición	0	7	19	0	4	6	5	9	34	70	89	92	100	94	98	90	85	80	70	65	55
2ª Medición	0	10	19	-29	-35	-16	-23	-36	1	43	62	67	90	88	90	70	55	40	30	30	0
Diferencia	0	3	0	-29	-39	-22	-28	-47	-33	-27	-27	-25	-10	-6	-8	-20	-30	-40	-40	-35	-55

Puntos

GRAFICO 5 correspondiente a la MAQUETA Nº A.1./5.

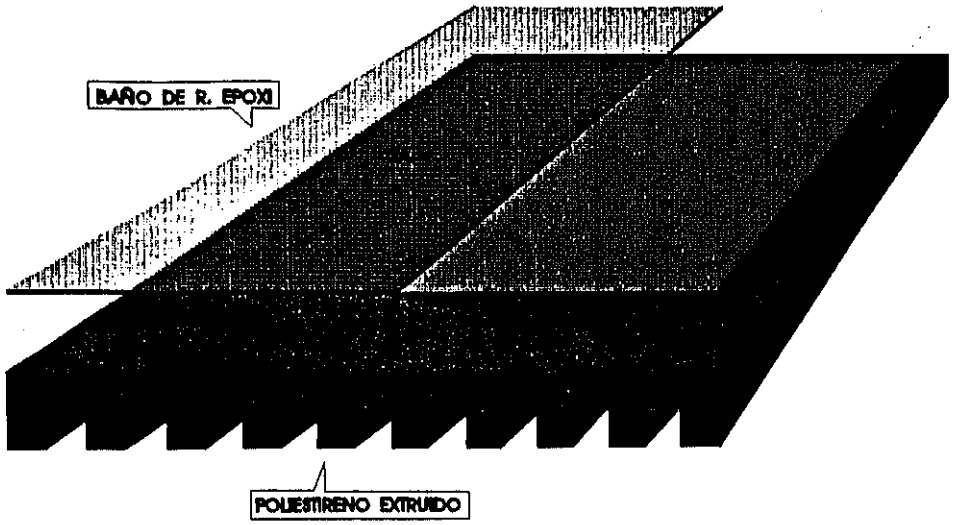


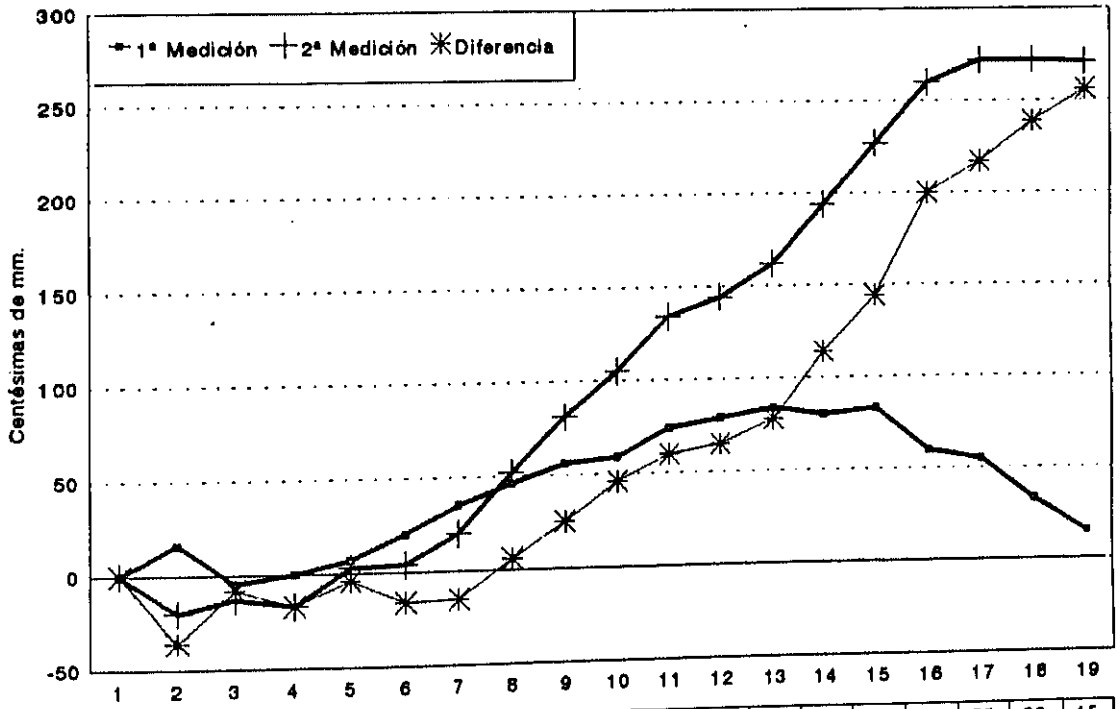


1ª Medición	0	62	73	55	42	40	73	20	16	7	22	42	36	45	27	23	34	45	28	-5	-1
2ª Medición	0	70	90	65	62	49	79	52	54	39	56	79	81	96	86	78	65	57	45	35	14
Diferencia	0	8	17	10	20	9	6	32	38	32	34	37	45	51	59	55	31	12	17	40	15

Puntos

GRAFICO 6 correspondiente a la MAQUETA Nº A.1./6.

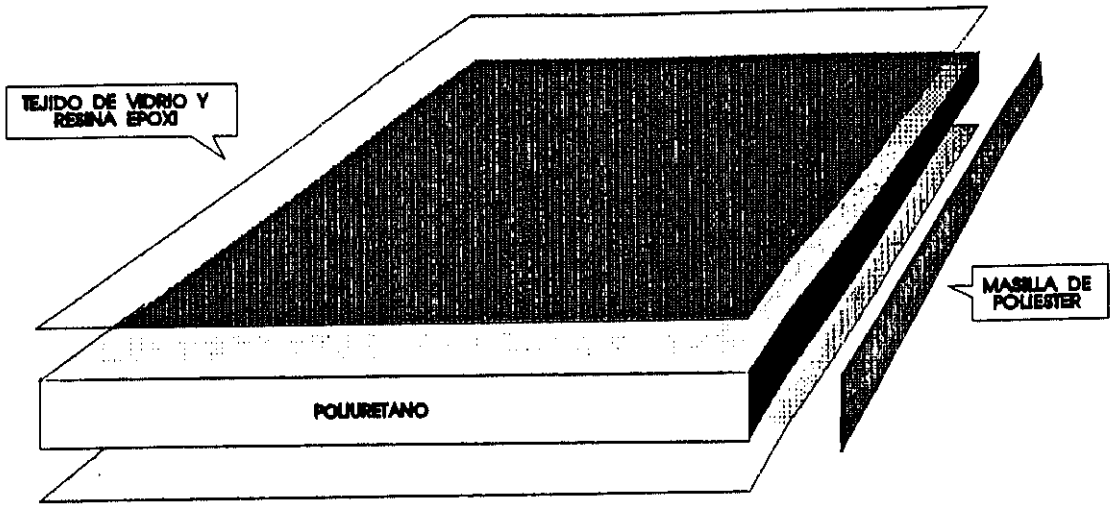


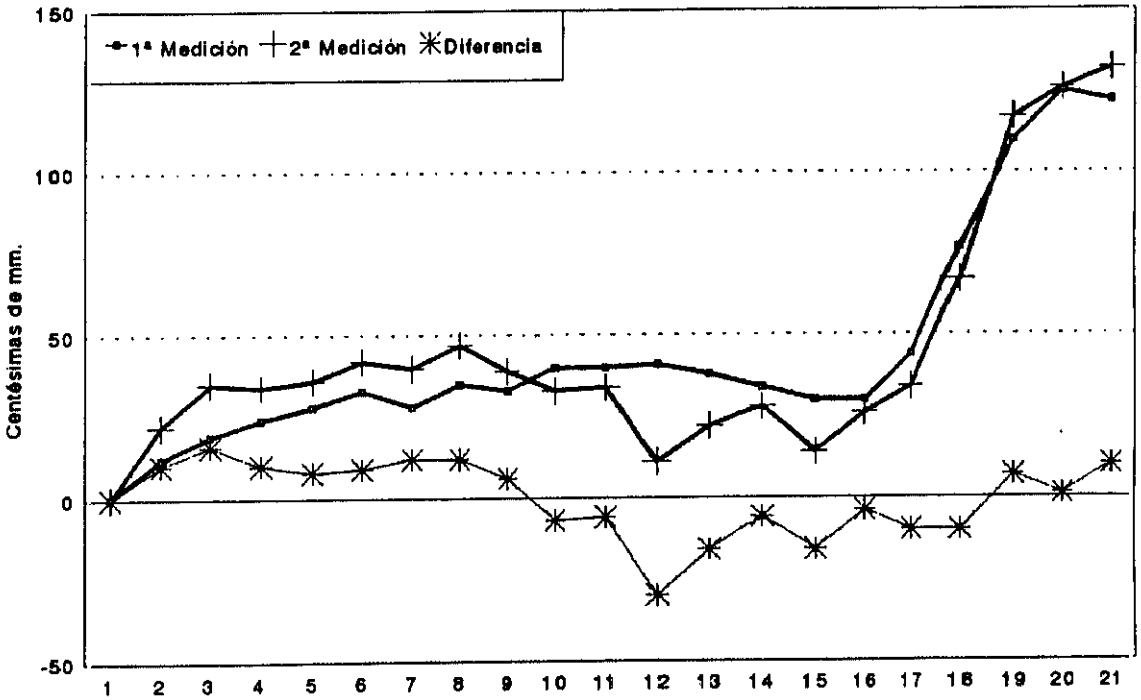


1ª Medición	0	16	-5	0	7	20	35	46	56	59	74	79	84	80	83	60	55	33	15
2ª Medición	0	-20	-13	-17	3	4	20	52	61	105	134	144	162	194	227	260	272	272	271
Diferencia	0	-36	-8	-17	-4	-16	-15	6	25	46	60	65	78	114	144	200	217	239	256

Puntos

GRAFICO 7 correspondiente a la MAQUETA Nº A.1./7.

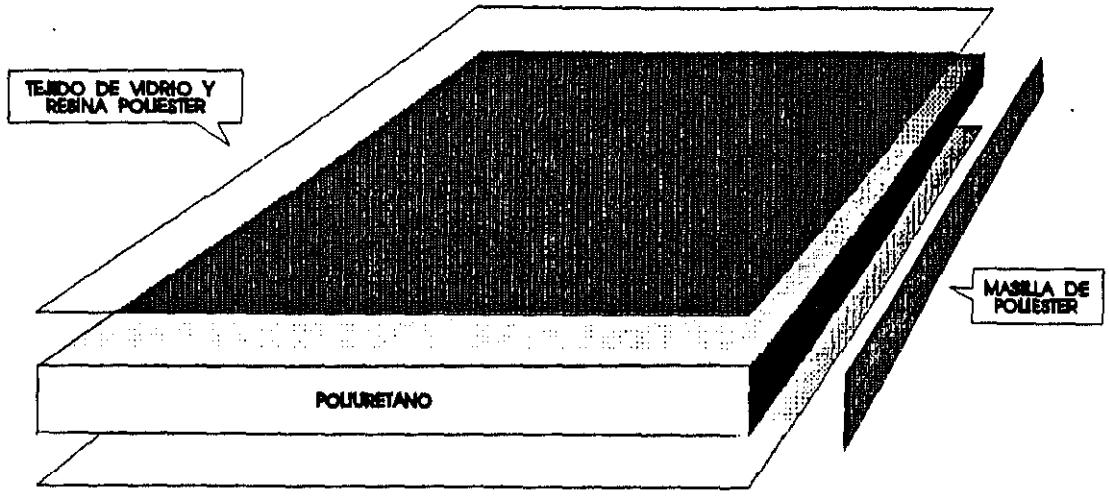


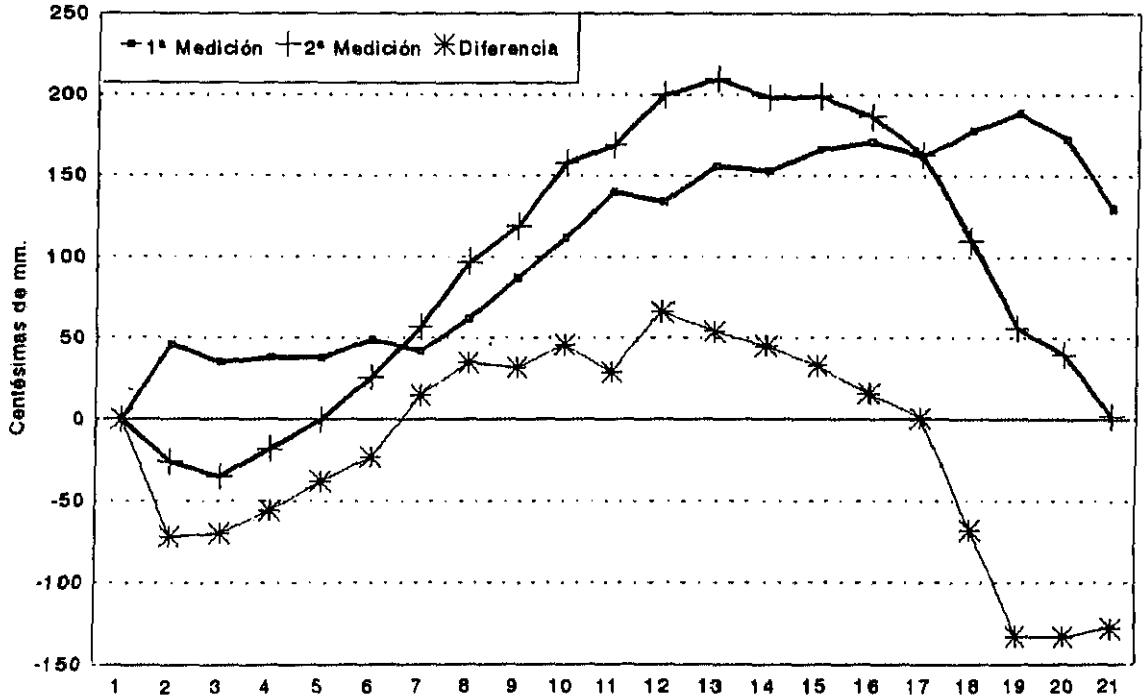


1ª Medición	0	12	19	24	28	33	28	35	33	40	40	41	38	34	30	30	44	77	110	125	122
2ª Medición	0	22	35	34	36	42	40	47	39	33	34	11	22	28	14	26	34	67	117	126	132
Diferencia	0	10	16	10	8	9	12	12	6	-7	-6	-30	-16	-6	-16	-4	-10	-10	7	1	10

Puntos

GRAFICO 8 correspondiente a la MAQUETA Nº A.1./8.

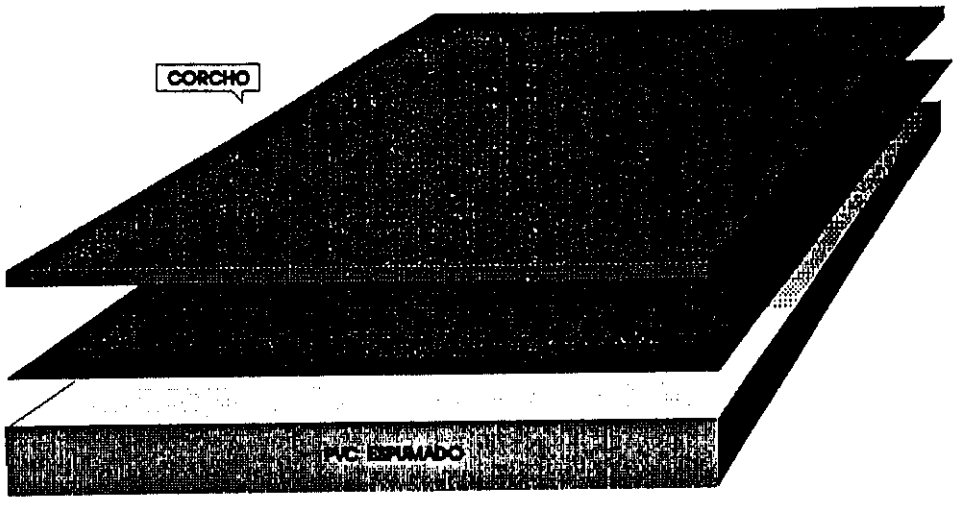


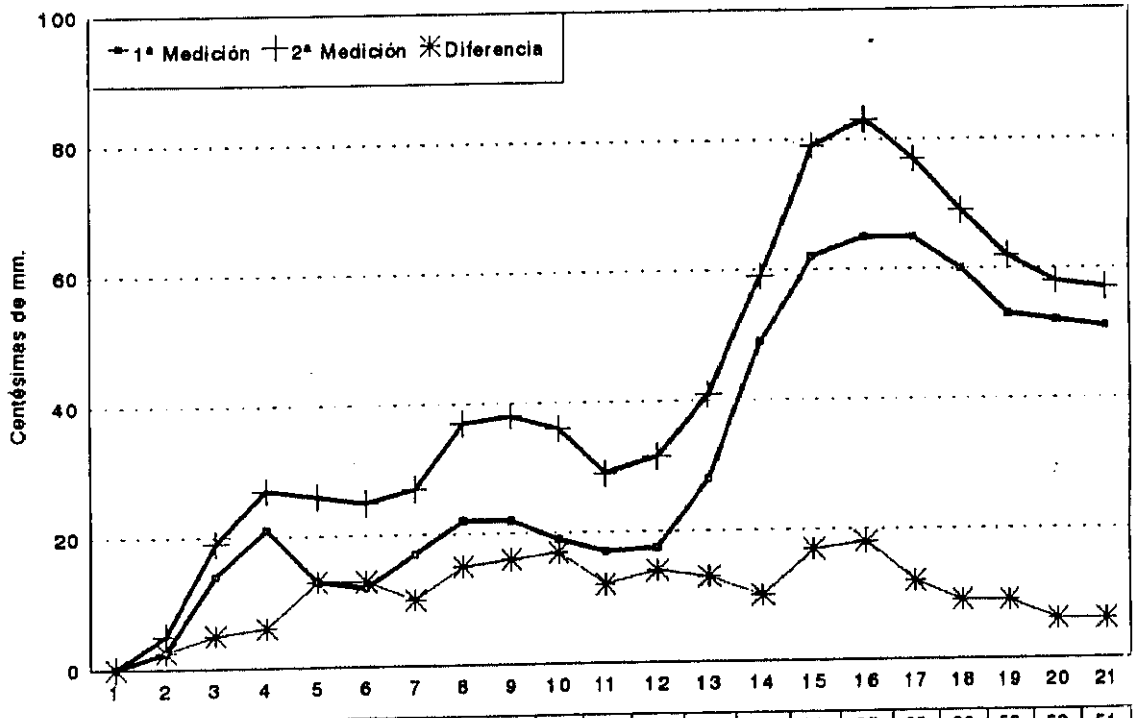


1ª Medición	0	46	35	38	38	49	42	62	87	112	140	134	156	153	166	171	162	178	189	173	130
2ª Medición	0	-26	-35	-18	0	26	57	97	119	158	169	200	210	198	199	167	163	110	56	40	2
Diferencia	0	-72	-70	-56	-38	-23	15	35	32	46	29	66	54	45	33	16	1	-68	-133	-133	-128

Puntos

GRAFICO 9 correspondiente a la MAQUETA Nº A.1./9.

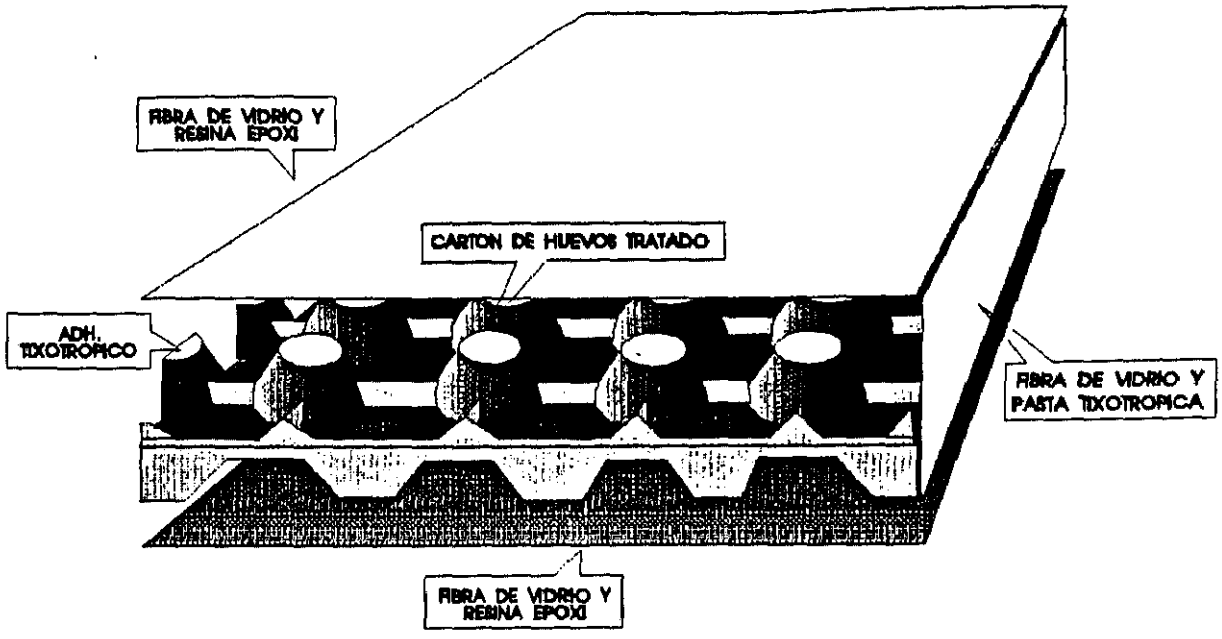


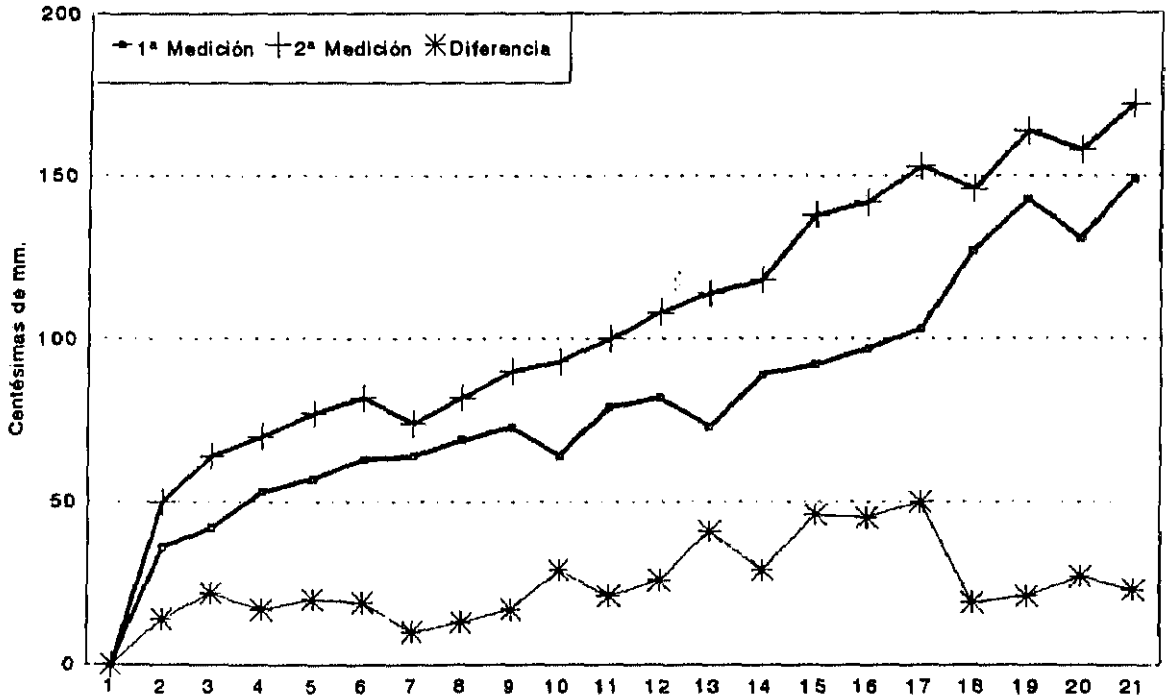


1ª Medición	0	2,5	14	21	13	12	17	22	22	19	17	17,5	28	49	62	65	65	60	53	52	51
2ª Medición	0	5	19	27	26	25	27	37	38	36	29	31,5	41	59	79	83	77	69	62	58	57
Diferencia	0	2,5	5	6	13	13	10	15	16	17	12	14	13	10	17	18	12	9	9	6	6

Puntos

GRAFICO 10 correspondiente a la MAQUETA Nº A.1./10.

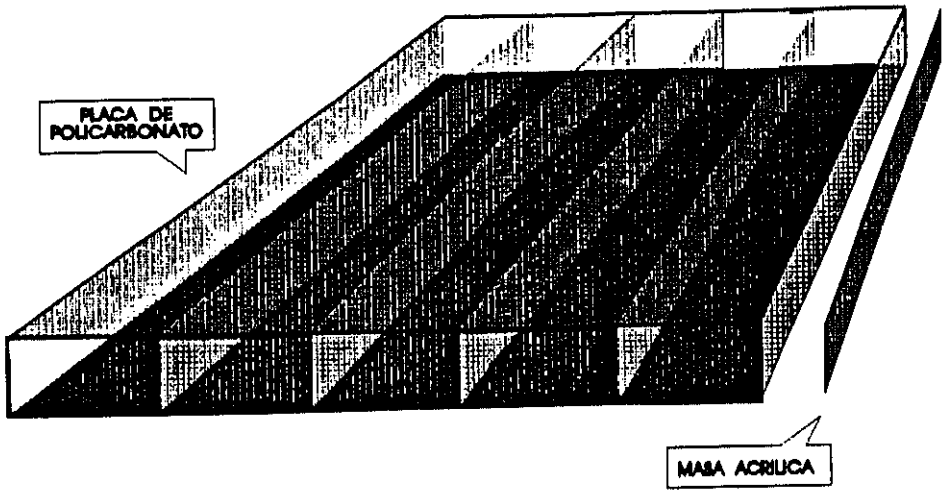


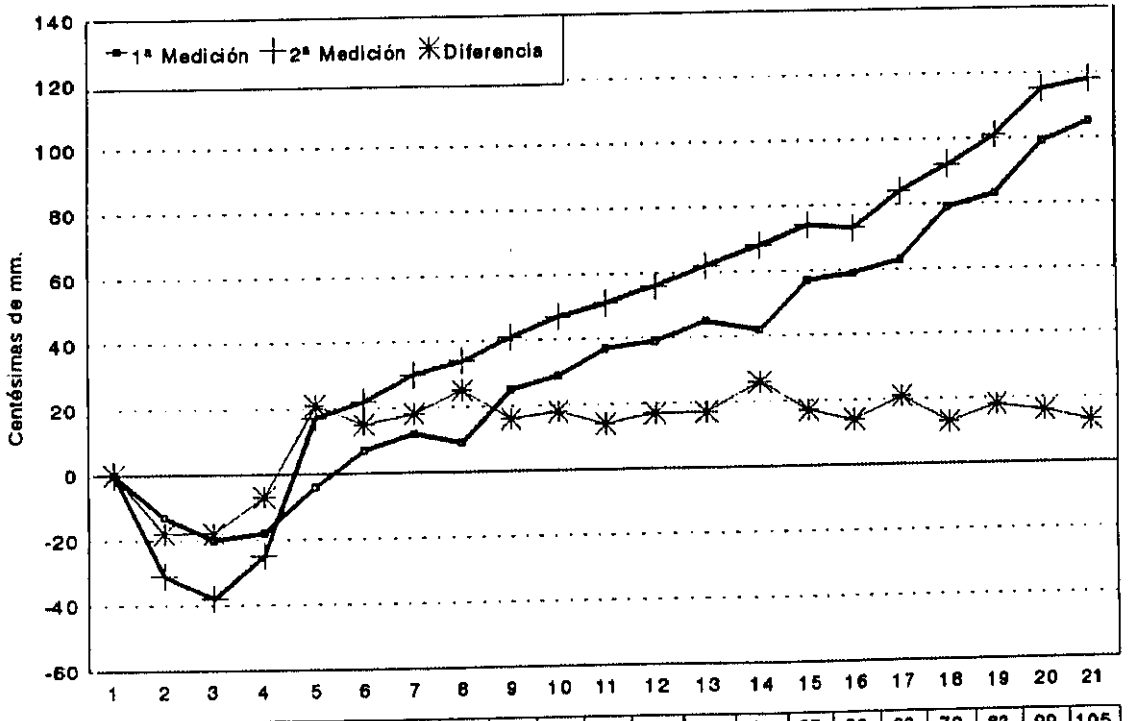


1ª Medición	0	36	42	53	57	63	64	69	73	64	79	82	73	89	92	97	103	127	143	131	149
2ª Medición	0	50	64	70	77	82	74	82	90	93	100	108	114	116	138	142	153	146	164	158	172
Diferencia	0	14	22	17	20	19	10	13	17	29	21	26	41	29	46	45	50	19	21	27	23

Puntos

GRAFICO 11 correspondiente a la MAQUETA Nº A.2./1.

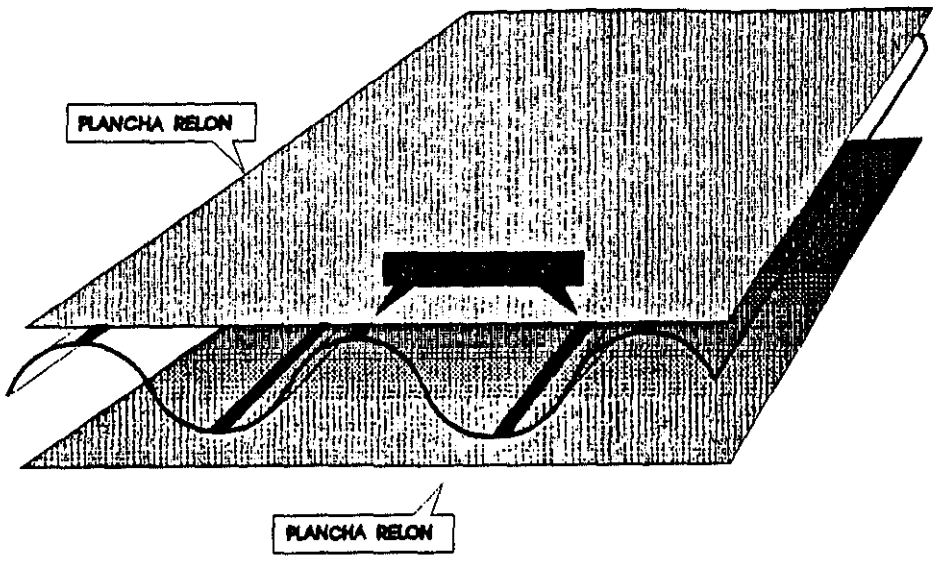


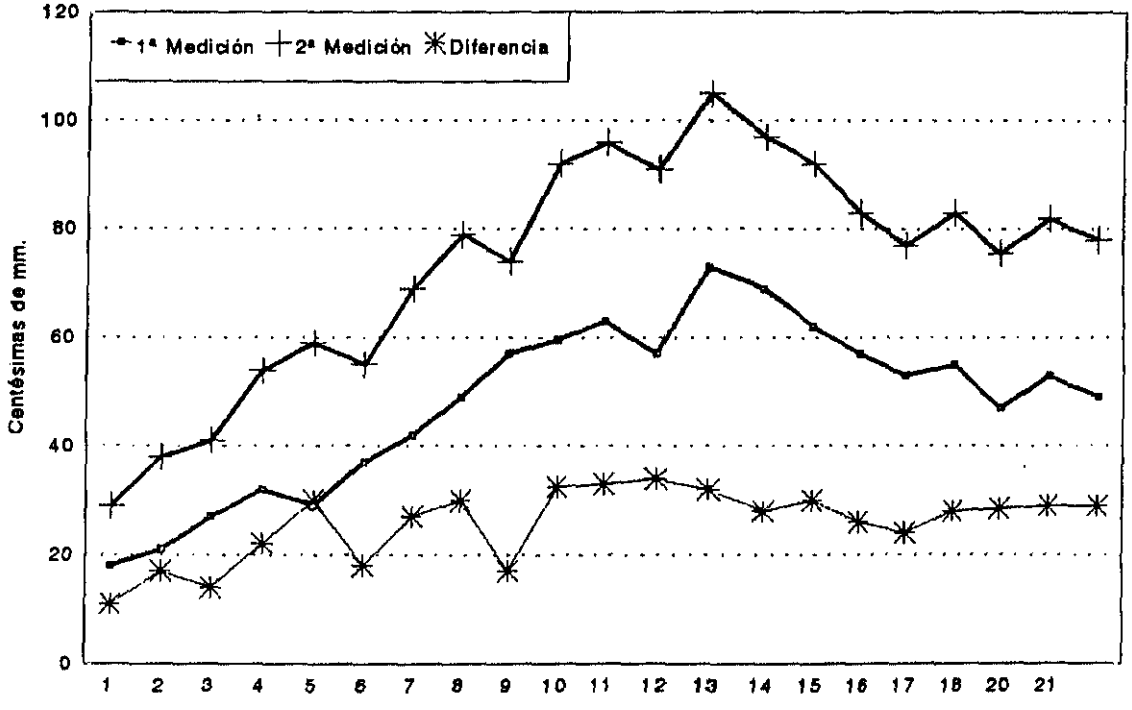


1ª Medición	0	-13	-20	-16	-4	7	12	9	25	29	37	39	45	42	57	59	63	79	83	99	105
2ª Medición	0	-31	-38	-25	17	22	30	34	41	47	51	56	62	68	74	73	84	92	101	115	118
Diferencia	0	-18	-18	-7	21	15	18	25	16	18	14	17	17	26	17	14	21	13	18	16	13

Puntos

GRAFICO 12 correspondiente a la MAQUETA Nº A.2./2.

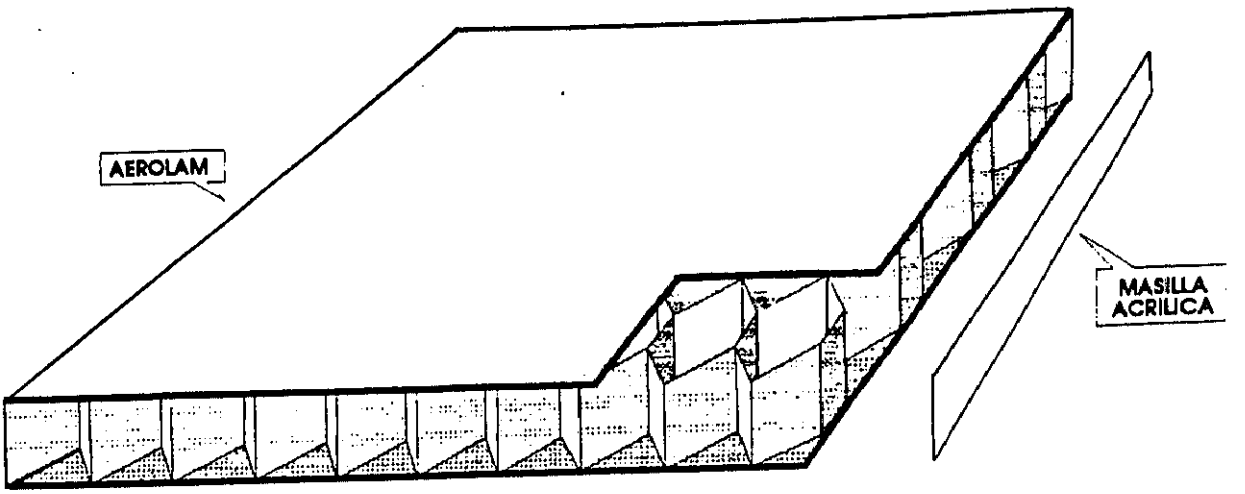


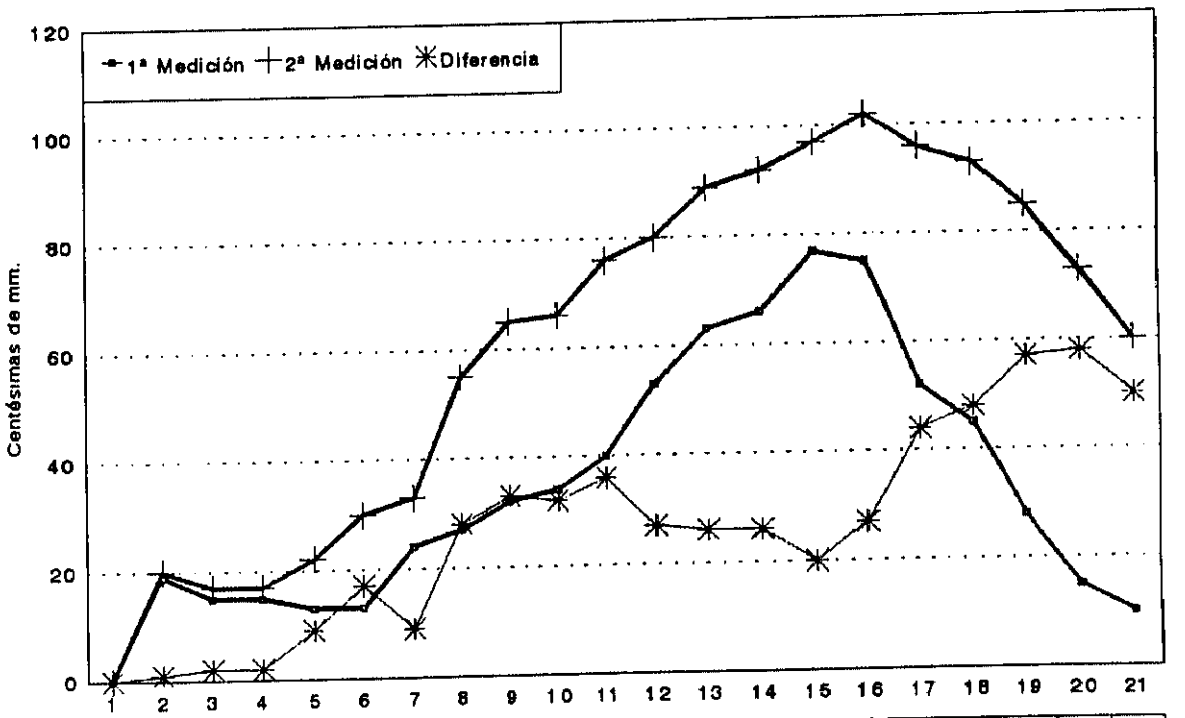


1ª Medición	18	21	27	32	29	37	42	49	57	59,5	63	57	73	69	62	57	53	55	47	53	49
2ª Medición	29	38	41	54	59	55	69	79	74	92	96	91	105	97	92	83	77	83	75,5	82	78
Diferencia	11	17	14	22	30	18	27	30	17	32,5	33	34	32	28	30	26	24	28	28,5	29	29

Puntos

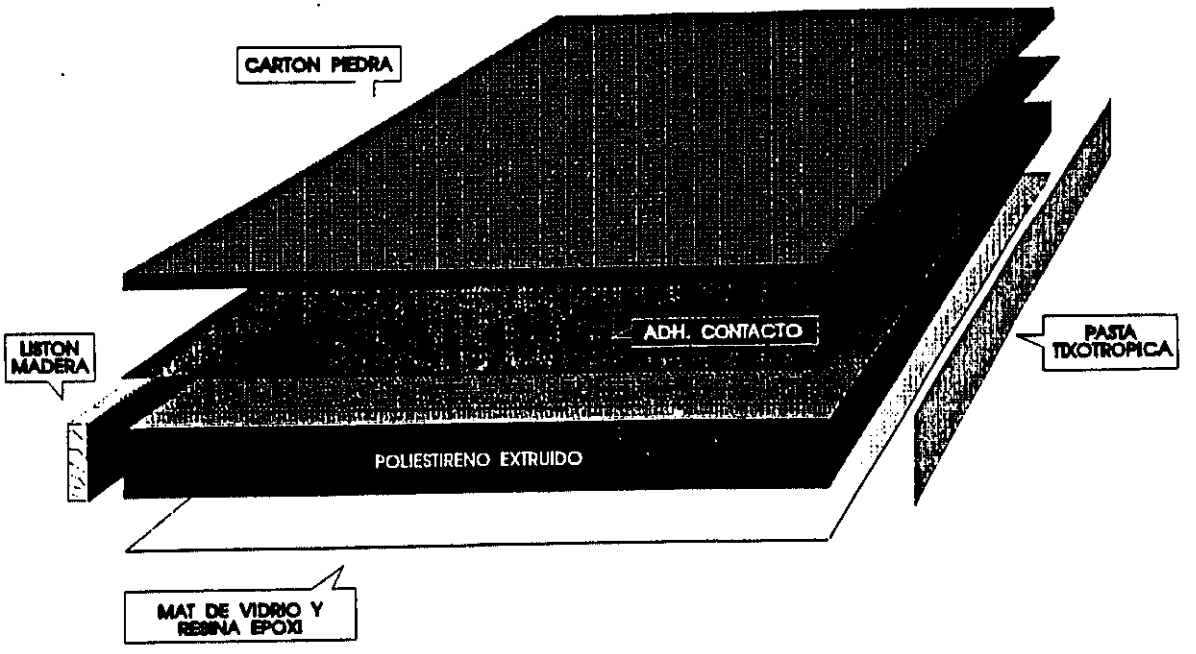
GRAFICO 13 correspondiente a la MAQUETA Nº A.2./3.

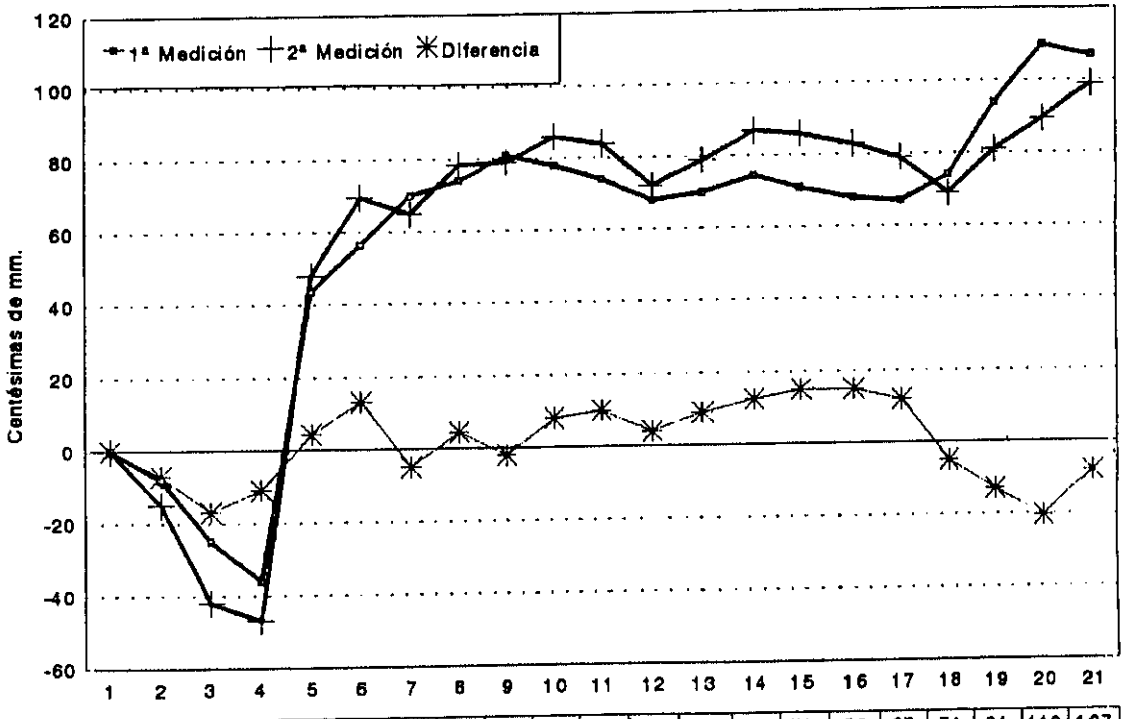




	Puntos																			
1ª Medición	0	19	15	15	13	13	24	27	32	34	40	53	63	66	77	75	52	45	28	15	10
2ª Medición	0	20	17	17	22	30	33	55	65	66	76	80	89	92	97	102	96	93	85	73	60
Diferencia	0	1	2	2	9	17	9	28	33	32	36	27	26	26	20	27	44	48	57	58	50

GRAFICO 14 correspondiente a la MAQUETA Nº A.2./4.

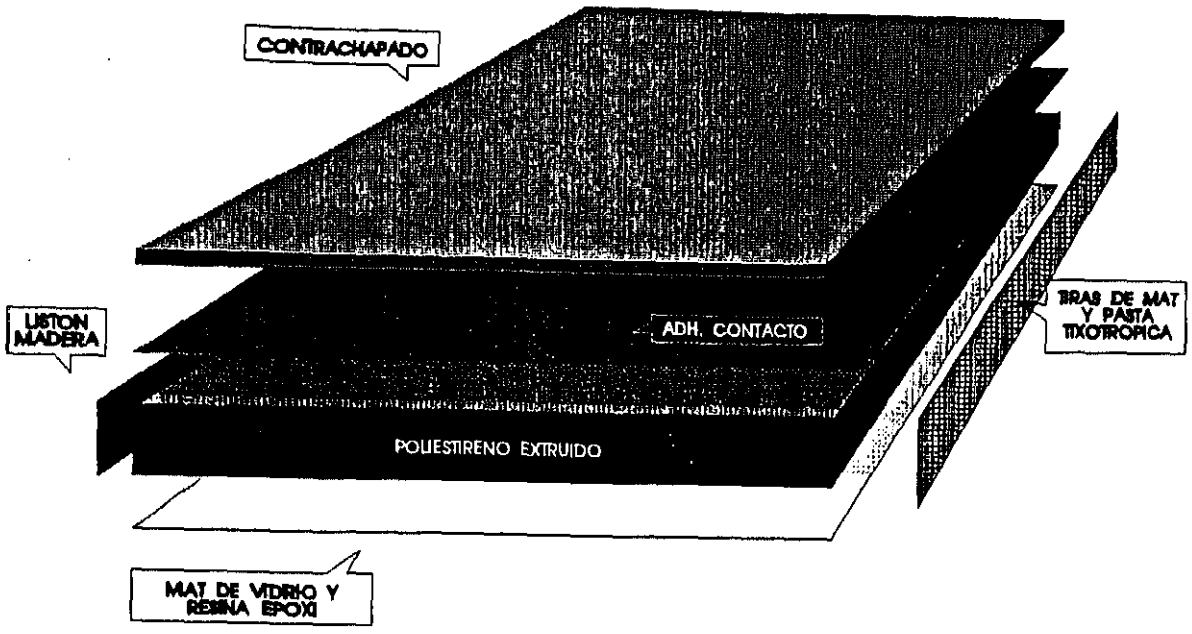


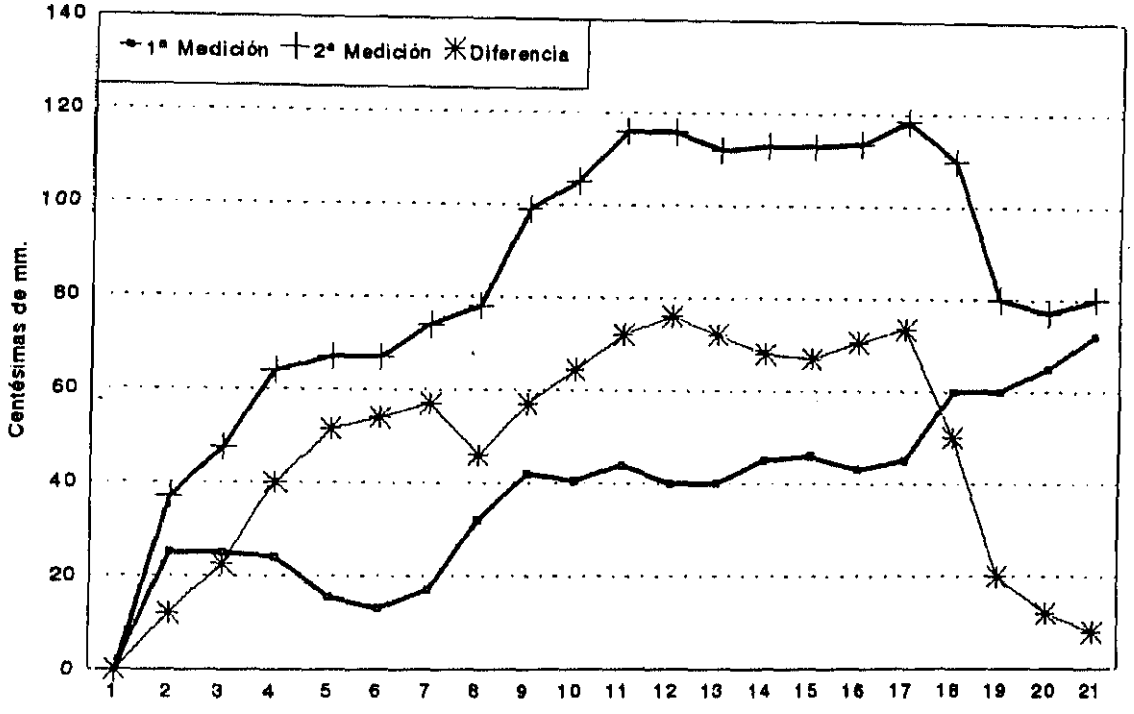


1ª Medición	0	-8	-25	-36	43,6	56,5	70	74	81	78	74	68	70	74,5	71	68	67	74	94	110	107
2ª Medición	0	-15	-42	-47	48	69,6	65	78,5	79	86	84	72	79	87	86	83	79	69	81	89,5	99
Diferencia	0	-7	-17	-11	4,40	13,1	-5	4,5	-2	8	10	4	9	12,5	15	15	12	-5	-13	-20,5	-8

Puntos

GRAFICO 15 correspondiente a la MAQUETA Nº A.3./1.

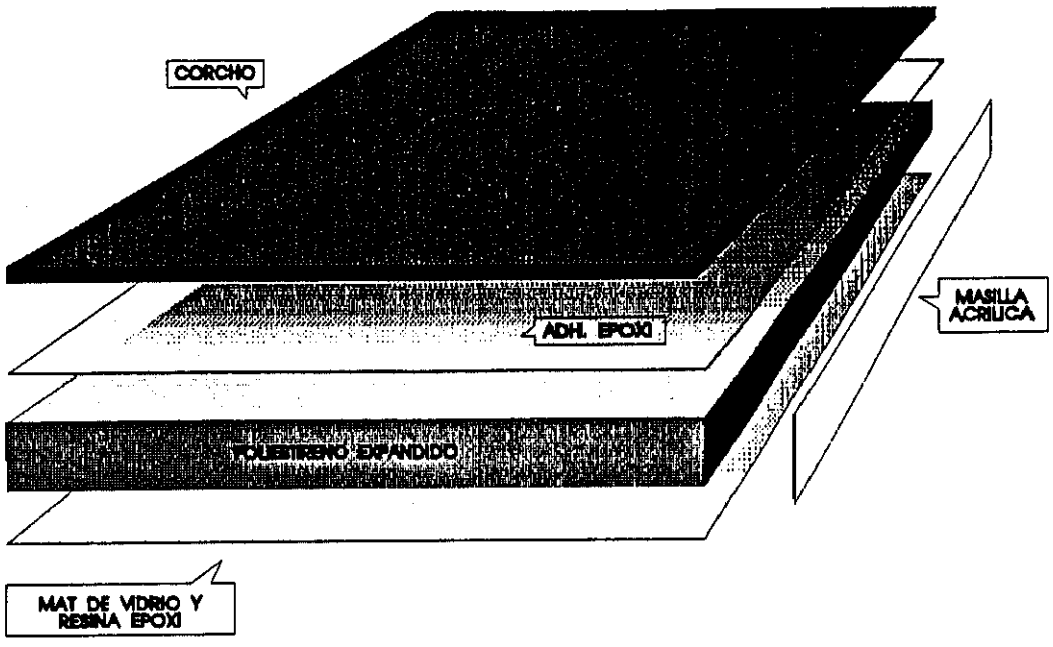


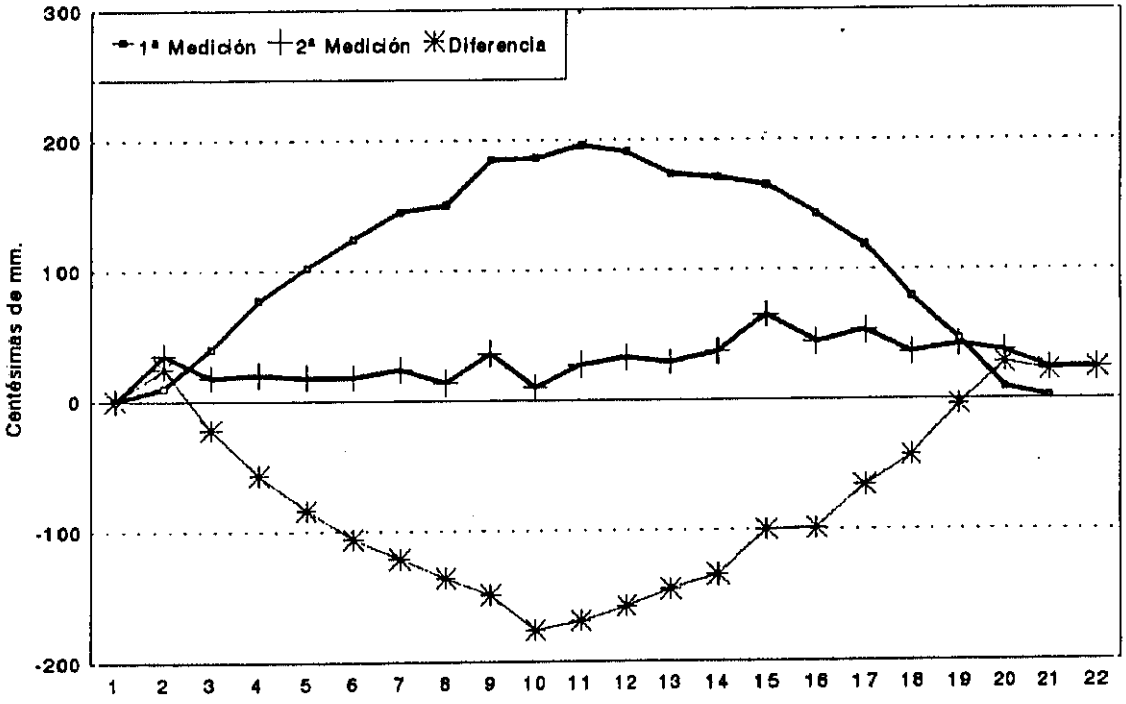


1ª Medición	0	25	25	24	15,5	13	17	32	42	40,5	44	40	40	45	46	43	45	60	60	65	72
2ª Medición	0	37	47,5	64	67	67	74	78	99	105	116	116	112	113	113	113,	118,	110	80	77	80
Diferencia	*0*	*12*	*22,5*	*40*	*51,5*	*54*	*57*	*46*	*57*	*64,5*	*72*	*76*	*72*	*68*	*67*	*70,5*	*73,5*	*50*	*20*	*12*	*8*

Puntos

GRAFICO 16 correspondiente a la MAQUETA Nº A.3./2.

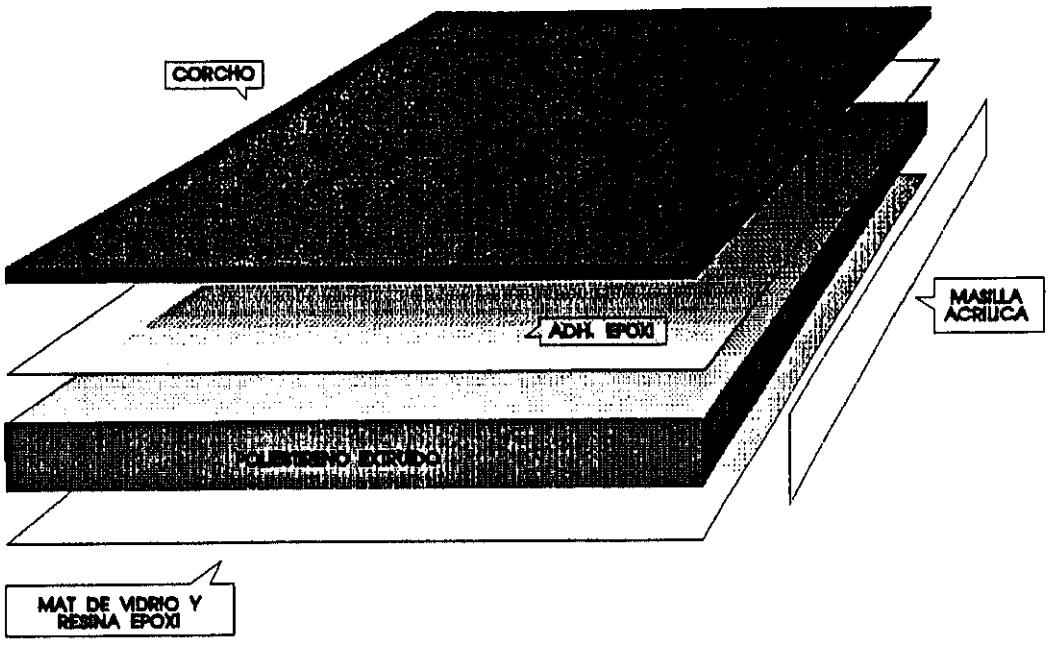


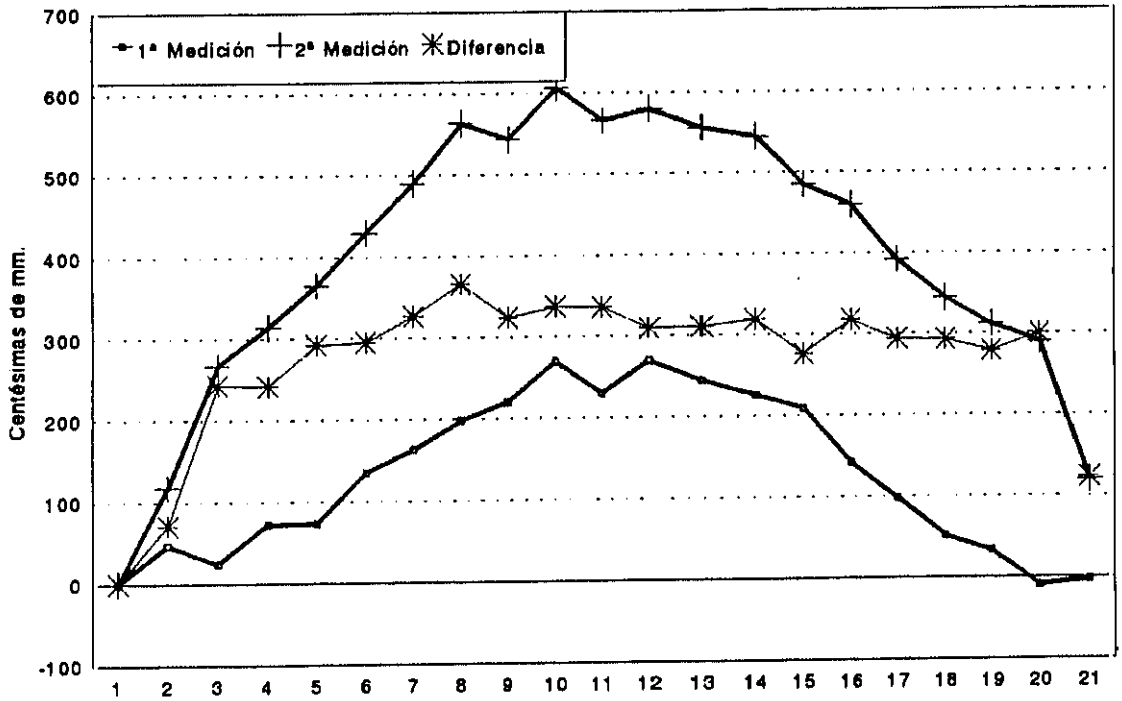


1ª Medición	0	10	40	77	102	124	145	150	185	186	196	191	174	171	165	143	119	79	46	9	2	
2ª Medición	0	35	18	20	18	18	24	14	36	10	27	33	29	37	65	44	53	36	42	37	24	24
Diferencia	0	25	-22	-57	-84	-106	-121	-136	-149	-176	-169	-158	-145	-134	-100	-99	-66	-43	-4	28	22	24

Puntos

GRAFICO 17 correspondiente a la MAQUETA Nº A.3./3.

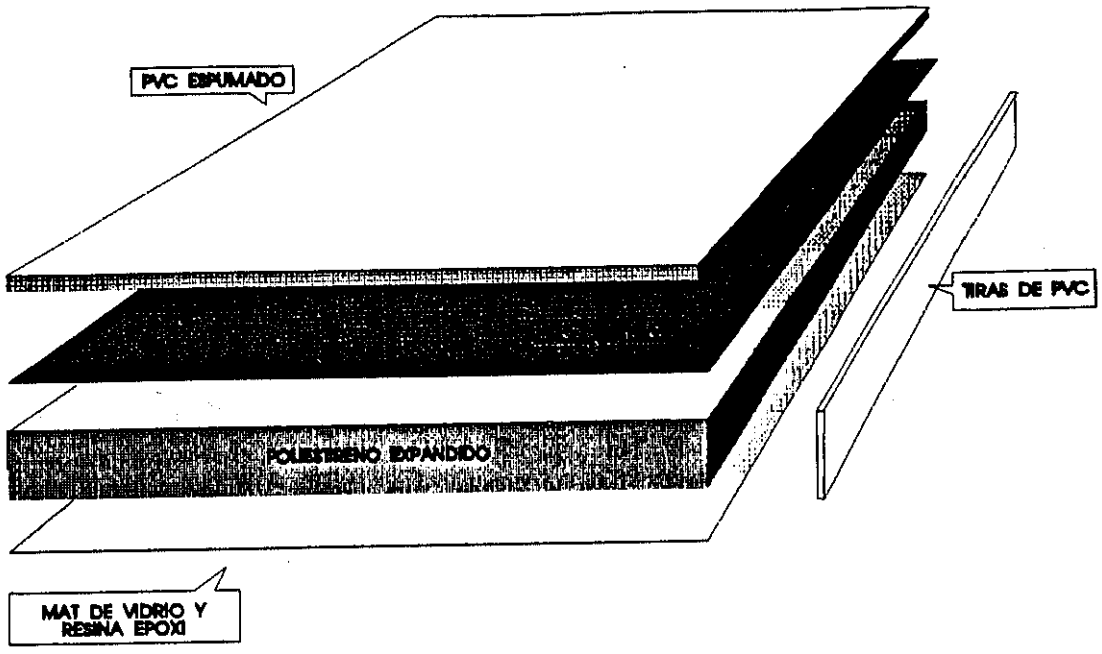


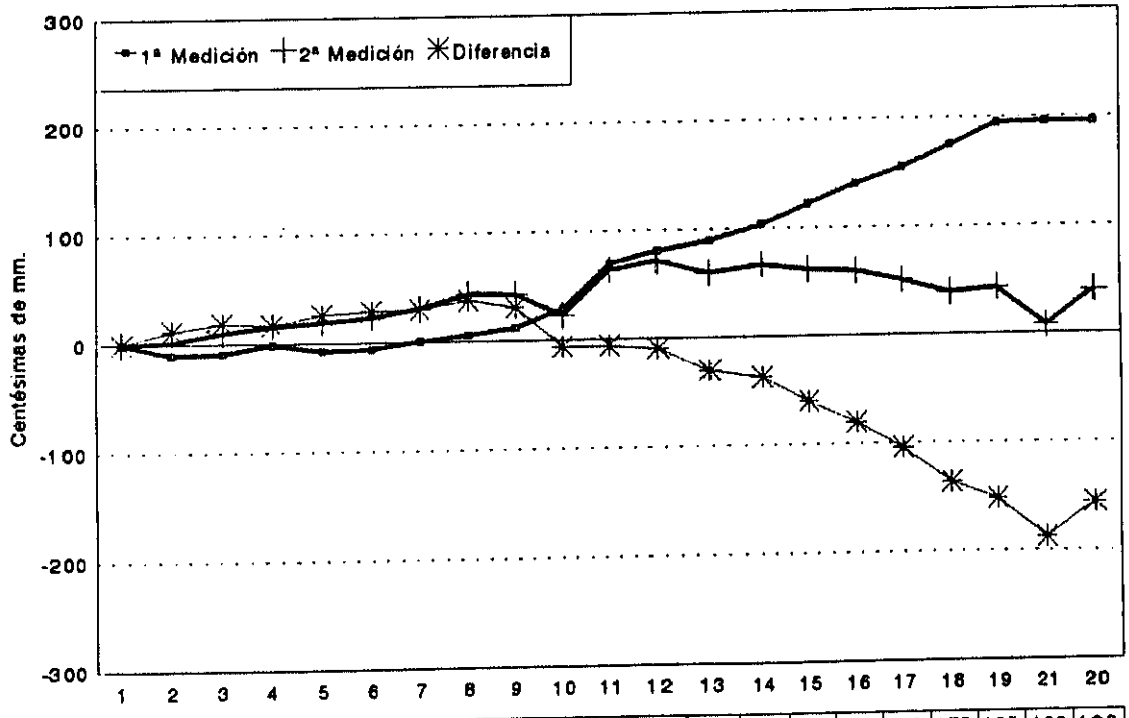


1ª Medición	0	47	24	72	73	135	163	198	220	270	230	270	245	226	209	142	98	51	33	-10	-3
2ª Medición	0	118	267	314	365	430	490	564	544	607	566	580	556	545	485	460	392	344	312	290	120
Diferencia	0	71	243	242	292	295	327	366	324	337	336	310	311	319	276	318	294	293	279	300	123

Puntos

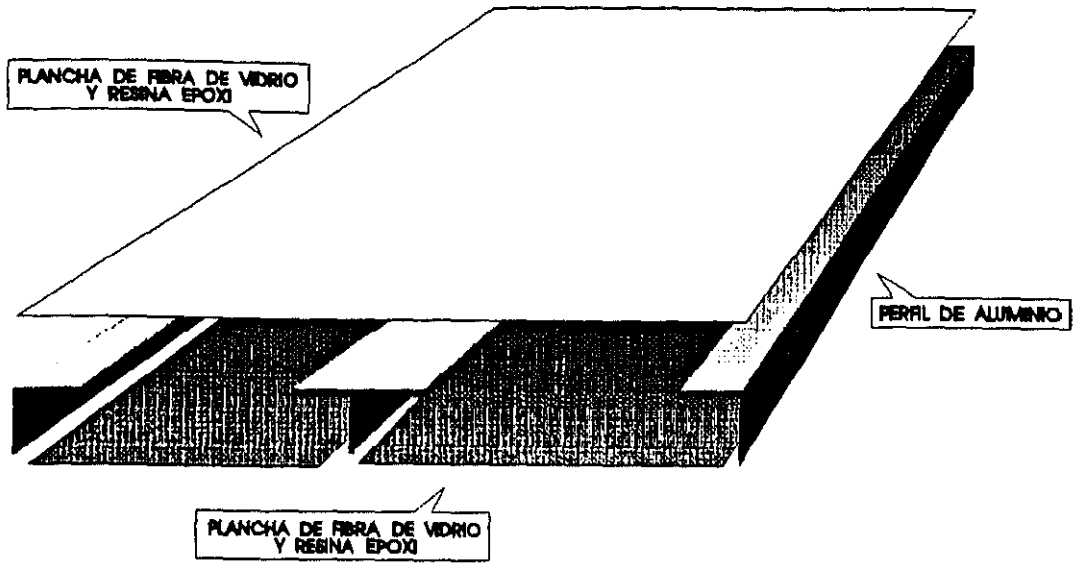
GRAFICO 18 correspondiente a la MAQUETA Nº A.3./4.

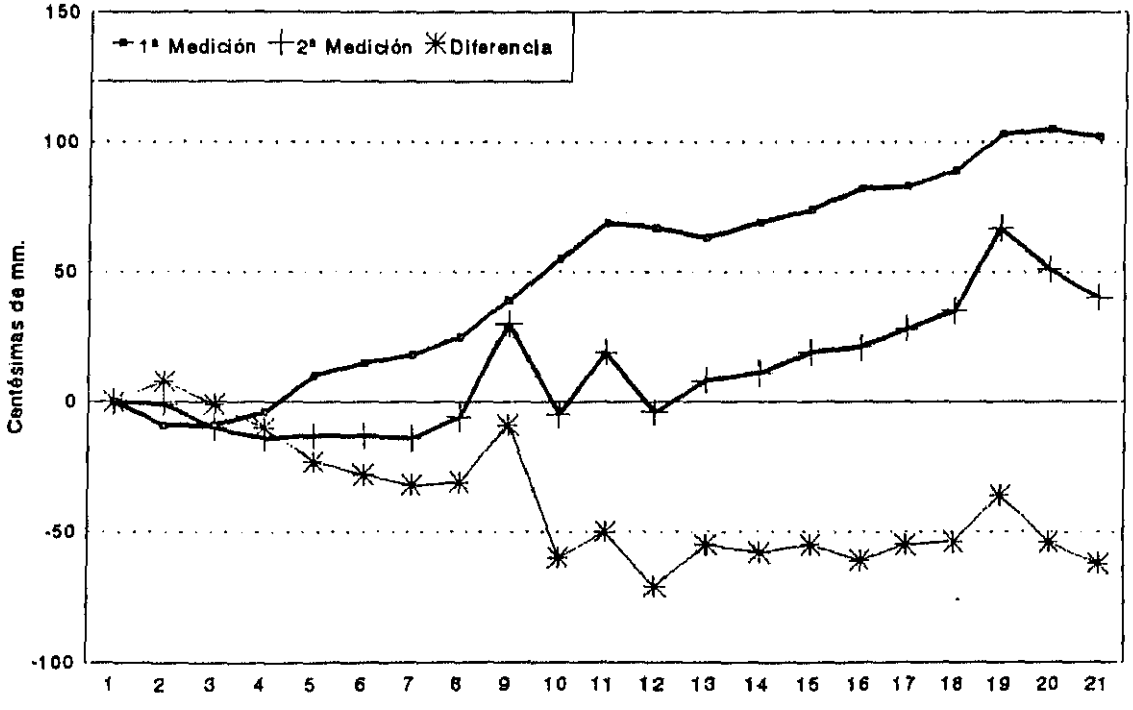




Puntos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	20
1ª Medición	0	-10	-9	-1	-7	-6	1	6	12	29	70	81	90	104	122	140	155	175	195	196	196
2ª Medición	0	2	10	16	19	23	31	44	43	23	64	72	60	67	62	60	51	39	43	8	40
Diferencia	0	12	19	17	26	29	30	38	31	-6	-6	-9	-30	-37	-60	-80	-104	-136	-152	-188	-156

GRAFICO 19 correspondiente a la MAQUETA Nº A.3./5.

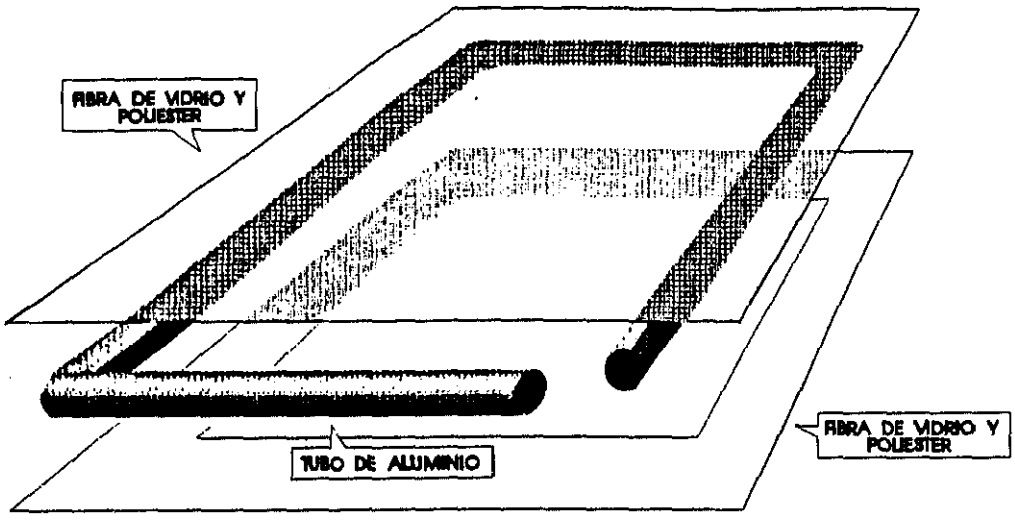


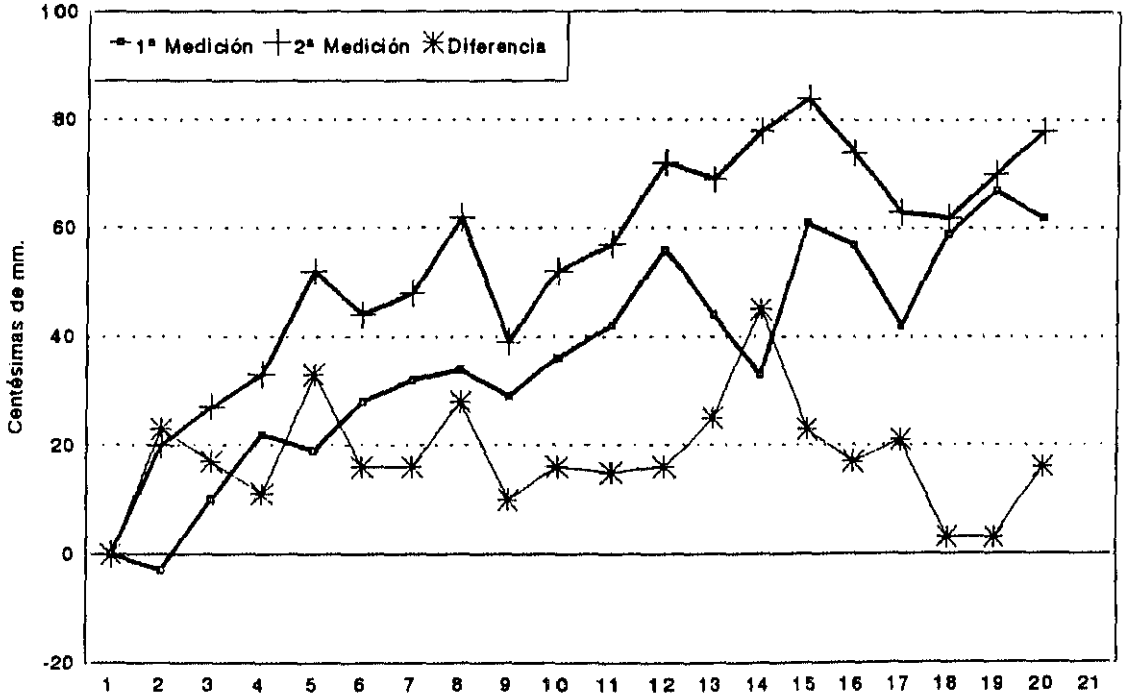


1ª Medición	0	-9	-9	-4	10	15	18	25	39	55	69	67	63	69	74	82	83	89	103	105	102
2ª Medición	0	-1	-10	-14	-13	-13	-14	-6	30	-5	19	-4	8	11	19	21	28	35	67	51	40
Diferencia	0	8	-1	-10	-23	-28	-32	-31	-9	-60	-50	-71	-55	-58	-55	-61	-55	-54	-36	-54	-62

Puntos

GRAFICO 20 correspondiente a la MAQUETA Nº B.1./1.

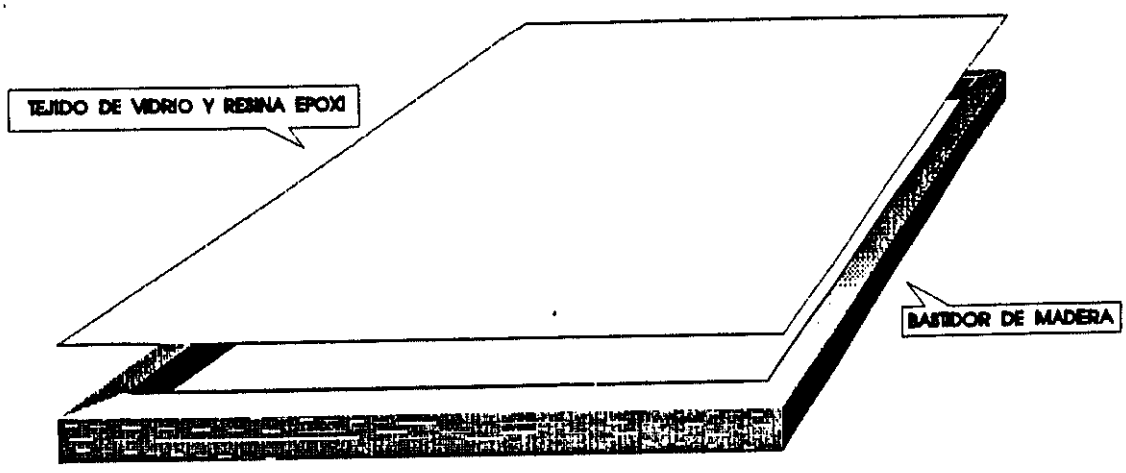


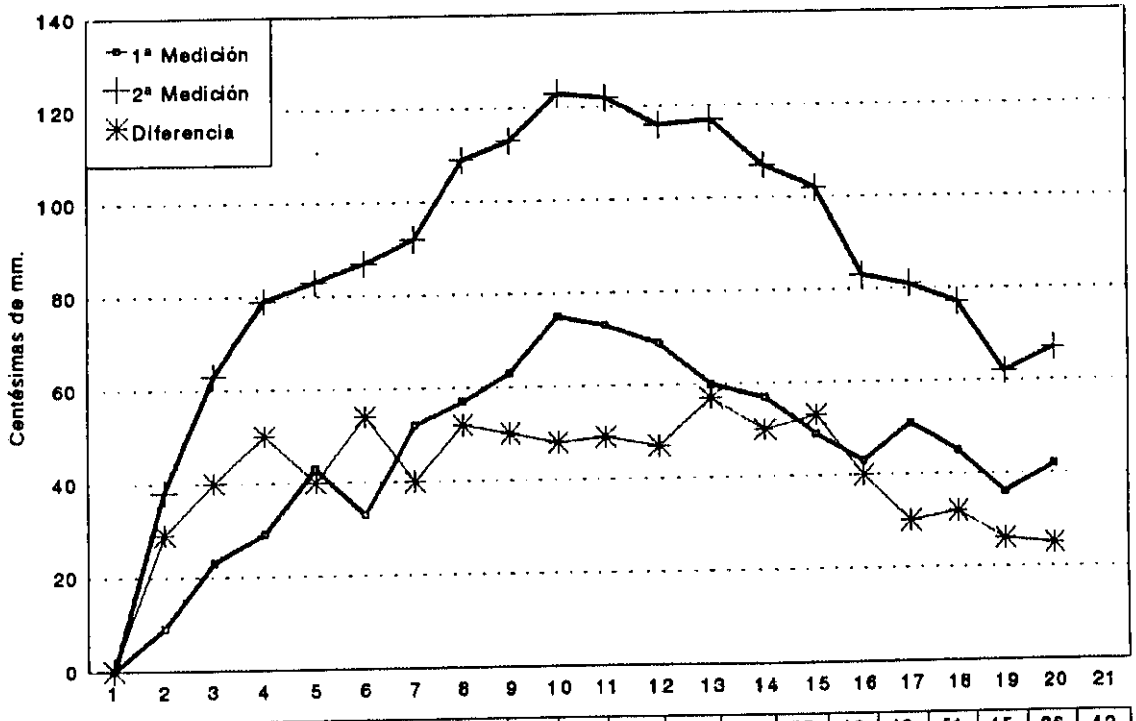


1ª Medición	0	-3	10	22	19	28	32	34	29	36	42	56	44	33	61	57	42	59	67	62
2ª Medición	0	20	27	33	52	44	48	62	39	52	57	72	69	78	84	74	63	62	70	76
Diferencia	0	23	17	11	33	16	16	28	10	16	15	16	25	45	23	17	21	3	3	16

Puntos

GRAFICO 21 correspondiente a la MAQUETA Nº B.1./2.

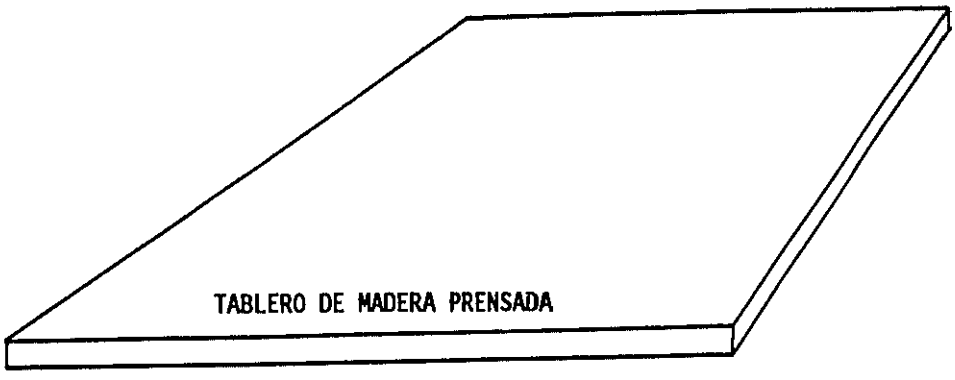


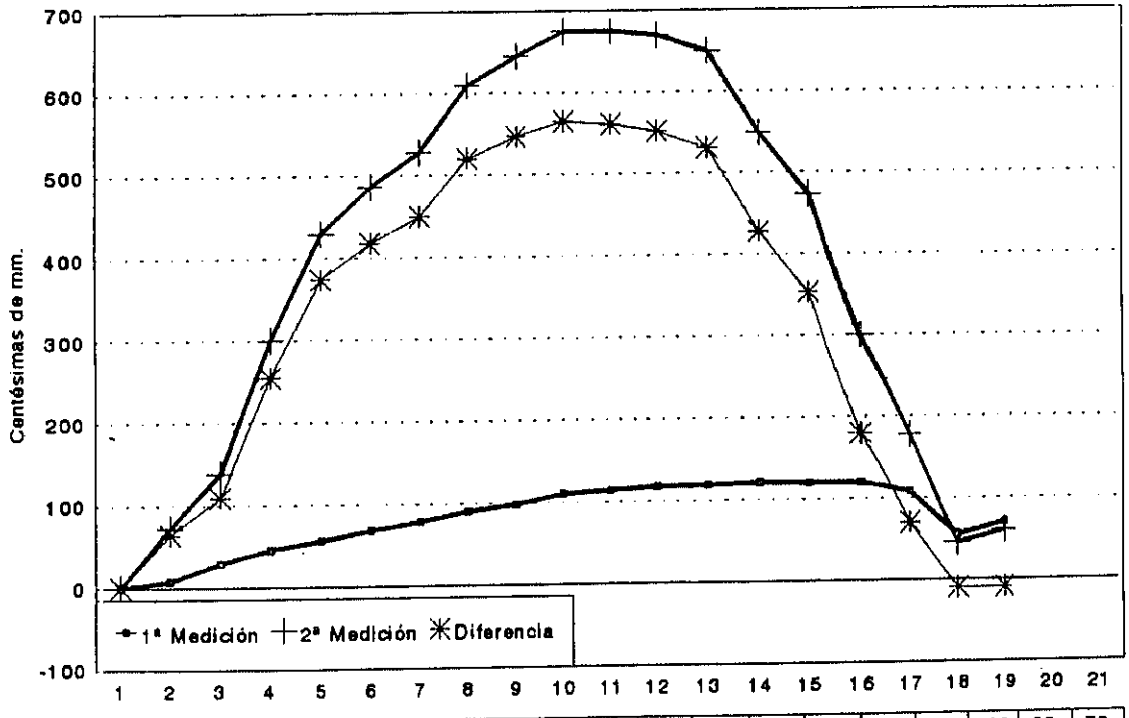


1ª Medición	0	9	23	29	43	33	52	57	83	75	79	69	60	57	49	43	51	45	36	42
2ª Medición	0	38	63	79	83	87	92	109	113	123	122	116	117	107	102	83	81	77	62	67
Diferencia	0	29	40	50	40	54	40	52	50	48	49	47	57	50	53	40	30	32	26	25

Puntos

GRAFICO 22 correspondiente a la MAQUETA NºB.1./3.

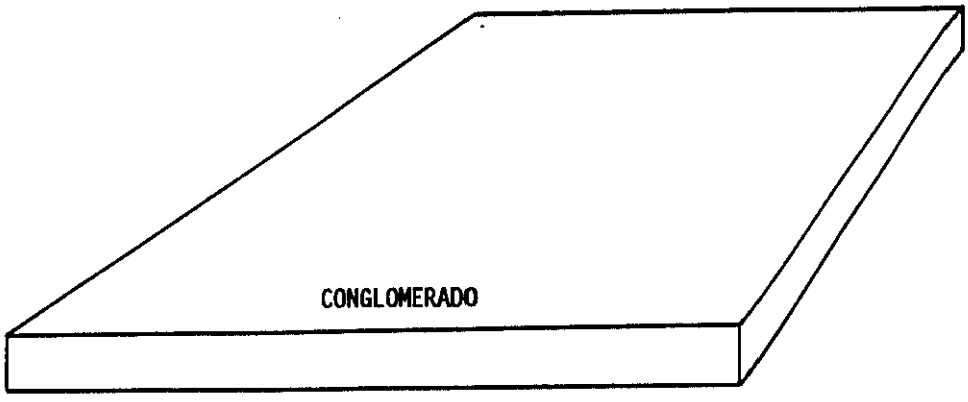


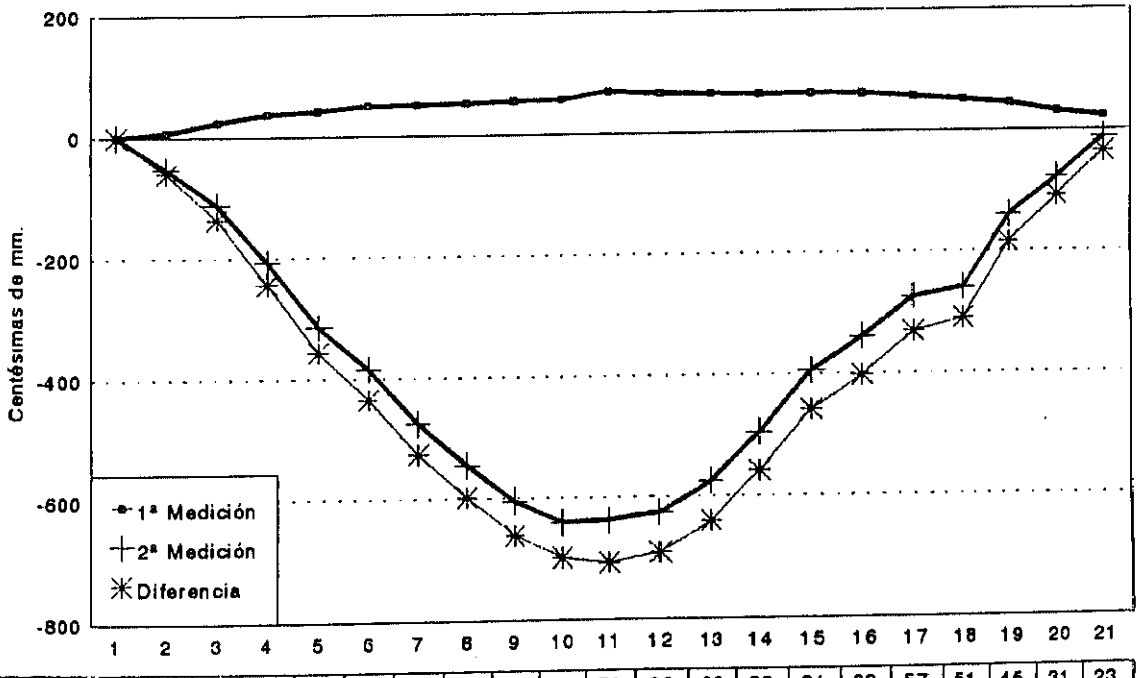


1ª Medición	0	8	29	45	56	68	78	90	98	110	114	118	119	121	120	120	108	55	70
2ª Medición	0	72	138	300	430	486	528	610	645	675	675	670	650	549	473	300	178	45	60
Diferencia	0	64	109	255	374	418	450	520	547	565	561	552	531	428	353	180	70	-10	-10

Puntos

GRAFICO 23 correspondiente a la MAQUETA Nº C1.

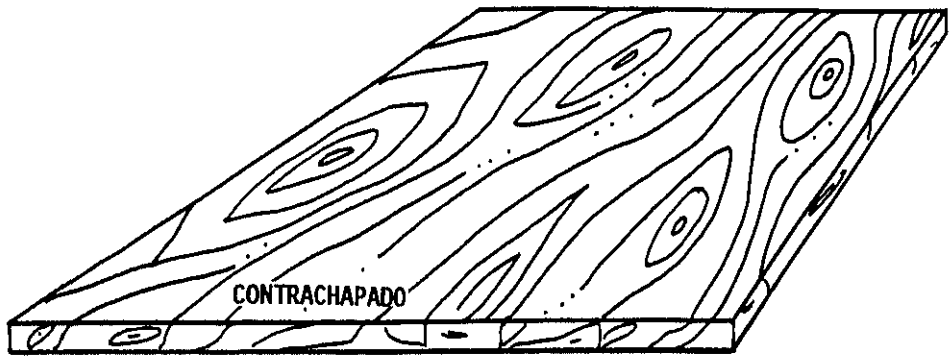


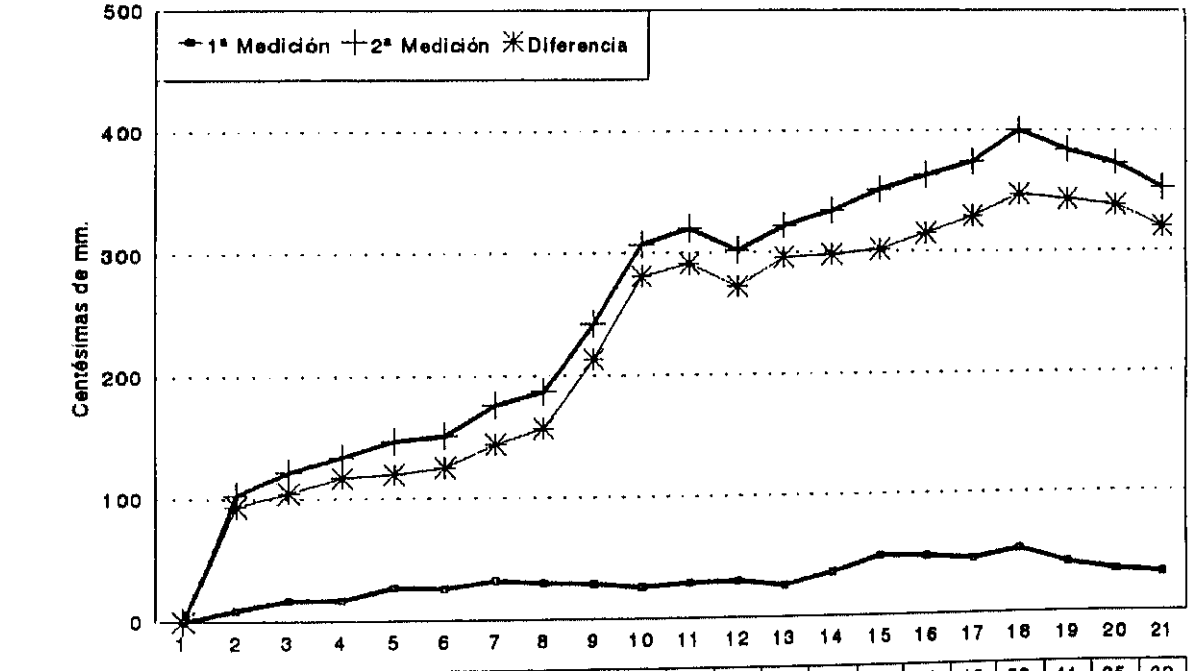


1ª Medición	0	7	24	37	42	50	51	53	56	58	70	66	65	63	64	63	57	51	45	31	23
2ª Medición	0	-53	-112	-207	-315	-385	-475	-545	-605	-640	-637	-625	-575	-496	-395	-340	-275	-260	-140	-78	-12
Diferencia	0	-60	-136	-244	-357	-435	-526	-598	-661	-698	-707	-691	-640	-559	-459	-403	-332	-311	-185	-109	-35

Puntos

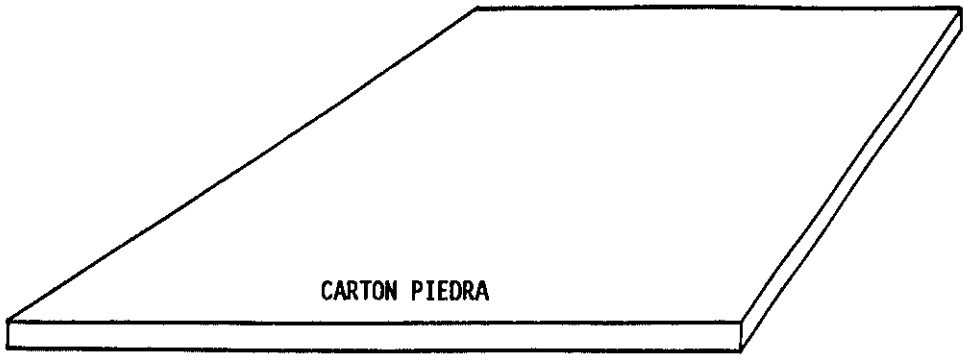
GRAFICO 24 correspondiente a la MAQUETA Nº C2.

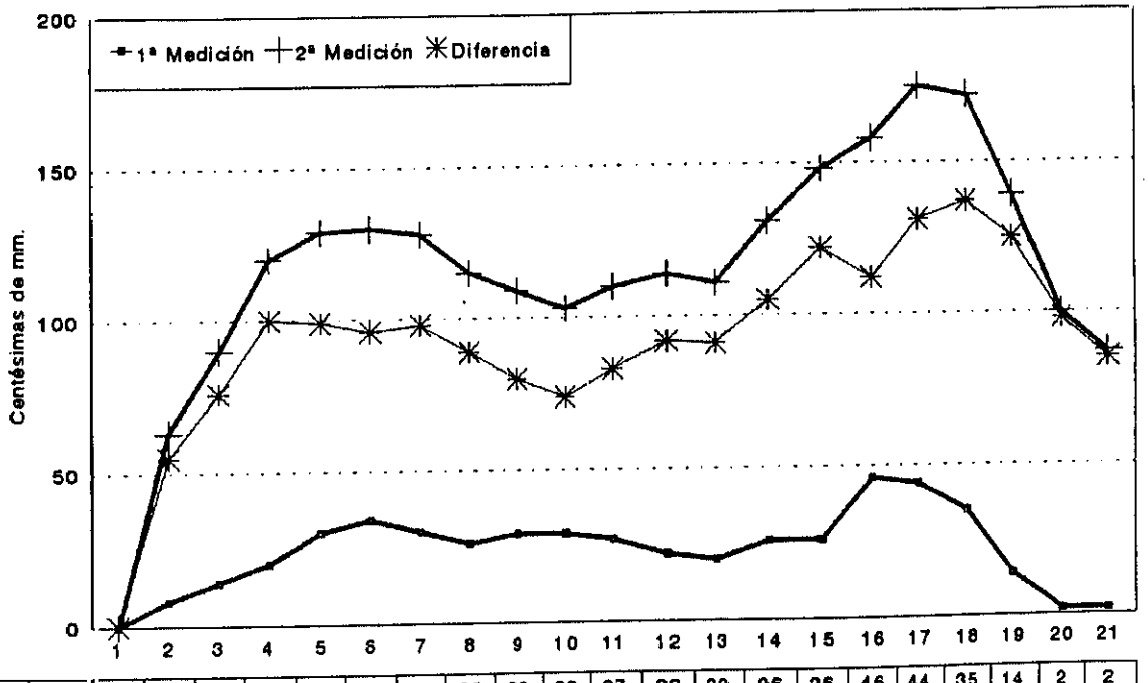




Medición	0	9	17	17	27	26	32	30	29	26	29	30	26	36	49	48	45	53	41	35	32
Medición	0	103	122	134	147	151	176	187	242	307	320	302	322	334	351	363	374	400	384	373	352
ferencia	0	94	105	117	120	125	144	157	213	281	291	272	296	298	302	315	329	347	343	338	320

GRAFICO 25 correspondiente a la MAQUETA Nº C3.





1ª Medición	0	8	14	20	30	34	30	26	29	29	27	22	20	26	26	46	44	35	14	2	2
2ª Medición	0	63	90	120	129	130	128	115	109	103	110	114	111	131	148	158	175	172	139	100	87
Diferencia	0	55	76	100	99	96	98	89	80	74	83	92	91	105	122	112	131	137	125	98	85

Puntos

GRAFICO 26 correspondiente a la MAQUETA Nº C4.

10.2.1.7. Resultados

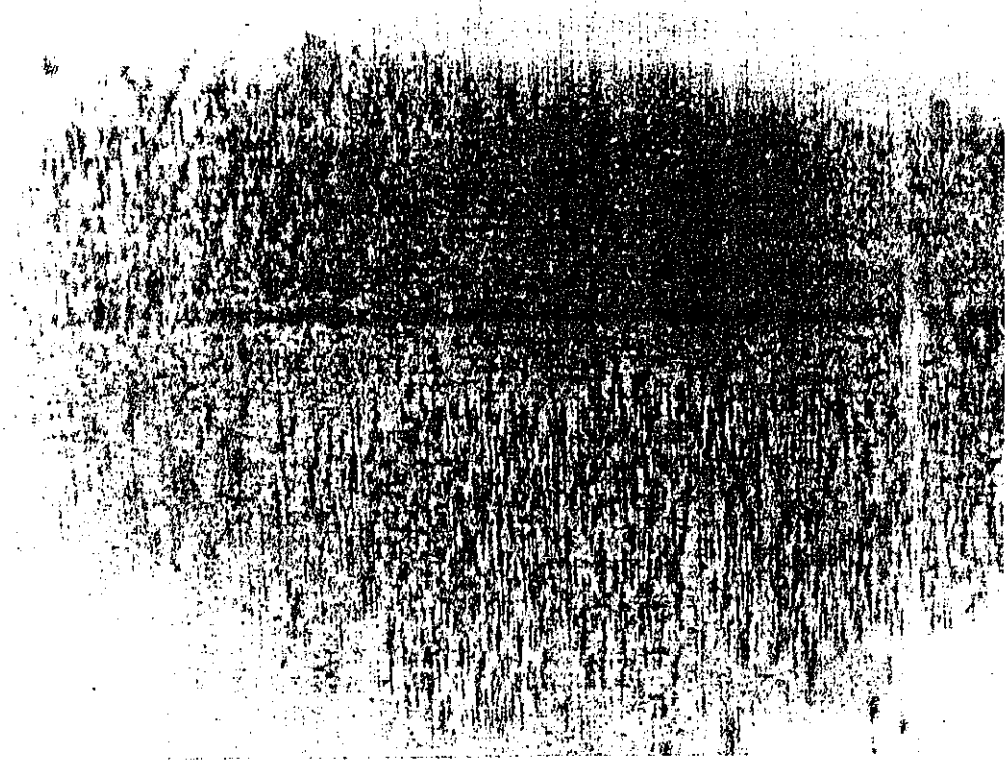
a) Inspección ocular

- No se han apreciado a simple vista en ninguno de los paneles ensayados fisuraciones ni desconchados en las láminas externas de fibra de vidrio y resina estructural (epoxi o poliéster).

- La unión de los distintos estratos de la capa base es excelente en todas las muestras, excepto en la probeta nºA.1./10 que está formada por corcho pegado con adhesivo de contacto a una espuma rígida de PVC, se aprecia un ligero levantamiento del corcho en uno de los bordes, producto de una adhesión deficiente.

- La acción de la humedad no ha favorecido la aparición de hongos en ninguna de las muestras ensayadas, a excepción de la muestra C.3 (correspondiente a un contrachapado de madera), que permaneció 12 horas apilada en húmedo (recién sacada de la Cámara) entre las demás maquetas. Mientras que las probetas realizadas con productos sintéticos se mantuvieron inalterables, en el contrachapado florecieron todo tipo de hongos, tanto por su anverso como por el reverso (fots.153 y 154).

Fots.153 y 154. Aspecto de la probeta C.3 una vez envejecida. Esta muestra permaneció doce horas apilada en húmedo (recién sacada de la cámara) entre las demás probetas. Mientras que las realizadas con productos sintéticos se mantuvieron inalterables, en el contrachapado florecieron todo tipo de hongos, tanto por el anverso como por el reverso.



- El comportamiento de los materiales empleados en los bordes de las distintas probetas es muy diferente.

a) Los perfiles rígidos (listones de aluminio o madera y tiras de PVC rígido o de fibra de vidrio reforzada con resina estructural) permanecen sin alteraciones visibles.

b) Las masillas empleadas presentan distintos comportamientos:

- Pasta tixotrópica de gel de sílice y resina epoxi: comportamiento excelente.

- Masilla Polyester 760R de Du Pont: 1º Lijada: presenta fisuras y grietas en algunos puntos. Se desprende por impacto.; 2º Sin lijar (probeta A.1./9): se aprecian abundantes craqueladuras y se desprende con facilidad. (Debido al comportamiento deficiente de esta masilla, se ha sustituido por dos masillas empleadas en la reparación de carrocerías -Masilla Ceys de fibra de vidrio y de poliéster- que han ofrecido, como posteriormente veremos, un resultado excelente)

- Masillas acrílicas: 1º La masilla acrílica industrial "Valentine" se agrieta si su espesor es grande (para evitar estas fisuras, la Casa Comercial propone humedecer la espuma con agua antes de aplicar la masa); 2º La pasta acrílica que

hemos realizado con Primal AC33 y yeso, ofrece un buen resultado, aunque amarillea algo después del ensayo.

b) Lectura de gráficos

Serie A.1.

- Las espumas laminadas con resina epoxi y fibra de vidrio tienen una deformación estructural menor que la espuma (poliestireno extruido -Roofmate PT, 40mm espesor y 32-35 Kg/m3 densidad) únicamente bañada con resina epoxi (probeta nºA.1./7). En este sentido, la resina termoestable y el gramaje y densidad de la fibra de vidrio influyen en la deformación estructural de la capa base (gráfico 27).

- La capa base con refuerzo estructural (probeta A.1./5) tiene una estabilidad algo mayor que las que no tienen refuerzo. La capa base correspondiente a la probeta A.1./5 tiene un alabeo máximo de 50 centésimas de mm. Sin embargo, el alabeo máximo de la misma capa base sin columnario (probeta A.1./4) es de 100 centésimas de mm (gráfico 28).

- El carbonato cálcico empleado como capa de acondicionamiento estético de la capa base (probetas A.1./2; A.1./4) favorece un alabeo ligero de las muestras. No ocurre lo mismo con el blanco de titanio empleado con el mismo fin (gráfico 27).

- La unión de dos planchas de espuma rígida y su posterior laminación no influye en la deformación estructural de la muestra (gráfico 6).

- La espuma rígida de poliuretano laminada con resina poliéster (probeta A.1./9) presenta un alabeo superior que cuando se lamina con resina epoxi (probeta A.1./8), (gráfico 29).

- La deformación estructural de la capa base formada por espuma de PVC espumado (probeta A.1./10) es mínima, aunque su adhesión a la capa de intervención (corcho) puede resultar fallida si no se elige correctamente el adhesivo (gráfico 10).

Serie A.2.

- Los ensayos realizados sobre las maquetas A.2./1, A.2./2, A.2./3 y A.2./4 indican, tal como puede apreciarse en el gráfico 30, que su deformación estructural es parecida a la de las espumas laminadas. De ello podría deducirse que la deformación estructural entre la capa base cerrada en "sandwich" con núcleo de espuma rígida o con núcleo alveolar es mínima y similar.

Serie A.3.

- Las probetas correspondientes a las capas base cerradas en "sandwich" asimétrico, presentan un alabeo superior a las cerradas en "sandwich". Esto se debe a la distinta composición de las láminas externas que reaccionan de forma diferente ante los efectos degradantes de la humedad y temperatura (gráfico 31).

- Si comparamos la muestra contrachapado de madera (probeta C.3) y el mismo contrachapado integrado en un "sandwich" (probeta A.3./2), podemos apreciar que la primera tiene un alabeo con un punto máximo de 250 centésimas de mm, mientras que el punto máximo del segundo es de 76 centésimas de mm. Esto indica que el alabeo de las distintas capas base propuestas es altamente inferior al de los materiales celulósicos de las muestras ensayadas (gráfico 32).

- El listón perimetral que tienen algunas de las probetas (A.3./1; A.3./2 y A.3./5) favorecen la estabilidad estructural de las muestras.

Serie B.1.

- El ensayo se ha realizado sobre las probetas B.1./1, B.1./2 y B.1./3 (con capa base abierta armada), y los resultados obtenidos indican que el alabeo de las dos primeras

es mínimo, ya que los materiales empleados en su fabricación tienen un grado de absorción de agua muy pequeño. La deformación estructural de la probeta B.1./3, es algo mayor debido a que el bastidor de madera que rodea su perímetro, a pesar de estar impregnado con resina epoxi, se ha hinchado un poco por efecto de la humedad (gráfico 33).

Serie C

- Las muestras sometidas a este ensayo son cuatro: Tablero de madera prensada (probeta C.1), conglomerado (probeta C.2), contrachapado (probeta C.3) y cartón piedra preparado industrialmente (probeta C.4). El punto máximo de deformación estructural corresponde al conglomerado (707 centésimas de mm - algo más de 7mm), a pesar de que su espesor es de 20 mm (el mismo que el de varias de las nuevas probetas que apenas se han alabeado). Así mismo, el punto mínimo de alabeo corresponde al cartón piedra. Este dato, sin embargo, no es fiable porque la muestra se ha curvado por el borde menor (el que mide 30cm), mientras que el borde de 60cm casi no se ha alterado (gráfico 34).

c) Resultados generales

a) El alabeo de las capas base propuestas es inferior al de los materiales celulósicos que habitualmente se utilizan como soporte rígido (gráfico 35).

b) La deformación estructural tanto de las capas base cerradas (en "sandwich" simétrico o asimétrico) como de las abiertas es mínima y similar.

c) El comportamiento de las muestras con capa base cerrada (series A.1, A.2 y A.3) ha sido el siguiente:

- Las maquetas correspondientes a las capas base cerradas en "sandwich" simétrico (series A.1 y A.2), presentan un alabeo inferior a las cerradas en "sandwich" asimétrico (serie A.3).

- La deformación estructural entre la capa base cerrada en "sandwich" con núcleo de espuma rígida (serie A.1) o con núcleo alveolar (serie A.2) es mínima y similar.

- Cuanto más espeso es el núcleo de la capa base cerrada menor es el riesgo de alabeo de la probeta.

d) El comportamiento de las muestras con capa base abierta (serie B.1) ha sido el siguiente:

- El alabeo de la capa base abierta armada (serie B.1), con excepción de la probeta B.1./3, es prácticamente inexistente ya que los materiales empleados son hidrófugos y con un coeficiente de dilatación lineal similar.

e) La unión entre los distintos estratos de las diversas capas base es excelente.

f) Cualquier material celulósico tradicional presenta un alabeo menor si se encuentra pegado a una estructura base rígido-inerte.

g) El tipo de resina termoestable y el gramaje y densidad de la fibra de vidrio influyen en la deformación estructural de la capa base.

h) Un buen refuerzo perimetral de la muestra (perfiles o masillas rígidas estables) contribuye a evitar la deformación estructural de la misma.

GRAFICO 27

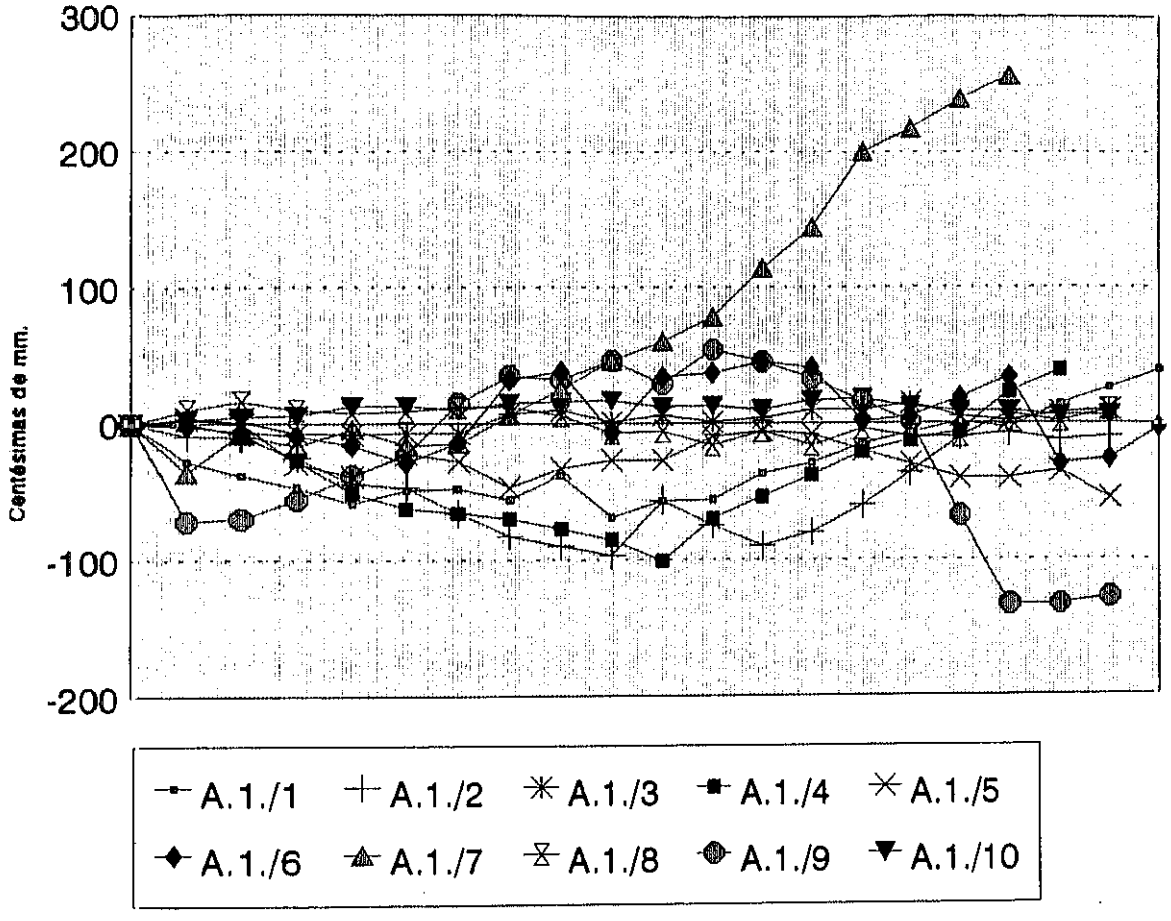
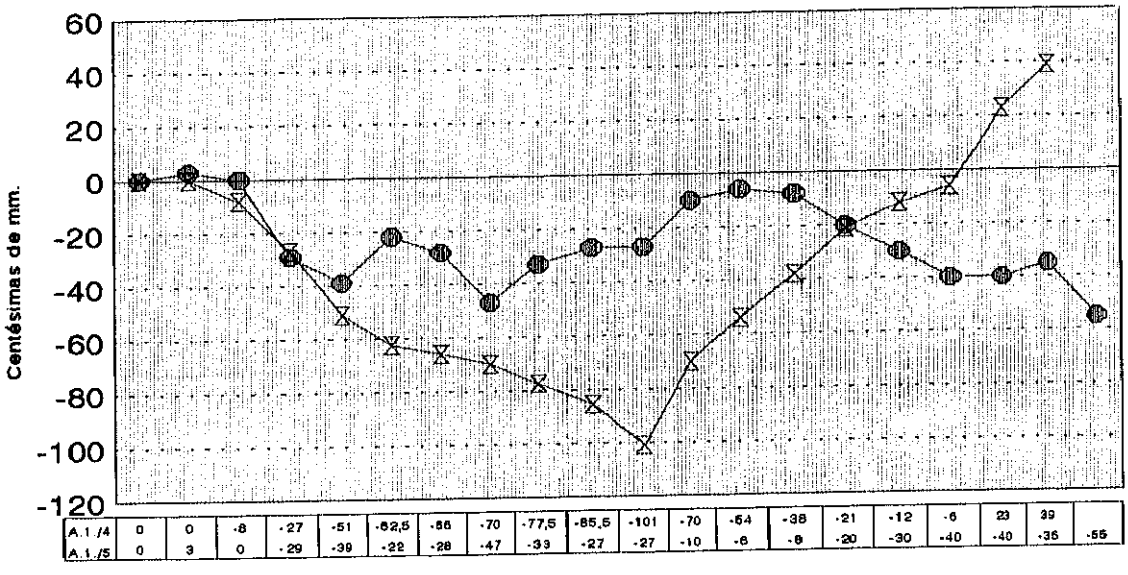


GRAFICO 27 correspondiente a los gráficos resultantes de la Serie A.1

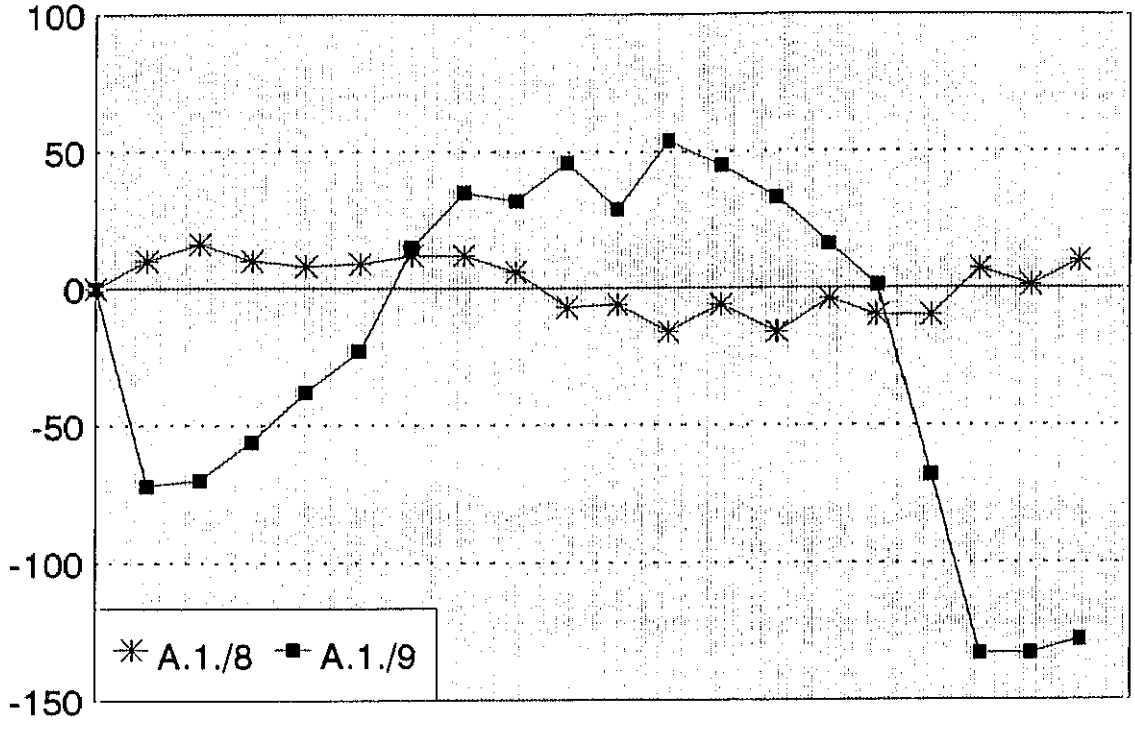
GRAFICO 28



A.1./4 Capa base sin columnario de refuerzo
A.1./5 Capa base con columnario de refuerzo

GRAFICO 28 correspondiente a las Maquetas A.1./4 y A.1./5.

GRAFICO 29



A.1./8: Probeta laminada con resina epoxi.
A.1./9: Probeta laminada con resina poliéster.

GRAFICO 29 correspondiente a las Maquetas A.1./8 y A.1./9.

GRAFICO 30

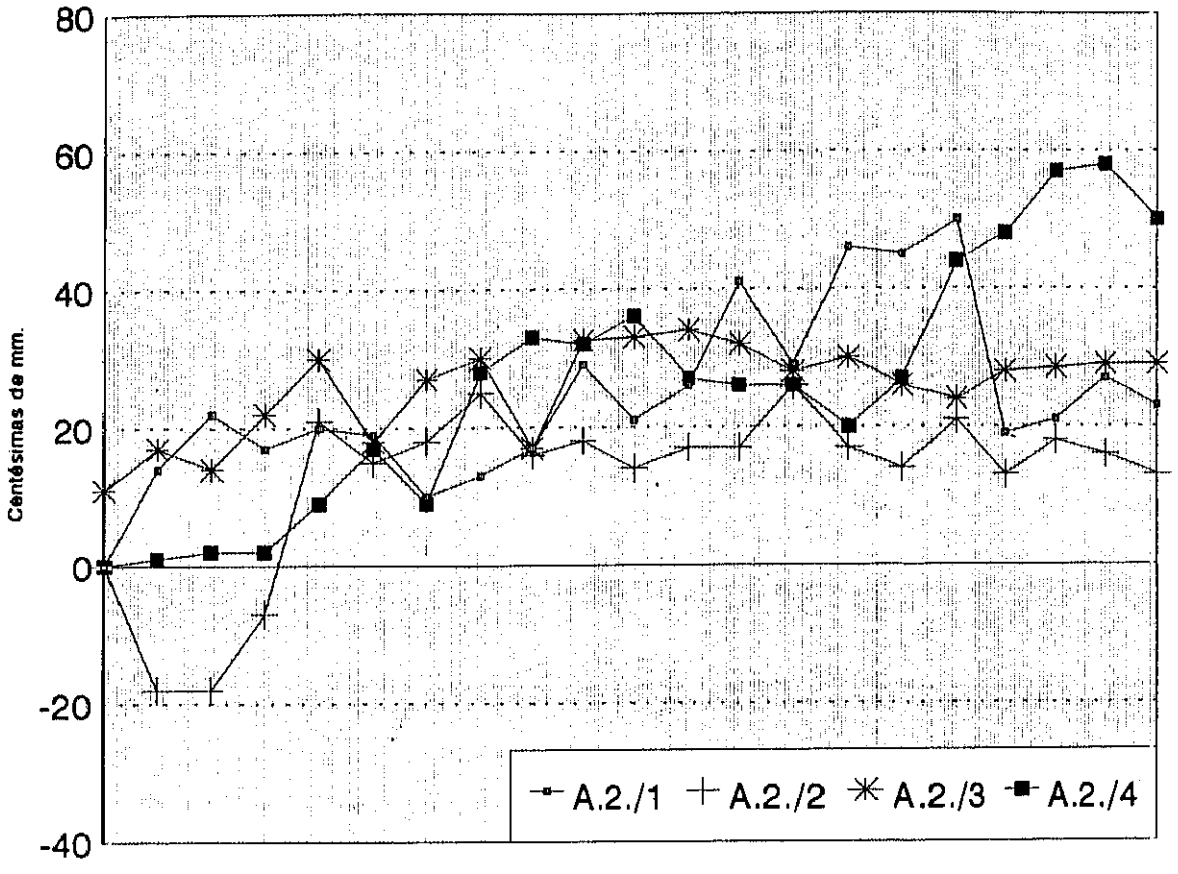


GRAFICO 30 correspondiente a los gráficos resultantes de la Serie A.2.

GRAFICO 31

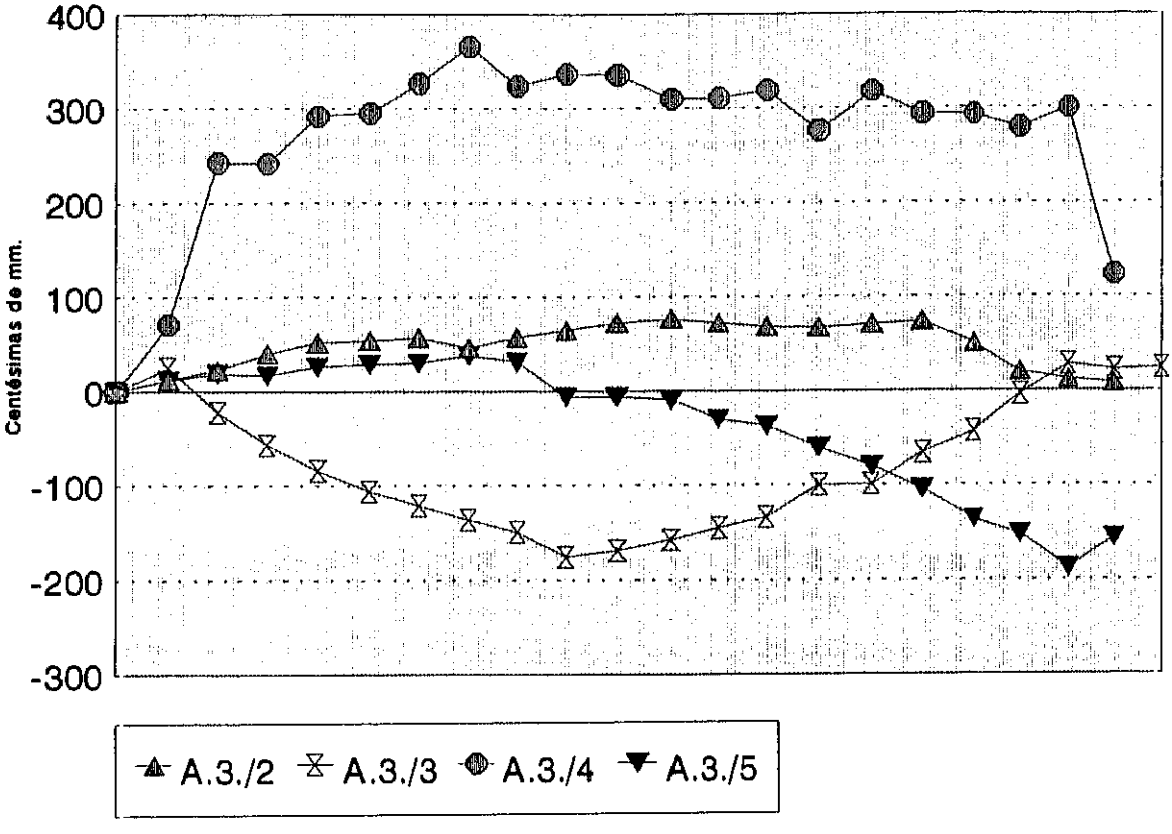
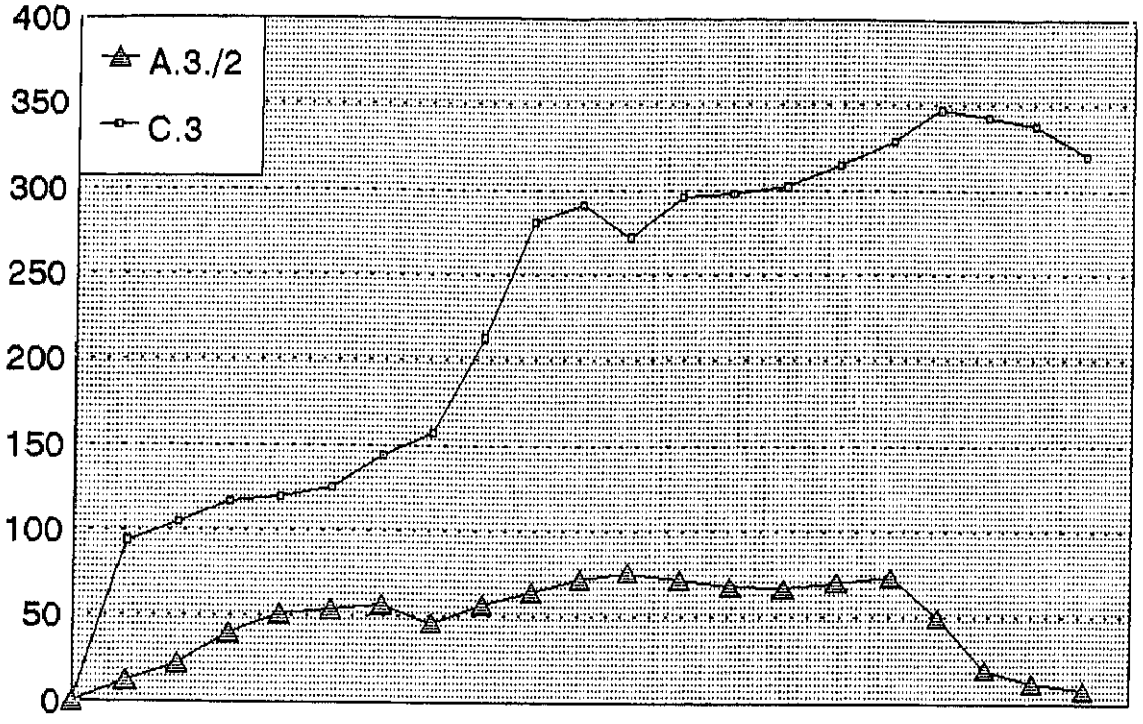


GRAFICO 31 correspondiente a los gráficos resultantes de la Serie A.3.

GRAFICO 32



A.3./2: Contrachapado de madera
C.3: Sandwich asimétrico con cara ext. de contrachapado de madera

GRAFICO 32 correspondiente a las maquetas C.3 y A.3.2

GRAFICO 33

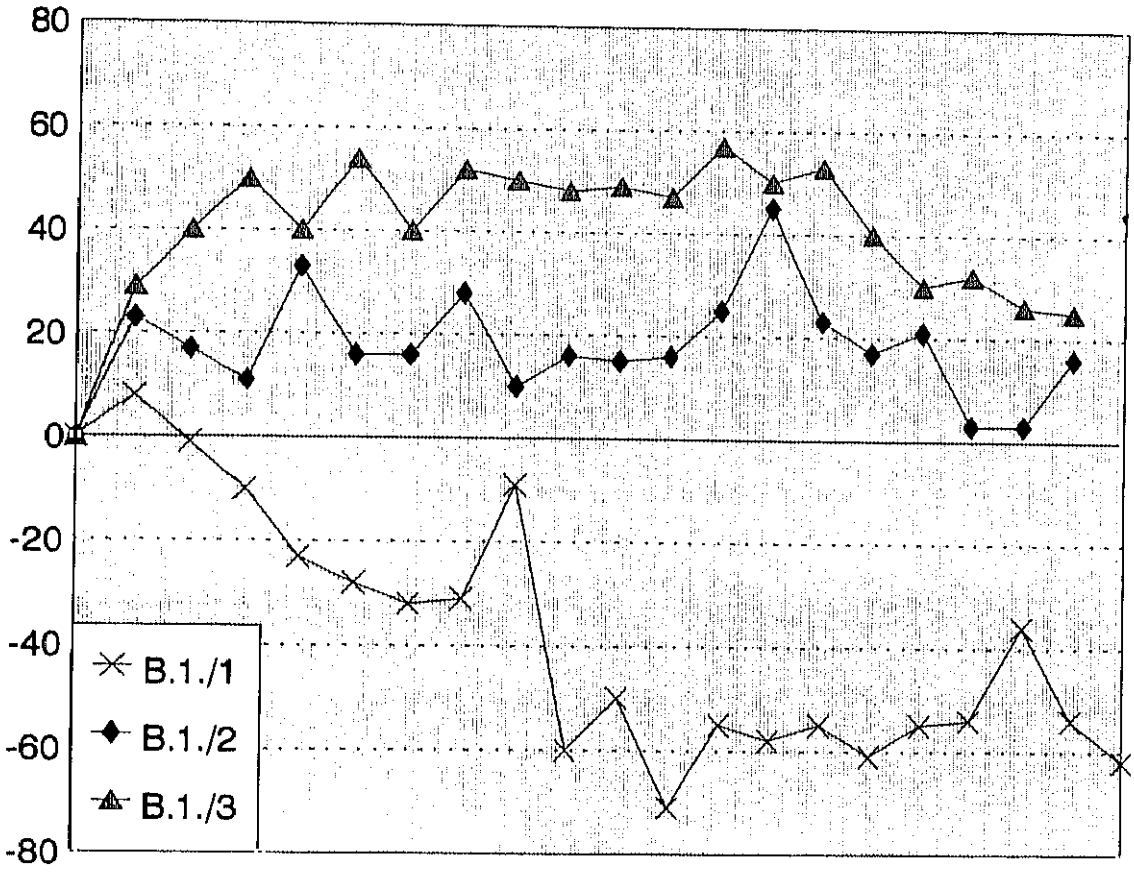


GRAFICO 33 correspondiente a los gráficos resultantes de la Serie B.1.

FACULTAD DE BELLAS ARTES
BIBLIOTECA

GRAFICO 34

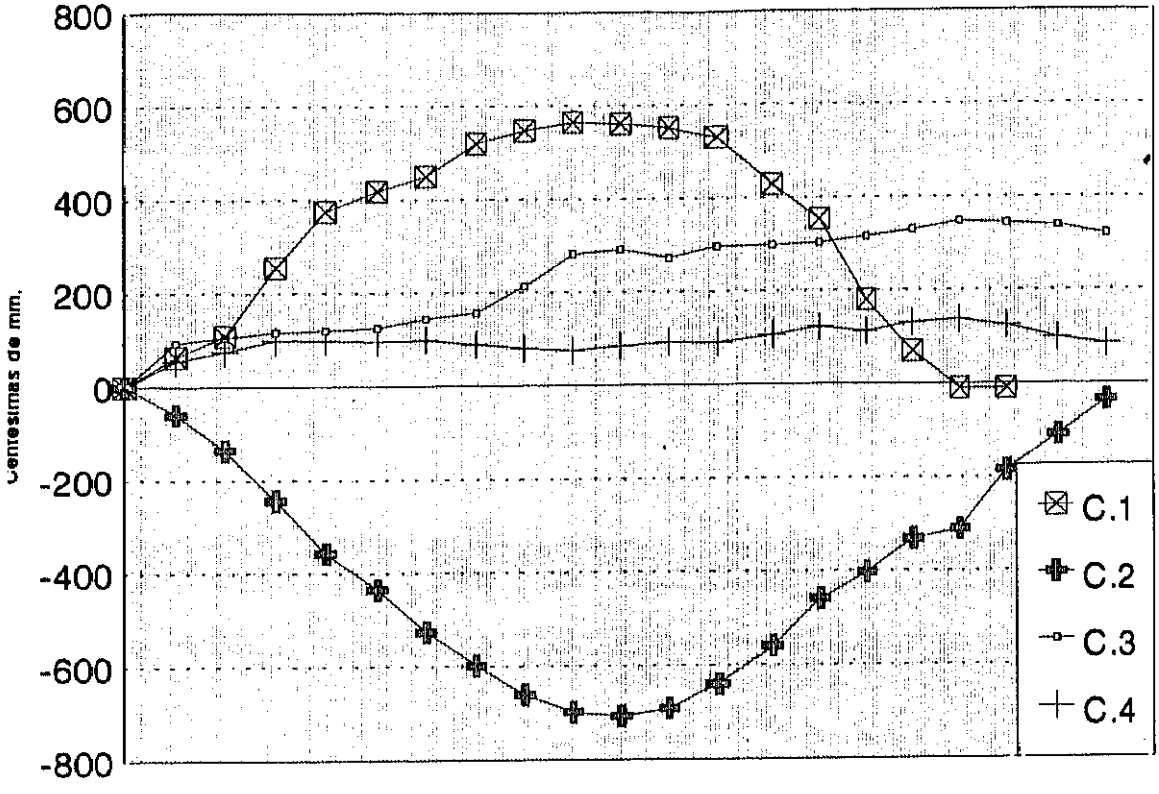


GRAFICO 34 correspondiente a los gráficos resultantes de la Serie C.

GRAFICO 35

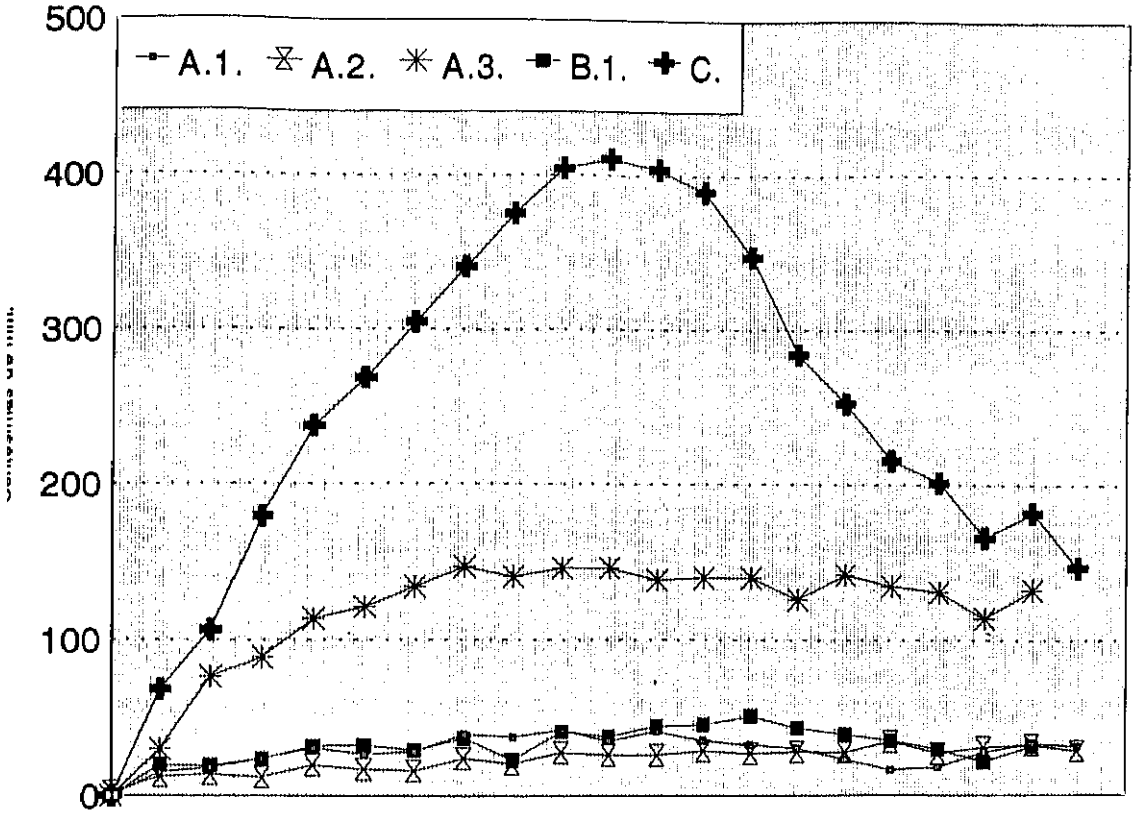


GRAFICO 35 que refleja el alabeo medio de cada una de las series ensayadas. Puede apreciarse que es mayor la deformación estructural de los soportes rígidos realizados con materiales celulósicos (Serie C) que la de los realizados con las nuevas capas base propuestas.

10.2.2. CALCULO DEL ESPESOR DE LA CAPA BASE PARA UNA LONGITUD DADA PARA EVITAR SU DEFORMACION ESTRUCTURAL CON EL PASO DEL TIEMPO O EN EL ALMACENAJE

El primer problema que nos planteamos a la hora de diseñar los nuevos soportes fue cómo calcular el espesor que debían tener ante una longitud dada. Por ejemplo, si queremos realizar un panel de 100 x 81 cm, de un determinado material, ¿qué espesor debe tener en relación a las proporciones de altura y anchura dadas para que no se combe?.

Los cálculos realizados se basan en los efectuados por los expertos para crear paneles tipo "sandwich" industriales (vid., cap.7 del Tomo I de la memoria)[196]. Adaptando dichas operaciones a los soportes propuestos, se pretende evitar su posible deformación estructural con el paso del tiempo y con el almacenaje.

El procedimiento seguido ha sido el siguiente[197]:

---

196 Debido a que los cáculos realizados son similares a los empleados en la industria para crear paneles tipo "sandwich", los resultados obtenidos son válidos, sobre todo, para las capas base cerradas en "sandwich" simétrico o asimétrico.

197 Estos cálculos se han obtenido basándonos en la obra de L. Ortíz Berrocal: Resistencia de Materiales, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Madrid, 1980, pp.246-249.

a) Se parte del dato conocido de que la rigidez de un panel está en función al cubo del espesor del mismo. Si apoyamos el panel en ambos extremos (apoyo simple), (fig.104), la deflexión puede calcularse mediante la expresión siguiente:

$$d = Kf \frac{P.l^3}{E.I} + Kc \frac{P.l}{G.A.}$$

La deflexión= deflexión por flexión + deflexión por cizalladura

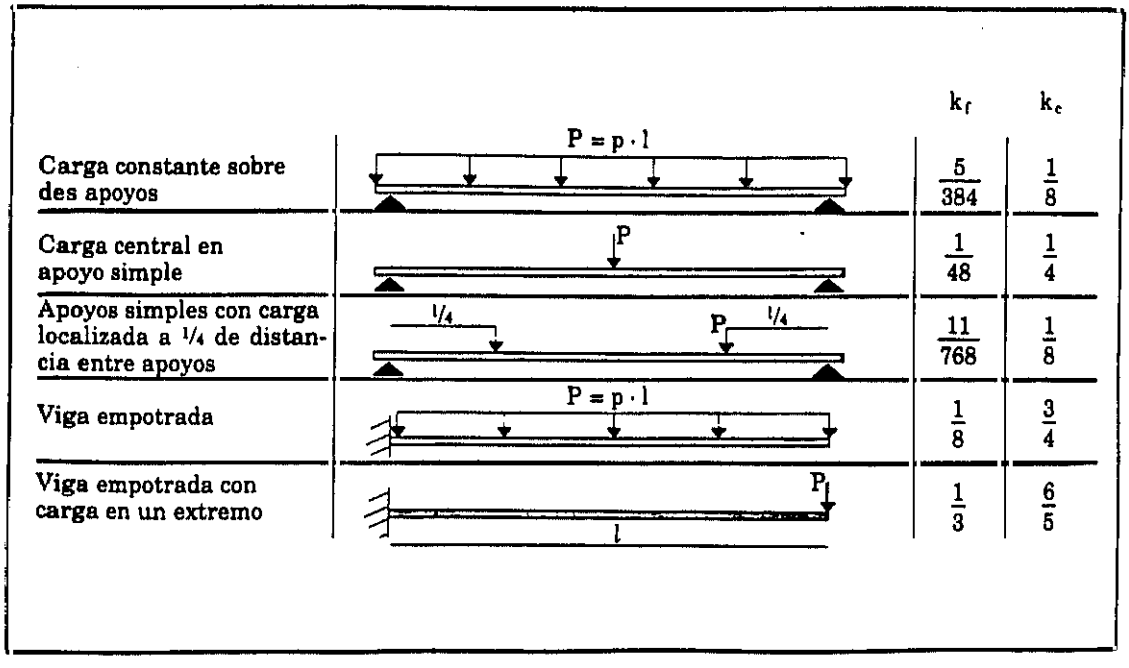


Fig.104. Tabla en la que se indican las constante de deflexión (Kf) y las de cizalladura (Kc).

b) Consideramos únicamente la primera parte de la ecuación anterior (deflexión por flexión), e ignoramos la deflexión por cizalladura ya que su efecto es mínimo en el

cálculo del espesor del panel (su efecto se ignora a menudo, en el diseño industrial).

$$d = Kf \frac{P.l^3}{E.Iz}$$

Dónde:

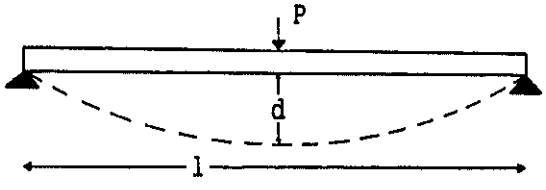
Kf= Constante de deflexión = $\frac{1}{48}$ (Carga central en apoyo simple)

P= Carga

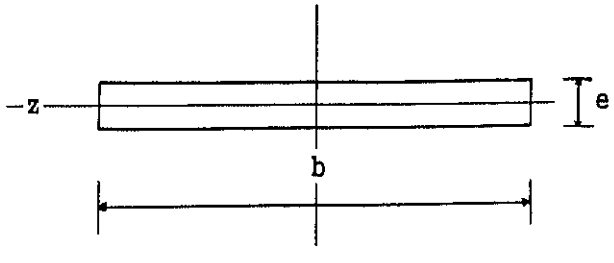
l= Longitud

E= módulo de elasticidad

Iz= momento de inercia respecto de "z".



$$d = \frac{P \cdot l^3}{48.E.Iz} \longrightarrow Iz = \frac{P \cdot l^3}{48.d.E}$$



$$Iz = \frac{1}{12} b.e^3 = \frac{P \cdot l^3}{48.d.E} \longrightarrow e = l \sqrt[3]{\frac{P \cdot 12}{48.b.d.E}}$$

10.3.1. ENSAYOS SOBRE LA CAPA DE INTERVENCION FISICA

10.3.1.1. ENSAYO PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO DEL CORCHO FRENTE A LA ACCION DE DIVERSOS AGENTES QUIMICOS LIQUIDOS

10.3.1.1.1. Objetivo

El objetivo de estas pruebas consiste en estudiar el comportamiento del corcho frente a la acción degradante de diversos agentes químicos líquidos[198]. Estos productos, que pueden estar presentes como diluyentes o disolventes[199] en los materiales pictóricos (por ej., el agua o la esencia de trementina) o en el propio adhesivo con el que se efectúa la unión, podrían atacar al corcho impidiendo que cumpla adecuadamente su cometido como capa de intervención física.

---

198 Recordamos que las células del corcho tienen una membrana que es poco permeable al agua y a los gases, características muy importantes a la hora de emplearlo como aislante. Más datos sobre el corcho pueden encontrarse en el Apéndice A de la memoria (al final del presente tomo).

199 Ralph Mayer en su obra: Materiales y Técnicas del Arte (1988) realiza en el capítulo 10: "Disolventes y diluyentes", la siguiente distinción:"Los líquidos que disuelven y se mezclan con aceites, resinas y otros materiales empleados en pinturas y barnices, se usan principalmente como diluyentes o rebajadores. El empleo como disolventes en el sentido literal de la palabra (es decir, la formación de una disolución de resina u otro material sólido, como se hace en la preparación de barnices es menos frecuente. También tienen otras aplicaciones en el campo del arte: como decapantes para quitar pinturas o barnices, como agentes limpiadores, y en diversos procesos como el aguafuerte o la litografía, etc. El propósito exclusivo de un diluyente es reducir la viscosidad de una pintura o barniz, de manera que pueda aplicarse fácilmente en una película fina", p.335.

En este ensayo se han expuesto las probetas, libres de cualquier esfuerzo exterior, a la acción de agentes químicos líquidos y posteriormente se han determinado, mediante un simple examen organoléptico, las variaciones de sus características producto de dicha exposición.

10.3.1.1.2. Fundamento del ensayo

El ensayo consiste en sumergir completamente las probetas en un líquido de ensayo, durante un tiempo y temperatura previamente fijados. Se determinan las características antes y después de la inmersión y después de un periodo de secado de tres años.

10.3.1.1.3. Condiciones generales del ensayo y procedimiento operatorio

a) Líquidos de ensayo

Los líquidos empleados son los siguientes: agua, ácido sulfúrico, hidróxido sódico, white spirit, acetato de amilo, esencia de trementina, acido acético, alcohol, nitro, dimetil, amoniaco, acetona y tolueno. Estos productos químicos (dadas las características de esta prueba y su posterior análisis organoléptico) se han empleado tal como los vende el comercio (los líquidos industriales generalmente no tienen una composición absolutamente constante, pero ello no

implica que para este ensayo se requiera un análisis estricto sobre su pureza, densidad, etc).

b) Temperatura de ensayo

La temperatura de ensayo, tanto en la inmersión como para la determinación de la masa, dimensiones o características físicas es de aproximadamente 23ºC.

c) Duración de los ensayos

La duración de la inmersión de la probeta en el líquido es de una semana [200].

Las mediciones para comprobar una posible variación de peso o dimensiones se han efectuado dos veces: la primera, después de transcurrida una semana, y la segunda, después de tres años.

d) Probetas

Se han realizado 14 probetas con corcho de 2mm de espesor, numeradas del 0 al 14, la primera de las cuales

---

[200] Se ha elegido una semana por ser el tiempo indicado para un ensayo normal (norma UNE 53-029-82). Para uno de corta duración se emplearían 24 horas y para otro de larga duración 16 semanas.

(Muestra 0) es una probeta prototipo, sin degradar.
Las probetas miden 4 x 4cm, y tienen un peso medio de 01'8g.

e) Procedimiento operatorio

El proceso seguido en la realización de las muestras ha sido el siguiente:

- Cortamos la plancha de corcho de 2mm en cuadrados de 4x4Cm.

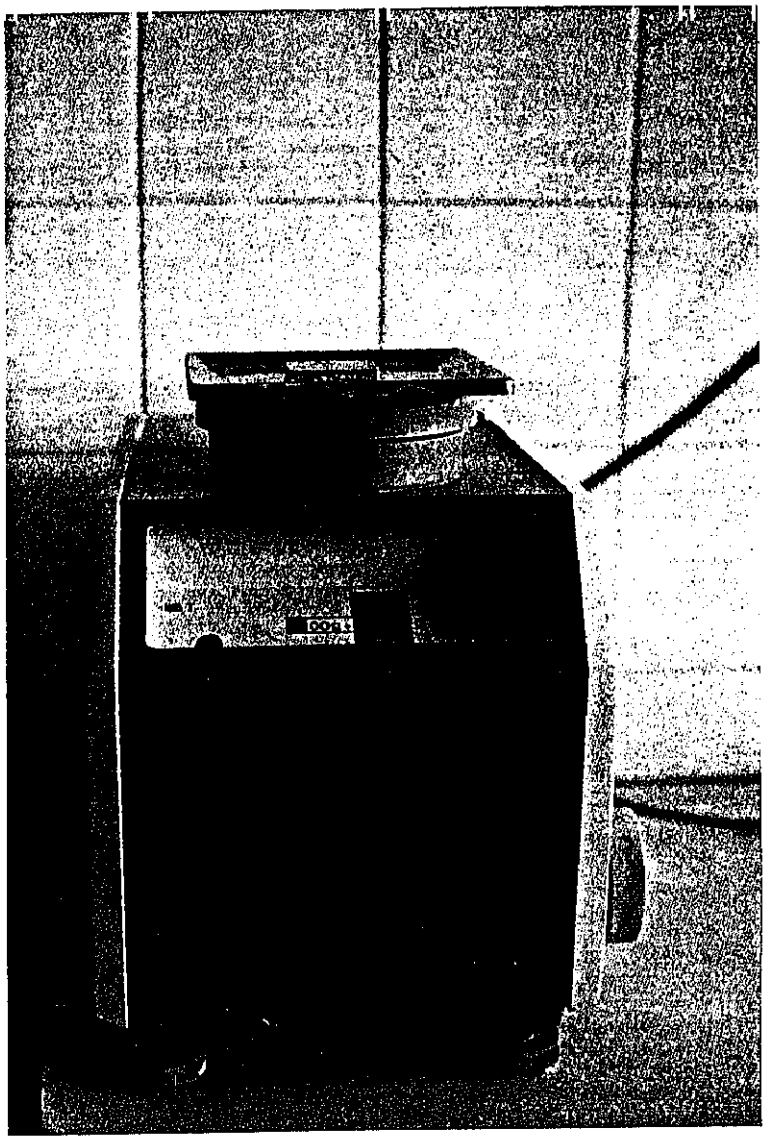
- Pesamos cada uno de los cuadrados en una balanza electrónica (de precisión), (fot.155). El peso medio de los mismos es de 01,8g.

- Se introduce cada muestra de corcho en unos recipientes herméticos que contienen los diluyentes y disolventes anteriormente descritos (fot.156). La cantidad de líquido de ensayo es siempre superior a 8cm3 por centímetro cuadrado del área total de la probeta (límite mínimo según la norma UNE 53-029-82). Así mismo, el líquido de ensayo cubre totalmente la probeta.

- Después del tiempo indicado (siete días), se extrae cada muestra con unas pinzas y se coloca sobre papel secante (fots.157, 158 y 159). Cuando el corcho está todavía húmedo, se vuelve a pesar cada probeta en la balanza

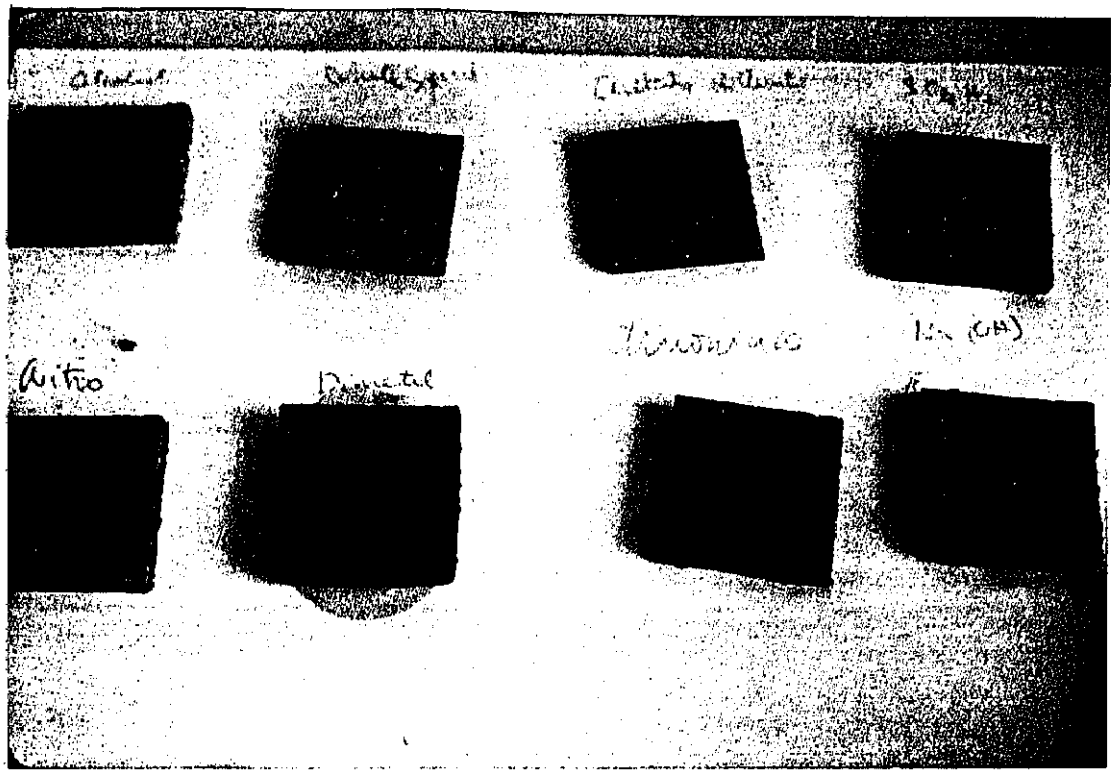
electrónica.

- Pasados tres años, se analizan de nuevo las muestras de corcho y se vuelven pesar (fot.160).

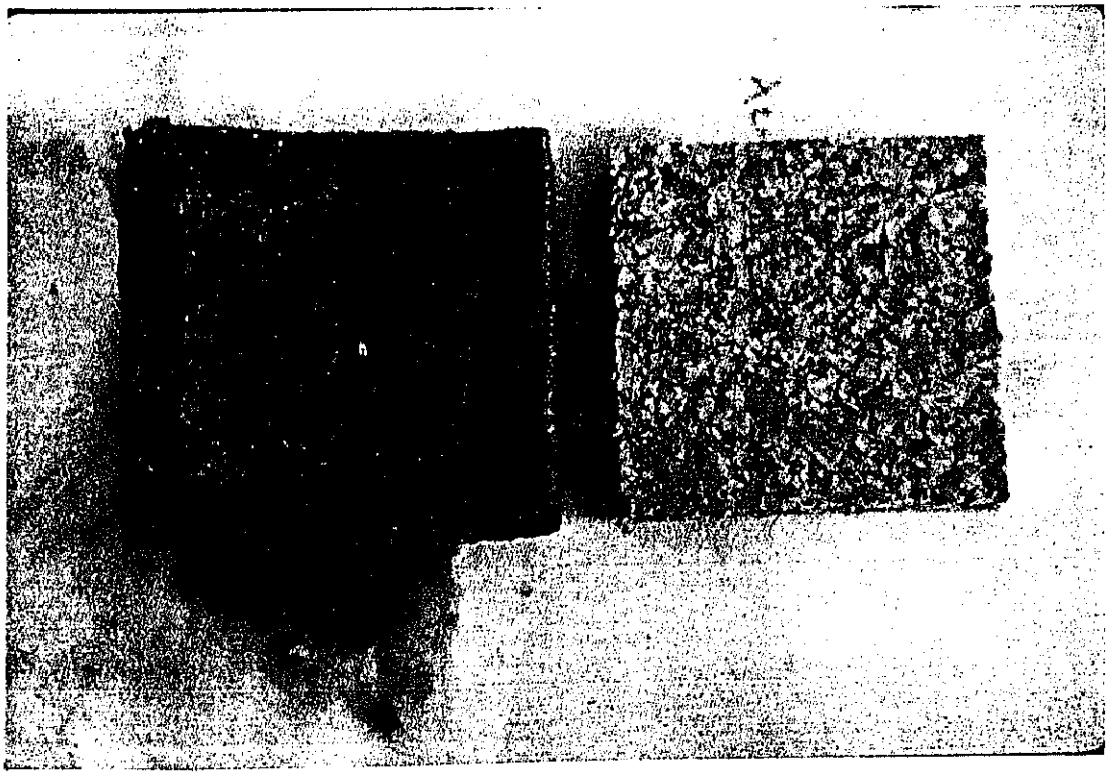


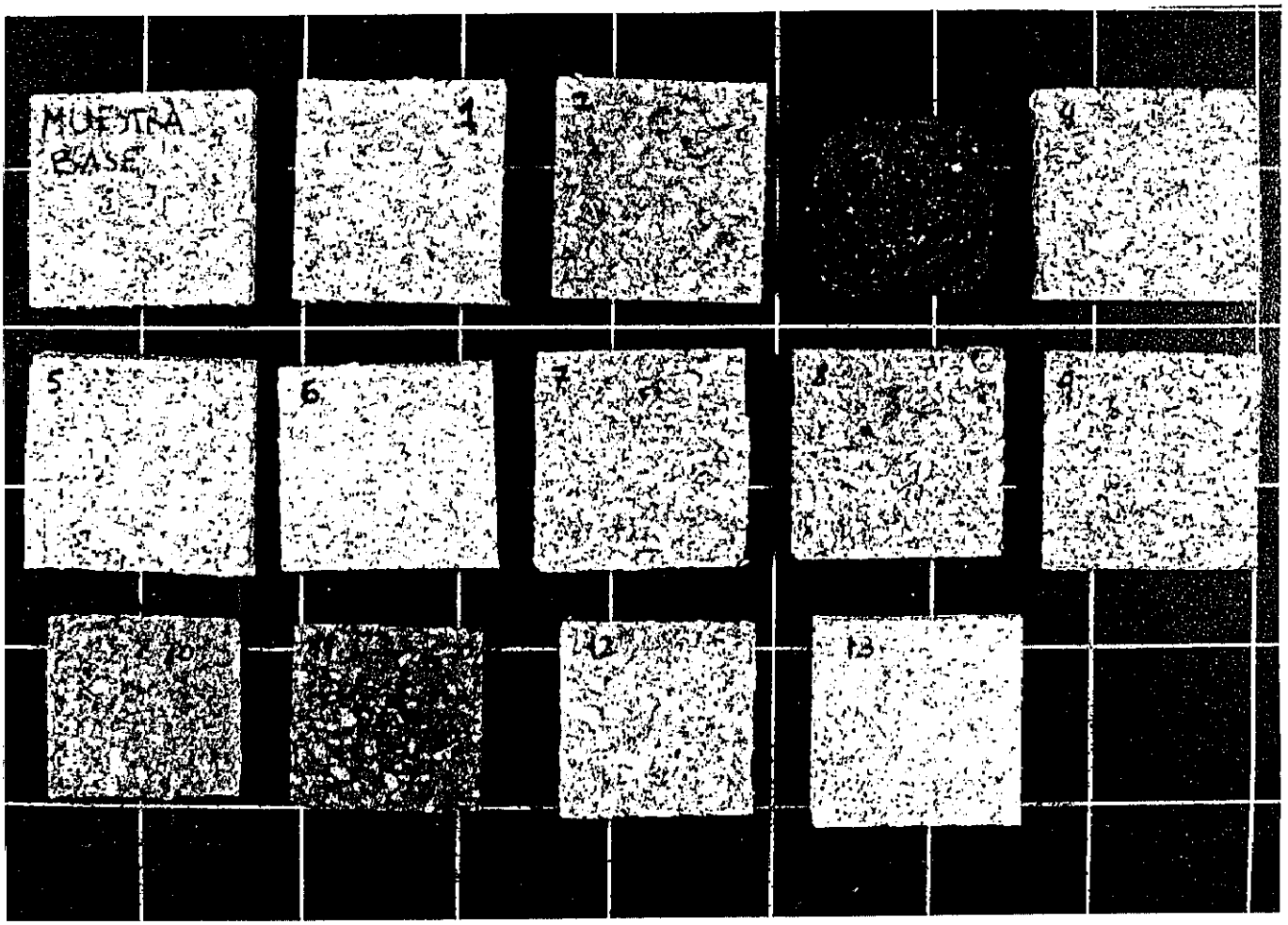
Fot.155. Momento en el que se pesa la muestra de corcho en la balanza electrónica.

Fot.156. Aspecto de las probetas introducidas en los líquidos de ensayo.
Fot.157. Aspecto del corcho introducido en hidróxido sódico, una vez concluido el tiempo de ensayo (siete días)



Fot.158. Aspecto de las muestras recién extraídas de los líquidos de ensayo y colocadas sobre papel secante.
Fot.159. Aspecto del corcho extraído del líquido de ensayo (hidróxido sódico), en comparación con la muestra de corcho base.





Fot.160. Aspecto de las muestras de corcho degradadas después de tres años.

f) Elementos de análisis

Los elementos que hemos tenido en cuenta durante el análisis organoléptico son:

- Peso y volumen inicial de las probetas de corcho (gráfico 36).
- Aumento de peso y volumen del corcho húmedo una vez transcurridos siete días (gráfico 36).
- Hinchazón, desintegración y desprendimiento de partículas.
- Cambio de coloración del líquido (gráfico 37).
- Cambio de color del corcho en húmedo (gráfico 38).
- Control de peso y volumen del corcho ya seco (después de tres años), (gráfico 36).
- Estudio de su aspecto (cambios de color) después de tres años (gráfico 39).

10.3.1.1.4. Resultados

a) Tal como se aprecia en la tabla (fig.105) y en los gráficos que se adjuntan, los resultados obtenidos indican que el corcho es un material estable frente a la acción de los distintos agentes químicos líquidos, a excepción de las bases.

b) Los diluyentes más comúnmente usados en pintura como el agua, white spirit, y esencia de trementina, no alteran sustancialmente el corcho.

c) El tolueno (espesante del Primal y posible agente de retratamiento) no presenta ningún efecto nocivo sobre el corcho.

d) Como veremos posteriormente en el ensayo de envejecimiento acelerado realizado sobre la maqueta E.4.B (vid., pto.10.4.1 de la memoria), los gránulos del corcho se decoloran por la acción de la radiación ultravioleta, (el adhesivo, en cambio, oscurece). Esto evidencia una realidad muy positiva: el corcho empleado tiene un alto contenido en celulosa por lo que reúne las garantías de calidad requeridas.

	Peso inicial	Aumento de peso y volumen del corcho en húmedo	Hinchazón y desprendimiento	Tinte del líquido	Cambio de color del corcho en húmedo	Control de peso y volumen del corcho seco	Cambio de color del corcho seco (*)
MUESTRA 1 (Agua)	1,8 g.	2,9 g.	NO	NO	Igual	1,8 g.	Igual (1)
MUESTRA 2 (Acido sulfúrico)	1,9 g.	4,1 g.	NO	NO	Amarillea	2,0 g.	Oscurece ligeramente (2)
MUESTRA 3 (Hidróxido sódico)	2,1 g.	9,5 g.	SI	SI	Oscurece	1,9 g.	Oscurece muy intensamente (5)
MUESTRA 4 (White Spirit)	1,6 g.	3,3 g.	NO	NO	Oscurece	1,6 g.	Igual (1)
MUESTRA 5 (Acetato de amilo)	1,7 g.	5,2 g.	NO	NO	Oscurece	1,7 g.	Igual (1)
MUESTRA 6 (Esencia de trementina)	1,7 g.	4,6 g.	NO	NO	Amarillea	1,7 g.	Ligeramente decolorado (0)
MUESTRA 7 (Acido acético)	1,9 g.	4,1 g.	NO	NO	Amarillea	1,9 g.	Igual (1)
MUESTRA 8 (Alcohol)	1,8 g.	5,7 g.	NO	NO	Oscurece	1,7 g.	Ligeras manchas Igual (1)
MUESTRA 9 (Nitro)	1,8 g.	6,5 g.	NO	SI	Oscurece	1,7 g.	Igual (1)
MUESTRA 10 (Dimetil)	2,1 g.	10,6 g.	NO	SI	Oscurece	1,8 g. (Merma)	Oscurece (3)
MUESTRA 11 (Amoniaco)	1,9 g.	7,1 g.	SI	SI (Oscurece)	Oscurece	1,6 g. (Merma)	Oscurece intensamente (4)
MUESTRA 12 (Acetona)	1,9 g.	7,8 g.	SI	SI	Oscurece	1,7 g. (Merma)	Ligeramente decolorado (0)
MUESTRA 13 (Tolueno)	1,6 g.	6,0 g.	NO	SI (Oscurece)	Amarillea	1,5 g.	Ligeramente decolorado (0)

* Vid., gráfico 39

Fig.105. Tabla de los resultados obtenidos al someter las distintas muestras a la acción degradante de diversos agentes químicos líquidos.

GRAFICO 36

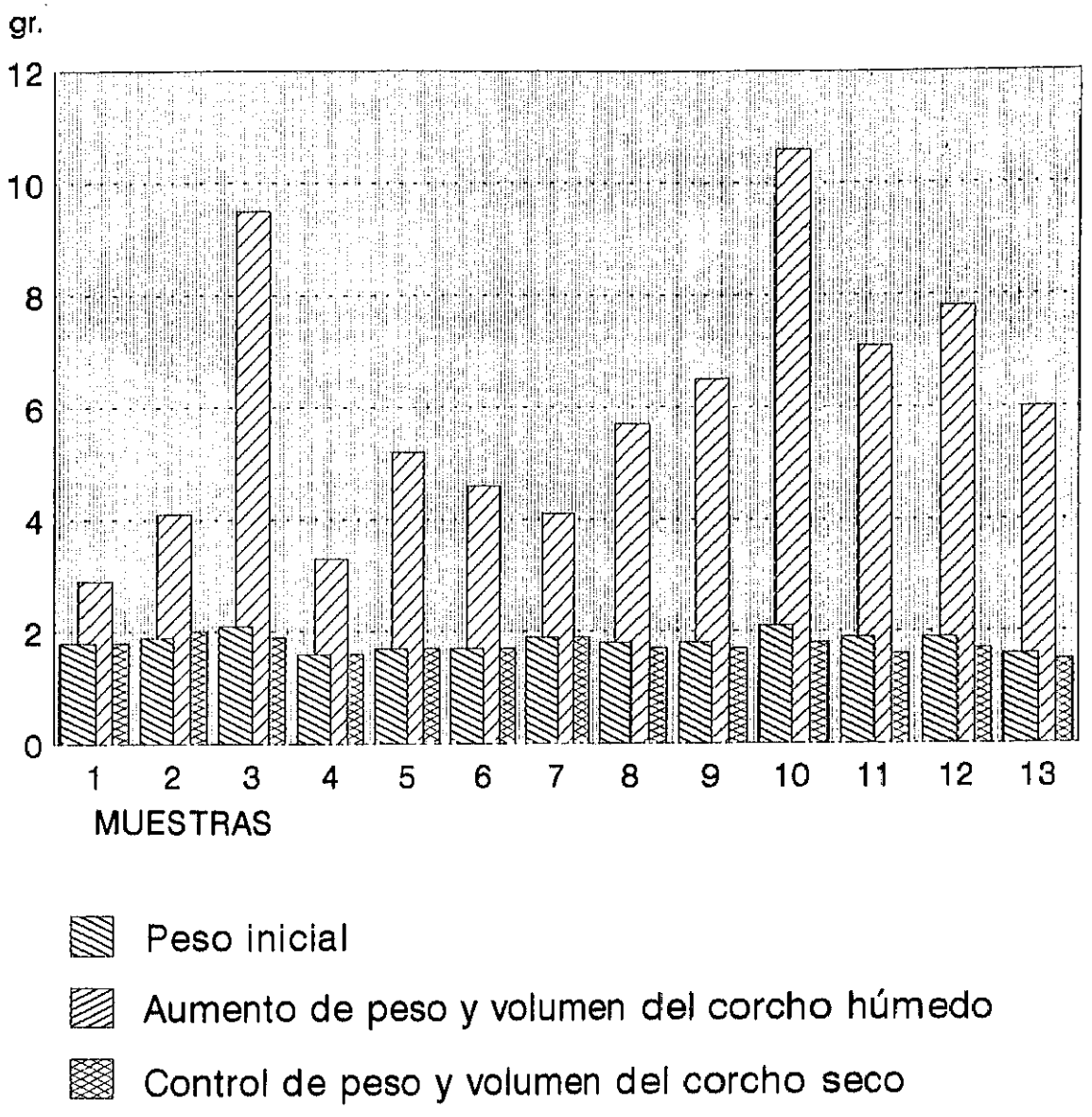


GRAFICO 36. Cambio del peso y volumen del corcho después de su inmersión en los diversos líquidos.

TINTE DEL LIQUIDO

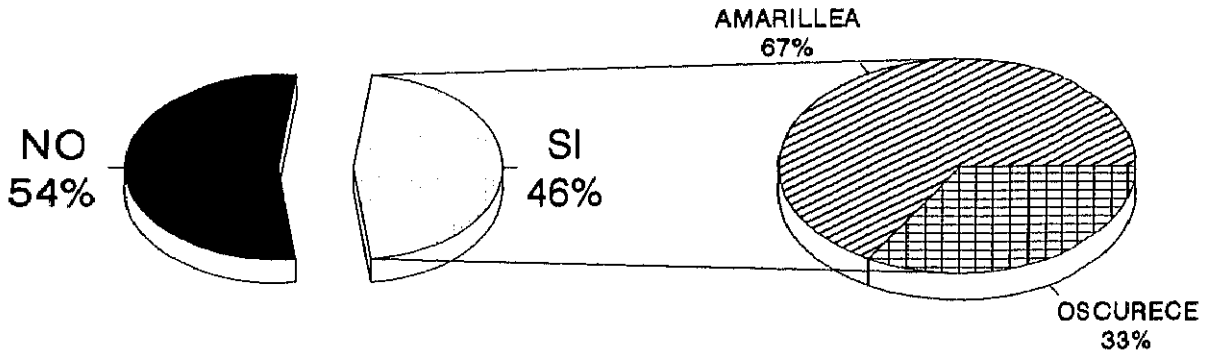


GRAFICO 37. Cambio de color de los diversos líquidos.

CAMBIO DE COLOR DEL CORCHO HUMEDO

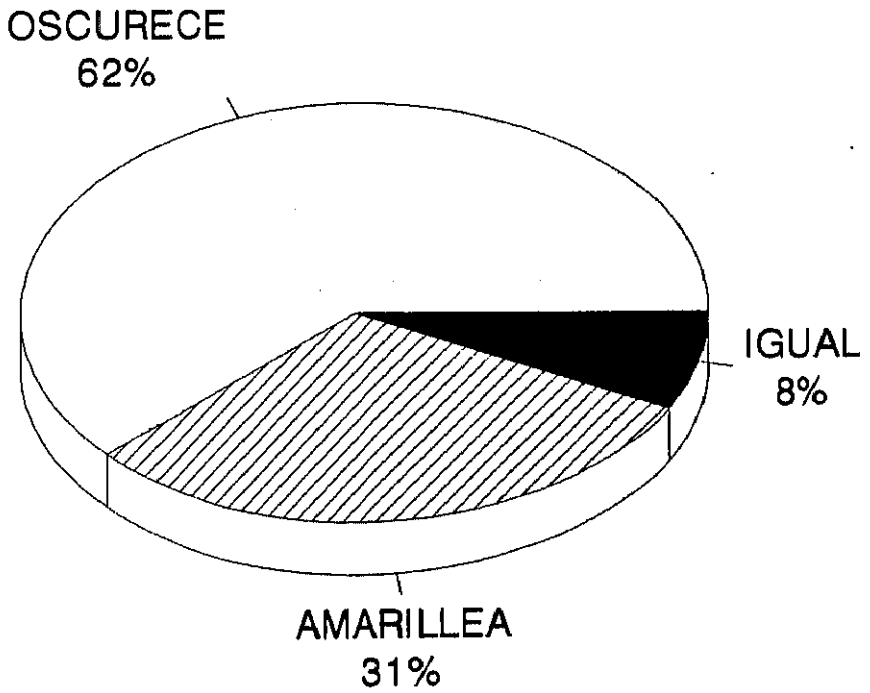
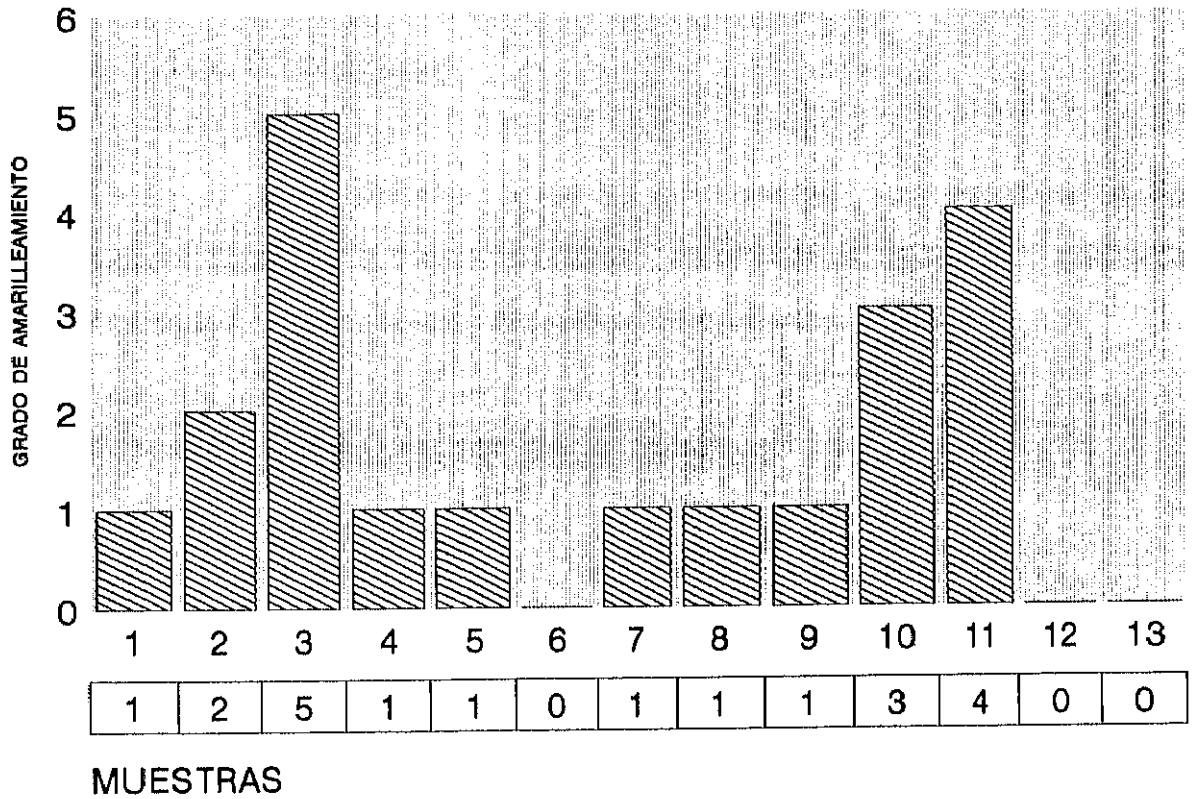


GRAFICO 38. Cambio de coloración del corcho húmedo.

CAMBIO DE COLOR DEL CORCHO SECO



(*) Para valorar (de modo empírico y aproximado), el cambio de coloración del corcho ya seco hemos otorgado los siguientes valores que abarcan desde el decolorado (0) hasta el muy oscurecido (5):

Decoloración..... 0
Muestra base..... 1
Ligero oscurecimiento..... 2
Oscurecimiento medio (tono marrón claro)..... 3
Oscurecimiento intenso (tono marrón oscuro)..... 4
Oscurecimiento muy intenso (tono marrón muy oscuro)..... 5

GRAFICO 39. Cambio de color del corcho seco.

10.3.1.2.RESISTENCIA DEL CORCHO FRENTE A POSIBLES AGRESIONES PICTORICAS

10.3.1.2.1. Objetivo

Esta prueba trata de determinar la resistencia del corcho frente a las posibles agresiones que se realizan pintando: incisiones, raspados con espátula, etc.

10.3.1.2.2. Realización de la muestra

En este ensayo hemos empleado una muestra (21 x 15cm) que se ha realizado uniendo a un contrachapado de madera (de 3mm) tres tipos de preparados comerciales: tejido de corcho, lámina de corcho de 2mm, y plancha de corcho de 5mm.

Para ello, se ha dividido la muestra (NºD.1) en tres partes y en cada una de ellas se ha pegado el corcho con pegamento de contacto (Bostik) de la forma indicada en la fig.106.

Una vez que el corcho y el contrachapado se encuentran adheridos, se pegan con primal AC33 y en sentido longitudinal, tres trozos de tela de lino Velázquez que ocupan un tercio aproximado de la maqueta.

Cuando ha curado el adhesivo se impriman con gesso sintético la tela de lino y la mitad del corcho.

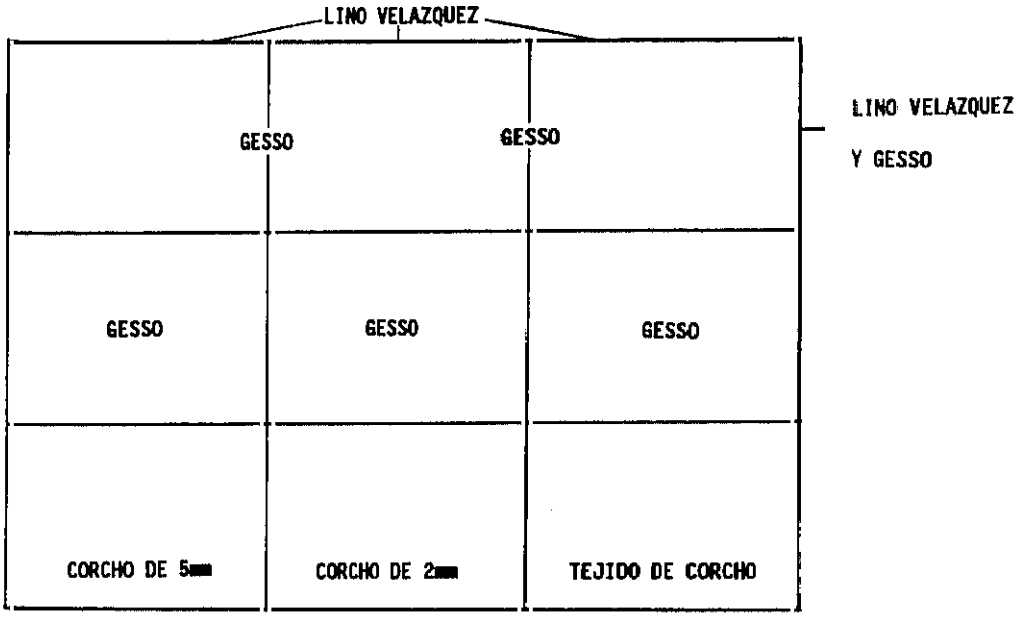
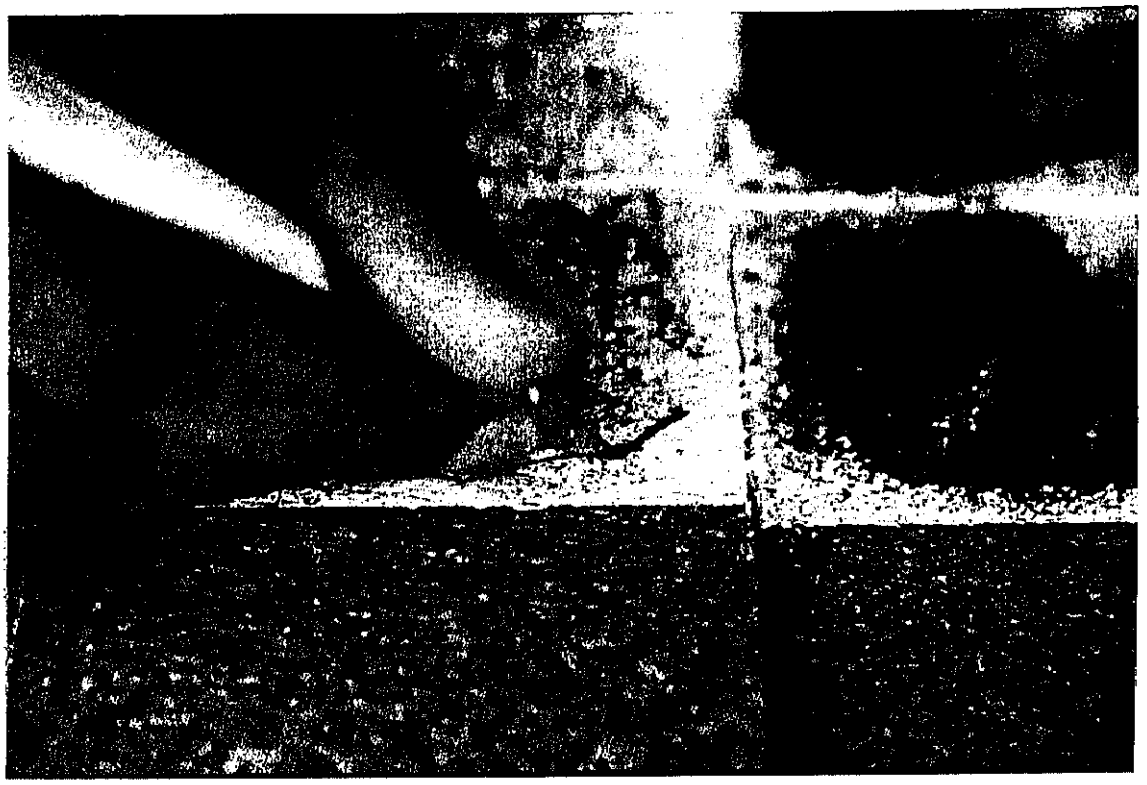


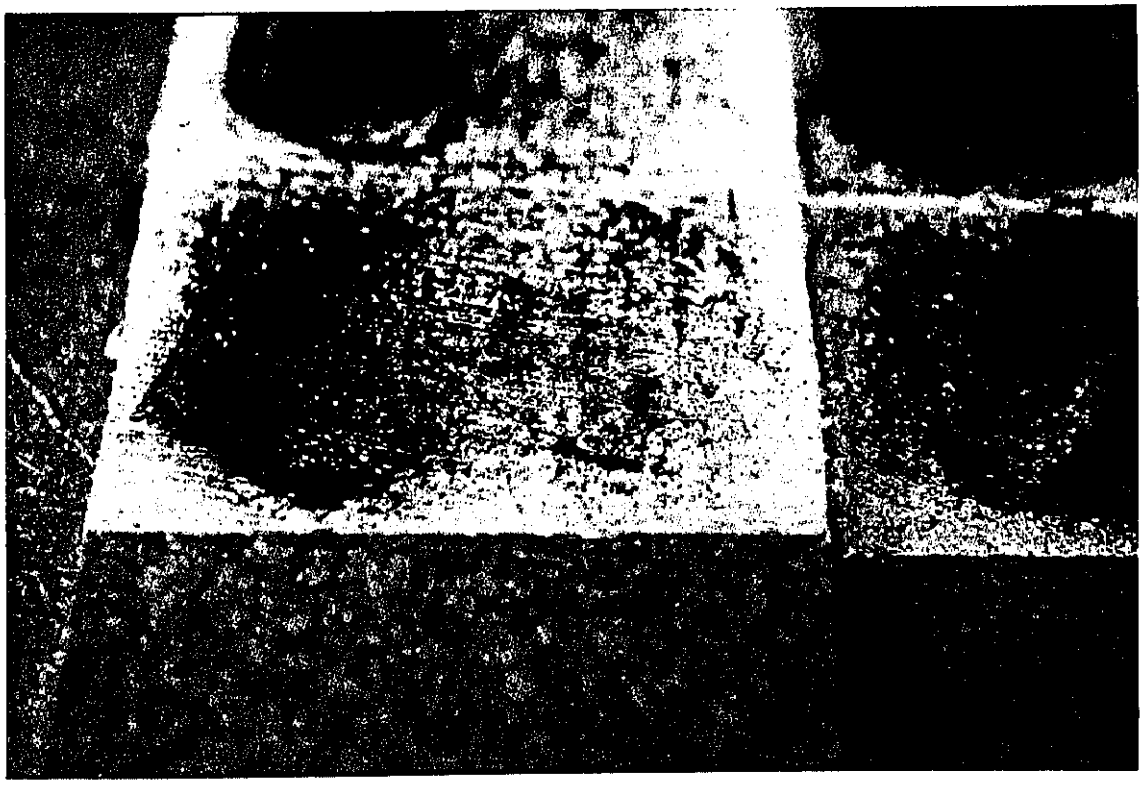
Fig.106. Colocación de tres tipos de corcho sobre el contrachapado

10.3.1.2.3. Agresión

Las agresiones realizadas pretenden reproducir las incisiones que habitualmente realiza el artista cuando dibuja y pinta. Se han efectuado dibujando con la punta afilada de grafito o de carbón y mediante raspados e incisiones realizados con una espátula al aplicar pintura al óleo (fots.161 y 162).



Fot.161. Incisión con punta de grafito
Fot.162. Aspecto de la muestra una vez producida la agresión



10.3.1.2.4. Resultados

El resultado obtenido mediante un simple examen organoléptico es el siguiente:

- El corcho de 5mm se hunde y deforma al ser agredido con la espátula o con la punta de grafito.

- Las incisiones realizadas sobre la tela de lino traspasan y quedan marcadas en el contrachapado.

- El corcho de 2mm se hunde menos que el de 5mm al incidir sobre el mismo.

A la vista de estas apreciaciones puede concluirse que:

a) Una capa de intervención de corcho gruesa (5mm) es inadecuada para un tipo de pintura "agresiva", aunque se podría emplear si el pintor aplica el color con pincel.

b) Una capa de intervención muy fina permite que se marquen los gestos de la ejecución artística sobre la capa base. Si, como en este caso, el tejido de corcho se pega sobre una superficie rígida, se evitarán hundimientos que se producen con el corcho de 5mm.

c) El corcho de 2mm es una lámina intermedia, con una buena resistencia a las incisiones y agresiones pictóricas y presenta un espesor en principio adecuado para poder intervenir sobre el mismo.

10.3.1.3. REVERSIBILIDAD DEL CORCHO COMO CAPA DE INTERVENCION FISICA

10.3.1.3.1. Objetivo

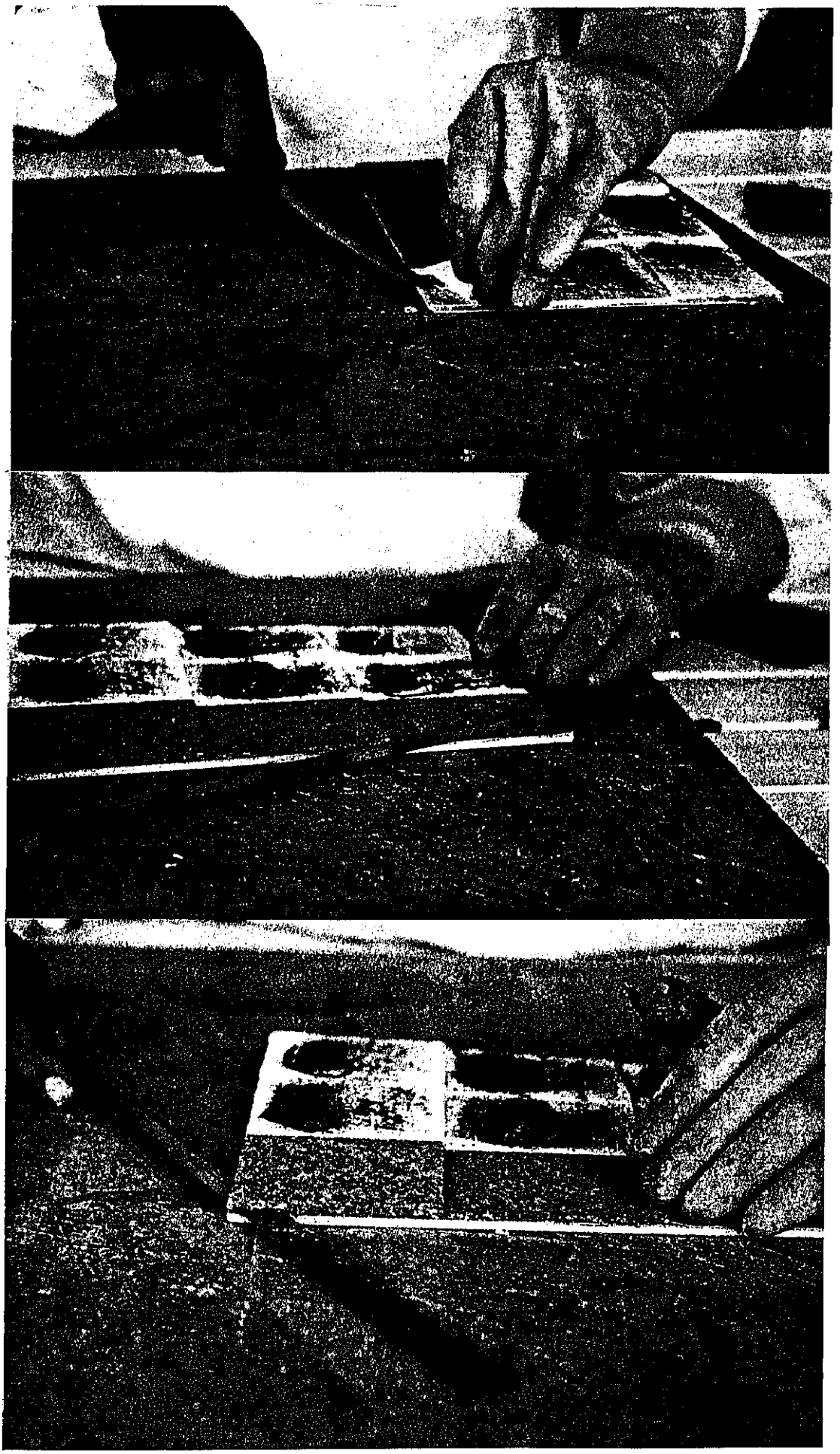
El objeto de esta prueba es comprobar que tipo comercial de corcho facilita más el re-tratamiento de la obra.

10.3.1.3.2. Preparación de la muestra

La muestra empleada es la misma que la del ensayo anterior (NºD.1).

10.3.1.3.3. Procedimiento

La prueba consiste en separar la capa base y los tres tipos de corcho empleados con una segueta (fots.163, 164 y 165).



Fots. 163, 164 y 165. Ensayo consistente en separar los distintos tipos comerciales de corcho de la capa base por medio de una simple segueta.

10.3.1.3.4. Resultados

- El corcho de 5mm de espesor se separa con gran facilidad del estrato subyacente.

- La reversibilidad del tejido de corcho es complicada debido a su escaso espesor, produciéndose rasgados. Si el pintor desea emplearla como capa de intervención puede serle difícil hacer re-tratable el sistema, por lo que requeriría la ayuda de un restaurador.

- La plancha de corcho de 2mm se separa fácilmente de la capa base, aunque la operación es algo más difícil que la del de 5mm.

A la vista de estas apreciaciones se concluye que:

a) Cuanto mayor es el espesor del corcho más sencillo es el re-tratamiento posterior del sistema.

b) Si se desea combinar una "reversibilidad" y una resistencia a las agresiones adecuadas, se recomienda emplear corcho de 2mm como capa de intervención física.

10.3.2. ENSAYOS SOBRE LA CAPA DE INTERVENCION QUIMICA

10.3.2.1. COMPORTAMIENTO DEL PRIMAL AC33 COMO CAPA DE INTERVENCION QUIMICA

10.3.2.1.1. Objetivo

El objetivo de estas pruebas es estudiar la reversibilidad del Primal AC33 ante un posible re-tratamiento, tanto por el pintor durante el proceso de realización del soporte, como por los restauradores en una posible intervención posterior.

Como ya indicamos anteriormente (vid., pto.8.3.3. del trabajo) no es lo mismo hacer soluciones de adhesivo "in vitro" y comparar este proceso con los procedimientos que se necesitan para disolver el adhesivo "in situ", es decir, una vez pegado a las distintas capas del soporte. Las últimas investigaciones reconocen que existe una diferencia entre la solubilidad química o técnica y la solubilidad en la practica, que como indicamos los expertos denominan "remoción".

Este ensayo no tiene como objeto estudiar de modo científico el comportamiento del Primal AC33, ni tampoco comprobar la veracidad de algunas de sus propiedades como su resistencia al pelado, cambios de color, hinchazón de las

películas secas (solubilidad), etc. Aparte de los datos que ofrece Rohm and Haas (vid., Apéndices A y B al final del Tomo II de la memoria) existen sobre el tema detallados estudios que proporcionan información sobre la durabilidad real a largo plazo del Primal AC33 y de otras dispersiones acrílicas [201].

Este ensayo pretende únicamente mostrar a nivel práctico cómo se pueden hacer reversibles los soportes propuestos de forma sencilla. Por ejemplo, si el pintor está pegando con Primal AC33 una tela sobre una de las capas base inertes que se han descrito y se confunde (por ej., le sale una arruga), ¿puede repetir el proceso incluso en el caso de que el Primal hubiera curado?.

---

201 Estudios sobre el comportamiento del Primal AC33 aplicado en conservación (campo afín al pictórico en el que se tienen en cuenta propiedades como la permanencia, estabilidad y reversibilidad, que no son tan importantes a nivel industrial), pueden encontrarse en: M.C. Duffy: "A study of acrilic dispersions used in the treatment of paintings" (Journal of the AIC, vol.28, nº2, 1989, pp.67-77), dónde se comparan el Primal AC33 y otras cuatro dispersiones acrílicas después de ser sometidas a un ensayo de envejecimiento acelerado, ofreciendose los resultados de los tests de pelado, medidas en el cambio de color y de hinchazón de las películas. Un ensayo parecido, con números gráficos explicativos puede encontrarse en: R. Howells, A. Burnstock, G. Hedley y S. Hackney: "Dispersions de polymeres artificiellement vieillis" (IIC Adhesifs et Consolidants, X Congrés International, París 2-7 Sept., 1984, pp.33-40). Ambos artículos (con numerosa bibliografía técnica) indican que la reversibilidad del Primal AC33 es adecuada después del envejecimiento porque presenta un valor medio, ni gran reversibilidad ni poca reversibilidad.

Para comprobarlo se han comparado los resultado obtenidos en dos probetas iguales una de las cuales se ha sometido a la acción degradante de la radiación ultravioleta y de la temperatura (50ºC) en una Cámara de Envejecimiento Artificial Acelerado.

El re-tratamiento se ha efectuado de dos maneras: activando el adhesivo aplicando calor o por medio de un disolvente (tolueno).

10.3.4.2. Realización de las muestras

Las muestras empleadas son la E.5.A y E.5.B. utilizadas también en otro ensayo del trabajo (vid., pto.10.4.1 de la memoria). Se trata de dos maquetas iguales una de las cuales (E.5.B), como ya se ha indicado, ha sido degradada en una Cámara de Envejecimiento Artificial Acelerado.

Ambas muestras presentan una estructura general tipo "sandwich" que es la siguiente:

- Capa base: cerrada en "sandwich" simétrico con núcleo de espuma rígida de poliestireno expandido, laminado con mat de vidrio y resina epoxi. Bordes: una capa de masilla de fibra de vidrio (Ceys, 2C) y otra capa de masilla de poliéster para carrocerías (Ceys, 2C).

- Adhesivo (capa de intervención química): Primal AC33 al 20% en tolueno. Como se indicará posteriormente todos los estratos de las muestras se han pegado al vacío.

- Cuatro tipos de capa receptora: 1ºFibra de vidrio y resina epoxi; 2º Tela de preparación industrial de algodón con preparación sintética; 3º Tela M/20 para óleo con imprimación a la media creta poco absorbente (Macarrón); y 4º Tela M/2T para temple con imprimación a la creta absorbente (Macarrón).

- Preparación: Se dejan sin preparar 4'5 cm de la probeta y únicamente se aplica gesso sintético (dos manos) sobre la fibra de vidrio y la resina epoxi (tal como se aprecia en la fig.107).

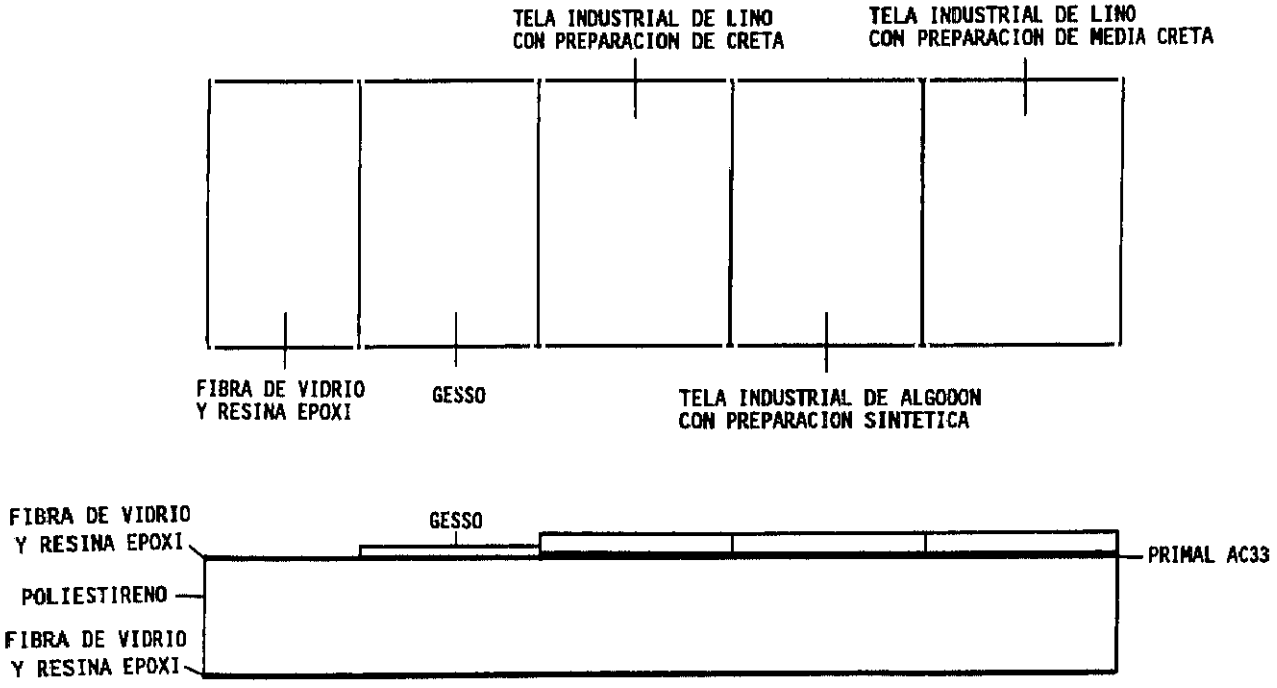


Fig.107. Vista frontal y perfil de las muestras E.5.A y E.5.B.

10.3.4.3. Procedimiento

Ambas muestras se dividen por la mitad en sentido longitudinal con el fin de realizar un re-tratamiento con calor en su lado derecho y con disolvente en su lado izquierdo.

Al realizar el ensayo se han tenido en cuenta los siguientes aspectos generales:

- El tiempo requerido para hacer reversible el sistema.

- La temperatura que se precisa para hacer soluble el adhesivo.

- La cantidad de material que va a ser removido o re-tratado. La proporción de Primal aplicada (dos capas finas) es la justa para unir fuertemente los estratos. Si se da un exceso se requeriría una gran cantidad de agente activante (tolueno) y esto podría producir goteo del mismo o una excesiva impregnación de la capa receptora.

- Los posibles efectos antiestéticos que el re-tratamiento puede causar en el resto de las capas del soporte.

A) Re-tratamiento con calor

- Se aplica calor en el lado izquierdo de la muestra (E.5.A) con una plancha a 70ºC. En medio minuto y casi al instante, el Primal AC33 reblandece y se vuelve viscoso, lo que permite separar cada trozo de tela con facilidad del estrato inferior.

Esta misma operación se repite con la muestra envejecida (E.5.B), cuyo re-tratamiento es idéntico al de la muestra original (E.5.A) no haciendo falta incrementar el tiempo de aplicación de la fuente de calor ni aumentar la temperatura (fots.166 a 169).

- Para comprobar la reversibilidad en sentido inverso, se vuelven a adherir las telas a la capa base. Para ello se colocan los ángulos despegados de cada tela sobre la capa base y se aplica presión y calor durante medio minuto hasta que queda perfectamente adherida (fots.170 y 171).

Este ensayo empírico nos lleva a la conclusión de que el envejecimiento acelerado al que fue sometida la muestra E.5.B no afecta significativamente a la reversibilidad del sistema con calor.

B) Re-tratamiento con disolvente

Para comprobar el posible re-tratamiento del Primal AC33 por activación con un disolvente hemos utilizado tolueno. Este producto, según los estudios de M. Duffy[202], es la mejor elección entre los diversos disolventes que se pueden emplear para hinchar los "films".

El procedimiento operatorio ha sido el siguiente:

- La mitad derecha de la muestra E.5.A. se ha activado con tolueno dejándolo actuar durante medio minuto. El proceso ha consistido en aplicar el producto con un pincel en el borde la cada tela hasta que el adhesivo se vuelve viscoso permitiendo separarlas (fots.172 y 173).

- Esta misma operación se repite con la muestra envejecida (E.5.B), cuyo re-tratamiento es idéntico al de la prototipo (fots.174 y 175).

- Para comprobar la reversibilidad del sistema en sentido inverso, se ha repetido el proceso volviendo a activar el Primal con tolueno y pegando de nuevo las telas a la capa base (fot.176).

---

202 M.Duffy, op.cit., 1989, p.74.

- Las huellas que deja el tolueno en húmedo desaparecen cuando se volatiliza, sin que queden manchas apreciables en ninguna de las telas ni en las preparaciones (recordemos que son telas de preparación industrial), (fot. 177).

- Tanto en el re-tratamiento por calor como por activación con disolvente se debe tener cuidado de que durante el proceso de manipulación no se impregne la tela. En el primer caso, no debe sobrepasarse la temperatura adecuada y en el segundo, la cantidad de disolvente empleado debe ser la justa.

Esta prueba, aunque empírica, nos indica que el envejecimiento acelerado al que fue sometida la muestra E.5.B no afecta significativamente a la reversibilidad del sistema por activación con disolvente.

10.3.4.4. Resultados

a) El emplear Primal AC33 como capa de intervención química presenta las siguientes ventajas: baja toxicidad, fácil reversibilidad "short term" (el tiempo medio empleado ha sido de medio minuto y la temperatura de 70ºC), y compatibilidad con otros materiales. No ocurriría lo mismo si la adhesión entre la capa base y la capa receptora se hubiera realizado, por ejemplo, con acetato de polivinilo que, aunque también es un adhesivo termoplástico, presenta el inconveniente de

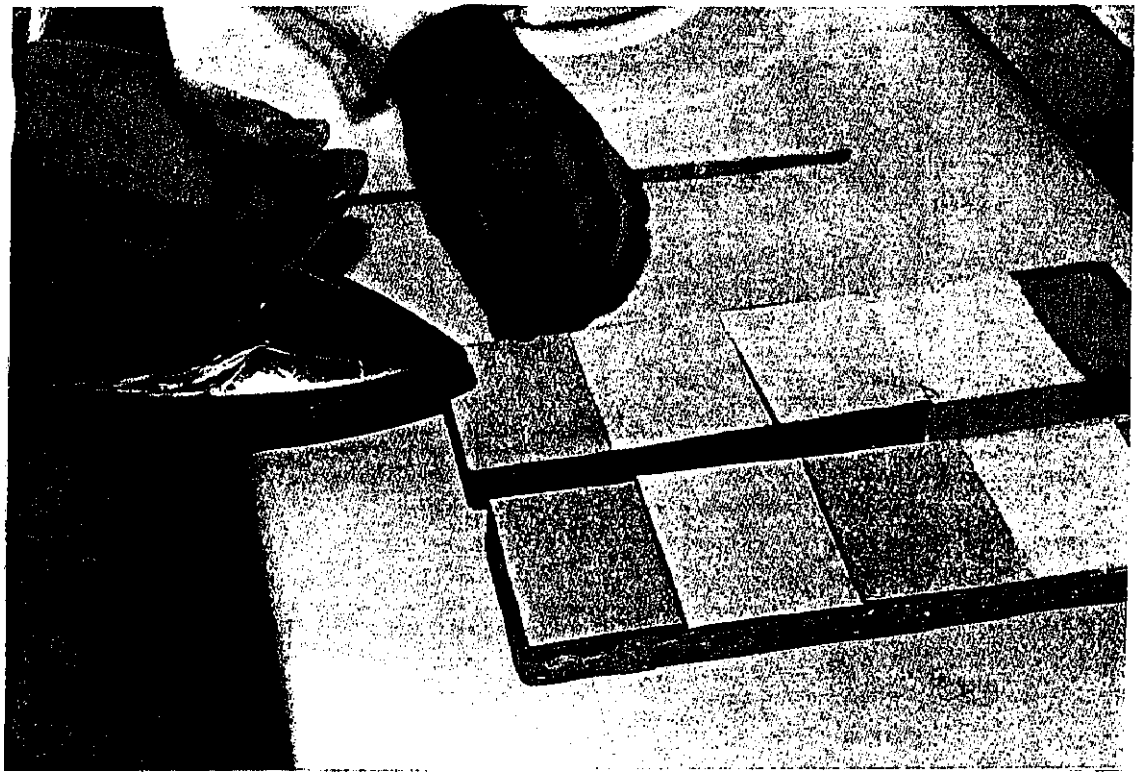
que su re-tratamiento sólo es posible a partir de los 90ºC o 120ºC (la temperatura varía según el tipo empleado).

b) La posibilidad de hacer re-tratable el sistema empleando Primal AC33 permite pegar y despegar la capa receptora de la capa base tantas veces como e desee por activación por calor o con disolvente. Esto es muy cómodo para el pintor, que si desea rectificar y volver a pegar cualquier tela, papel, cartón, etc., puede realizar fácilmente la operación activando el adhesivo.

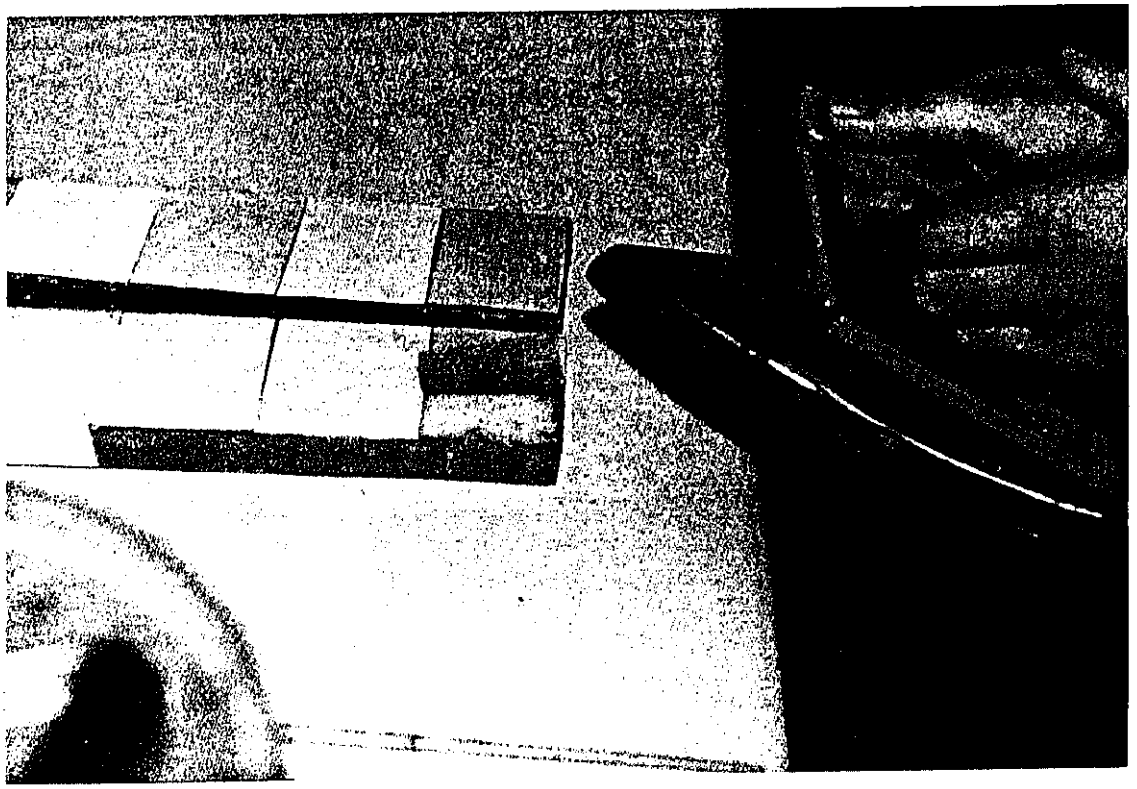
c) Como ya se ha indicado y siempre que la manipulación de los agentes activantes sea correcta la reactivación del Primal AC33 no tiene por que incidir negativamente en los demás estratos del soporte (dejando, por ejemplo, huellas o manchas).

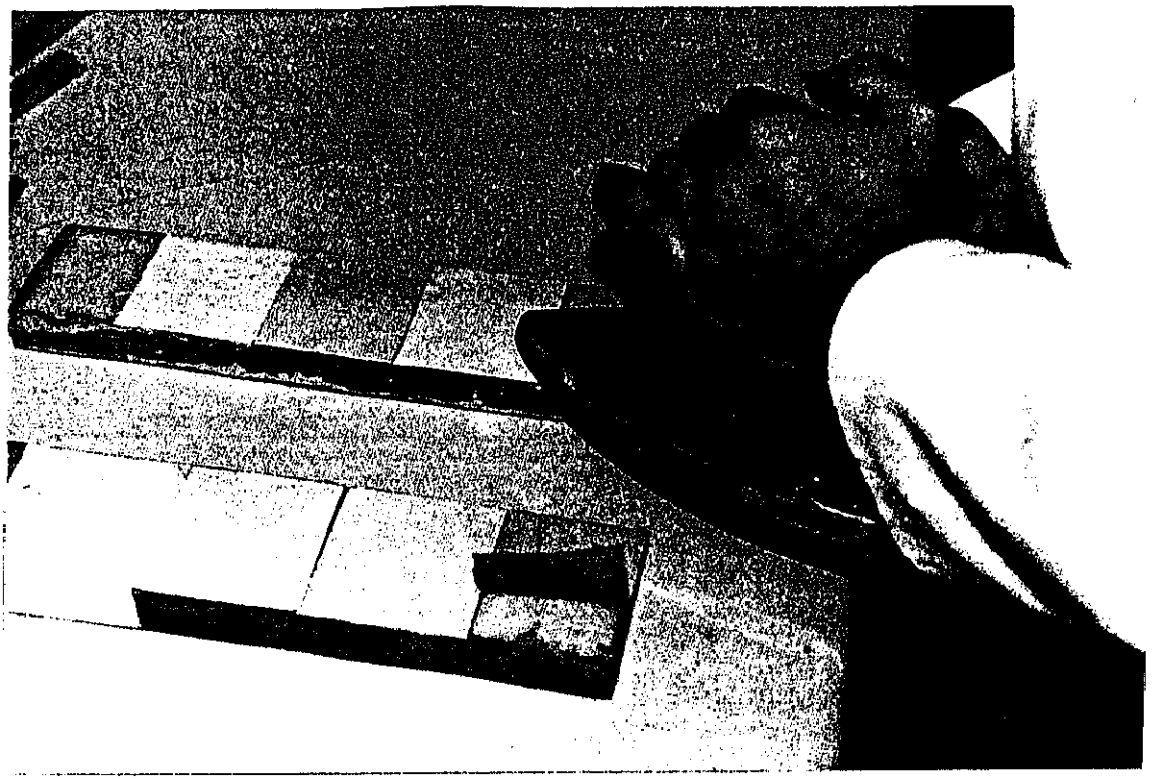
d) El empleo de Primal AC33 como capa de intervención química ofrece al pintor la posibilidad de aplicar el producto sobre diversas capas base y activándolo posteriormente cuando lo desee. Esto es muy cómodo para el pintor que en cualquier momento y con solo activar el Primal durante unos segundos, puede pegar un papel o una tela que queda lista para ser preparada.

e) Al ser el Primal AC33 un producto re-tratable, una posible intervención futura de los restauradores se ve enormemente facilitada.

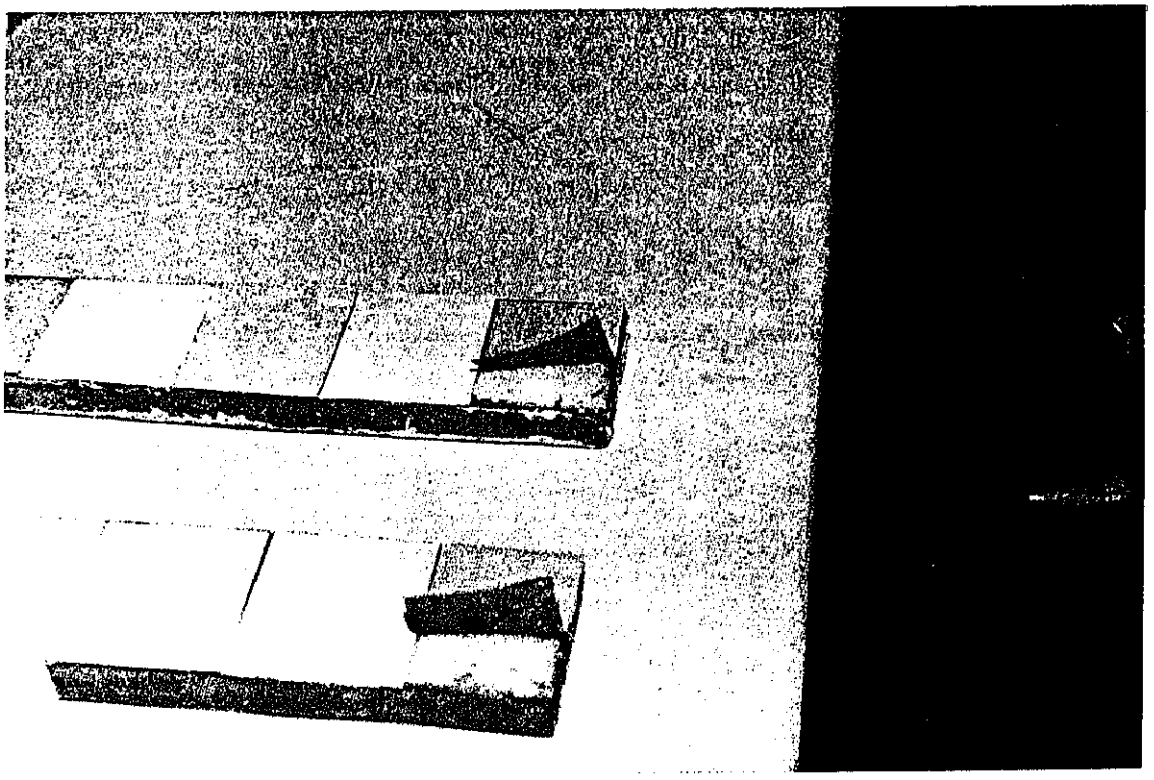


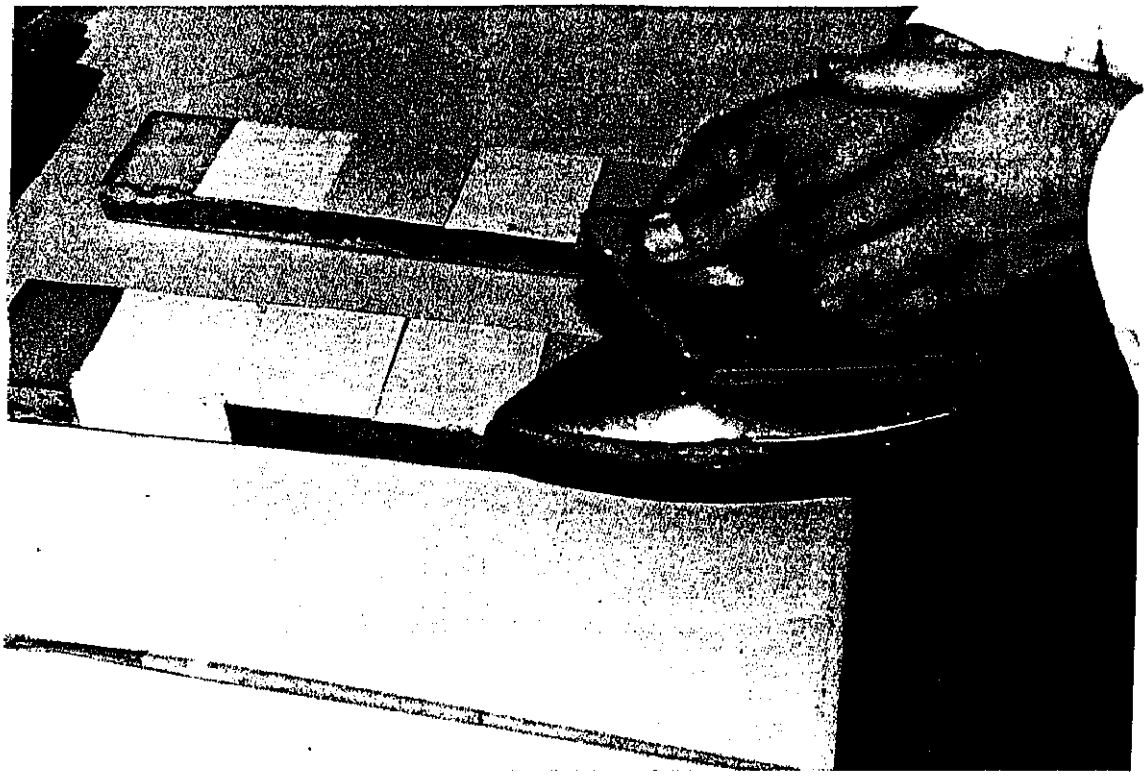
Fot.166. Ejemplo de re-tratamiento con calor. Se aplica calor en el lado izquierdo de la muestra envejecida (E.5.B) con una plancha a 70ºC.
Fot.167. El Primal AC33 reblandece y se vuelve viscoso al instante, lo que permite separar fácilmente la tela.



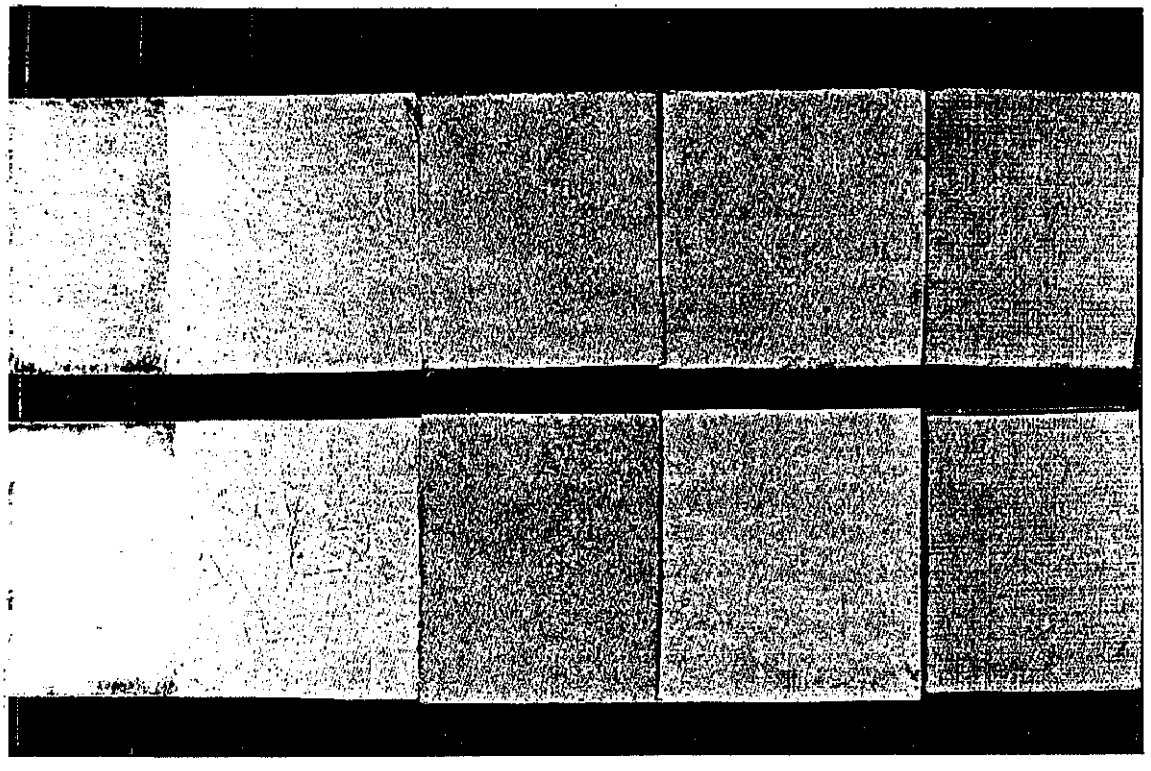


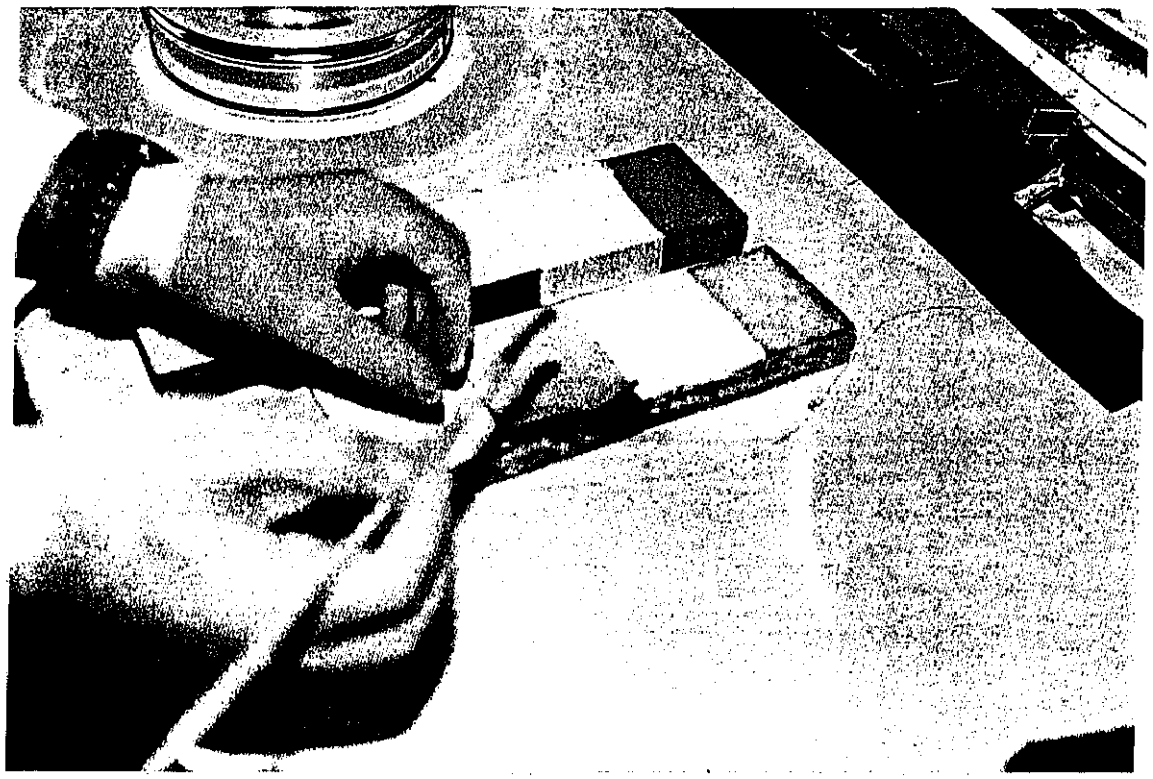
Fot.168. La misma operación se repite con la muestra prototipo (E.5.A).
Fot.169. Aspecto de las muestras una vez separada la tela del estrato subyacente.



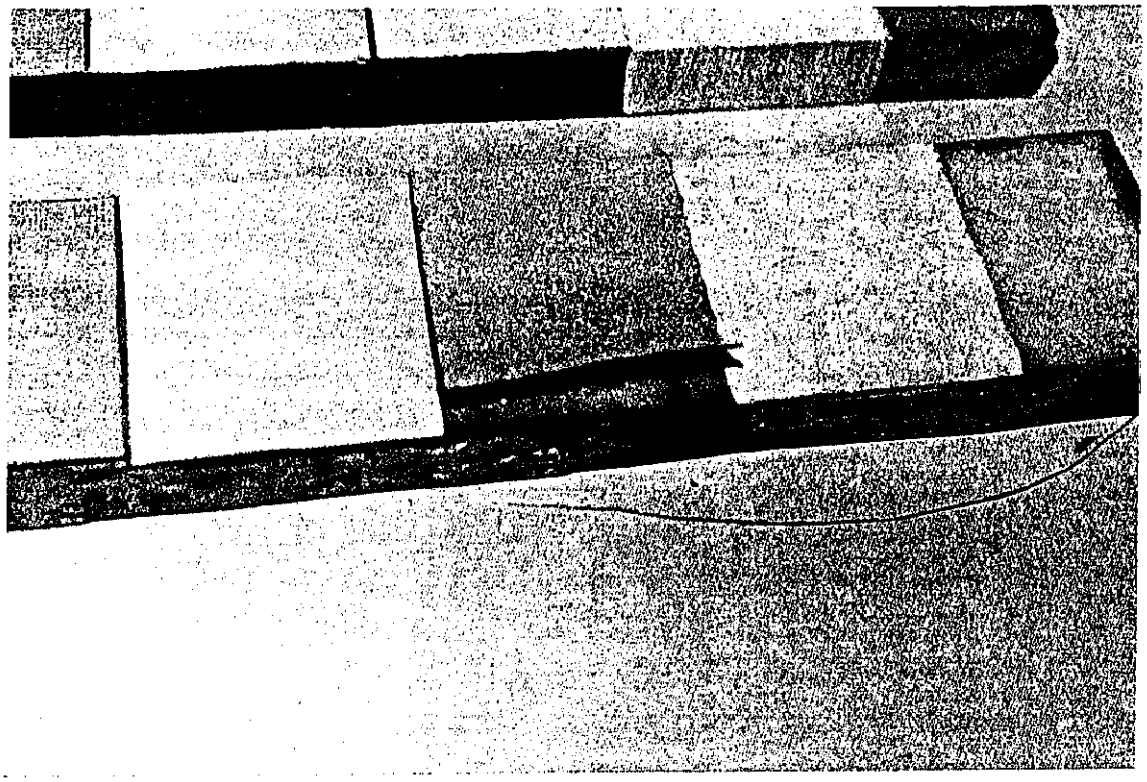


Fot.170. Para comprobar la reversibilidad en sentido inverso, se vuelven a unir las telas a la capa base aplicando calor durante medio minuto.
Fot.171. Aspecto de las muestras E.5.A y E.5.B después del re-tratamiento con calor. La adhesión entre los estratos es correcta.

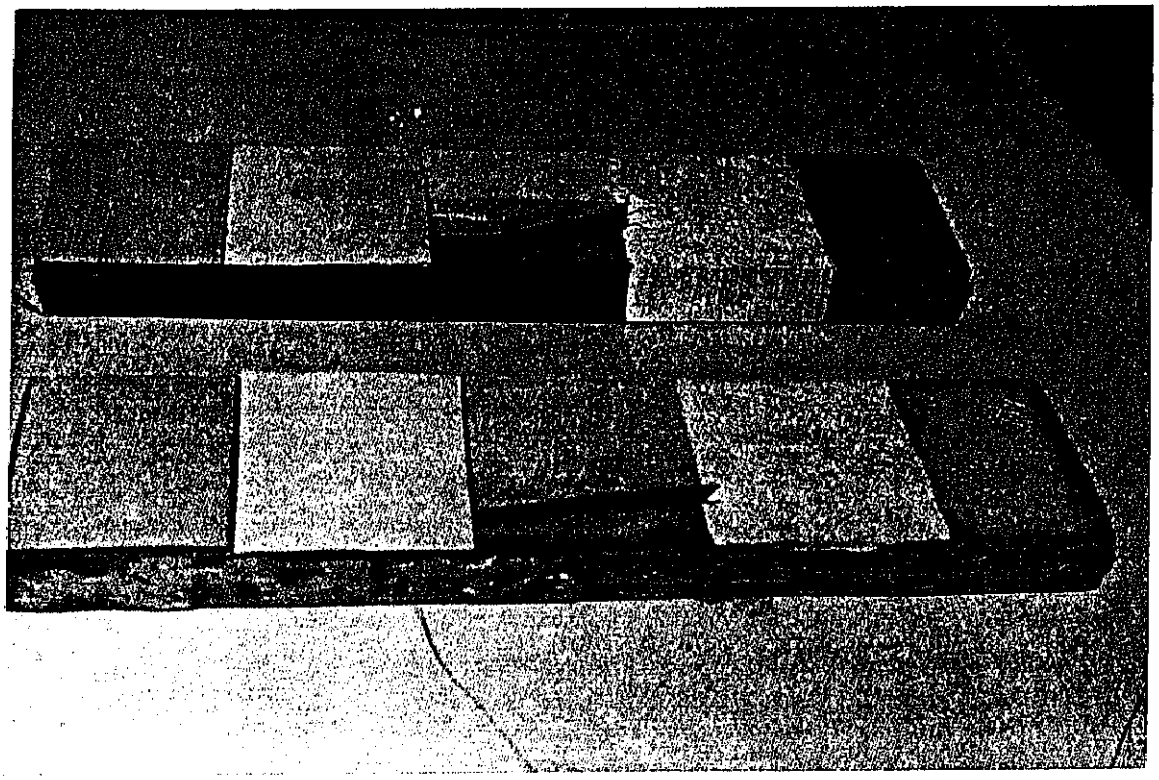


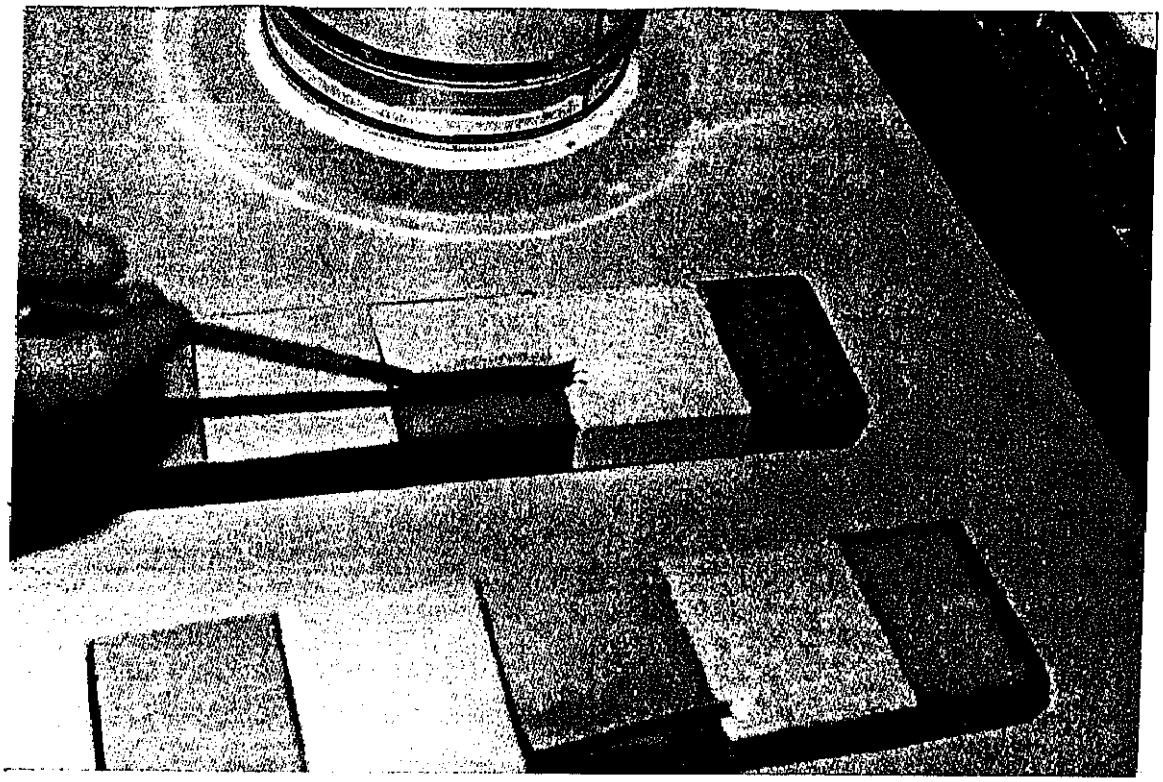


Fot.172. Ejemplo de activación del Primal AC33 con tolueno. El disolvente se aplica en la mitad derecha de la muestra (E.5.A).
Fot.173. El tolueno se deja actuar durante medio minuto hasta que el adhesivo se vuelve de nuevo viscoso permitiendo separar la tela.

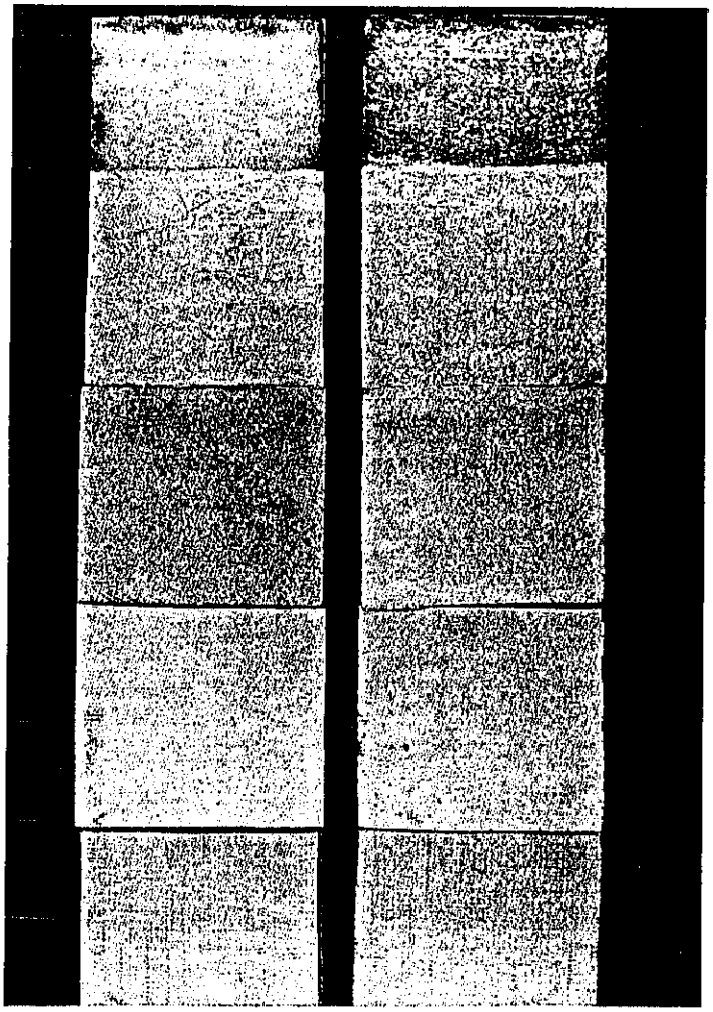


Fot.174. La operación se repite en la muestra envejecida (E.5.B).
Fot.175. Aspecto de las muestras una vez separadas las telas del estrato subyacente.





Fot.176. Para comprobar la reversibilidad en sentido inverso, se vuelve a aplicar tolueno para re-activar el Primal y se presiona durante breves minutos hasta que las telas vuelven a quedar firmemente adheridas.
Fot.177. Aspecto final de las muestras después de su re-tratamiento. Puede observarse que una vez evaporado el tolueno, las manchas desaparecen sin dejar huellas en las telas.



10.4.1. ENSAYO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LAS DISTINTAS CAPAS DEL SOPORTE Y LA CAPA PICTORICA ANTE LA ACCION DEGRADANTE DE LA TEMPERATURA Y LA RADIACION ULTRAVIOLETA EN UNA CAMARA DE ENVEJECIMIENTO ARTIFICIAL ACELERADO

10.4.1.1. Objetivo

El objeto de este ensayo es estudiar el comportamiento de los distintos estratos de los principales soportes propuestos y su relación con los distintos aparejos (creta y gesso sintético), cargas y pigmentos, después de haber sido sometidos a los efectos degradantes de la temperatura y de la radiación ultravioleta de una Cámara de Envejecimiento Artificial Acelerado.

10.4.1.2. Descripción y realización de las muestras

Se han realizado veinticuatro muestras, de las cuales, doce se someterán a la acción degradante de la cámara de envejecimiento, y las otras doce (que son exactamente iguales que las primeras), sirven de muestra prototipo para realizar un examen comparativo posterior.

Para denominar las muestras se ha utilizado la siguiente nomenclatura: Las maquetas prototipo con la letra "E" y el número correspondiente más la letra "A" (ej.:

E.4.A) y en las degradadas se ha sustituido la letra "A" por la "B" (ej.: E.4.B.).

El tamaño de las maquetas se ha adaptado al de los soportes metálicos que se insertarán en el carrusel de la Cámara de Envejecimiento (29'5 cm x 7 cm.).

Su proceso general de fabricación ha sido el siguiente:

a) En primer lugar se ha confeccionado el soporte con sus distintos estratos (capa base, capa receptora y capa de intervención).

Las capas base realizadas tienen una estructura similar a las ya descritas en el capítulo 9 de esta memoria (fot.178).

El adhesivo empleado para unir la capa base y la capa receptora es Primal AC33 al 20% en tolueno. Esta emulsión acuosa de polímero acrílico que, como anteriormente indicamos (vid., pto. 8.3.3. del trabajo), actúa como capa de intervención química, se ha aplicado a las muestras, activándose posteriormente con tolueno en el momento de su utilización.

La unión entre las distintas capas del soporte se ha realizado al vacío empleando una mesa caliente con el fin de que la adhesión fuese óptima. El proceso seguido se describe e ilustra a continuación (fot. 179 a 184):

- Se colocan las muestras correspondientes a las capas base en la mesa caliente [203].

- Se activa con tolueno el Primal AC33 previamente aplicado sobre las capas base.

- Se colocan las distintas capas receptoras (telas y papeles) sobre las capas base correspondientes (fot.179).

- Se cubren las muestras con teflón y se hace el vacío a temperatura ambiente y con una presión de 0'6 atm.,(fot.180). Para que la adhesión fuese óptima se trabajan las muestras con un rodillo (fot.181). En algunas de las maquetas aparecen una serie de manchas producidas por el

---

203 Acerca de las características, diseño y aplicaciones de la mesa caliente vid.: B. Hacke, "Low pressure, heat, moisture, stretching. Notes on furter developments", ICOM, Committee for Conservation, 6th Triennial Meeting, Ottawa, 1981, p.81/2/8; Vishwa Raj Mehra, "Cold lining and its scope: some case histories", ICOM, Committee for Conservation, 7th Trienial Meeting, Copenhagen, 10-14 Sept., 1984, pp.84/2/31-84/2/33; A. Reeve, P. Ackroyd y A. Stephenson-Wright, "The multi-purpose low preassure conservation table", National Gallery Technical Bulletin, vol.12, 1988, pp.4-15 (con abundante bibliografía final sobre el tema).

tolueno (fot.182) pero cuando se evapora las huellas desaparecen (fots.183 y 184).

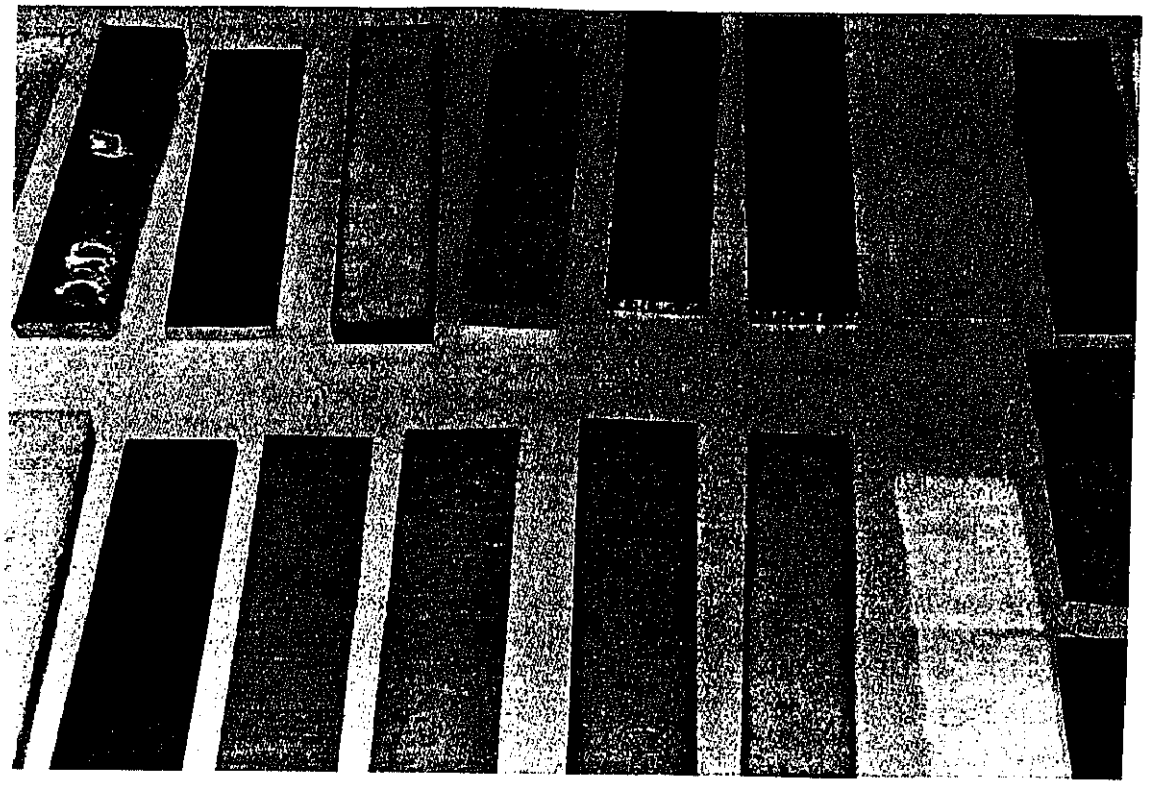
- Se dejan las muestras aproximadamente una hora hasta que el adhesivo ha curado y se retiran.

b) En segundo lugar se han aplicado dos tipos de preparación: creta (1 vol.blanco de titanio; 1 vol. de yeso mate -sulfato de cal-; 1 y 1/4 vol. de cola de conejo; 1 vol. de agua) y gesso sintético de "Vallejo" (polímero acrílico en emulsión; bióxido de titanio y pigmento blanco).

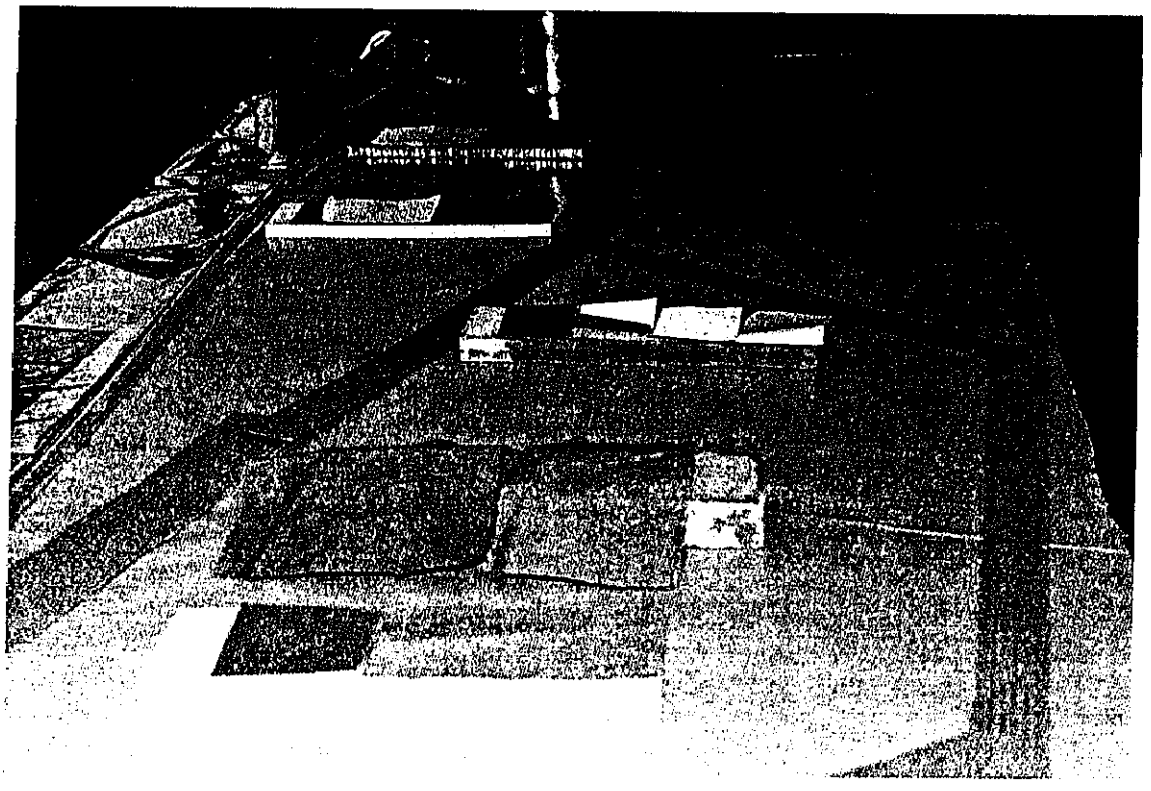
Como veremos, en las maquetas E.5.A y E.5.B, se han empleado telas de preparación industrial que se describirán posteriormente.

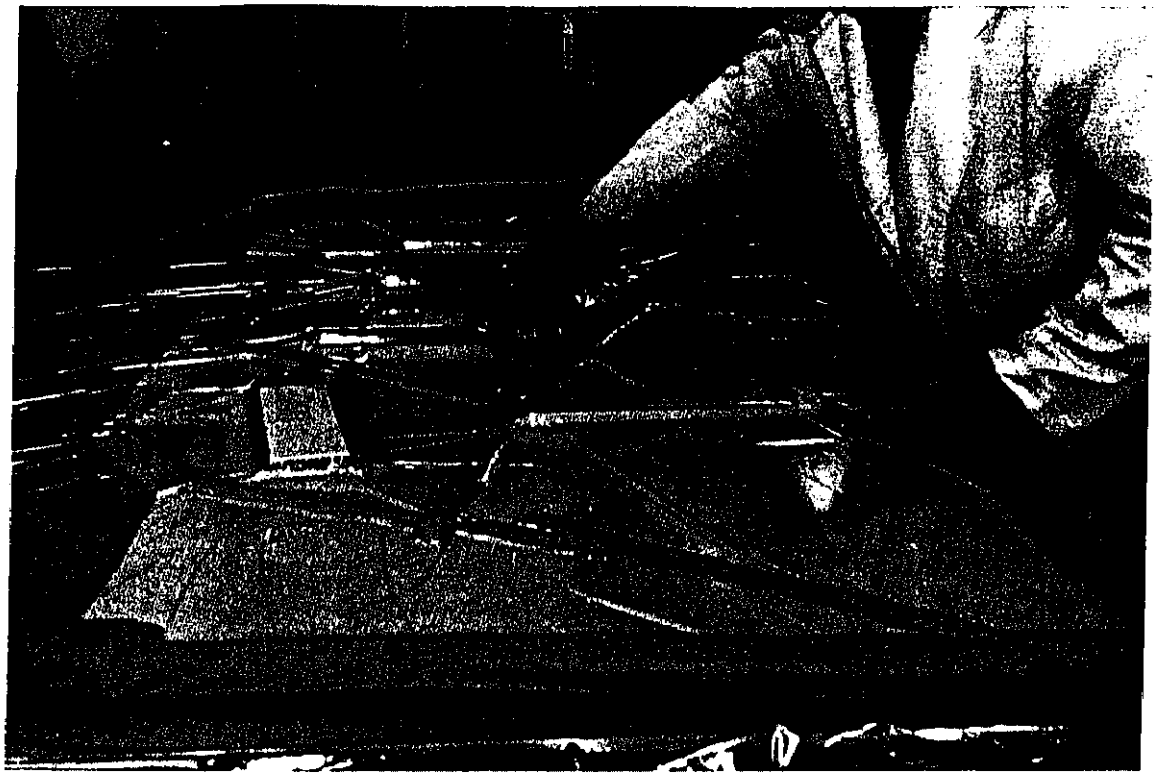
c) Algunas maquetas llevan sobre la preparación una carga (piedra pómez y acetato de polivinilo) con el fin de comprobar su comportamiento ante el envejecimiento acelerado al que serán sometidas. Las proporciones empleadas son: 50% de piedra pómez; 40% de "Alkyl" y 10% de agua.

d) En las maquetas E.9.A; E.9.B; E.10.A; y E.10.B, aparte de la carga matérica, se ha aplicado una pintura acrílica (amarillo de oro de "Liquitex"), con el fin de observar su respuesta después de los ensayos degradantes.

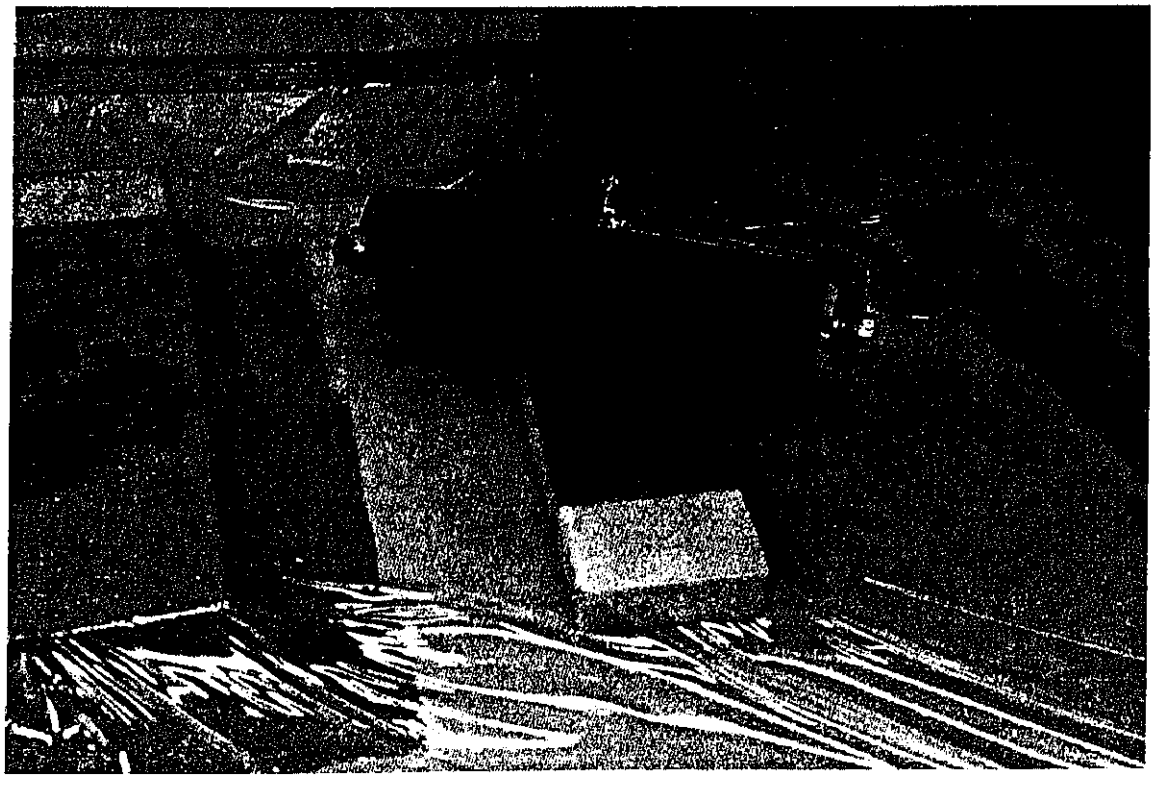


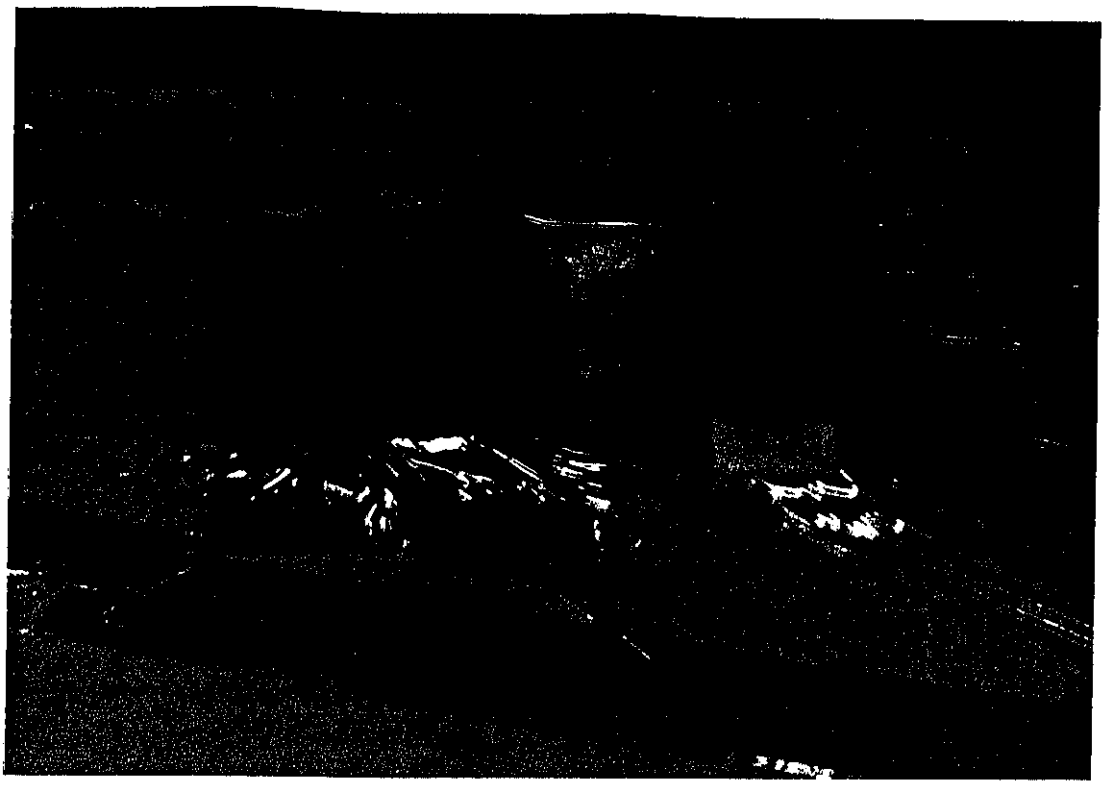
Fot.178. Aspecto de las distintas capas base antes de añadirles los demás estratos constitutivos del soporte.
Fot.179. Aspecto de las muestras con sus distintos estratos (capa base, capa de intervención química -Primal AC33 activado con tolueno- y capa receptora), antes de realizar el vacío.



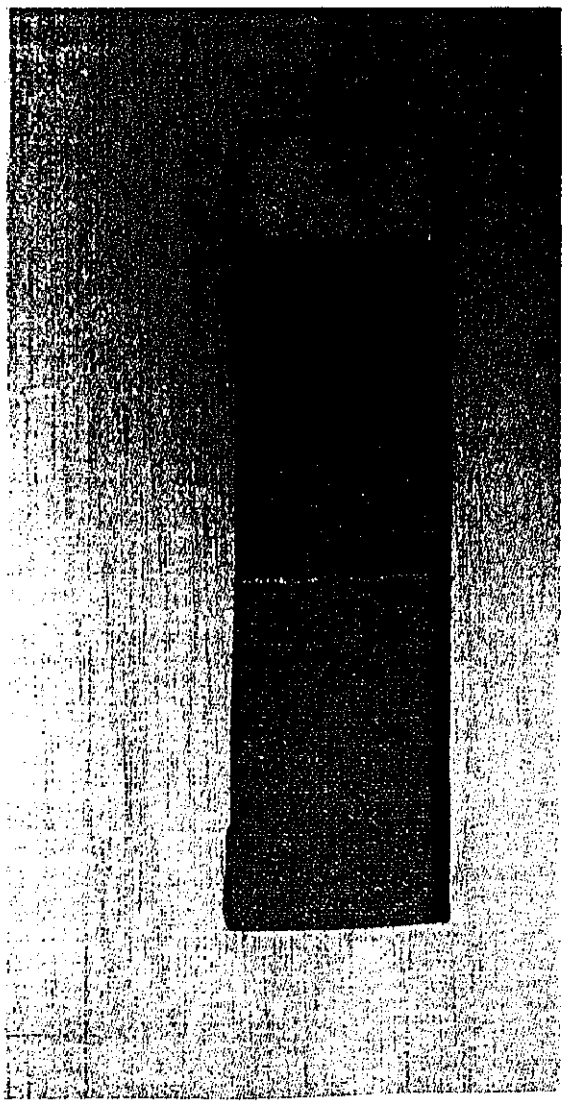


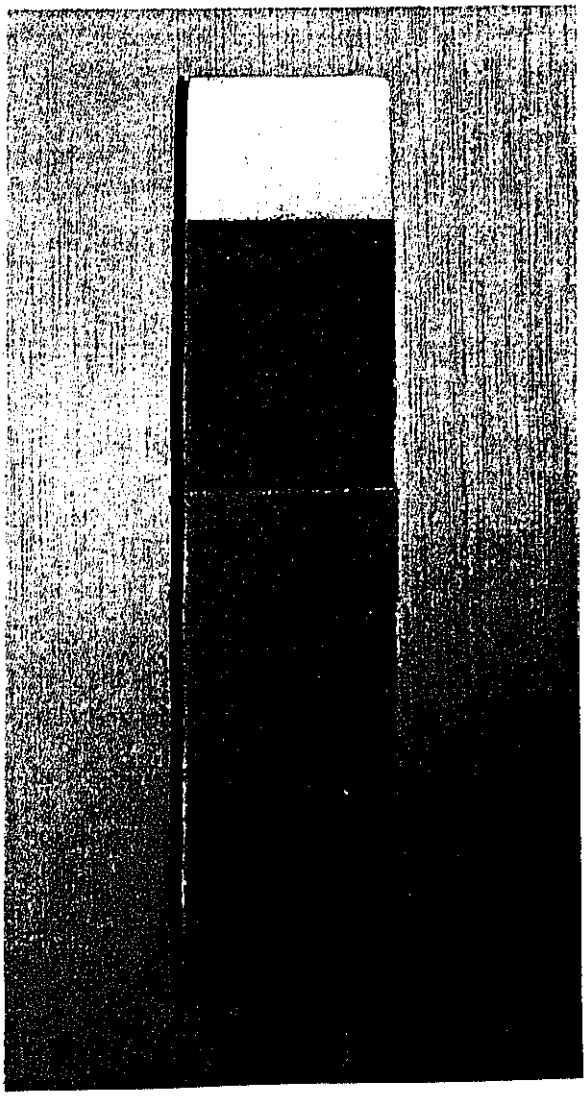
Fot.180. Aspecto de las muestras una vez cubiertas con teflón en el momento de hacer el vacío (presión: 0'6 atm.).
Fot.181. Para que la adhesión fuese óptima se trabajan las muestras con un rodillo. La mancha que se aprecia en la maqueta se produce por efecto del tolueno.





Fot.182. Aspecto de dos maquetas (E.6.A y E.7.A) durante el proceso de pegado (obsérvense las manchas producidas por el tolueno).
Fots.183 y 184. Aspecto final de las maquetas anteriores. Puede observarse que una vez que el tolueno ha evaporado, las manchas desaparecen sin dejar huella en las telas.





MAQUETAS E.1.A y E.1.B.

* Soporte: Lienzo compuesto por un bastidor de madera y tela de lino Velázquez.

* Preparación: La mitad de la maqueta se prepara con gesso sintético (una mano) y la otra mitad con creta (dos manos).

* Carga: En la parte central se aplica piedra pómez aglutinada con acetato de polivinilo.

Medidas: 29 cm x 5'7 cm x 0'8cm.

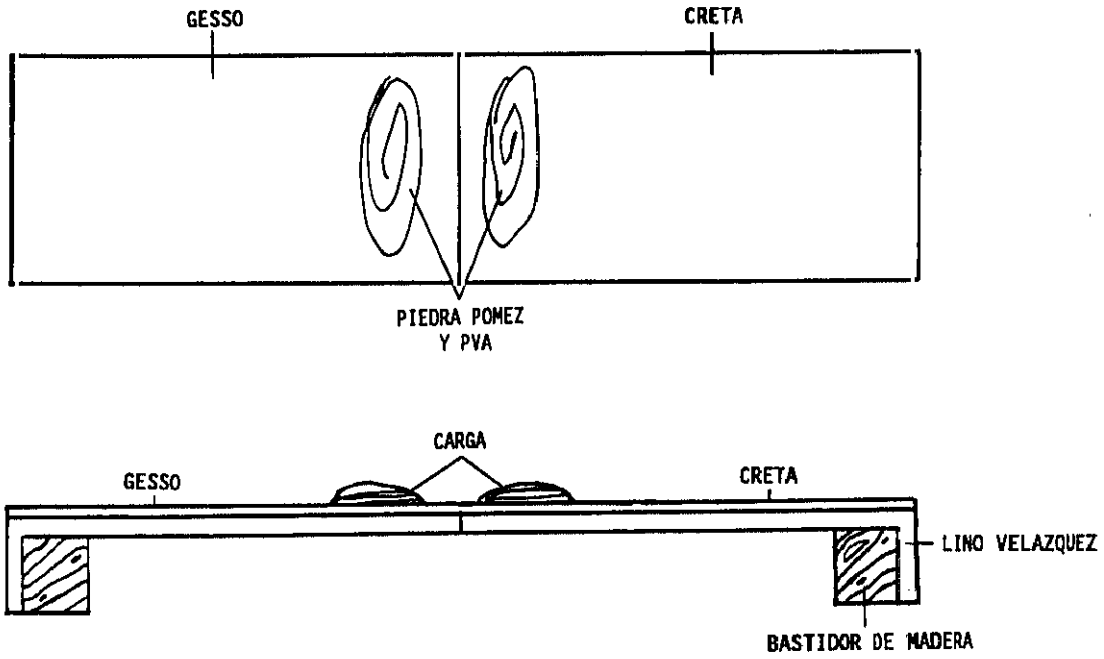


Fig.108. Vista frontal y perfil de las maquetas E.1.A. y E.1.B.

MAQUETAS E.2.A y E.2.B.

* Soporte: Contrachapado de madera de 4mm.,(este soporte se corresponde con la maqueta C.3. descrita en el pto.10.2.1.3. del trabajo)

* Preparación: Se dejan sin preparar 4'5 cm del contrachapado. De los 24'5 cm restantes, la mitad se cubre con un aparejo de gesso sintético (una mano) y la otra mitad con creta (dos manos).

* Carga: En la parte central se aplica piedra pómez aglutinada con acetato de polivinilo

Medidas: 29 cm x 7 cm x 0'4 cm.

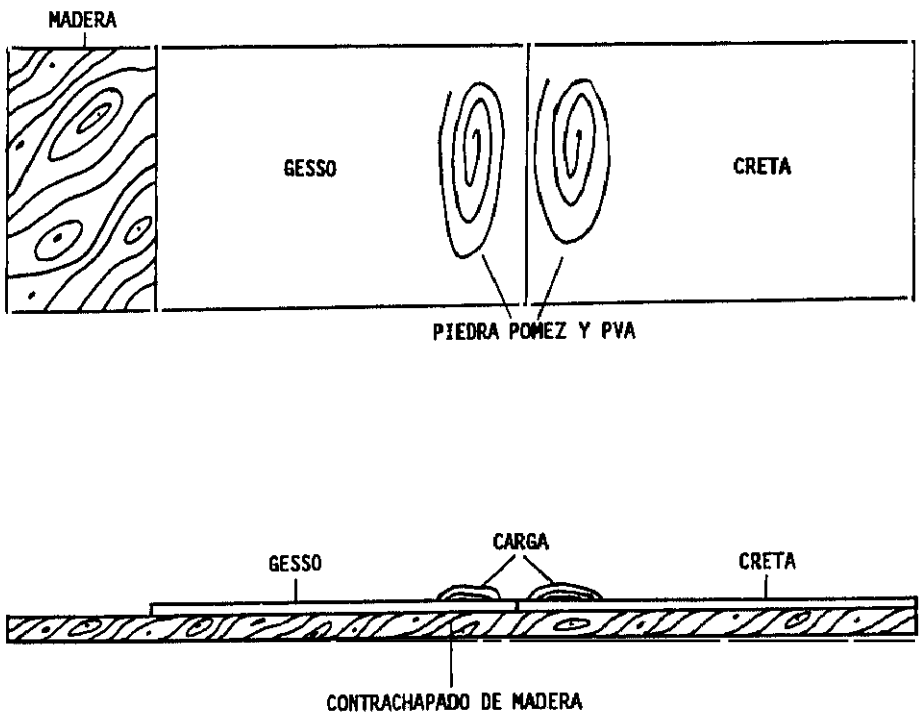


Fig.109. Vista frontal y perfil de las maquetas E.2.A. y E.2.B.

MAQUETAS E.3.A y E.3.B.

* Soporte: tablero de madera prensada DMH de 10mm de espesor (este soporte se corresponde con la muestra C.1. del pto.10.2.1.3. del trabajo).

* Preparación: Se dejan sin preparar 4'5 cm del tablero. De los 25 cm restantes, la mitad se prepara con gesso (una mano) y la otra mitad con creta (dos manos).

Medidas: 29'5 cm x 7cm x 1 cm.

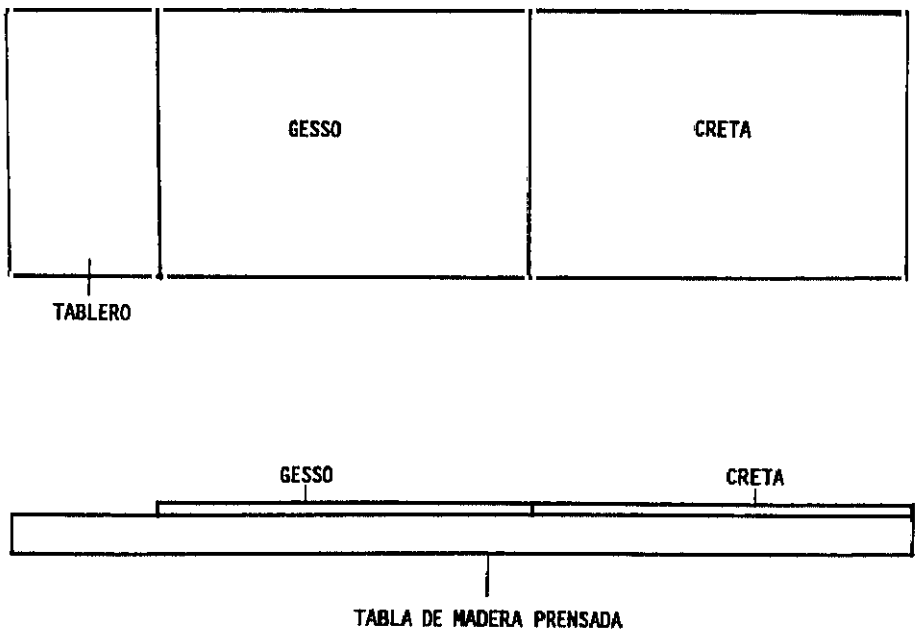


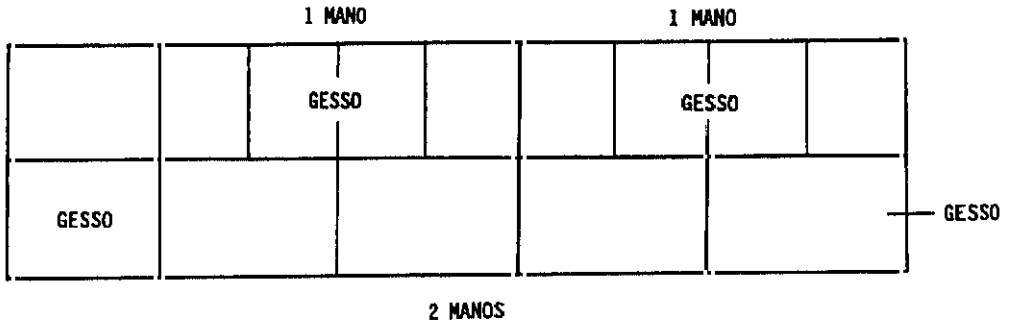
Fig.110. Vista frontal y perfil de las maquetas E.3.A y E.3.B.

MAQUETAS E.4.A y E.4.B.

* Soporte: "Sandwich" de poliestireno laminado y entelado.
- Capa base: cerrada en "sandwich" simétrico con núcleo de espuma rígida de poliestireno expandido laminado con fibra de vidrio y resina epoxi. Bordes: masilla acrílica de primal y yeso (esta capa base se corresponde con las maquetas NºA.1./1. y NºA.1./2).
- Adhesivo (capa de intervención química): Primal AC33 espesado al 20% en tolueno.
- Cinco tipos de capa receptora: 1º resina epoxi y fibra de vidrio; 2º tela de lino Goya; 3º tela de lino Velázquez; 4º tela de algodón gruesa; 5º tela de lagrimón fina.

* Preparación: Gesso sintético. Dos manos para la mitad de la probeta en sentido longitudinal y una mano para el cuarto de tela restante. El otro cuarto de las telas, tal como se aprecia en la fig.111, queda sin preparar.

Medidas: 29'5 cm x 7 cm x 2cm.



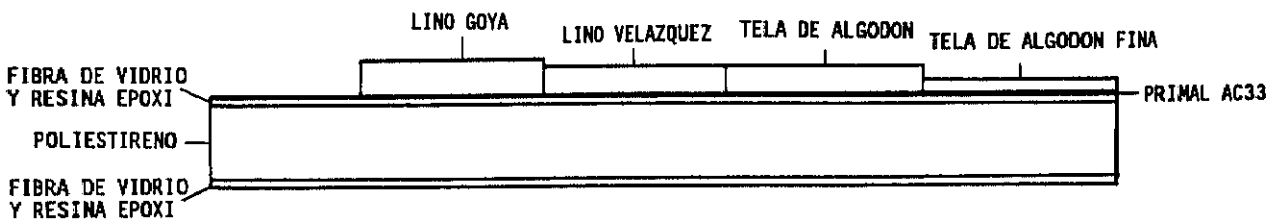


Fig.111. Vista frontal y perfil de las maquetas E.4.A. y E.4.B.

MAQUETAS E.5.A y E.5.B.

* Soporte: "Sandwich" de poliestireno laminado y entelado.
- Capa base: cerrada en "sandwich" simétrico con núcleo de espuma rígida de poliestireno expandido, laminado con mat de vidrio y resina epoxi. Bordes: una capa de masilla de fibra de vidrio (Ceys, 2C) y otra capa de masilla de poliéster para carrocerías (Ceys, 2C), (esta capa base se corresponde con la maqueta NºA.1/1).
- Adhesivo (capa de intervención química): Primal AC33 al 20% en tolueno
- Cuatro tipos de capa receptora: 1º Fibra de vidrio y resina epoxi; 2º Tela de preparación industrial de algodón con preparación sintética; 3º Tela M/2O para óleo con imprimación a la media creta poco absorbente (Macarrón); 4º Tela M/2T para temple con imprimación a la creta absorbente (Macarrón).

* Preparación: Se deja sin preparar 4'5cm de la probeta, y únicamente se aplica gesso sintético (dos manos) sobre la fibra de vidrio y la resina epoxi (fig.112).

Medidas: 29'5 cm x 7 cm x 2 cm.

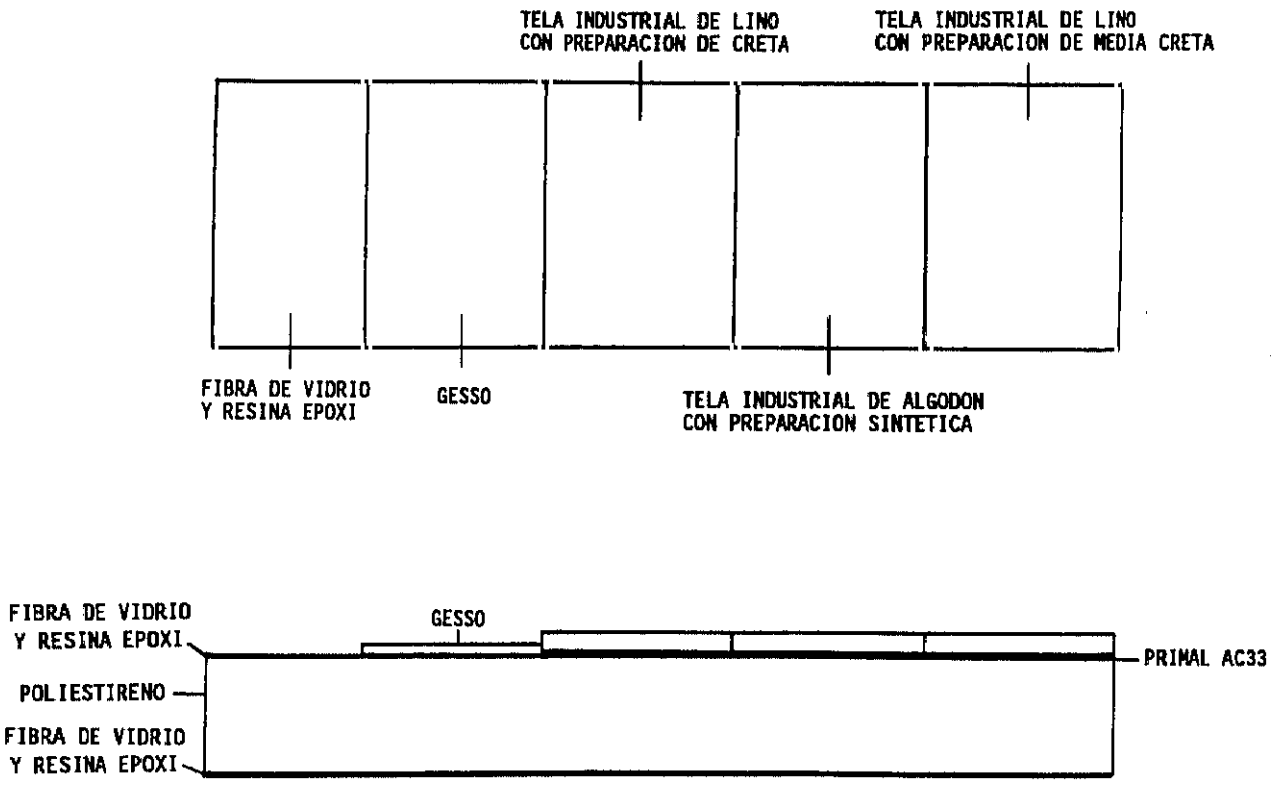


Fig.112 . Vista frontal y perfil de las maquetas E.5.A. y E.5.B.

MAQUETAS E.6.A y E.6.B.

* Soporte: "Sandwich" de poliestireno laminado y entelado.
- Capa base: cerrada en "sandwich" simétrico con núcleo de poliestireno extruido y láminas externas de resina epoxi y mat de vidrio. Bordes: masa tixotrópica de gel de sílice y resina epoxi (esta capa base se corresponde con las maquetas NºA.1./3 y A.1./4).
- Adhesivo (capa de intervención química): Primal AC33 al 20% en tolueno.
_ Tres tipos de capa receptora: 1º fibra de vidrio y resina epoxi; 2º tela de lino Velázquez previamente encolada con cola de conejo; 3º Tela de lino Velázquez.

* Preparación: Creta (dos manos) y gesso (una mano), aplicadas tal como se representa en la fig.113.

* Carga: Piedra pómez aglutinada con acetato de polivinilo.

Medidas:29'5cm x 7cm x 2cm.

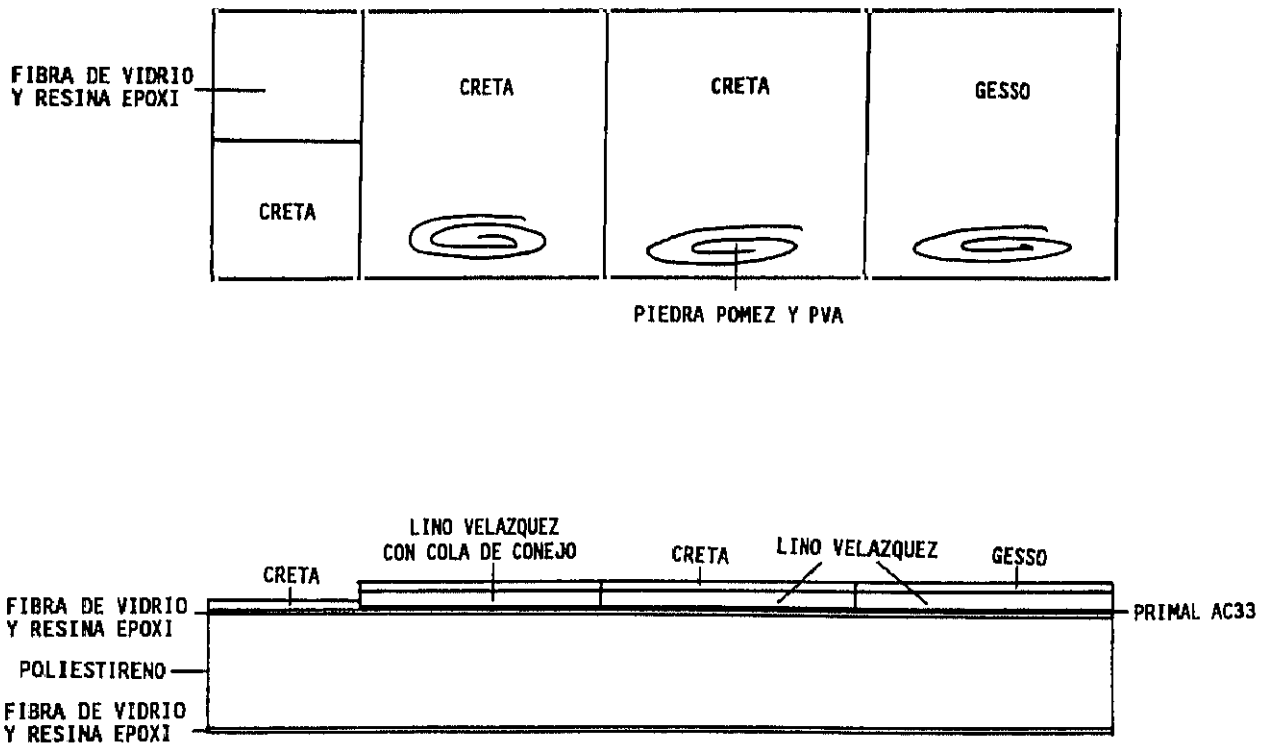


Fig.113. Vista frontal y perfil de las maquetas E.6.A. y E.6.B.

MAQUETAS E.7.A y E.7.B

* Soporte: "Sandwich" de poliuretano laminado y entelado
- Capa base: Capa base cerrada en "sandwich" simétrico, con núcleo de espuma rígida de poliuretano laminado con mat de vidrio y resina epoxi. Bordes: una capa de masilla de fibra de vidrio (Ceys 2/C) y otra capa de masilla de poliéster para carrocerías (Ceys 2/C). (Esta capa base se corresponde con la maqueta NºA.1./8).
- Adhesivo (capa de intervención química): Primal AC33 al 20% en tolueno
- Tres tipos de capa receptora: 1º Mat de vidrio y resina epoxi; 2º Tela de lino Goya; 3º Tela de lino Velázquez (la capa receptora recubre los cantos de la capa base).

* Preparación: Creta (dos manos) y gesso (dos manos), aplicadas tal como se indica en la fig.114.

Medidas: 29'5cm x 7cm x 3cm.

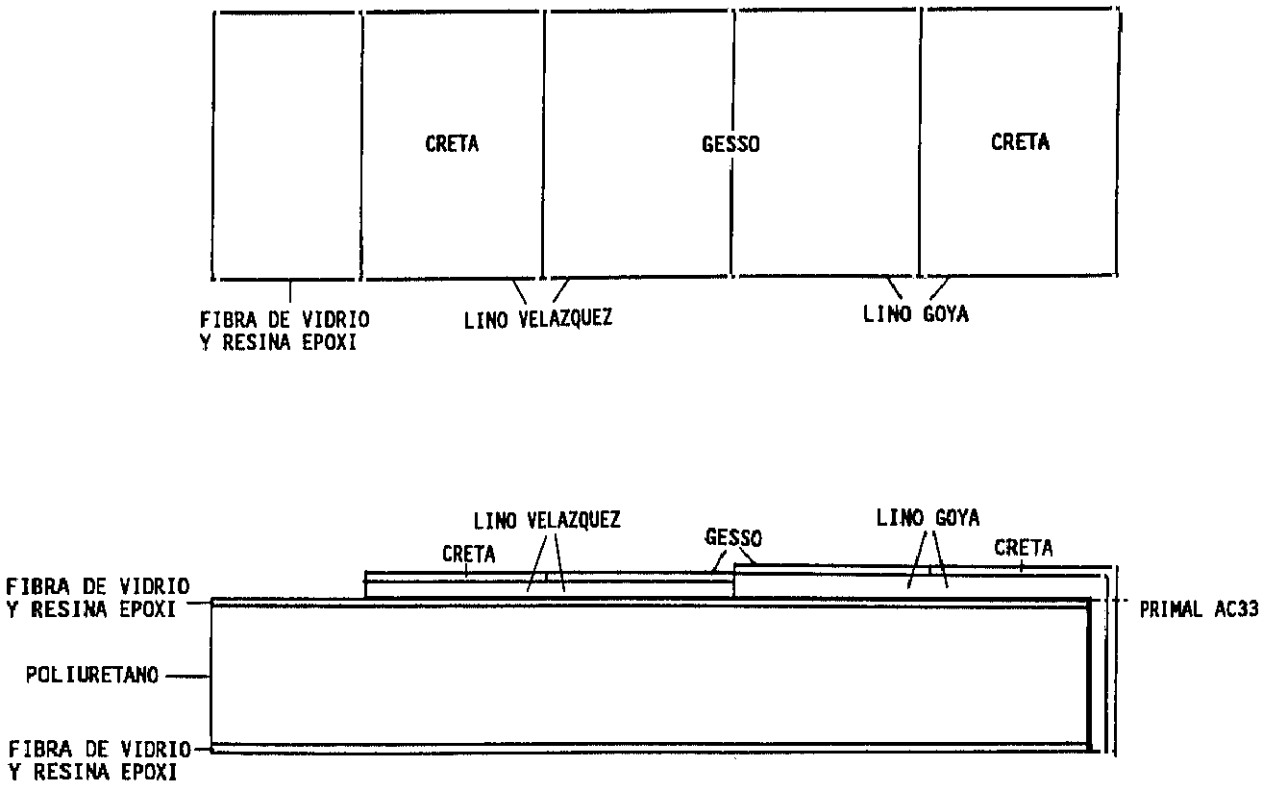


Fig.114. Vista frontal y perfil de las maquetas E.7.A. y E.7.B.

MAQUETAS E.8.A y E.8.B.

* Soporte: Espuma rígida de PVC con capa de intervención física (corcho) entelada.
- Capa base: Espuma rígida de PVC con piel. (Esta capa base se corresponde con la muestra NºA.1./10).
- Adhesivo: Bostic de contacto
- Capa de intervención física: Corcho de 2mm.
- Adhesivo (capa de intervención química): Primal AC33 espesado al 20% en tolueno.
- Dos tipos de capa receptora: Algodón fino y lino Velázquez

* Preparación: Creta (dos manos) y gesso (una mano) aplicadas tal como se indica en la fig.115.

Medidas: 29'5cm x 7cm x 1'5cm.

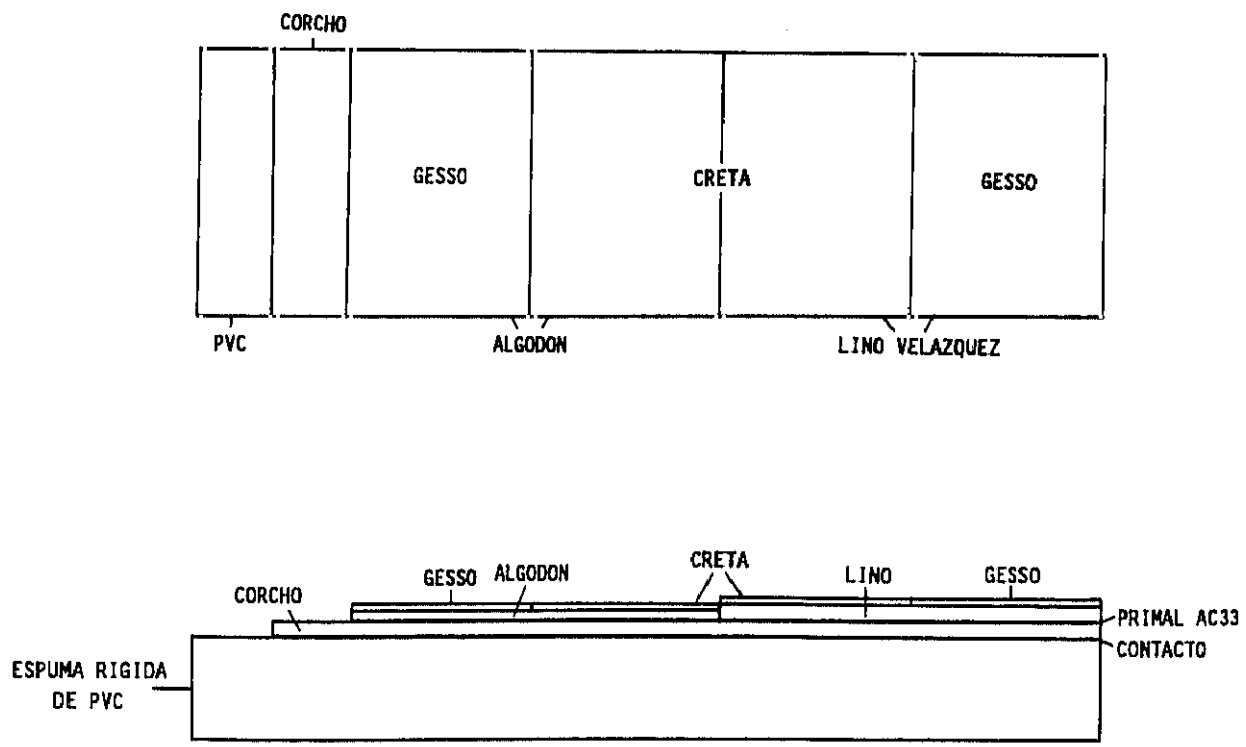


Fig.115. Vista frontal y perfil de las maquetas E.8.A y E.8.B.

MAQUETAS E.9.A y E.9.B.

* Soporte: Tejido de vidrio Velázquez sobre bastidor de madera. (Este soporte se corresponde con la maqueta NºB.1./5).

* Preparación: Gesso sintético (dos manos) aplicado tal como se indica en la fig.116. Una parte del gesso sintético cubre el reverso del soporte (es transparente).

* Carga: Piedra pómez aglutinada con acetato de polivinilo.

* Pintura acrílica: amarillo de oro (Liquitex) aplicada en el reverso del soporte.

Medidas: 29'5cm x 6cm x 1'5cm.

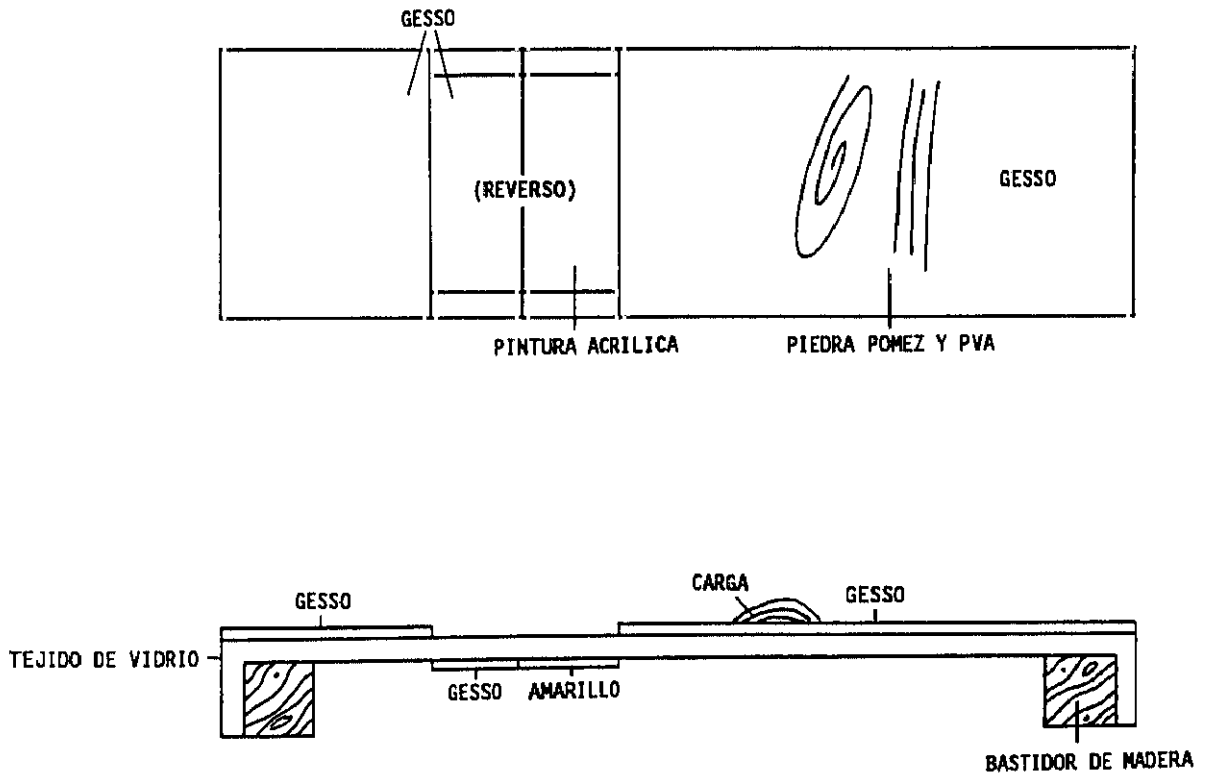


Fig.116. Vista frontal y perfil de las maquetas E.9.A. y E.9.B.

MAQUETAS E.10.A y E.10.B.

* Soporte: Mat de vidrio impregnado de resina epoxi sobre bastidor metálico (capa base abierta armada). (Este soporte se corresponde con la maqueta NºB.1./1).

* Preparación: Gesso (una y dos manos) aplicado por el anverso y el reverso del soporte, tal como se indica en la fig.117.

* Carga: Piedra pómez aglutinada con acetato de polivinilo bien aplicada directamente sobre el soporte o sobre el gesso.

* Pintura acrílica: amarillo de oro (Liquitex) aplicado tanto en el anverso como en el reverso del soporte.

Medidas: 29'5 cm x 7'5 cm x 1 cm.

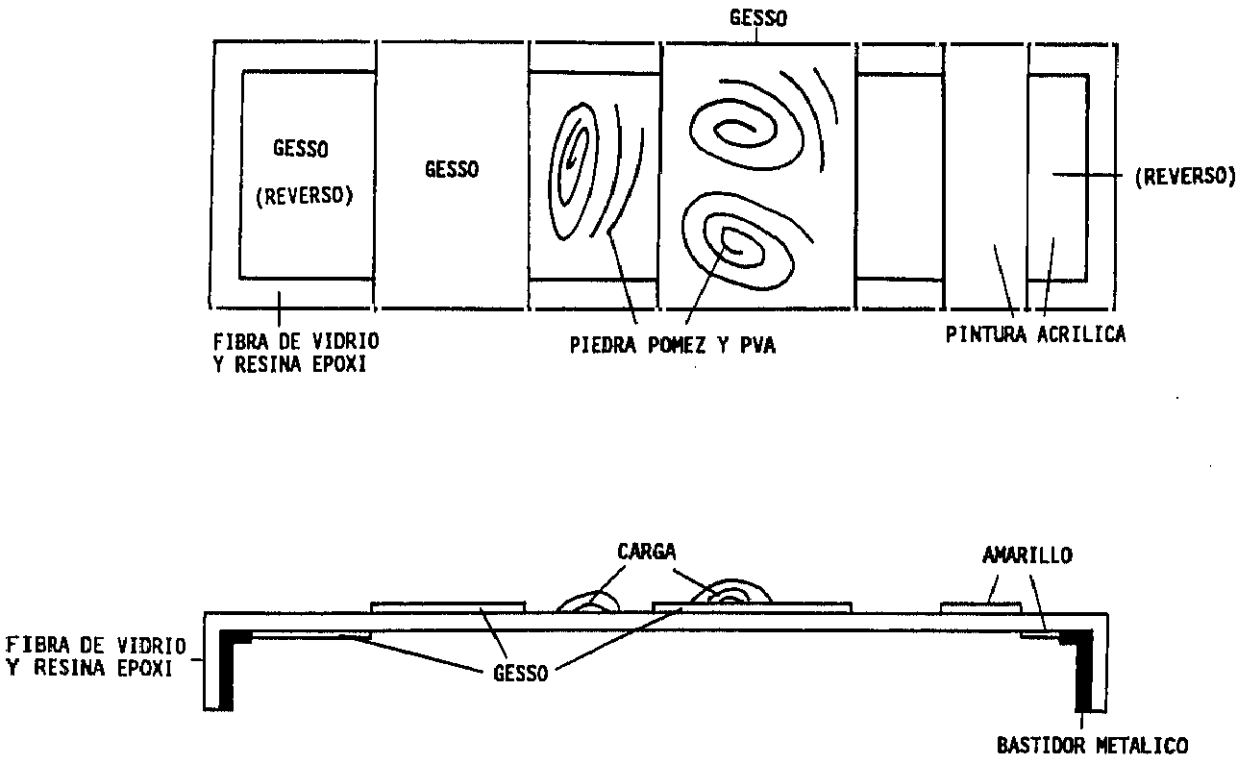


Fig.117. Vista frontal y perfil de las maquetas E.10.A. y E.10.B.

MAQUETAS E.11.A y E.11.B.

* Soporte: Plancha RELON (resina poliéster con fibra de vidrio y fibra de nylon).

* Preparación: Gesso sintético que cubre únicamente dos tercios del soporte. En el ángulo superior se aplican dos manos y en el inferior una.

Medidas: 29'7cm x 7'5cm x 1mm.

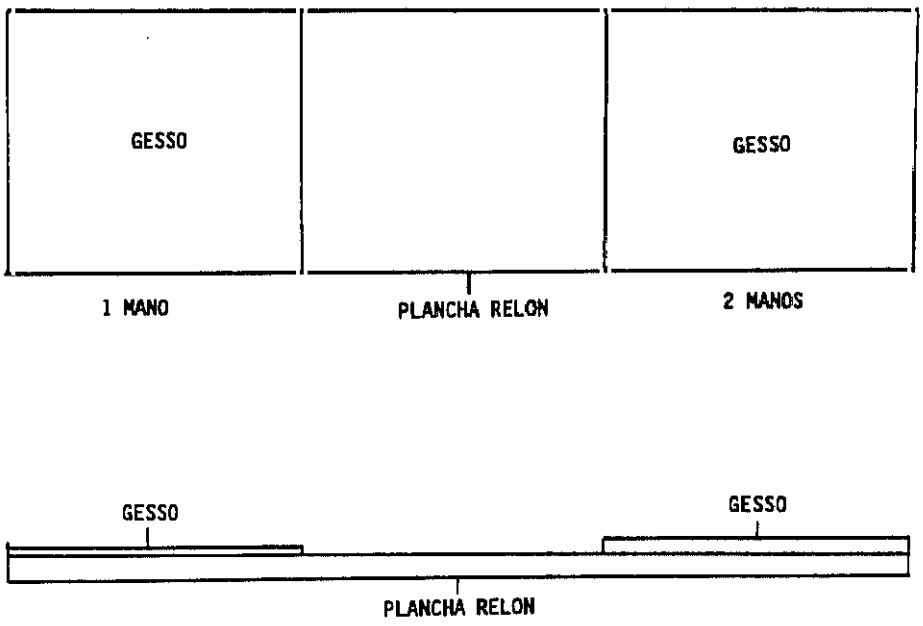


Fig.118. Vista frontal y perfil de las maquetas E.11.A. y E.11.B.

MAQUETAS E.12.A. y E.12.B.

* Soporte: Panel AEROLAM (CIBA-GEIGY) empapelado.
- Capa base: capa base cerrada en "sandwich" simétrico con núcleo de nido de abeja de metal y láminas externas de fibra de vidrio y resina estructural. (Esta capa base se corresponde con la maqueta NºA.2./4).
- Adhesivo (capa de intervención química): Primal AC33 al 20% en tolueno.
- Capa receptora: Cartulina Ortiz y papel grueso para acuarela.

* Preparación: Se dejan sin imprimar 4'5 cm del AEROLAM. En el resto de la muestra se aplica gesso sintético (una mano) con el que únicamente se ha imprimado la mitad de cada papel.

Medidas: 29'5 cm x 7 cm x 1'4 cm.

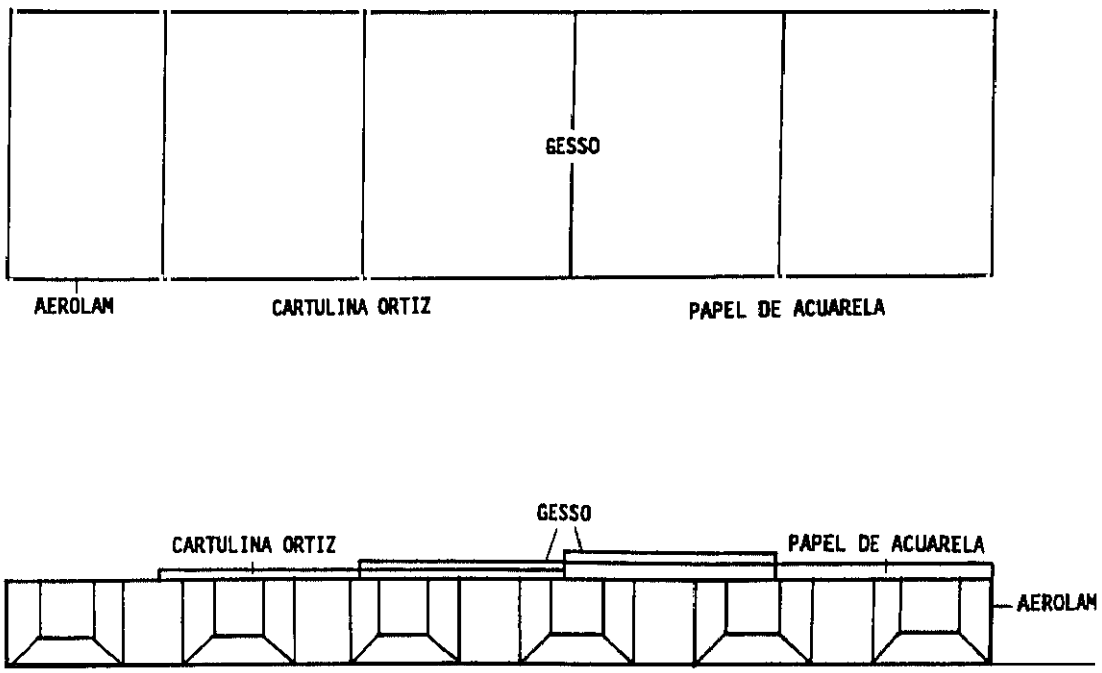


Fig.119. Vista frontal y perfil de las maquetas E.12.A y E.12.B.

10.4.1.3. Ensayo con Cámara de Envejecimiento

Con el fin de estudiar el comportamiento entre el soporte y la capa pictórica (preparación, pintura y cargas) se han sometido las muestras a un ensayo de envejecimiento artificial acelerado. Para ello se han introducido las probetas en una cámara de envejecimiento (definida según la norma UNE 53-102-86)[204], utilizada, generalmente, para exponer los materiales plásticos a la energía radiante procedente de varias luminarias fluorescentes.

Con este aparato se pretenden reproducir a escala de laboratorio, algunas de las condiciones que se dan en la exposición de los materiales plásticos a la intemperie[205].

10.4.1.3.1. Elementos de la Cámara

La cámara consta de los siguientes aparatos:

---

204 La descripción de la Cámara de Envejecimiento se ha realizado siguiendo la Norma UNE 53-104-86 titulada "Envejecimiento acelerado de materiales plásticos". (Esta norma puede comprarse en la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), vid., "Bibliotecas Consultadas" al final del Tomo II).

205 En la propia norma se advierte que "no siempre es posible obtener una correlación directa entre los resultados obtenidos con este aparato y los encontrados en la exposición real a la intemperie; esta posible correlación deberá ser estudiada en cada caso".

a) Foco luminoso

Consiste en un conjunto de ocho tubos fluorescentes de 40W cada uno, revestidos interiormente con sales de fósforo que aseguran la distribución espectral deseada. Existen cinco tipos de lámparas fluorescentes que pueden utilizarse en el montaje de dicho foco luminoso (fig.120). Si no se indica lo contrario, en casi todos los casos se utilizan lámparas A1[206].

Tipos de lámparas	Radiación principal nm (nanómetros)
A1	317
A2	307
B	355
C	374
D	364

Fig.120. Tabla que representa los tipos de lámparas utilizadas en el envejecimiento artificial de los materiales plásticos.

b) Cámara de ensayo

La cámara de ensayo se compone de:

---

206 Para conocer la distribución espectral de las distintas lámparas remitimos a los gráficos que aparecen en la norma UNE 53-102-86.

- Un recinto cerrado, con posibilidad de ventilación, en cuyo centro se encuentra la fuente de radiación.

- Ocho lámparas A1 descritas anteriormente, distribuidas de forma circular, con una separación entre ejes de 70mm (figs.121 y 122).

- Carrusel que gira concéntricamente alrededor de las lámparas a una velocidad superior a 10r/min, sobre el cual van los materiales a envejecer.
  La situación de las probetas en el carrusel debe ser tal que, la distancia de las mismas a la generatriz de la lámpara más próxima sea de 50 mm. El carrusel va centrado respecto al punto medio de las lámparas y su longitud es de 650 mm, con el fin de utilizar la zona de radiación uniforme de éstas [207].

- Termómetro de panel negro para indicar la temperatura de las muestras a envejecer. Consta de un lámina metálica de aproximadamente 1mm de espesor, recubierta de una pintura negra mate, situada a una distancia de las lámparas de aproximadamente 50 mm, y de un termómetro o termopor que haga un buen contacto con la lámina metálica

---

207 Debido al peso de las muestras, el carrusel no ha girado. Sin embargo, en este caso no influye en los resultados ya que la radiación emitida por cada lámpara es la misma, así como su incidencia en las probetas.

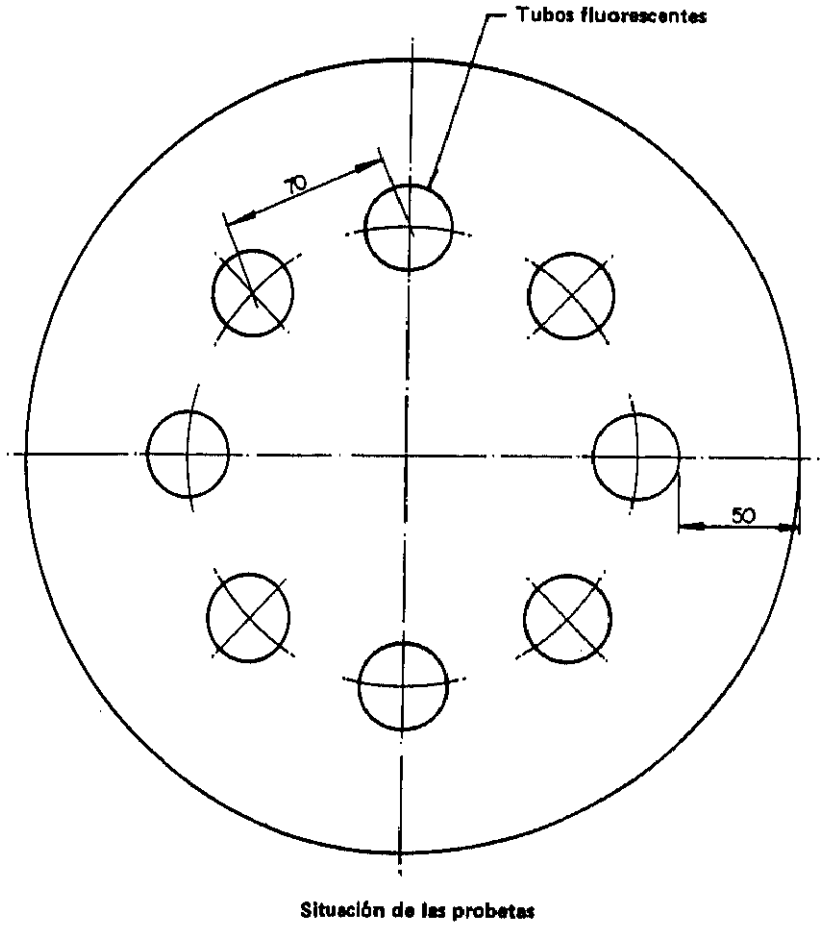
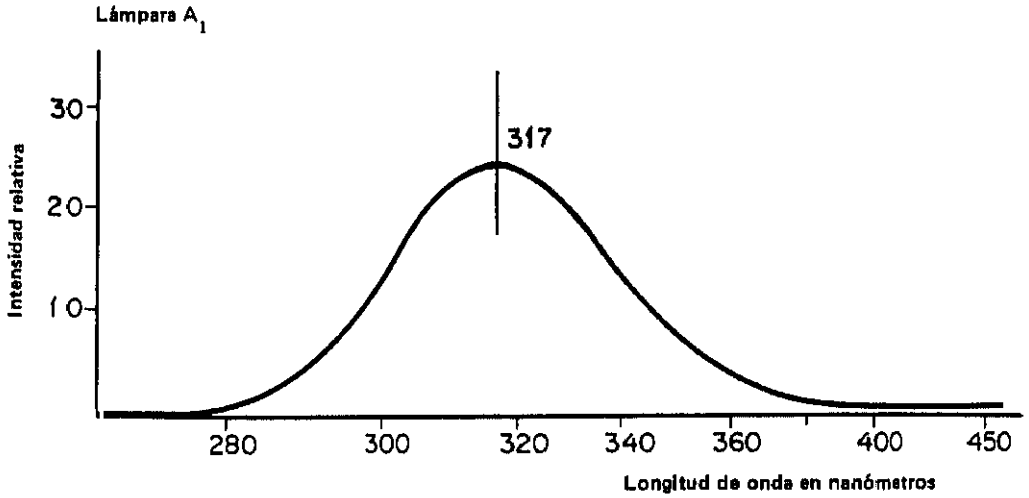


Fig.121. Disposición de los tubos fluorescentes y de las probetas en el carrusel de la cámara de envejecimiento.
Fig.122. Esquema de la distribución espectral de la lámpara A1.



c) Dispositivo de ventilación

Es un dispositivo capaz de hacer circular el aire atemperado en el interior de la cámara, de acuerdo con la temperatura que se desee alcanzar en el panel negro.

d) Controlador de temperatura

Es un dispositivo de control automático de la temperatura en el panel negro.

e) Humidificador del aire

Este es un elemento opcional de la cámara de envejecimiento, del que carece la que hemos empleado.

10.4.1.3.2. Condiciones de ensayo y duración

El ensayo se ha realizado con una temperatura de 50 ºC, con la radiación proveniente de ocho tubos fluorescentes (40 W cada uno) a estrenar (se utilizan por primera vez). La duración del ensayo es de siete días.

Se considera que la zona del espectro comprendida dentro del límite de las regiones visible y ultravioleta (350-400nm) alcanza unos niveles energéticos suficientes

como para degradar tanto los soportes, como los distintos aparejos, cargas y pigmento aplicados.

Por ello, dada la naturaleza de los materiales estudiados, se considera adecuada la utilización de las lámparas tipo A1, ya que si tenemos en cuenta su distribución espectral, cabe suponer que el envejecimiento artificial provocado por esta radiación es asimilable al comportamiento de estos materiales a largo plazo.

Además, los materiales que se pretenden envejecer, nunca van a estar sometidos a las condiciones adversas indicadas, y la radiación principal (371nm) que emite la lámpara, se encuentra lo suficientemente fuera de los límites aconsejables como para evitar la degradación de estos sistemas bajo los efectos de la radiación.

10.4.1.3.3. Procedimiento operatorio

En síntesis los pasos seguidos en el ensayo han sido los siguientes:

- Se colocan las doce maquetas sobre el bastidor metálico que se insertará posteriormente en el carrusel de la cámara (fot.185).

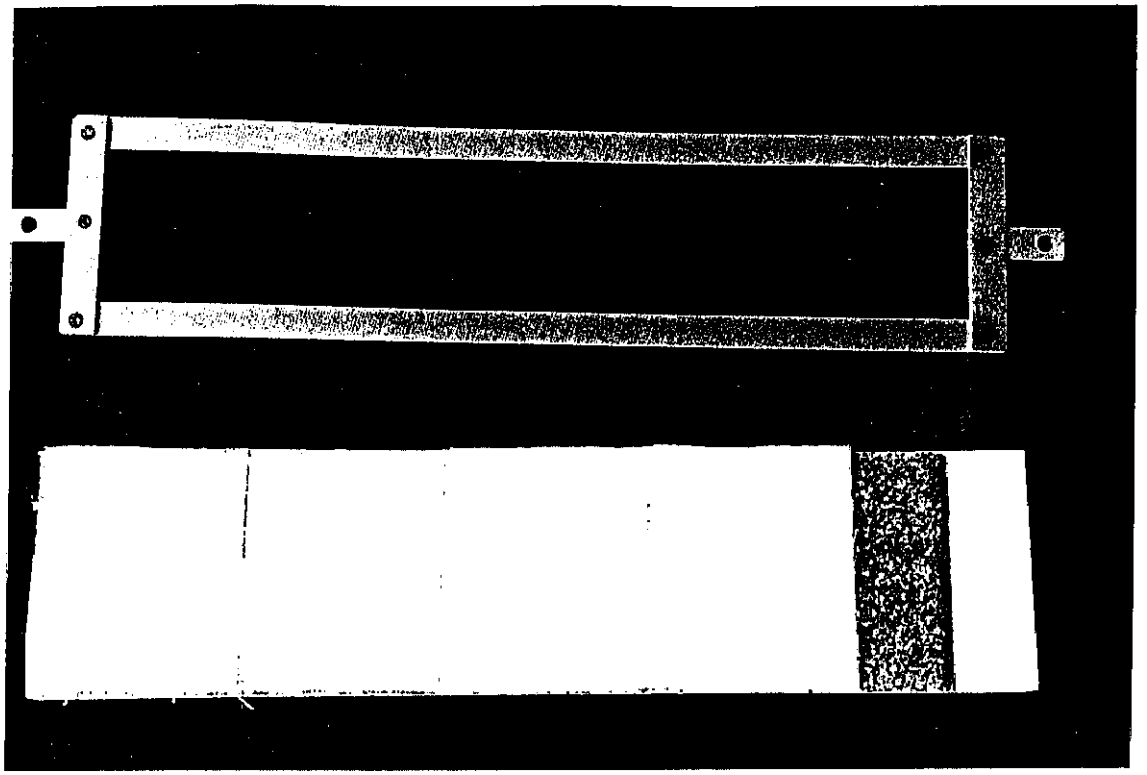
- Cada muestra se fija al bastidor mediante un fino alambre (fot.186) de forma que quede bien sujeta.

- Una vez que todas las muestras se en cuentran perfectamente fijadas al bastidor, se colocan en el carrusel de la cámara mediante un sistema muy simple de tornillo-palometa (fots.187 y 188).

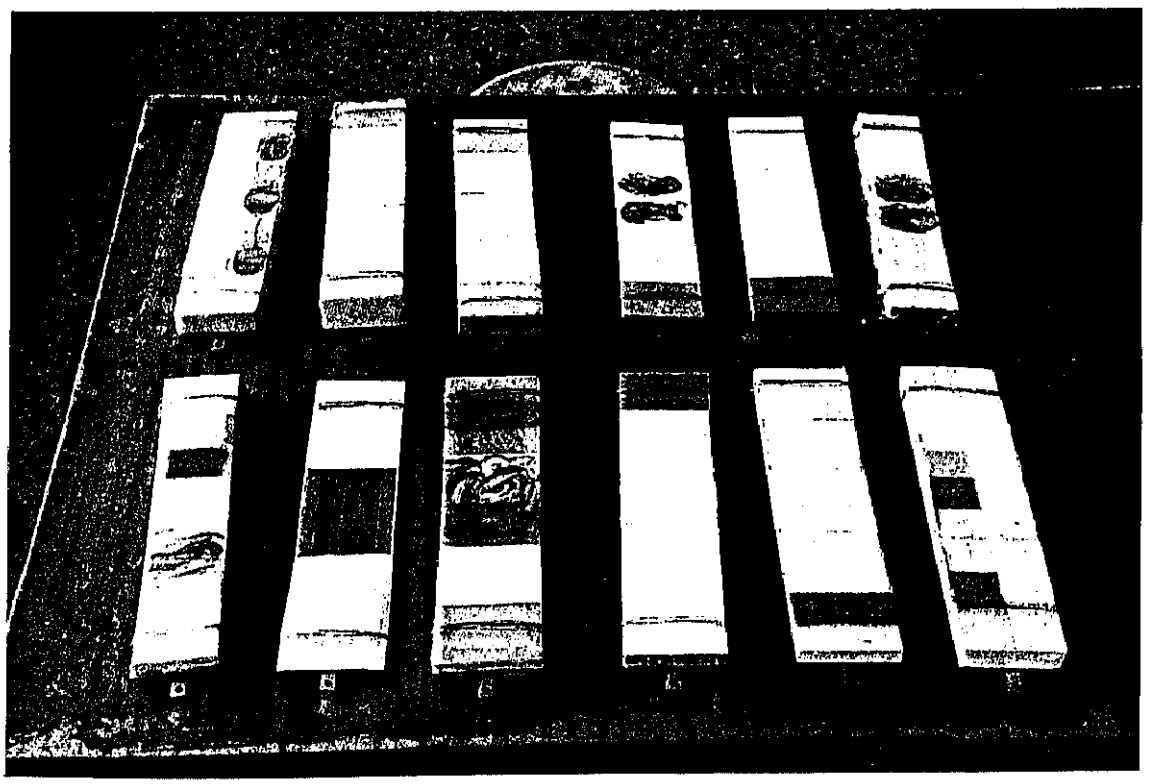
- Se conecta la cámara y se someten las maquetas a la acción de la temperatura de 50ºC y de la radiación procedente de los ocho tubos fluorescentes (40 W cada uno).

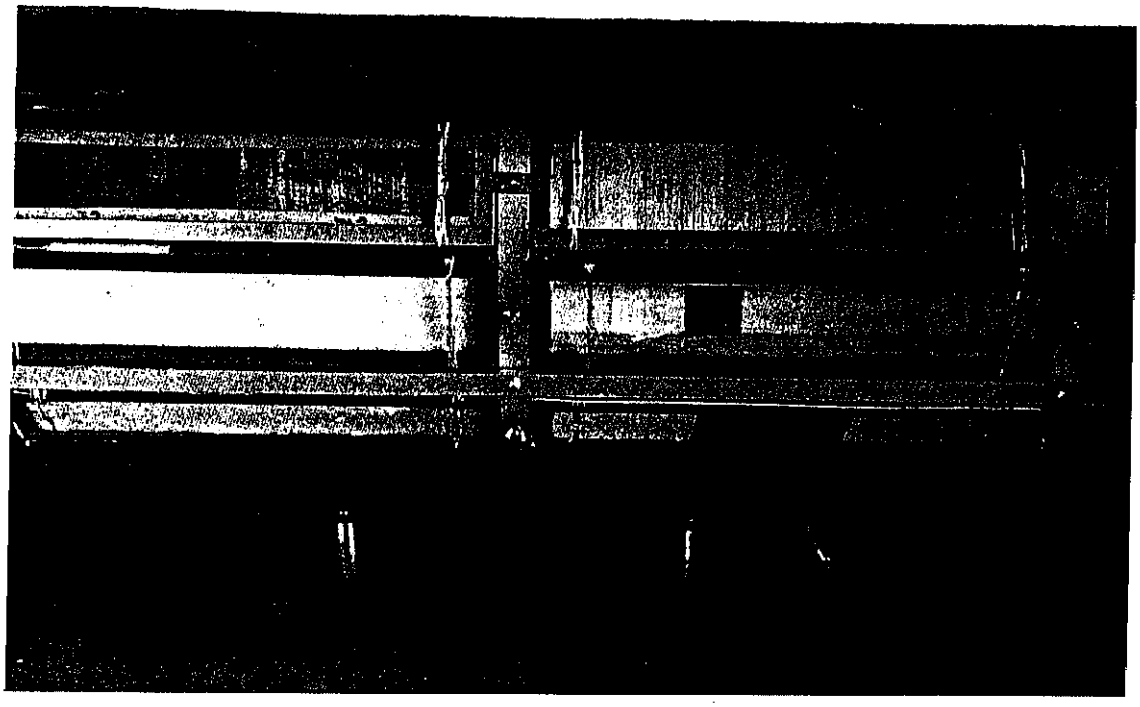
- A las 72 horas se desconecta la cámara y se realiza un primer estudio organoléptico de las muestras (fot.189 a 200), que posteriormente se vuelven a introducir en la cámara para un segundo ensayo de 96 horas.

- Pasado este tiempo, se sacan definitivamente las muestras de la cámara y se comparan los resultados con los obtenidos a las 72 horas y con los de la maquetas prototipo (fot.201 a 212).

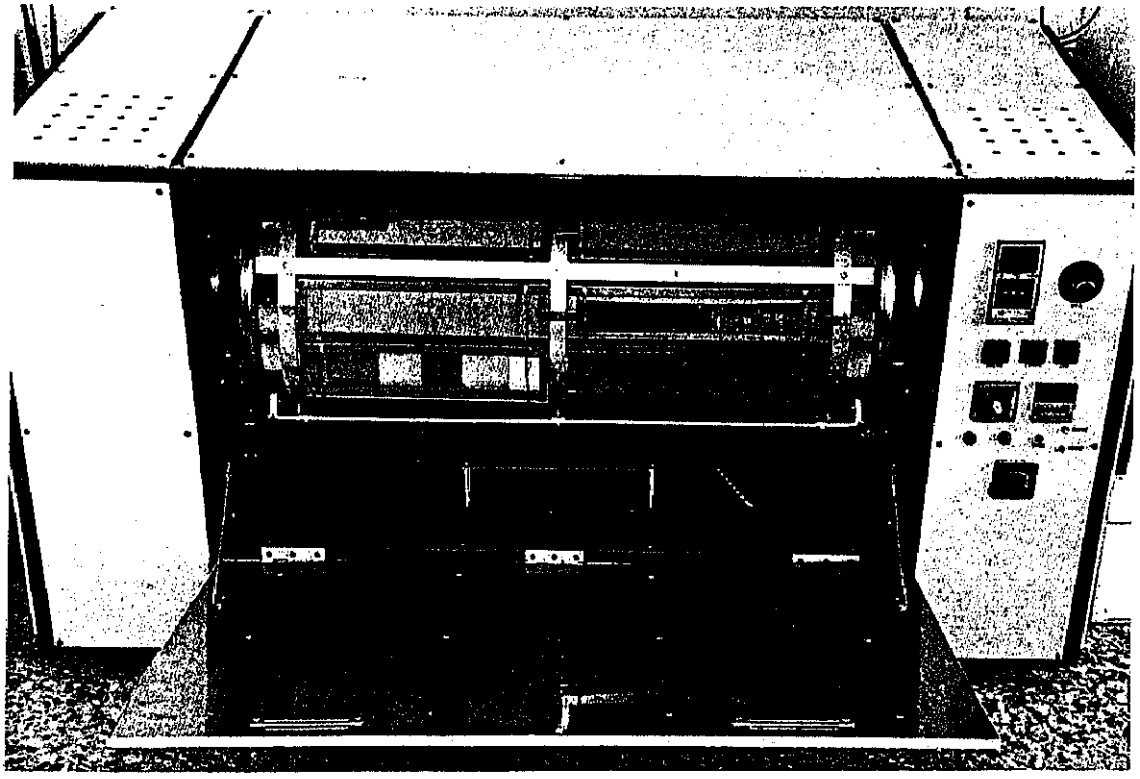


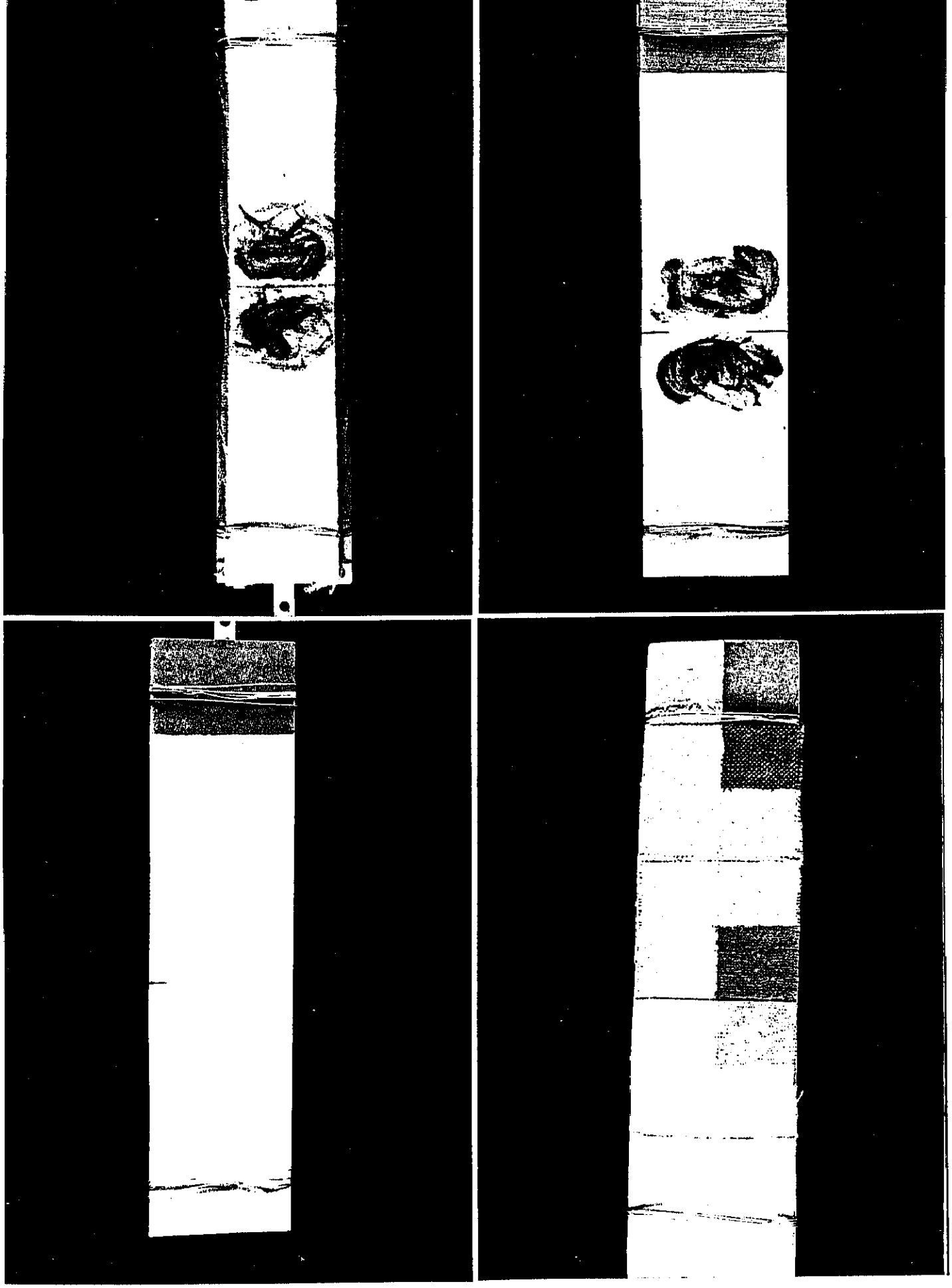
Fot.185. Aspecto de la maqueta y del bastidor metálico perteneciente al carrusel de la cámara.
Fot.186. Aspecto de las doce maquetas fijadas a sus correspondientes bastidores ya preparadas para el ensayo.



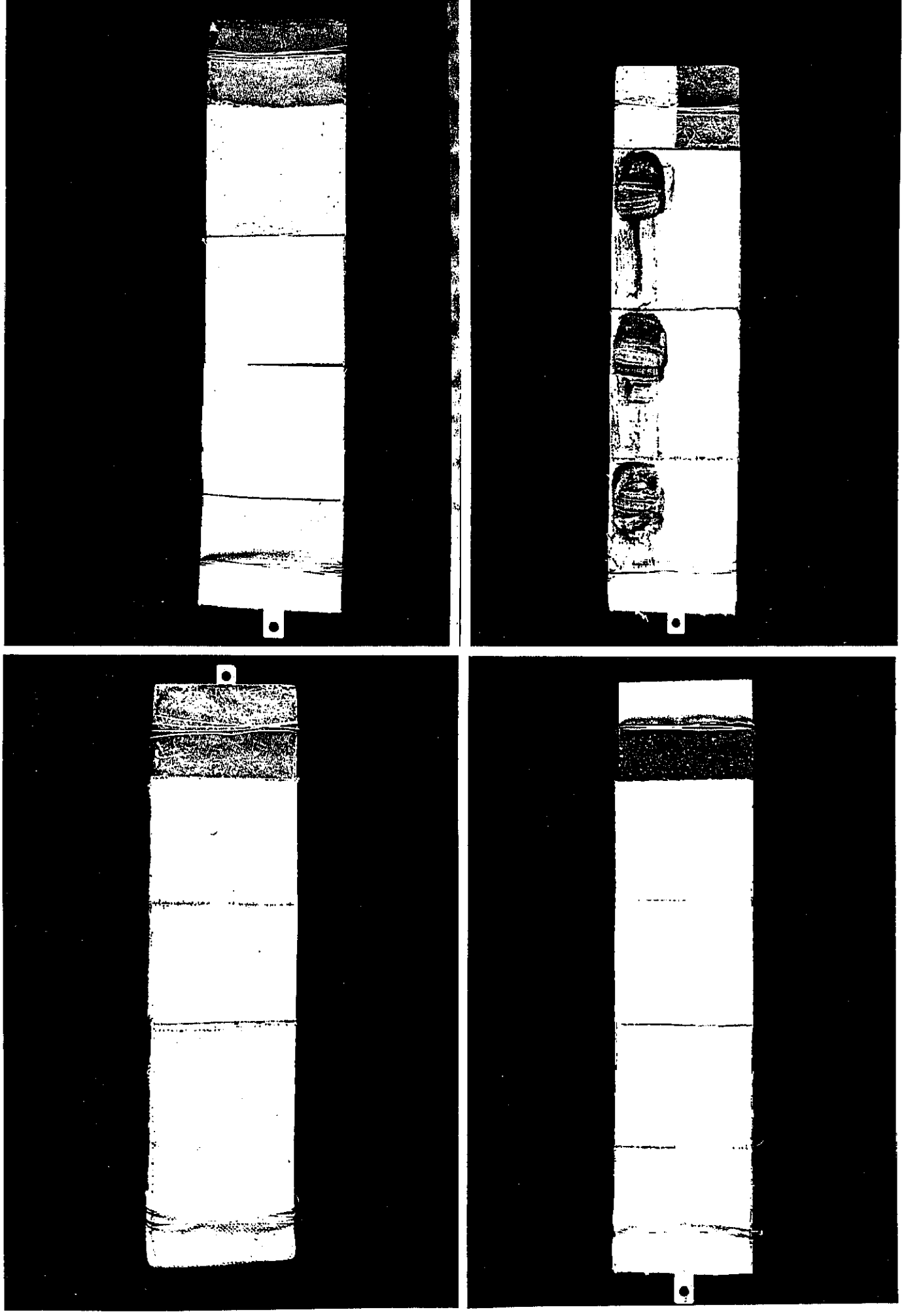


Fot.187. Colocación de las muestras en el carrusel de la Cámara mediante el sistema "tornillo-palometa".
Fot.188. Aspecto de las muestras dentro de la Cámara antes de realizar el ensayo.

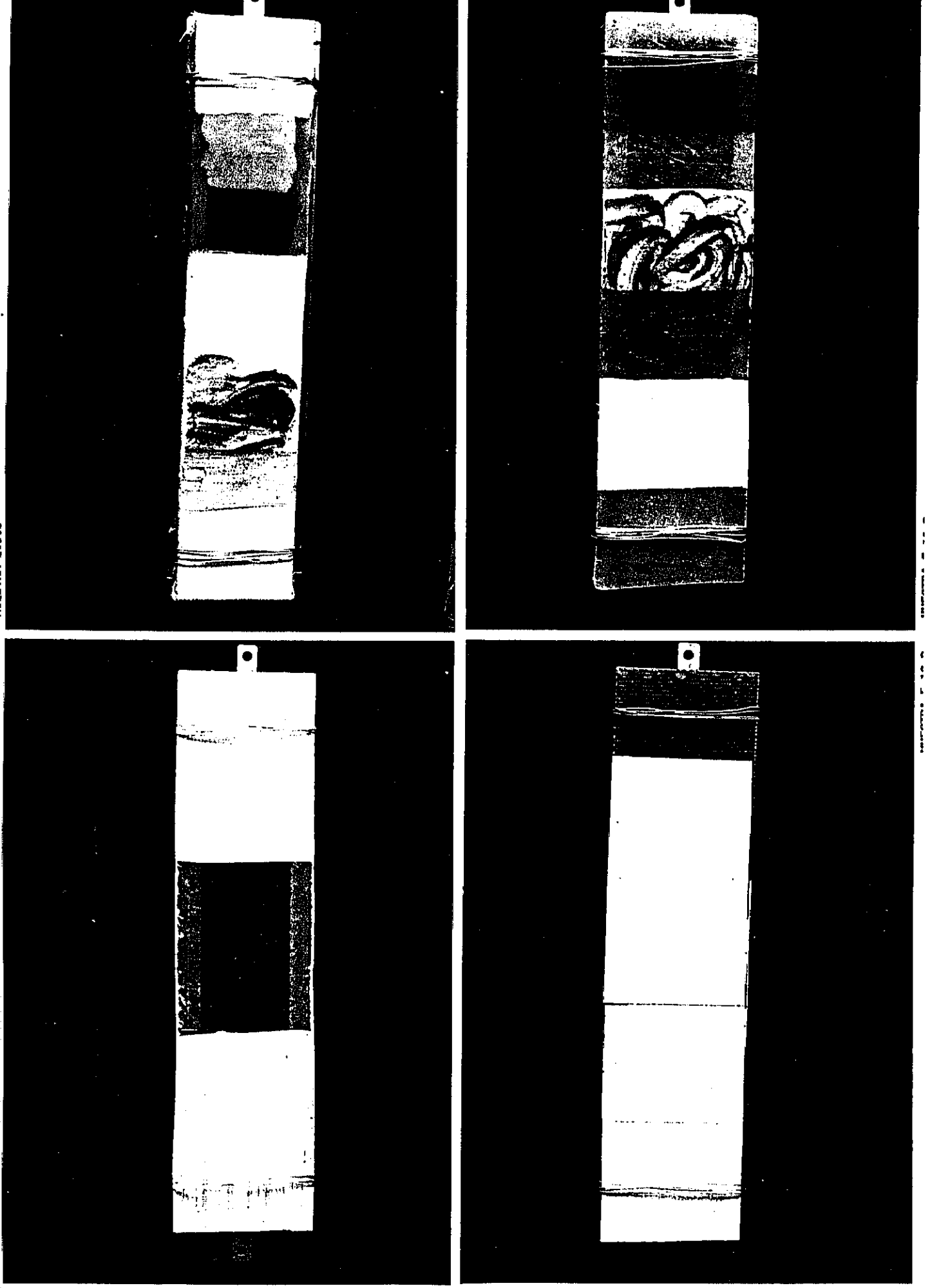




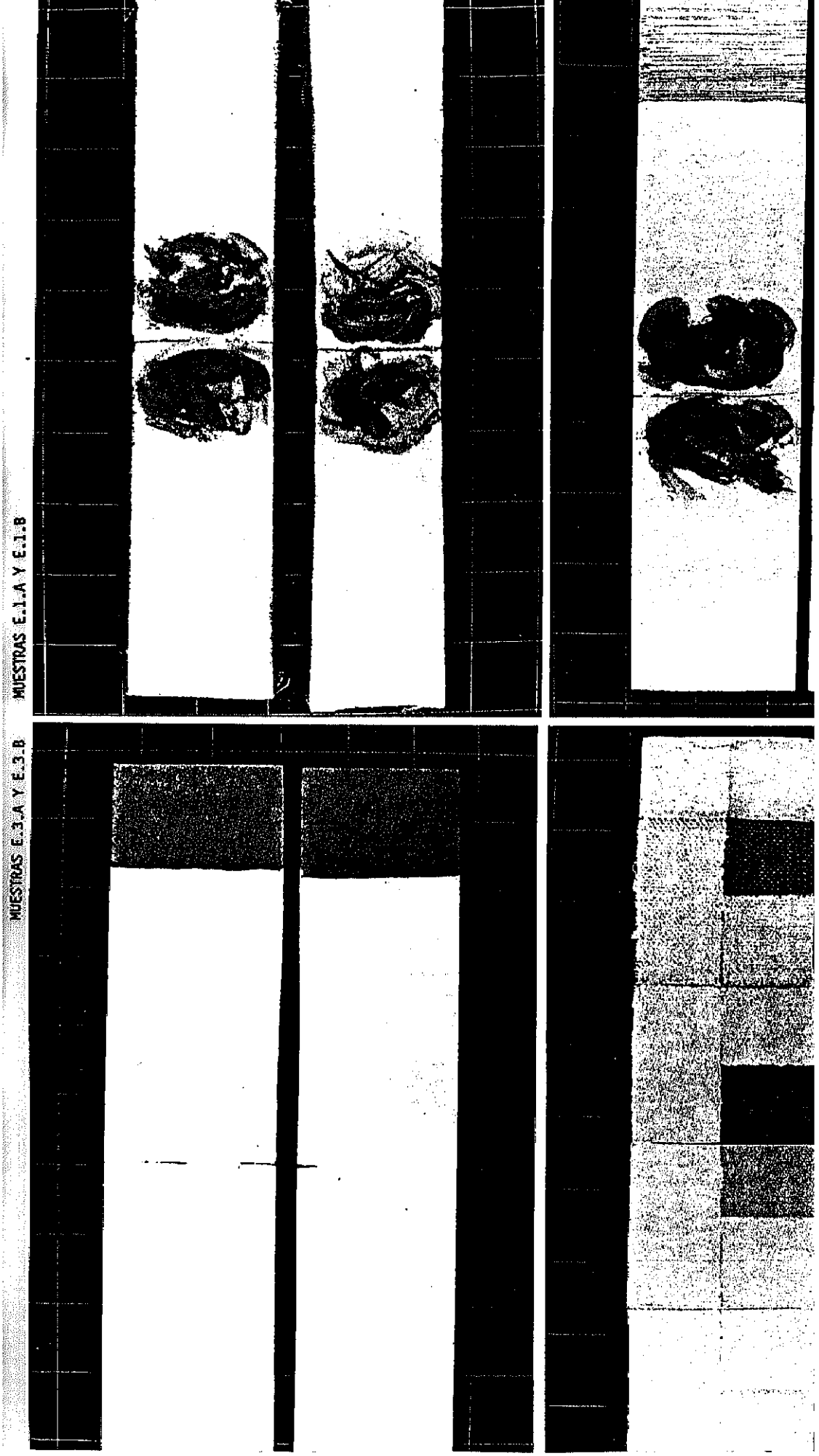
Fots.189, 190, 191 y 192. Aspecto de las maquetas E.1.B, E.2.B, E.3.B y E.4.B después de 72 horas de ensayo.



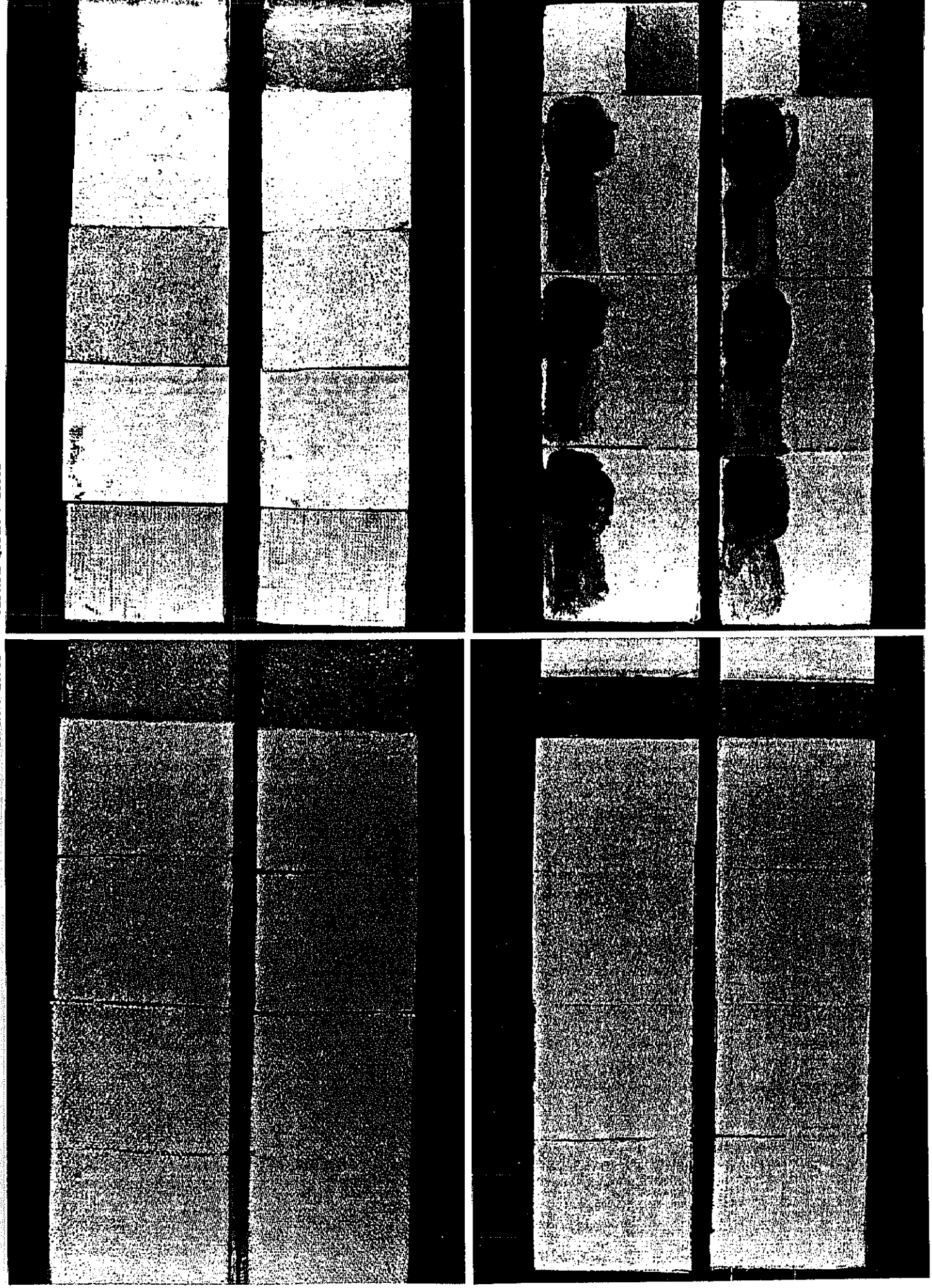
Fots.193, 194, 195 y 196. Aspecto de las maquetas E.5.B, E.6.B, E.7.B y E.8.B después de 72 horas de ensayo.



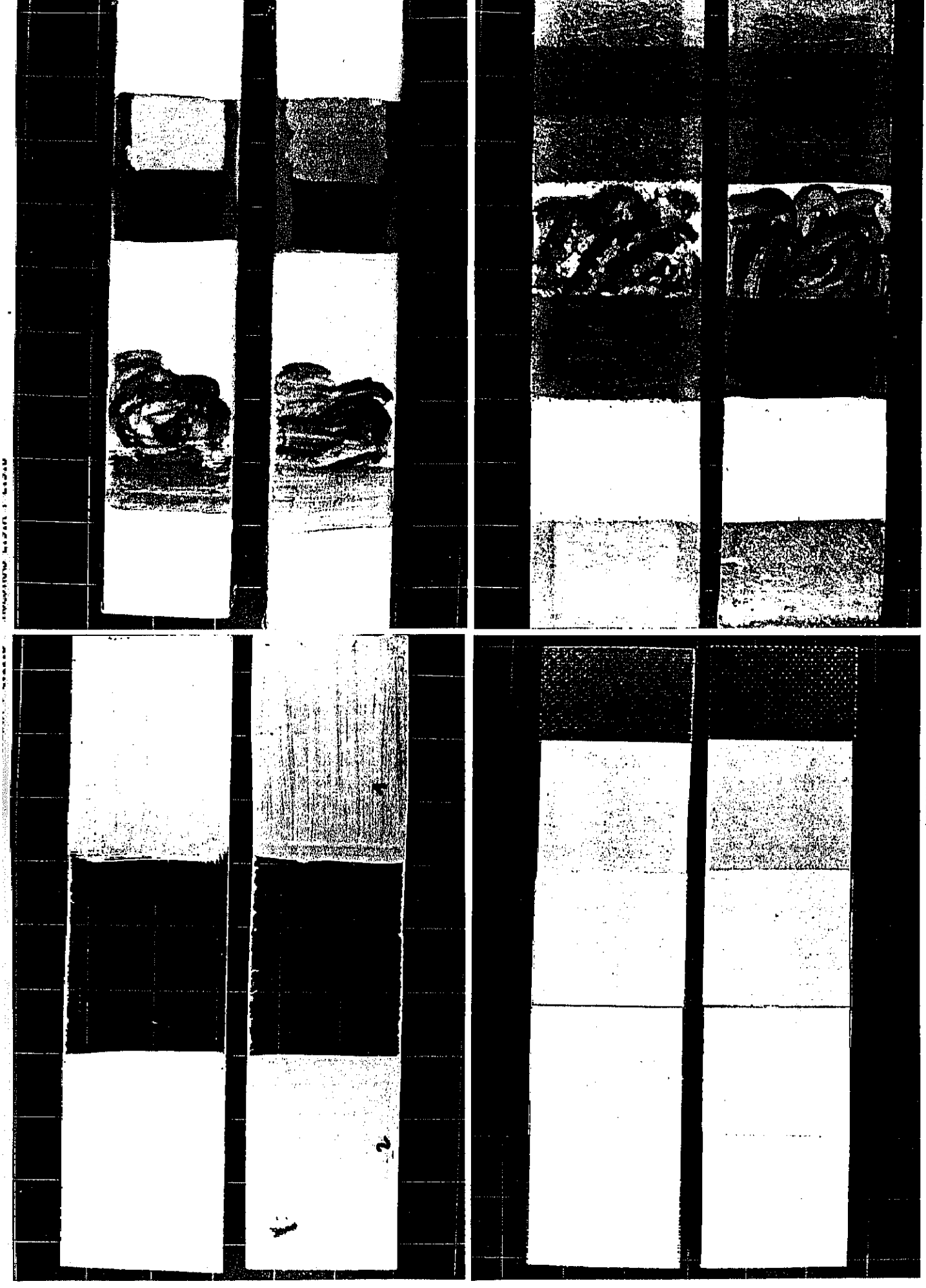
Fot.197, 198, 199 y 200. Aspecto de las maquetas E.9.B, E.10.B, E.11.B y E.12.B después de 72 horas de ensayo.



Fots.201, 202, 203 y 204. Aspecto de las maquetas E.1.B, E.2 E.4.B, después de 7 días de ensayo (maqueta derecha) y en con sus respectivas muestras prototipo (maqueta izquierda).



Fots.205, 206, 207 y 208. Aspecto de las maquetas E.5.B, E.6.B, E.7.B y E.8.B, después de 7 días de ensayo (maqueta derecha) y en comparación con sus respectivas muestras prototipo (maqueta izquierda).



Fots.209, 210, 211 y 212. Aspecto de las maquetas E.9.B, E.10.B, E.11.B y E.12.B después de 7 días de ensayo (maqueta derecha) y comparándolas con sus respectivas muestras prototipo (maqueta izquierda).

10.4.1.4. Resultados

Los resultados de este ensayo se han obtenido comparando la muestra prototipo y la probeta ensayada. Para ello, se ha realizado un detallado estudio organoléptico a las 72 horas de su introducción en la Cámara, y a los 7 días.

Muestra E.1.B.

- Resultados a las 72 horas (fot.189):

* Soporte: la tela de lino permanece tersa sobre el bastidor.

* Preparación: En la zona preparada con creta aparecen pequeñas fisuras, no ocurre lo mismo con la preparación de gesso. No se observa ningún cambio de tonalidad.

* Carga: Se observa una ligera variación en el tono respecto a la probeta E.1.A[208]. Se podría decir que presenta un aspecto "tostado" (como si la carga se hubiera pasado por

---

208 El cambio de tono apreciable entre la carga de las muestras prototipo y las probetas ensayadas se debe también a que, siendo idéntico el producto, procede de dos remesas distintas. La piedra pómez empleada en las muestras prototipo tiene un tono gris frío, mientras que la utilizada en las muestras ensayadas tenía un gris cálido.

la sartén). Su agarre al soporte es bueno y no presenta craquelados.
(Esta probeta se ha humedecido ligeramente por el reverso antes de volver a ser introducida en la cámara de envejecimiento. También se ha realizado lo mismo con la muestra E.9.B, para su posterior comparación).

- Resultados a los 7 días (fot.201):

* Soporte: Por el reverso de la muestra se aprecia que el bastidor de madera ha amarilleado por oxidación de la celulosa.

* Preparación: El aparejo tradicional de creta sobre tela de lino se encuentra altamente craquelado. Puede apreciarse que se trata de un craquelado diferencial, ya que la zona de tela que cubre el bastidor está intacta, mientras que la zona central se encuentra degradada. La preparación de gesso sintético permanece estable (sólo se aplicó una mano y es un producto más elástico, con un porcentaje de plastificante en su composición). No se aprecian cambios sustanciales de coloración en ninguno de los dos aparejos.

* Carga: Presenta pequeñas fisuras en la zona que recubre el aparejo de creta. No se aprecia variación significativa respecto de los datos obtenidos a las 72 horas.

Muestra E.2.B.

- Resultados a las 72 horas (fot.190):

* Soporte: Se observa un ligero amarilleamiento de la madera.

* Preparación: Pueden apreciarse pequeñas fisuras en sentido de la veta, tanto en el aparejo de gesso como en el de creta. No se observan cambios de color.

* Carga: sin alteración estructural aparente (no se aprecian craquelados ni fisuras), aunque con un ligero cambio de tono respecto a la muestra E.2.A.

- Resultados a los 7 días (fot.202):

* Soporte: Se observa un oscurecimiento de la madera, especialmente significativo por el anverso (que es la zona que ha recibido directamente la radiación), y en menor medida, en el reverso (compárese en la misma muestra la diferencia de tono entre la zona cubierta por el bastidor del carrusel y el resto de la misma).

* Preparación: Las fisuras en sentido de la veta han aumentado, tanto en el aparejo de gesso, como en el de creta. Sin embargo, el primero presenta un aspecto de

desecación mayor (recordamos que sólo se aplicó una mano) y las craqueladuras son más abundantes y pronunciadas (ocurre lo contrario que en la muestra anterior). No se observan cambios de tono.

* Carga: sin alteración aparente respecto a los resultados anteriores.

Muestra E.3.B

-Resultados a las 72 horas (fot.191):

* Soporte: Ligero amarilleamiento del tablero DMH en la zona no cubierta por el aparejo.

* Preparación: Tanto el gesso como la creta no presentan alteraciones ni craquelados. No se aprecian cambios de color.

- Resultados a los 7 días (fot.203):

* Soporte: Oscurecimiento significativo en el anverso (dónde ha recibido la radiación directa). En el reverso de la probeta (aunque con radiación indirecta), también se pueden apreciar los efectos degradantes de la luz ultravioleta (comparar el tono del centro con el de los bordes).

* Preparación: Ambos aparejos no presentan ninguna alteración aparente.

Muestra E.4.B

- Resultados a las 72 horas (fot.192):

* Soporte: ligero amarilleamiento de la zona no entelada. En los demás estratos del soporte no se aprecian alteraciones.

* Preparación: El aparejo de gesso no presenta daños ni cambios de color.

- Resultados a los 7 días (fot.204):

* Soporte: Considerable amarilleamiento de la resina epoxi y de la espuma (recordamos que todas las espumas empleadas son autoextinguibles y con tal fin, llevan incorporado un producto lo que favorece su cambio de tonalidad), tanto por el anverso como por el reverso de la muestra (las zonas cubiertas permanecen inalterables).
Tres de las telas que funcionan como capas receptoras (lino Goya, lino Velázquez y algodón fuerte) han palidecido por efecto de la radiación lumínica. Sin embargo, la finísima tela de algodón situada en el borde inferior de la muestra ha oscurecido seguramente porque la radiación ha traspasado

el tejido y oxidado la resina epoxi subyacente. Pese a estos pequeños cambios de tono, existe una buena adhesión entre las distintas capas receptoras y la capa base.

* Preparación: El aparejo de gesso da excelentes resultados tanto en las cuatro telas empleadas, como aplicado directamente sobre la fibra de vidrio y la resina. Las zonas de la probeta cubiertas por una mano de gesso, presentan una desecación mayor que aquellas que tienen dos capas. No se observan cambios de color.

Muestra E.5.B

- Resultados a las 72 horas (fot.193):

* Soporte: Ligero amarilleamiento de la parte de la probeta sin cubrir. El estado de los demás estratos del soporte es excelente.

* Preparación: No se aprecia ninguna alteración tanto en las telas de imprimación industrial como en el aparejo de gesso empleado.

- Resultados a los 7 días (fot.205):

* Soporte: Considerable amarilleamiento de la zona descubierta, y ligero cambio de tonalidad en el reverso. La adhesión entre los estratos del soporte es excelente.

* Preparación: No se aprecia ninguna alteración en el aparejo de gesso que presenta un buen agarre con la fibra de vidrio y la resina. Las telas de preparación industrial no ofrecen cambios significativos, a excepción de la tela M/20 para óleo de Macarrón imprimada a la media creta que, al llevar aceite en su composición, ha palidecido un poco (recordemos que tradicionalmente el aceite se blanquea exponiéndolo al sol).

Muestra E.6.B

- Resultados a las 72 horas (fot.194):

* Soporte: Ligero amarilleamiento en la zona descubierta. La unión entre los estratos permanece estable.

* Preparación: inalterable tanto el aparejo de gesso como el de creta.

* Carga: sin alteración estructural aparente (no se aprecian craquelados ni fisuras), aunque con un ligero cambio de tono respecto de la muestra E.6.A.

- Resultados a los 7 días (fot.2067):

* Soporte: Considerable amarilleamiento de la resina epoxi, tanto en el anverso de la muestra (que recibe la

radiación directa), como en la masa tixotrópica que sella los bordes. En el reverso de la maqueta (que recibe la radiación indirecta) también se aprecia el cambio de tonalidad de la resina epoxi, siendo el amarilleamiento mayor en la zona central que en los bordes (cubiertos durante el ensayo por el bastidor del carrusel).
La adhesión de las telas a la capa base continua siendo excelente.

* Preparación: Las preparaciones aplicadas permanecen inalterables, incluso la creta aplicada sobre la fibra de vidrio y la resina ofrece un buen resultado. La grieta en la zona que une las telas no es producto del envejecimiento acelerado, sino de su aplicación inicial.

* Carga: sin alteración aparente respecto a los resultado anteriores.

Muestra E.7.B

- Resultados a las 72 horas (fot.195):

* Soporte: Amarilleamiento ligero de la zona descubierta: Los demás estratos del soporte permanecen estables.

* Preparación: No se aprecia alteración alguna.

- Resultados a los 7 días (fot.207):

* Soporte: Considerable amarilleamiento de la zona descubierta. Se ha realizado una pequeña incisión en una esquina de la zona sin cubrir, y se aprecia un oscurecimiento significativo de la espuma rígida de poliuretano. Los demás estratos del soporte permanecen estables.

* Preparación: Tanto el aparejo de creta como el de gesso no presentan alteración aparente. No se aprecian craqueladuras, ni siquiera en las zonas dónde la tela se pliega. Tampoco se ha producido oxidación de las grapas por efecto del aparejo.

Muestra E.8.B

- Resultados a las 72 horas (fot.196):

* Soporte: La espuma de PVC aparece inalterable; el corcho (capa de intervención física), permanece firmemente adherido a la espuma, aunque se ha decolorado ligeramente. Las telas pegadas con Primal no presentan alteración aparente.

* Preparación: Tanto la creta como el gesso permanecen estables.

- Resultados a los 7 días (fot.208):

* Soporte: la espuma de PVC conserva su color blanco original, sin que se aprecie amarilleamiento alguno. Los demás estratos no presentan daños aparentes, a excepción del corcho que ha palidecido (aunque conserva su estabilidad estructural).

* Preparación: Los aparejos permanecen estables, aunque se aprecia una pequeña grieta en el aparejo de creta aplicado en en la finísima tela de algodón. No se aprecian cambios de color.

Muestra E.9.B

- Resultados a las 72 horas (fot.197):

* Soporte: Ligero amarilleamiento de la resina epoxi.

* Preparación: El gesso empleado permanece estable.

* Carga: sin alteración estructural aparente (no se aprecian craquelados ni desprendimientos), aunque con un ligero cambio de tono respecto de la muestra E.9.A.

* Pigmento: sin alteración aparente.

Tal como ya indicamos, esta muestra se ha humedecido ligeramente por el reverso con el fin de ser comparada con al muestra E.1.B.

- Resultados a los 7 días (fot.209):

* Soporte: Perdida de transparencia. Amarilleamiento intenso de la resina epoxi por el anverso. Sin embargo, en el reverso el cambio de color es mínimo. El tejido de vidrio permanece terso, sin deformaciones estructurales.

* Preparación: El grado de adhesión del gesso al soporte es aceptable (no se desprende por rayado). El aparejo blanco aplicado por el reverso del soporte ofrece un aspecto amarillento por el anverso, debido a la oxidación de la resina epoxi.

Si comparamos el resultado obtenido en esta muestra con la E.1.B, podemos apreciar que la higroscopicidad del soporte de la tela de lino de la segunda, ha propiciado la aparición de abundantes craqueladuras en el aparejo, mientras que en esta probeta, permanece estable.

* Carga: sin alteración aparente respecto de los resultados anteriores.

* Pigmento: sin alteración aparente, aunque el cambio de color de la resina impide que se transparente adecuadamente.

Muestra E.10.B

- Resultados a las 72 horas (fot.198):

* Soporte: ligero amarilleamiento de la resina epoxi.

* Preparación: el gesso sintético permanece estable.

* Carga: sin alteración estructural aparente (no se desprende ni presenta craquelados), aunque con un ligero cambio de tono respecto a la muestra E.10.A.

* Pigmento: sin alteración aparente. Buena adhesión al soporte.

- Resultado a los 7 días (fot.210):

* Soporte: amarilleamiento considerable de la resina epoxi por el anverso de la muestra. Por el reverso el amarilleamiento de la resina es menor. No se aprecia ningún movimiento o cambio estructural de la fibra de vidrio.

* Preparación: el gesso no presenta craquelados o daños aparentes, aunque la superficie sobre la que ha sido aplicada no es uniforme.

* Carga: No presenta alteración aparente respecto a los resultados anteriores. Tiene un buen agarre al soporte incluso en las zonas en las que se ha aplicado directamente sobre el mismo, y no "tira" de la preparación.

* Pigmento: sin alteración aparente.

Muestra E.11.B

- Resultados a las 72 horas (fot.199):

* Soporte: ligero amarilleamiento

* Preparación: sin alteración aparente.

- Resultados a los 7 días (fot.211):

* Soporte: Ligero amarilleamiento de la resina poliéster, muy inferior al de la resina epoxi. Recordamos que la plancha RELON empleada lleva un tratamiento que la protege de la radiación ultravioleta.

* Preparación: Débil cohesión entre el gesso y el soporte. El gesso (tanto en la zona en la que se ha aplicado una capa como en la de dos), se desprende por rallado.

Muestra E.12.B

- Resultados a las 72 horas (fot.200):

* Soporte: Ligero amarilleamiento de la cara externa del AEROLAM. La cohesión con las capas receptoras de papel permanece estable.

* Preparación: sin alteración aparente.

- Resultados a los 7 días (fot.212):

* Soporte: Amarilleamiento intenso de la cara externa (fibra reforzada) del AEROLAM. El amarilleamiento también es considerable por el reverso. La adhesión entre los distintos estratos del soporte permanece estable. Los dos papeles que funcionan como capa receptora también se han oxidado ligeramente apreciándose un ligero cambio de su tonalidad.

* Preparación: el gesso aplicado no presenta alteración aparente.

Resultados generales

1) Existe una relación directa entre el tiempo de exposición de los distintos materiales a la radiación y su posterior oxidación. Es decir, la degradación de los materiales es mayor a los 7 días que a las 72 horas.

Después de siete días el comportamiento de los materiales expuestos a la radiación ultravioleta es el siguiente:

- Las telas y el corcho se decoloran por efecto de la radiación. Esto indica que son materiales con un alto contenido en celulosa y de excelente calidad (fots.213 y 214).

- El contrachapado de madera, el tablero de madera prensada DMH oscurecen debido a que presentan un porcentaje mayor de lignina y hemicelulosa que de celulosa (fots.215 y 216).

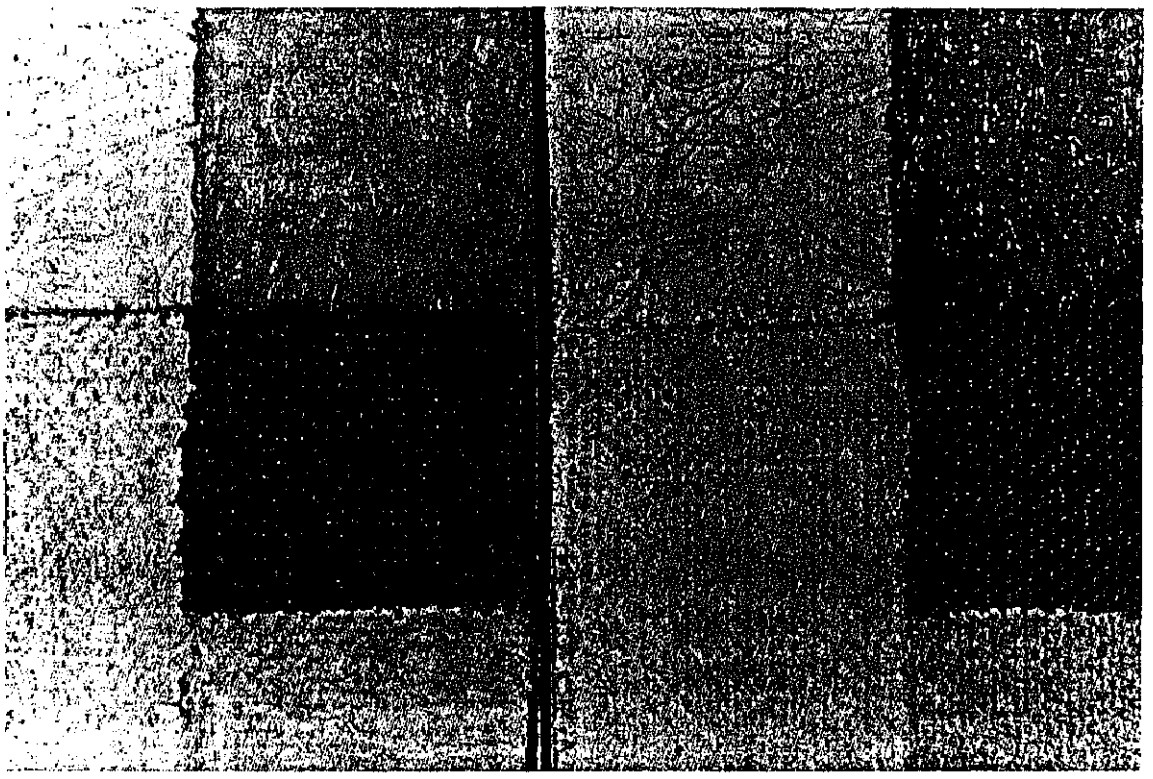
- Los papeles utilizados permanecen sin alteración aparente (la cartulina "Ortiz" presenta un ligero oscurecimiento).

- La resina epoxi empleada en los laminados de fibra de vidrio, si se encuentra en contacto directo con la luz ultravioleta, se oxida sufriendo un importante cambio de

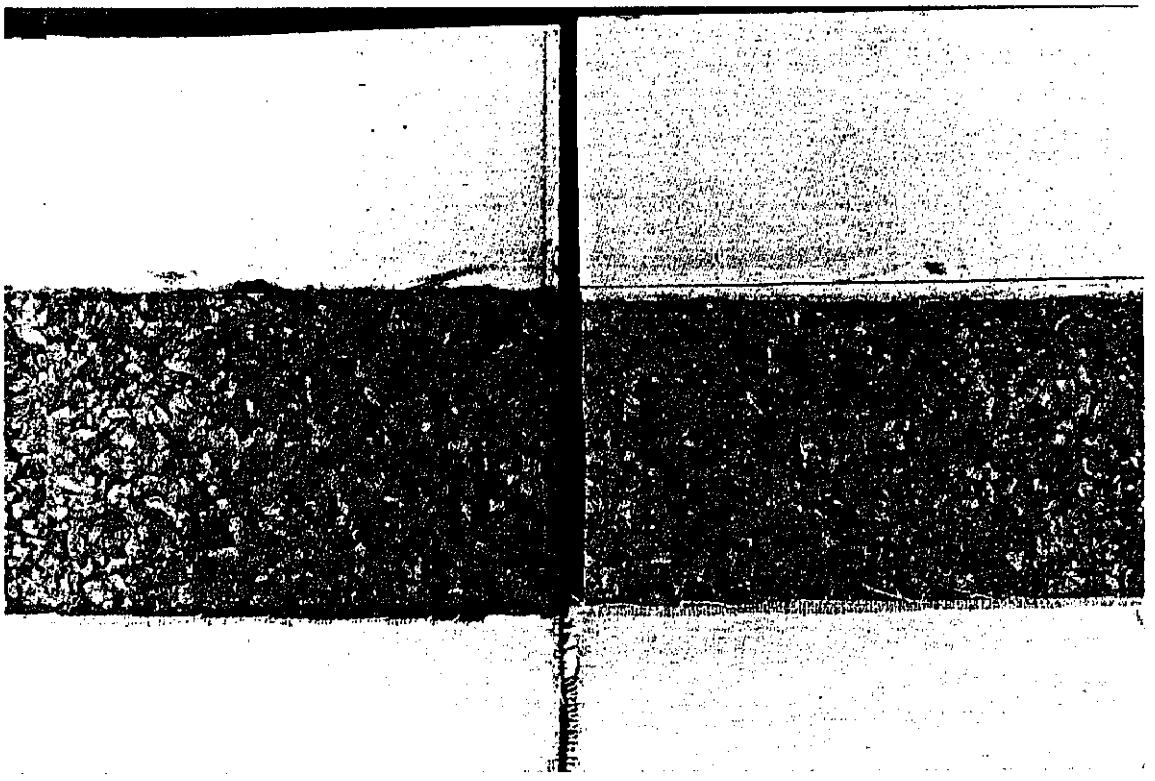
coloración (fots.217, 219 y 220). Sin embargo, si el estratificado está protegido por la capa receptora o por un aparejo, la resina permanece estable.

- El cambio de coloración de la resina poliéster es menor que el de la epoxi porque lleva un tratamiento que la protege de la radiación ultravioleta (fot.218). Por lo tanto, si se desea realizar un soporte transparente o traslúcido se recomienda utilizar una resina poliéster con tratamiento protector o, como veremos en el próximo capítulo dedicado a los soportes traslúcidos, emplear otros productos muy estables y resistentes a la radiación.

MUESTRA E.4.A MUESTRA E.4.B



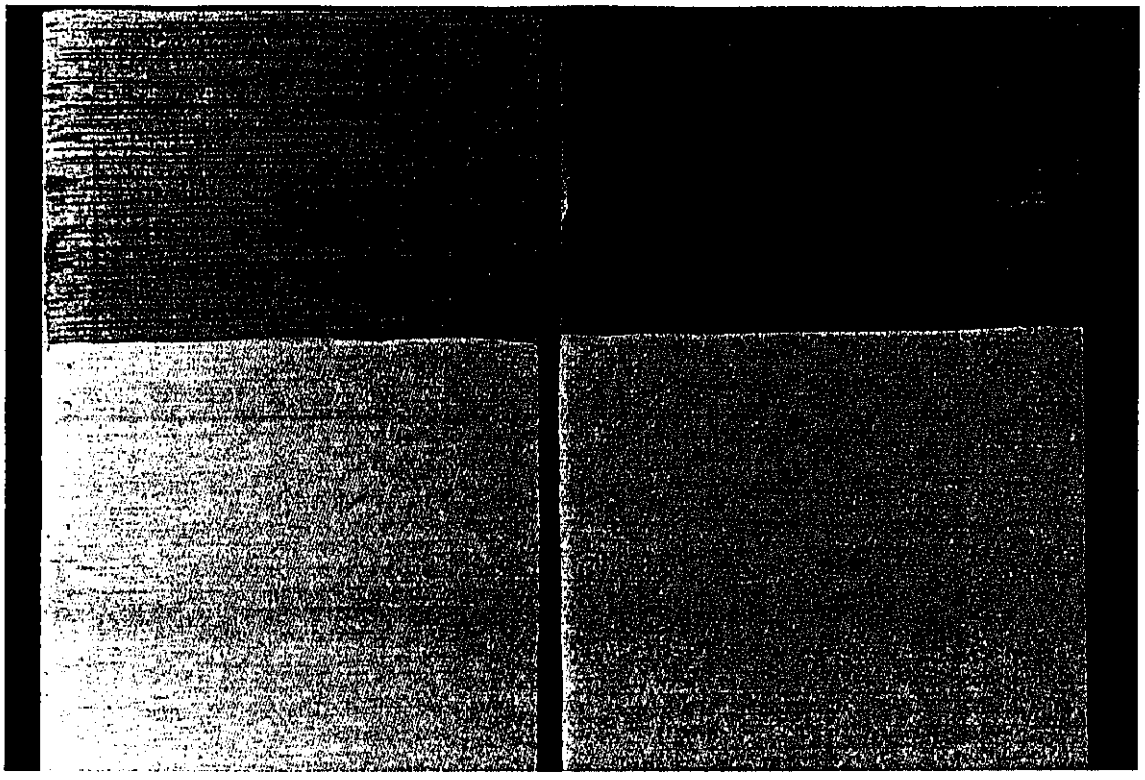
Fots.213 y 214. Decoloración de la tela de lino (arriba) y del corcho (debajo) por efecto de la radiación ultravioleta.



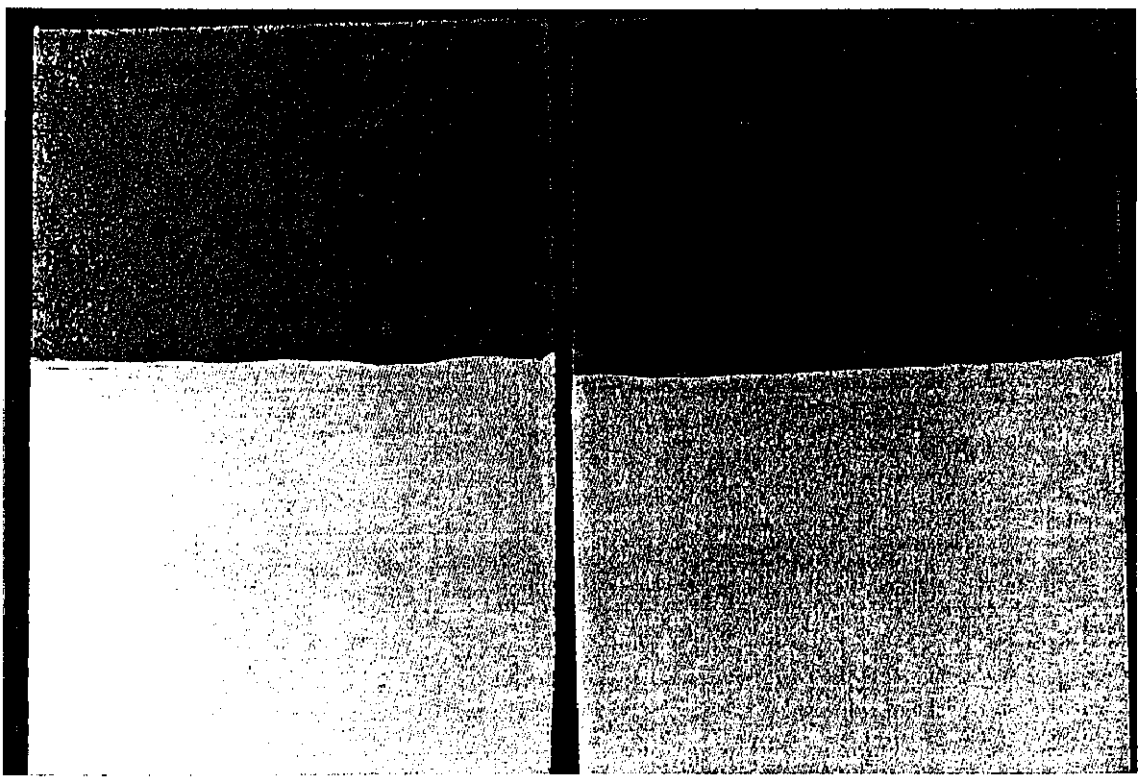
MUESTRA E.8.A MUESTRA E.8.B

MUESTRA E.2.A

MUESTRA E.2.B



Fots.215 y 216. Oscurecimiento del contrachapado de madera (arriba) y del tablero de madera prensada (debajo) después de la degradación sufrida durante el ensayo.

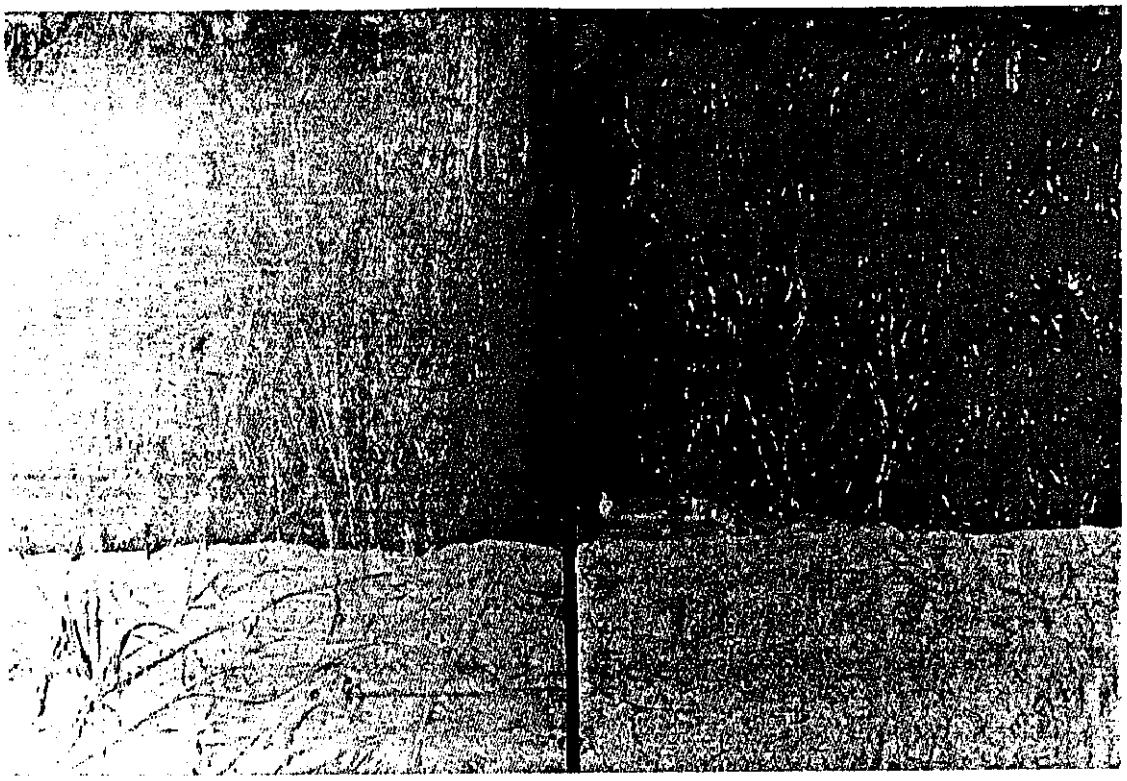


MUESTRA E.3.A

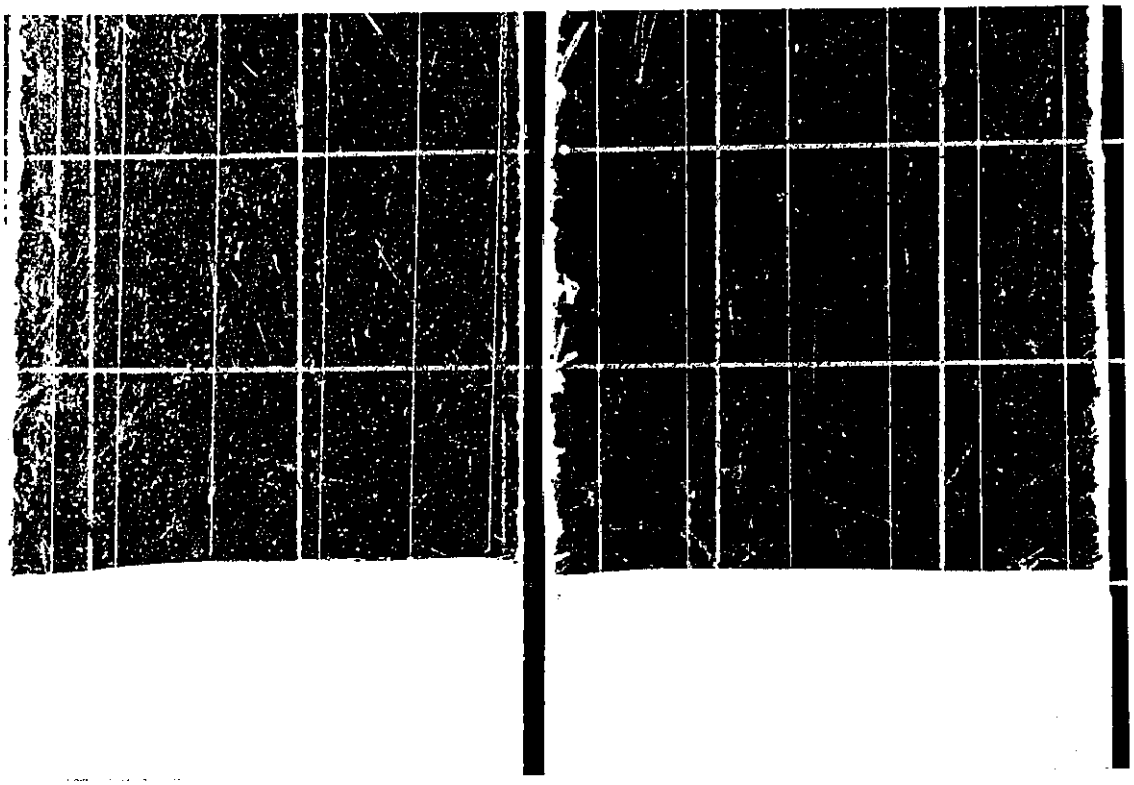
MUESTRA E.3.B

MUESTRA E.5.A

MUESTRA E.5.B



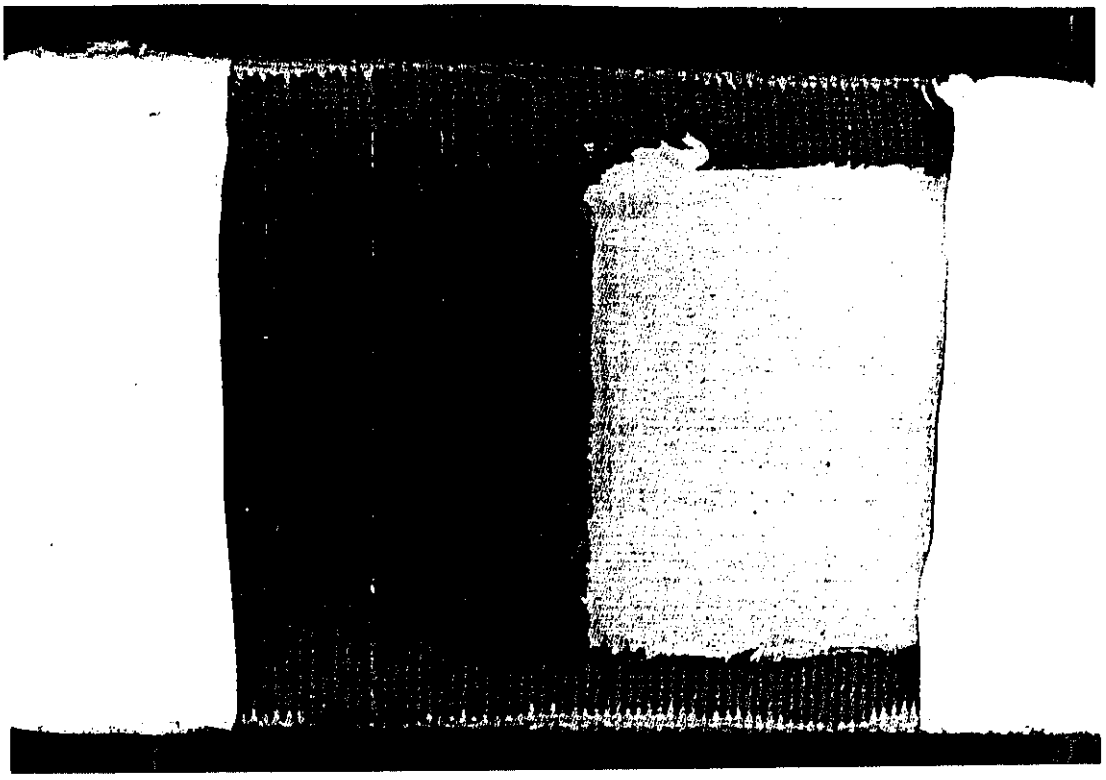
Fot.217. Ejemplo representativo del grado de oxidación de la resina epoxi ante su exposición directa a la radiación ultravioleta. Obsérvese el cambio de coloración de la muestra degradada (derecha) respecto de la muestra sin degradar (izquierda).
Fot.218. El grado de oxidación de la maqueta realizada con resina poliéster es menor debido a que lleva un tratamiento protector de la radiación ultravioleta.



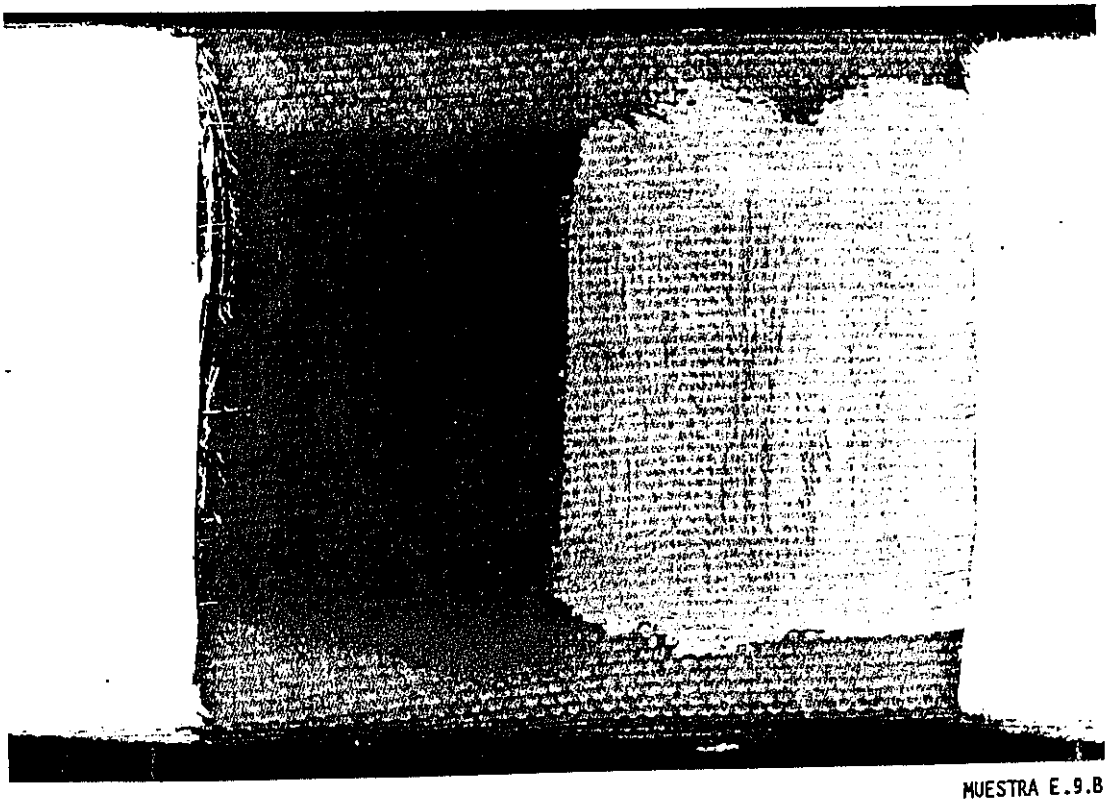
MUESTRA E.11.A

MUESTRA E.11.B

MUESTRA E.9.A



Fot.219 y 220. Tal como se aprecia en la fotografía inferior, la resina epoxi amarillea considerablemente después del ensayo por lo que no es un producto recomendado para fabricar soportes traslúcidos.



MUESTRA E.9.B

2) La unión entre los distintos estratos del soporte es buena. No se han presentado desprendimientos o fallos de adhesión después del envejecimiento al que se han sometido las muestras. Si esto ocurriera recordamos que el principal adhesivo empleado: Primal AC33 es altamente re-tratable (vid., pto.10.3.2.1 del trabajo).

3) El emplear capas base rígido-inertes posibilita poder incluir como capas receptoras materiales económicos que no tienen un rendimiento estable a medio plazo usados en sí mismos como soporte. Por ejemplo, las telas de algodón empleadas en algunas maquetas, al tener numerosos puntos de unión con el estrato subyacente, no sufren los movimientos higrométricos que se producirían si estuvieran tensadas sobre bastidor (fots.221 y 222). Esto confirma la importancia de emplear como base pictóricas los nuevos soportes rígidos frente a los flexibles que habitualmente se comercializan.

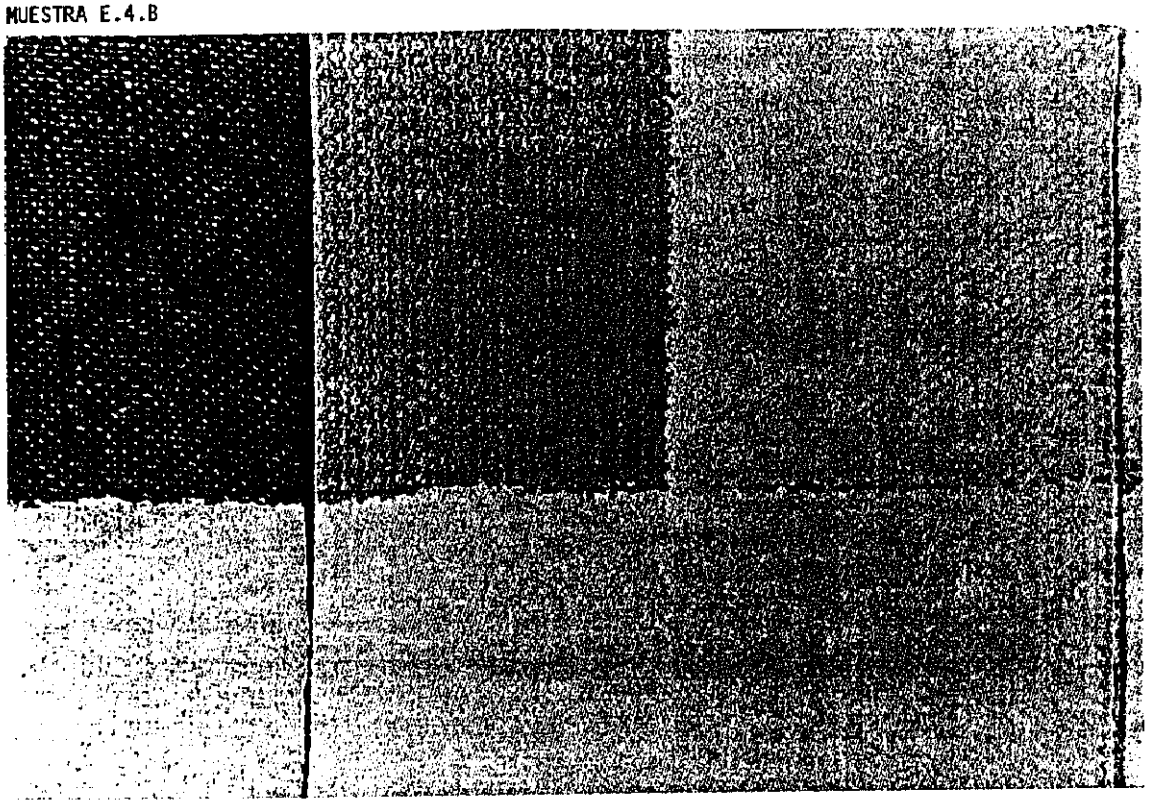
4) El comportamiento de las telas de preparación industrial adheridas sobre la correspondiente capa base, es excelente (recordemos que también se han sometido a los ensayos de re-tratamiento señalados en el pto. 10.3.2.1. del trabajo y permanecen estables).

5) La estabilidad de las preparaciones (creta y gesso sintético) sobre los diferentes soportes es, en general, excelente. No se aprecian craquelados significativos en ninguna

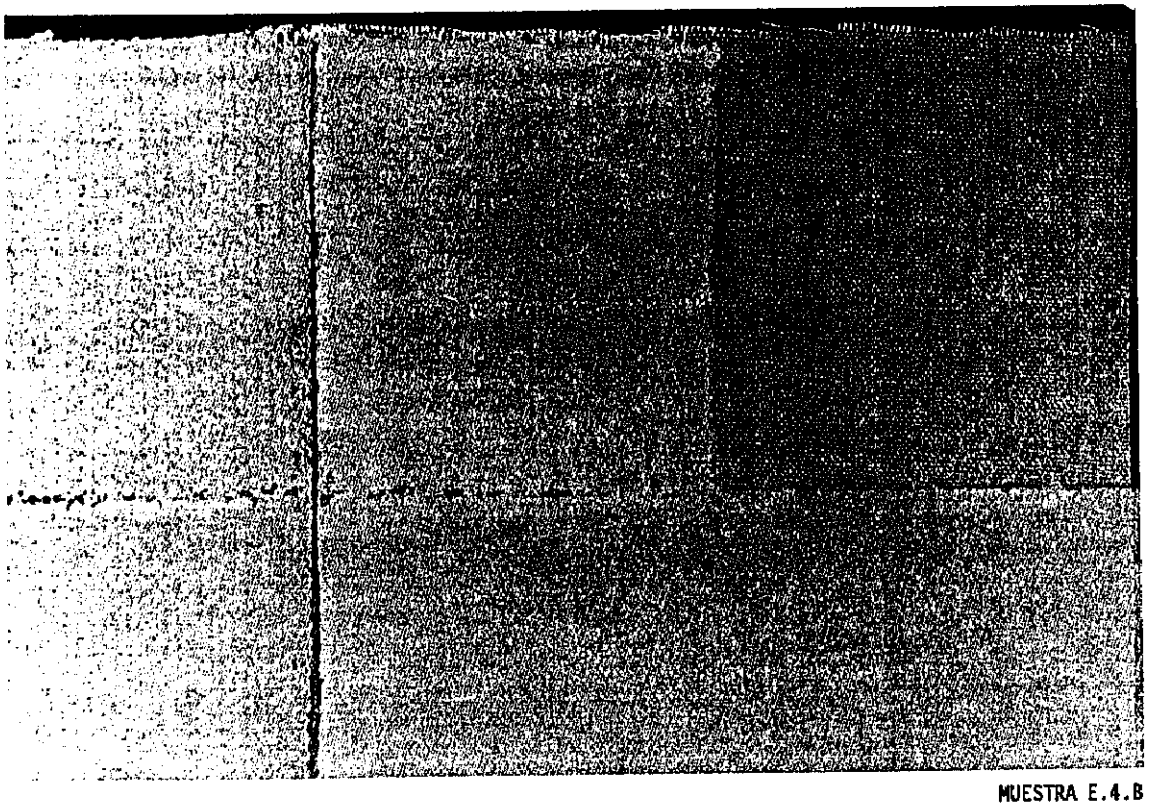
de las probetas exceptuando la muestra E.1.B (lino sobre bastidor) en la que el aparejo de creta presenta un craquelado diferencial. Recordamos que esto se debe a que la tela sobre bastidor sufre oscilaciones ante los cambios de humedad y temperatura. Por el contrario, en todas las demás maquetas en las que la capa receptora está firmemente adherida a la capa base éstos movimientos quedan virtualmente minimizados (fots.223 y 224).

6) Las cargas matéricas aplicadas sobre los nuevos soportes no sufren alteración aparente (no se observan grietas, craquelados o desprendimientos). Como ya indicamos, no ocurre lo mismo cuando se aplican sobre los finos lienzos de preparación industrial frecuentemente empleados en la pintura contemporánea (fots.225 y 226).

MUESTRA E.4.B

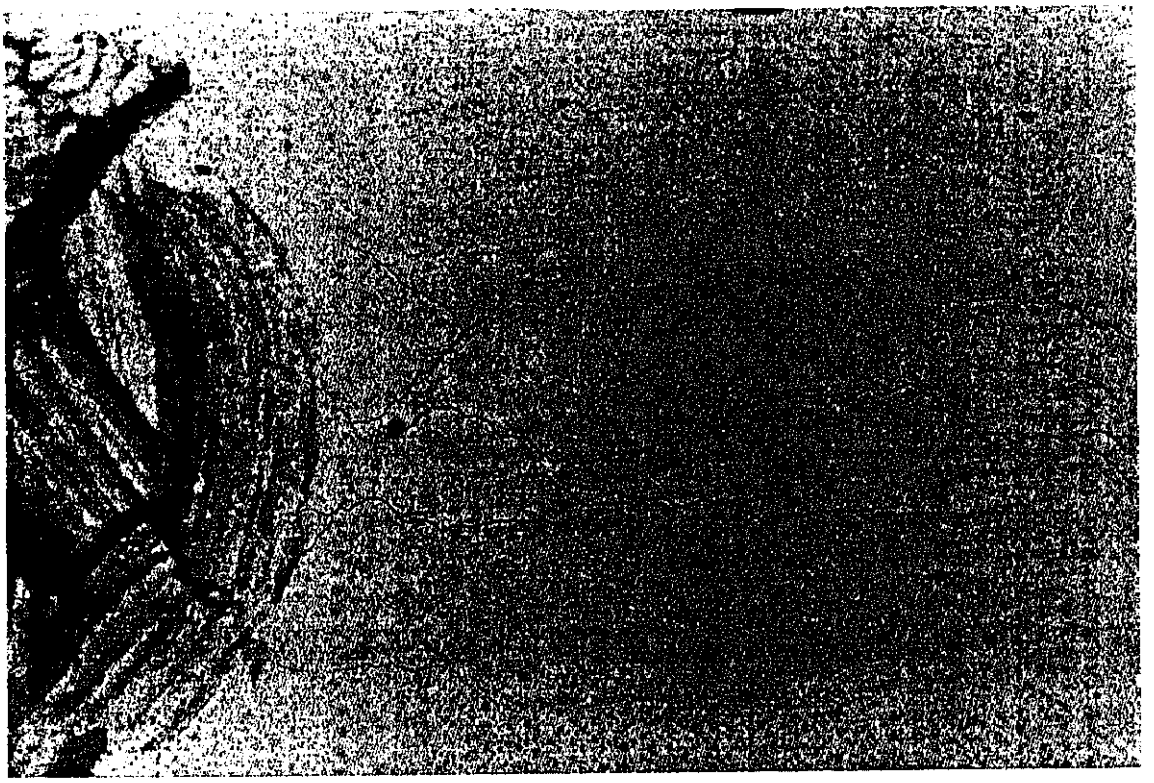


Fots.221 y 222. Las telas de algodón (más económicas que las de lino), son un material inadecuado como soporte debido a su gran higroscopicidad. Sin embargo, pueden emplearse como capa receptora de los soportes propuestos ya que al estar firmemente adheridas al estrato subyacente los movimientos de contracción y dilatación quedan minimizados.

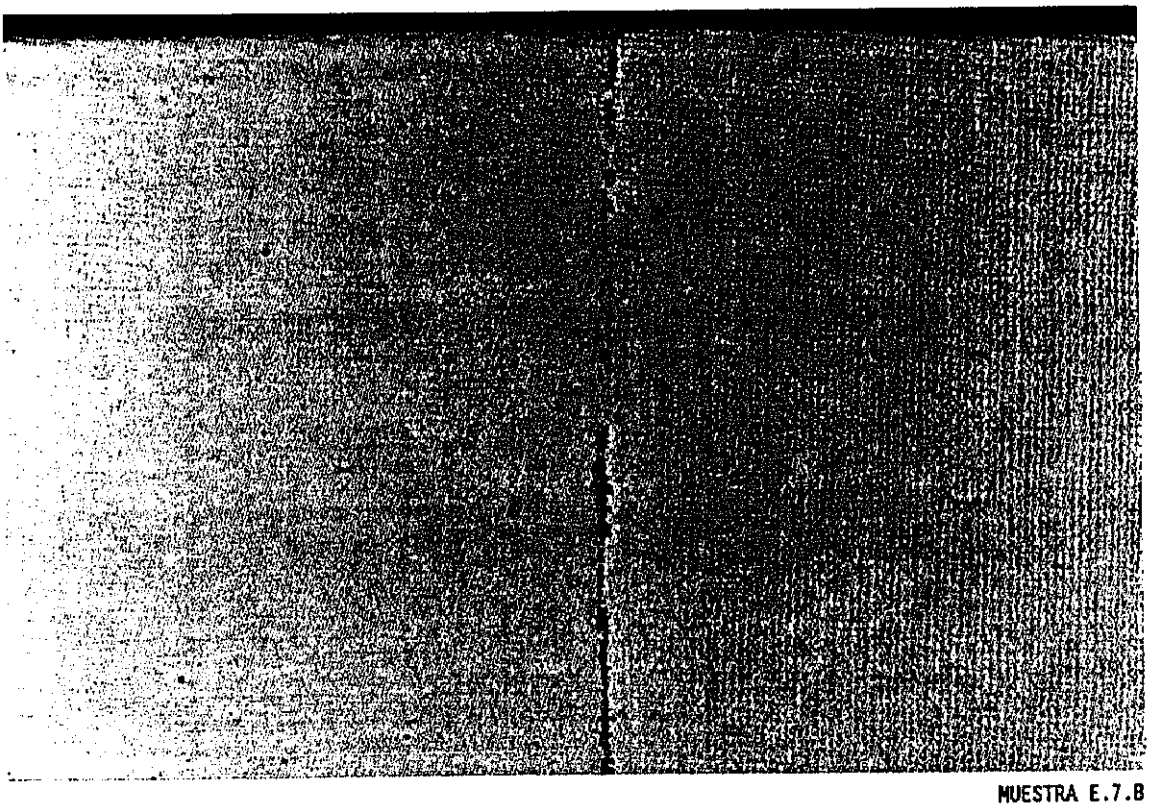


MUESTRA E.4.B

MUESTRA E.1.B



Fots.223 y 224. Aspecto de la preparación de creta sobre un lienzo tradicional de lino sobre bastidor después del ensayo, en la que pueden apreciarse abundantes craqueladuras (arriba). Sin embargo, dichas grietas no aparecen si la preparación de creta se aplica sobre el mismo lienzo de lino adherido a un soporte rígido-inerte (debajo).



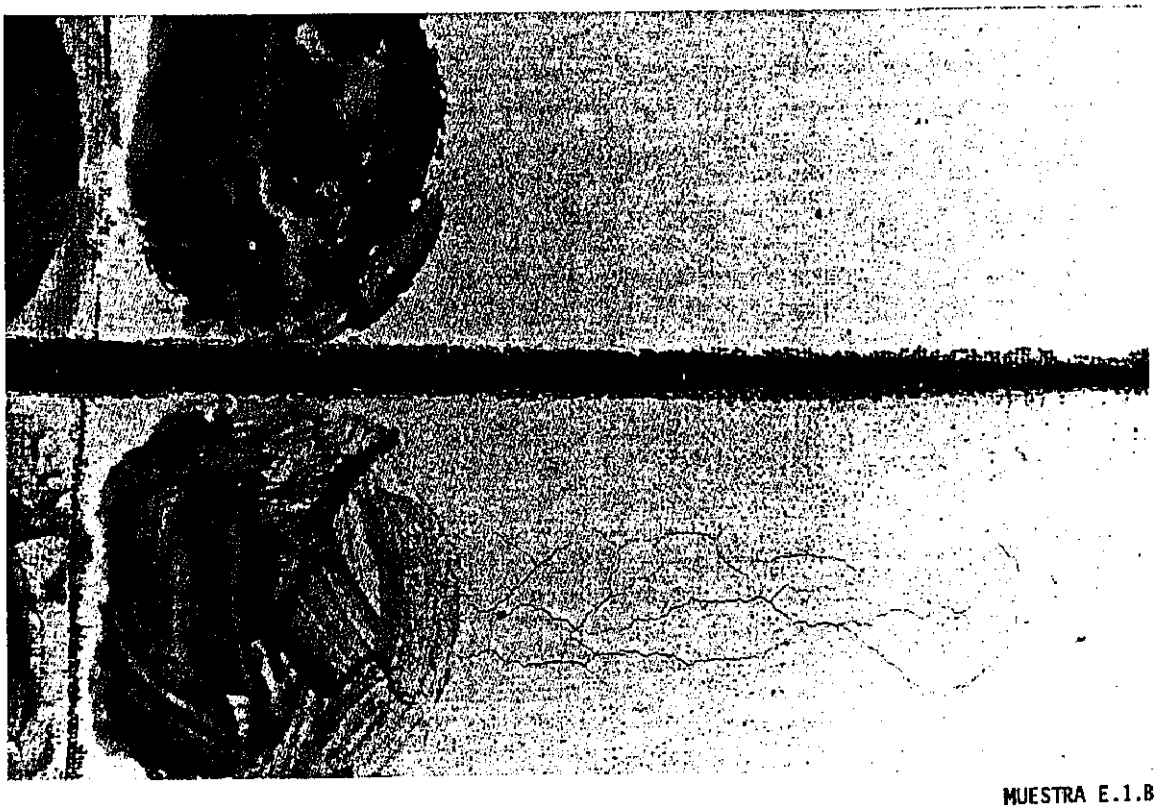
MUESTRA E.7.B

MUESTRA E.10.A

MUESTRA E.10.B

Fots.225 y 226. Las cargas (piedra pómez y alkyl) no han sufrido ninguna alteración si se aplican sobre cualquiera de los soportes rígidos propuestos. En cambio, sobre un soporte flexible, pueden agrietarse.

MUESTRA E.1.A



MUESTRA E.1.B

10.4.2. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA RADIACION ULTRAVIOLETA DE LOS SOPORTES TRANSPARENTES Y TRASLUCIDOS

10.4.2.1. Introducción

Los soportes transparentes[209] son una de las aportaciones estéticas más interesantes que ofrece esta memoria, entre otras razones, y como ya se ha indicado, porque permiten al pintor trabajar tanto por su anverso como por su reverso. Esta cualidad posibilita crear degradaciones de color no mediante mezclas físicas (añadiendo, por ejemplo, blanco al tono base), sino aplicando la pintura por el dorso del soporte.

Resulta curioso observar como estos efectos, muy empleados en campos como el de la arquitectura en dónde las líneas de tono claro se trazan por el reverso del papel, no han sido mayoritariamente aprovechados (a excepción de los antiguos vidrieros y de autores como Duchamp, Manrique, Torner, etc), en el ámbito pictórico. Seguramente esto se

---

209 Los soportes propuestos en este apartado serán calificados como "transparentes" o "traslúcidos" según el tratamiento al que sean sometidos. Para evitar equívocos, transcribimos los términos tal como lo hace el Diccionario de la Real Academia Española (op.cit., 1978, p.969): "Translúcido" (o traslúcido): Dícese del cuerpo a través del cual pasa la luz, pero no deja ver lo que hay detrás de él. "Transparente": Dícese del cuerpo a través del cual pueden verse los objetos. Que se deja adivinar o vislumbrar sin declararse o manifestarse.

debe a la fragilidad del cristal y la dificultad de encontrar materiales que combinen unas propiedades mecánicas adecuadas (por ejemplo, no quebrar por efecto de impactos) con una estabilidad ante los efectos degradantes de la luz ultravioleta (los productos tradicionales suelen amarillear con el tiempo).

Tras lo expuesto, y aprovechando los nuevos productos sintéticos que actualmente ofrece el mercado, hemos considerado importante realizar nuevos prototipos de soportes transparentes (que completan los ya indicados en el capítulo 9 y en el punto 10.4.1), para verificar que mantendrán en el tiempo su aspecto incoloro.

El punto de partida de estas pruebas son los resultados poco satisfactorios obtenidos con las resinas termoestables (indicados en el capítulo anterior) que no funcionan adecuadamente en este tipo de soporte a menos que se les incorpore un tratamiento inhibidor o protector de la radiación ultravioleta[210]. Por ello, hemos realizado un nuevo ensayo consistente en impregnar la fibra de vidrio con varios productos sintéticos cuya característica común

---

[210] Estos tratamientos protectores contra la radiación ultravioleta no tienen una efectividad del 100%. Explicándolo con palabras coloquiales asequibles al pintor, podríamos decir que funcionan como las cremas protectoras para el sol que nos aplicamos en la montaña o en la playa, que evitan que la piel se queme, pero no impiden totalmente que se ponga morena.

(avalada por sus diversos fabricantes) es su alta resistencia a la radiación.

Existe numerosa literatura referente a las características de la fibra de vidrio (vid., ptos. 5.2.1.3 y 7.4.1.2 y Apéndice A de la memoria) y varias publicaciones acerca de las cualidades y degradación fotoquímica de las resinas termoplásticas empleadas[211]. Sin embargo, no hemos encontrado ningún estudio sobre su comportamiento al ser combinados para fabricar soportes pictóricos.

10.4.2.2. Objetivo

El objetivo de este ensayo radica en estudiar mediante un examen organoléptico el grado de amarilleamiento de diversos soportes transparentes y traslúcidos (realizados, como ya se ha indicado, con diversos tipos de fibra de vidrio impregnada con varios productos sintéticos), después de haber sido sometidos a la acción degradante de la temperatura y de la radiación ultravioleta en una Cámara de Envejecimiento Artificial Acelerado.

---

[211] Algunos autores que tratan del comportamiento y envejecimiento de los productos sintéticos empleados son: Berger (1972), Blank (1988, 1989 y 1990), Candlin (1988), Crighton (1988), Degussa (1989), Down (1984), Duffy (1989), Feller (1966, 1967, 1975 y 1978), Hawkin (1971 y 1981), Hedly y col. (1984), Horie (1987), Howels and col. (1984), Hulmer (1971), Ives y col. (1971), Juntina y col. (1975), Lincon (1981), Martin (1988), Mehra (1984), Mora (1967), Roff y col. (1971), San Andrés (1990), de Witte (1982 y 1984).

10.4.2.3. Descripción y realización de las muestras

Se han realizado un total de treinta muestras de 29'5cm x 7cm (para que se adapten a los bastidores del carrusel de la cámara).

Su proceso de realización ha sido el siguiente:

a) En primer lugar se han recortado unas tiras alargadas de fibra de vidrio (tejido Velázquez y "mat" de 225 gr) y se han colocado sobre una superficie desmoldeante. Con cinta de teflón se sellan los bordes de la fibra de manera que se obtiene un rectángulo de 29'5 x 7 cm.

b) El producto elegido se aplica sobre cada uno de los rectángulos, a excepción de la muestra E.15 correspondiente a un soporte de policarbonato y a tres muestras de fibra de vidrio que se introducirán en la cámara tal cual. La cantidad de producto empleado es la suficiente para impregnar la fibra y varía de unas muestras a otras ya que las realizadas con tejido requieren una cantidad menor que las realizadas con "mat". Este aspecto es importante porque, como veremos, el espesor de la película influye en su grado de amarilleamiento una vez concluido el ensayo.

Aplicando las diversas resinas sintéticas sobre dos tipos de fibra, pretendemos reproducir los diversos

efectos ópticos que puede obtener el pintor al fabricar sus propios soportes transparentes en los que, a veces, aplicará el producto formando un película lisa y uniforme, y cuando su obra lo requiera, lo hará dejando goterones y churretes. Tanto en un caso como en otro, la resistencia del soporte ante la temperatura y la radiación ultravioleta debe ser la adecuada para garantizar la estabilidad del mismo.

Los distintos productos que impregnan la fibra de vidrio son, por una parte, dispersiones y disoluciones poliacrílicas y polivinílicas con transparencia acromática que se mantienen inalterables con el envejecimiento (su comportamiento ante la radiación ya ha sido probado en el campo de la conservación) y, por otra parte, nuevos productos utilizados en pintura (poliuretano alifático, cera microcristalina, resina cetónica, etc), cuyo comportamiento no es tan conocido. Todos ellos tienen en común que son productos económicamente asequibles y fáciles de conseguir por el pintor.

Los datos referentes a sus características y propiedades pueden encontrarse en el Apéndice A de la memoria y, como veremos, se conocen a partir de la información proporcionada por sus respectivos fabricantes. Sin embargo, hay ciertos detalles en cuanto a su composición que son considerados como "secreto de fabricación" que no nos han sido facilitados. Esquemáticamente son los siguientes:

- Dispersión acuosa de copolímero de acetato de vinilo y acrilato de N-Butilo: **Mowilith DM5.**
- Acetato de polivinilo: **Alkyl.**
- Resina de isobutil metacrilato: **Plexigum P28** al 50% en acetona.
- Copolímero de etil metacrilato: **Paraloid B72** al 50% en acetona.
- Dispersión acuosa de resina acrílica a base de acrilatos y metacrilatos de etilo y metilo: **Plextol B 500.**
- Dispersión acrílica a base de un copolímero de metacrilato de metilo/ acrilato de etilo: **Primal AC33.**
- Polímero termoplástico de metacrilato de metilo: **Synocryl 9122X.**
- Metacrilato de dos componentes y curado en frío con peróxido de benzoilo como endurecedor: **Plexilith 161** (proporción: 50 gr. de resina y 0'5, 0'75 y 1 gr. de peróxido).
- Poliuretano alifático de dos componentes: **Durpol** (proporción 2:1).
- Resina cetónica "N": **Laropal K80** al 50% en white spirit.
- Cera microcristalina: **Renaissance.**
- Resina epoxi: **Fetadit 55/66.**
- Policarbonato: **Lexan** (esta muestra se ha adquirido en el comercio ya fabricada).

El número de muestras envejecidas varía dependiendo del producto empleado, y de su comportamiento después del primer ensayo en la cámara:

Se han realizado dos muestras con cada una de las siguientes resinas polivinílicas y poliacrílicas: Mowilith DM5, Alkyl, Plexigum P28, Paraloid B72, Plextol B500, Primal AC33, Synocryl 9122X.

Con el metacrilato (Plexilith 161) se han realizado cinco muestras en las que se ha variado la cantidad de peróxido empleada: dos con 0'5 gr, una con 0'75 gr y dos con un 1 gr.

Así mismo, con el poliuretano alifático (Durpol) se han realizado cuatro muestras; en dos de ellas se ha aplicado una mano del producto y en las otras dos, dos manos.

Por tener una menor aplicación dentro de los soportes trasparentes propuestos, se ha realizado una muestra con los siguientes productos: Laropal K80, Renaissance, Fetadit 55/66 y policarbonato Lexan.

Así mismo, han sido objeto de ensayo tres muestras sin impregnar: tejido de vidrio Velázquez, "mat" de vidrio de 225 gr y "mat" de 350 gr.

c) Una vez que el producto de impregnación ha curado, se elimina la cinta desmoldeante del perímetro de la muestra y se cubre la mitad de la misma con un papel grueso con el

fin de protegerla de la radiación en la cámara (fig.123 y fot.227).

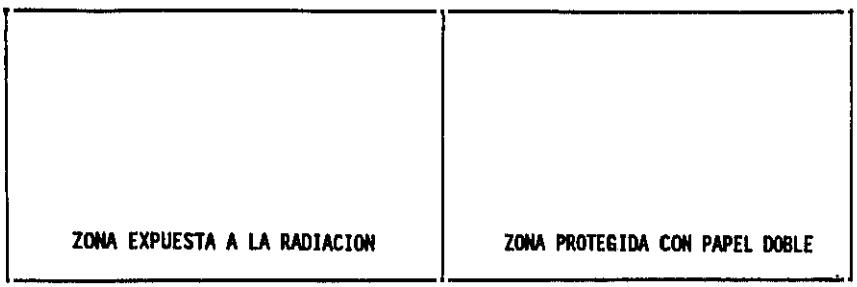


Fig.123. Esquema general de las muestras antes de ser introducidas en la Cámara de Envejecimiento Artificial Acelerado [212].

10.4.1.3. Ensayo con Cámara de Envejecimiento

Como ya indicamos en el capítulo anterior (pto.10.4.1.3), los procesos de envejecimiento tienen por finalidad acelerar aquellas reacciones y transformaciones que puedan tener lugar en condiciones normales, durante un largo periodo de tiempo. De esta forma es posible predecir cual va a ser el comportamiento del sistema ensayado a largo plazo. Sin embargo, resulta enormemente complicado establecer una relación sencilla entre las alteraciones provocadas

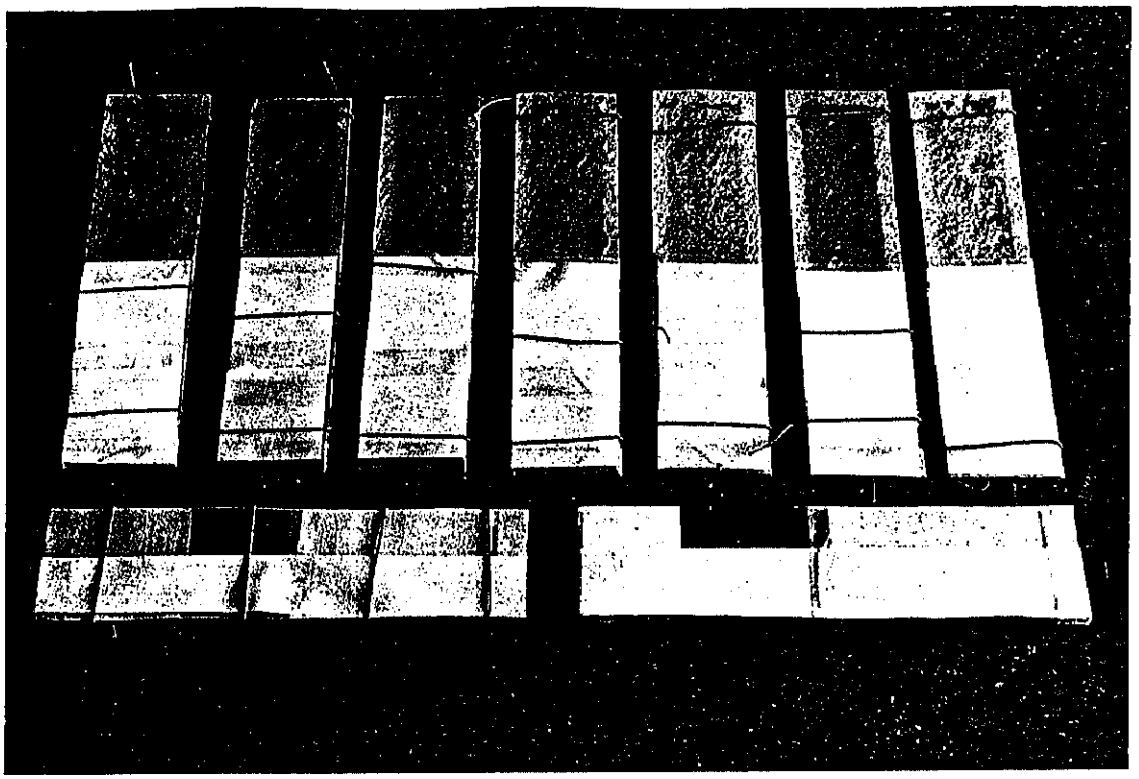
---

[212] Esta esquema no se ha utilizado en las muestras E.13 y E.14, que se han protegido de la raciación colocando el papel en sentido longitudinal.

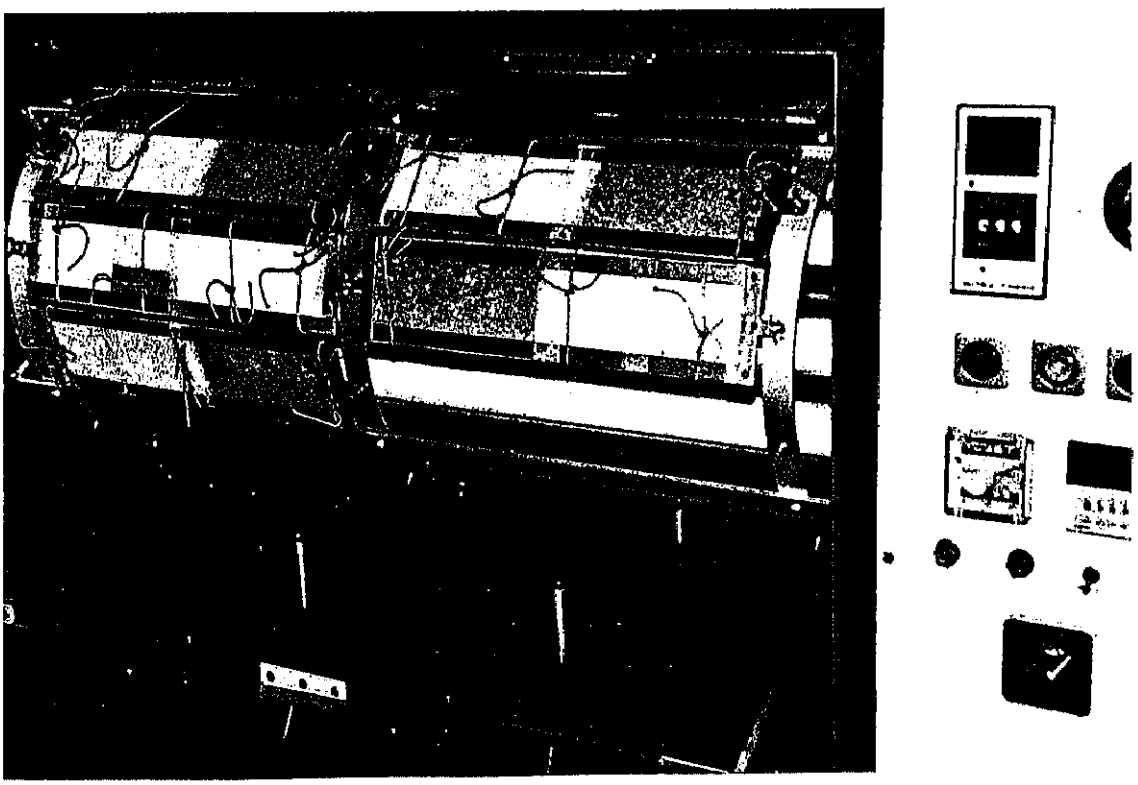
de forma artificial, y el comportamiento del material en el transcurso de su envejecimiento natural.

En este sentido, el estudio del envejecimiento artificial de los soportes transparentes mediante la temperatura y la radiación ultravioleta, podemos considerarlo como indicador de la tendencia de éstos a experimentar ciertos cambios con el paso del tiempo y, a partir de los resultados obtenidos, será lógico deducir que aquellos soportes que permanecen estables después del tratamiento en condiciones adversas, lo serán también en condiciones normales.

El ensayo se ha realizado con una temperatura de 40ºC durante 100 horas (fot.228). Una vez transcurrido este tiempo se compara la zona descubierta de cada muestra con la protegida.



Fot.227. Aspecto de algunas de las muestras preparadas para el ensayo. Puede apreciarse que la mitad de las mismas se ha cubierto con papel mientras que la otra mitad queda directamente expuesta a la radiación.
Fot.228. Aspecto de las muestras una vez introducidas en la Cámara de Envejecimiento.



10.4.1.4. Resultados

Inicialmente, todos los sistemas estudiados dan lugar a soportes transparentes con películas incoloras. En el transcurso del envejecimiento las muestras han tenido un comportamiento diferente: algunas de ellas presentan un grado de amarilleamiento despreciable y en cambio, en otras puede observarse un amarilleamiento intenso (comparar fots. 229 y 230).

Para valorar mediante un detallado examen visual, el grado de amarilleamiento de las muestras después del ensayo, hemos otorgado los siguientes valores empíricos que abarcan desde las muestras que no han sufrido ningún cambio aparente (0) hasta las que presentan un amarilleamiento intenso (5).

MUESTRAS REALIZADAS CON TEJIDO DE VIDRIO

Tejido de vidrio Velázquez sin impregnar 0
Primal AC33 0
Cera Renaissance 0
Plextol B500 0
Mowilith DM5 ..... 0'25
Plexigum P28 ..... 0'50
Synocryl 9122X ..... 0'50
Paraloid B72 ..... 0'50

FACULTAD DE BELLAS ARTES BIBLIOTECA

MUESTRAS REALIZADAS CON "MAT" DE VIDRIO (225 gr)

"Mat" de vidrio de 350 gr. sin impregnar..... 0'50

"Mat" de vidrio de 225 gr. sin impregnar..... 0'50

Primal AC33 ..... 0'50

Plextol B500 ..... 0'75

Policarbonato Lexan ..... 0'75

Mowilith DM5 1

Durpol (una mano) 1

Plexigum P28 1

Synocryl 9122X 1

Paraloid B72 1

Alkyl ..... 1'25

Durpol (dos manos) ..... 1'50

Laropal K80 2

Plexilith (0'5 gr. de peróxido) ..... 4'50

Plexilith (0'75 gr. de peróxido) ..... 4'75

Plexilith (1 gr. de peróxido) 5

Fetadit 55/66 5

Tal como puede observarse en los gráficos 40 y 41, existe en principio una gran diferencia de comportamiento entre las muestras realizadas sobre tejido de vidrio que se mantienen prácticamente inalterables y las realizadas sobre "mat", que amarillean en mayor o menor grado. Esto puede deberse a diversos factores:

1) Al espesor de la película.

La cantidad de producto aplicado influye en el grado de amarilleamiento del soporte en el sentido de que cuanto más espesa es la película, más se evidencian los cambios cromáticos con el envejecimiento[213]. Por ejemplo, el mismo producto aplicado sobre el tejido de vidrio (película fina) o sobre "mat" (película gruesa), tiene un comportamiento diferente después del ensayo siendo más evidente el amarilleamiento en el soporte realizado con "mat" que requiere una cantidad mayor de producto impregnante (fots.231 y 232).

2) Al cambio de coloración de la fibra de vidrio.

A pesar de que los datos comerciales indican que la fibra de vidrio es un material mineral inorgánico inalterable e insensible a la acción de la radiación ultravioleta y de la temperatura[214], puede observarse en los dos tipos de "mat" empleados un cierto amarilleamiento que no se advierte en el tejido de vidrio Velázquez (fots.233 y 234).

---

213 Sobre la relación entre el espesor de las películas y sus cualidades ópticas después de su envejecimiento artificial, vid.: M. San Andrés, op. cit., 1990, pp.236-238.

214 En el Apéndice A del trabajo se ofrecen todos los datos relativos a la fibra de vidrio. En ellos se puede apreciar como su reacción ante la radiación solar es nula, y bajo la acción del calor únicamente disminuye su tenacidad a 360ºC y se ablanda a 700ºC.

Este comportamiento seguramente es consecuencia del propio proceso de fabricación del "mat". Este tejido amorfo se confecciona colocando una pieza encima de otra para obtener laminados multicapa por simple presión con placas calientes o mediante un planchado. Además, es frecuente que para mantener las mallas del tejido unidas, el fabricante emplee un ligante termoplástico. Creemos que el amarilleamiento puede ser debido precisamente a este producto fijador que evita que el "mat" se deshilache. Sin embargo, a causa del hermetismo de los propios fabricantes, no hemos podido contrastar esta afirmación, que puede ser el punto de partida de otros futuros trabajos.

3) Al producto empleado

En principio, las cualidades ópticas de las muestras impregnadas con productos poliacrílicos y polivinílicos deberían de conservarse con el envejecimiento artificial, sin embargo, tal como se aprecia en los gráficos 40 y 41, en algunas de ellas se observa un cierto grado de amarilleamiento.

Este amarilleamiento es mínimo o inexistente en las dispersiones y más acentuado en las disoluciones. Paradójicamente, este comportamiento es el contrario al que se produce cuando estas resinas se emplean como barnices o fijativos. Sin embargo, como productos impregnantes de la

fibra de vidrio son las disoluciones poliacrílicas -Plexigum P28 (isobutil metacrilato), Paraloid B72 (etil metacrilato) y Synocryl 9122X (metacrilato de metilo)- las que más han amarilleado (fots.235 y 236).

Las causas de este cambio de coloración ya las advierten Feller y otros autores indicando que: "tanto los poliacrilatos como los polimetacrilatos experimentan una cierta degradación por efecto de la radiación ultravioleta. Bajo su acción tienen lugar simultáneamente reacciones de escisión de la cadena y reacciones de entrecruzamiento. Los polimetacrilatos experimentan más fácilmente las reacciones de ruptura que los poliacrilatos..." y "la acción de la radiación ultravioleta puede también ocasionar el amarilleamiento de los poliacrilatos y polimetacrilatos. Este comportamiento es atribuido a la formación de dobles enlaces conjugados en los polímeros sometidos a este tipo de radiación, por debajo de unos determinados valores de longitud de onda (254 nm)"[215]. Sin embargo, dado que el ensayo realizado se ha efectuado con lámparas cuya longitud de onda principal es de 317 nm, las causas del amarilleamiento deben buscarse en otros factores como el espesor de la película, la pureza del producto, su grado de penetración, la velocidad de evaporación del disolvente, etc., cuyo estudio no es

---

215 M. San Andrés, op.cit., 1990, pp.64-65.

objeto de este trabajo pero queda abierto para futuras investigaciones.

Desde el punto de vista del pintor, y a pesar de que es imposible conocer exactamente su composición química, lo más práctico es emplear las dispersiones polivinílicas o poliacrílicas estudiadas (en especial el Primal AC33 en el que no se aprecian alteraciones aparentes) porque son fáciles de aplicar y de conseguir en el mercado. Las disoluciones poliacrílicas aunque presentan la ventaja de que el pintor puede conocer mejor las características de la resina y manipular a su gusto el disolvente, presentan la desventaja de que impregnar la fibra es una operación más costosa (sobre todo si se desea obtener una película perfectamente lisa porque no se puede aplicar el producto sobre cualquier superficie desmoldeante).

El comportamiento de los demás productos empleados es el siguiente:

La cera microcristalina (Renaissance) ofrece un excelente resultado ya que su aspecto no ha sufrido modificación aparente ante el efecto degradante de la radiación. Sin embargo, su aplicación sobre la fibra es costosa por lo que proponemos utilizarla, no como producto de impregnación, sino para realizar encáusticas combinándola, por ejemplo,

con los soportes transparentes realizados con las resinas poliacrílicas o polivinílicas propuestas.

El policarbonato (Lexan) sufre un cambio de coloración poco significativo (recordamos que en la industria se emplea como sustituto del cristal). Es un material de fácil adquisición en el mercado y que presenta una buena resistencia al impacto (es difícil que quiebre). Sin embargo, si se emplea como soporte transparente hay que tener en cuenta (tal como quedó indicado en el capítulo 9), su sensibilidad frente a la acción de algunos disolventes, por lo que sobre él no podría aplicarse cualquier técnica pictórica.

El poliuretano alifático (Durpol) también ofrece una resistencia aceptable a la radiación (fot. 237). Presenta la ventaja de que su "pot life" es muy largo y una vez aplicado sobre la fibra, cura rápidamente. Por el contrario, al ser un producto de dos componentes, su manipulación es más costosa y requiere el empleo de una balanza de precisión.

La resina cetónica empleada (Laropal K80), no es un buen producto de impregnación porque sufre un amarilleamiento significativo. Este cambio de coloración también se produce si se mezcla la resina con cera (dato importante para el pintor no sólo si desea utilizar este producto en la fabricación de soportes, sino cuando lo

mezcla con el óleo para acelerar su secado y conseguir un efecto mate), (fot.238).

El metacrilato (Plexilith) mezclado con el peróxido no ofrece las características requeridas a un soporte transparente ya que, por efecto de la radiación, experimenta un intenso amarilleamiento que aumenta a medida que se incrementa la cantidad de peróxido empleado, llegando a adquirir una coloración similar a la de la resina epoxi (fots.239 y 240). Este paradójico resultado (en principio el metacrilato es un producto altamente resistente a la radiación ultravioleta) nos ha llevado a consultar con el fabricante (Röhm) y con el distribuidor (Fetasa), quienes nos han indicado que su cambio de coloración se debe a que el metacrilato es un material que tiene un tiempo de vida muy corto en dentro de su envase (la mayoría de los productos se mantienen en condiciones idóneas aproximadamente un año). Si a esta característica le añadimos el hecho de que el metacrilato empleado es una muestra cuyo recipiente (botella) ha sido abierto y cerrado en sucesivas ocasiones para realizar las pruebas pertinentes, es posible que al realizar estas operaciones se hayan producido reacciones de oxidación y carbonatación del producto por efecto del oxígeno del aire.

En definitiva, si el pintor desea fabricar un soporte transparente con metacrilato mezclado con peróxido,

debe tener en cuanta los efectos descritos, por lo que se recomienda emplar todo el material una vez abierto el envase. Por último indicar que la manipulación de este producto es costosa: las medidas de sus dos componentes deben efectuarse con una balanza de precisión (instrumento que no es siempre factible de conseguir por el pintor) y durante su proceso de curado desprende un olor intenso y penetrante.

Este ensayo únicamente ha pretendido orientar al pintor sobre el tipo de productos pueden serle útiles para fabricar soportes transparentes y traslúcidos. Los resultados obtenidos indican que las resinas poliacrílicas y polivinílicas son las más adecuados a éste fin. Sin embargo, dado que todas ellas se han empleado en el campo de la conservación con otros fines (barnices, consolidantes, fijativos, etc) y no como productos de impregnación de la fibra de vidrio, se requeriría un estudio mucho más amplio y detallado tanto de la fibra como de las resinas para obtener datos científicos. Este apartado, por lo tanto, queda abierto y puede ser el punto de partida de una investigación posterior.

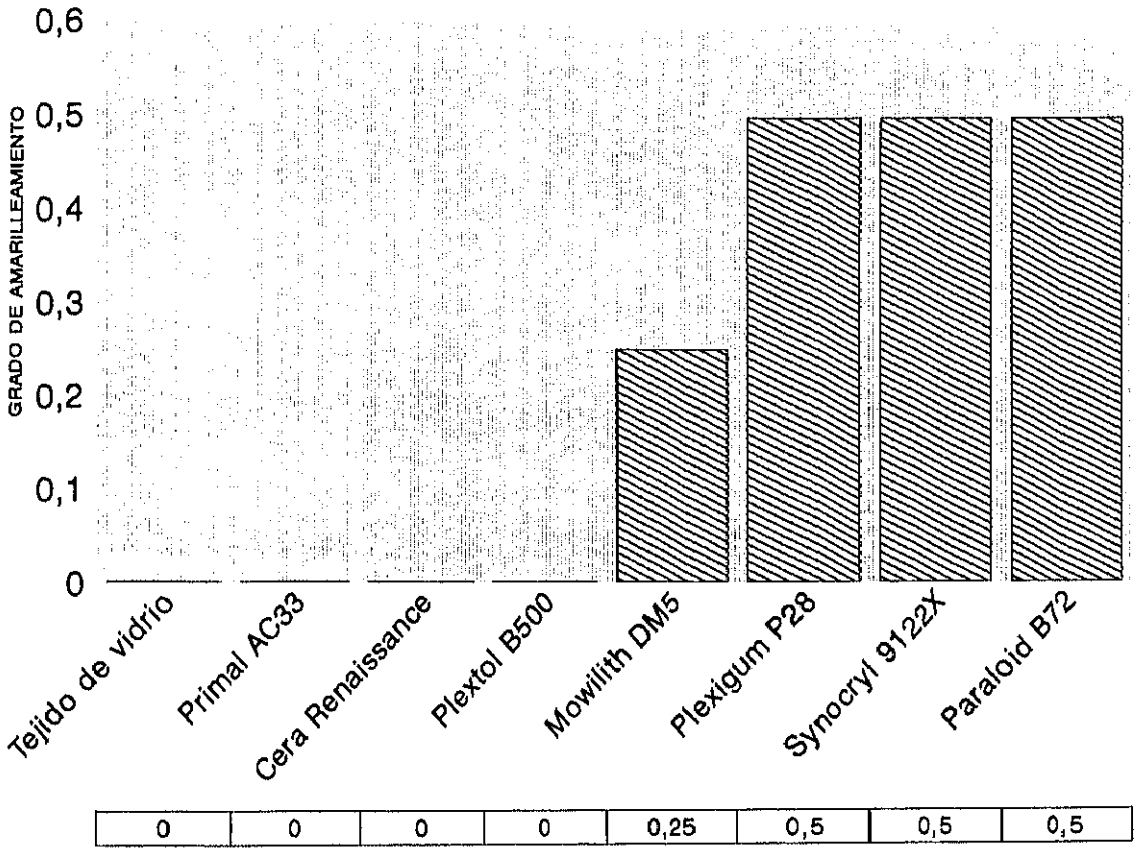


GRAFICO 40. Grado de amarilleamiento de las muestras realizadas con tejido de vidrio Velázquez.

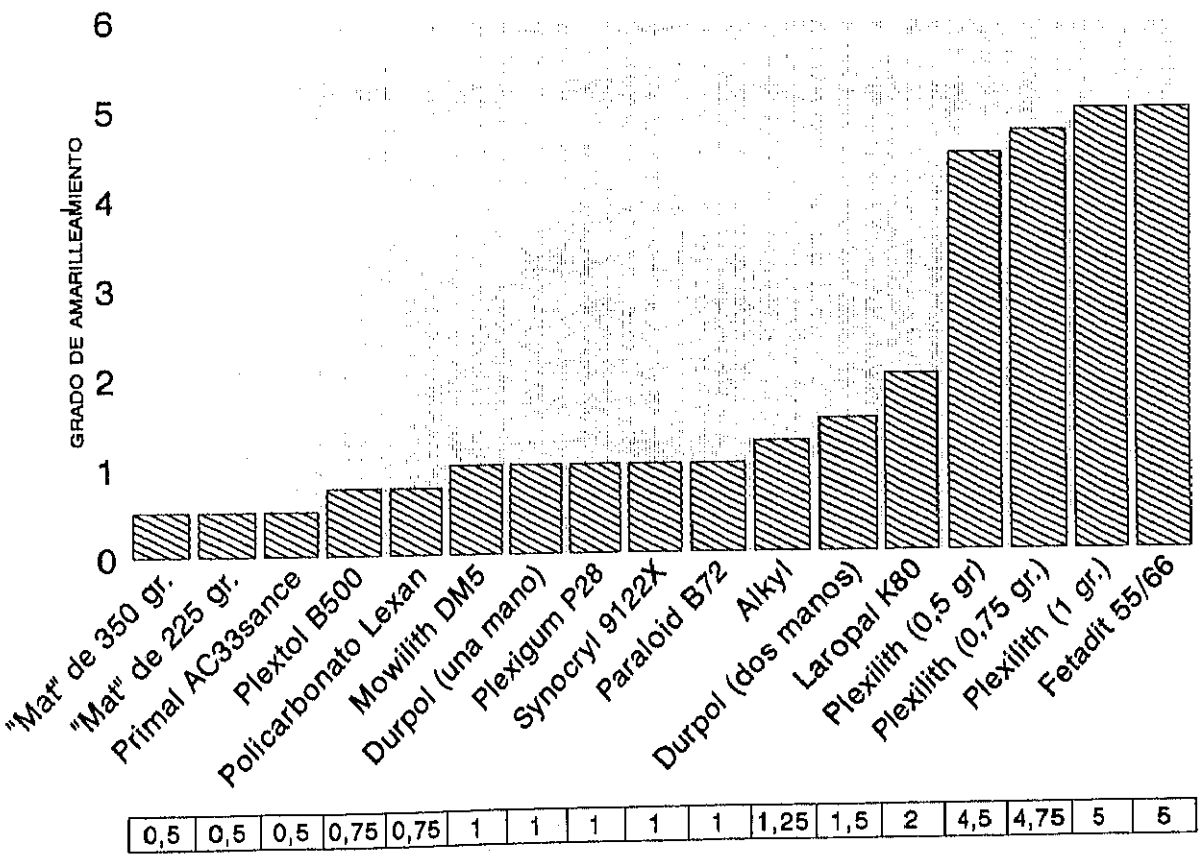
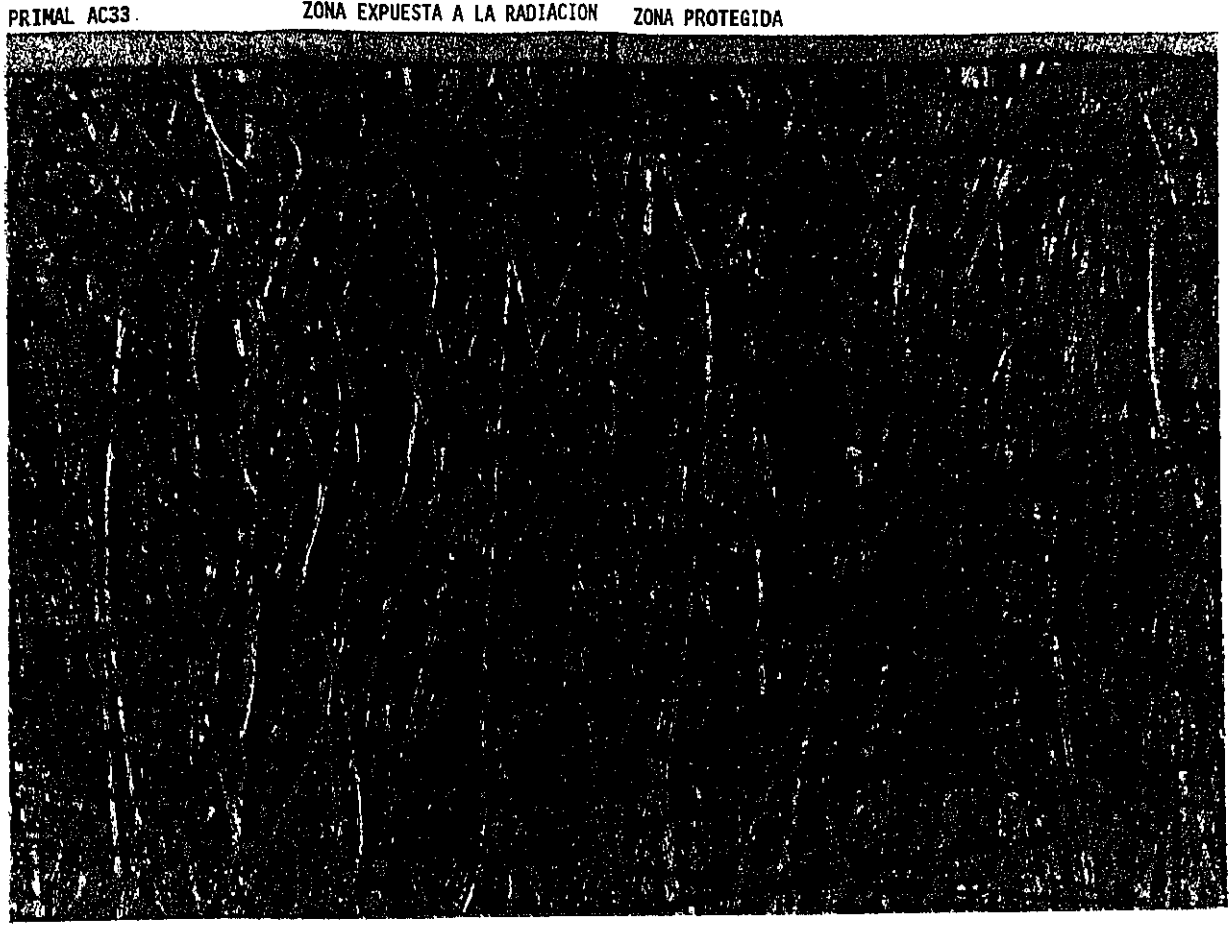
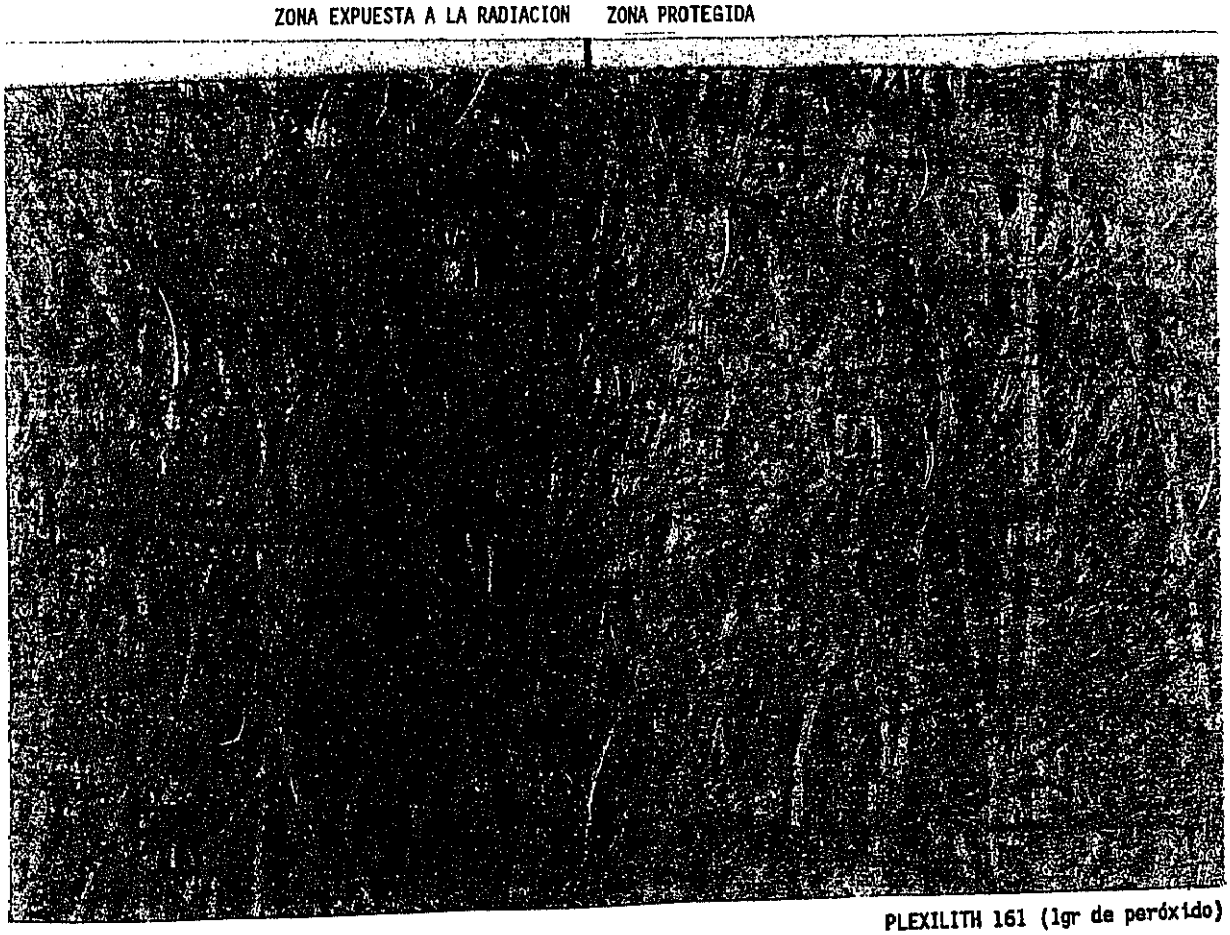


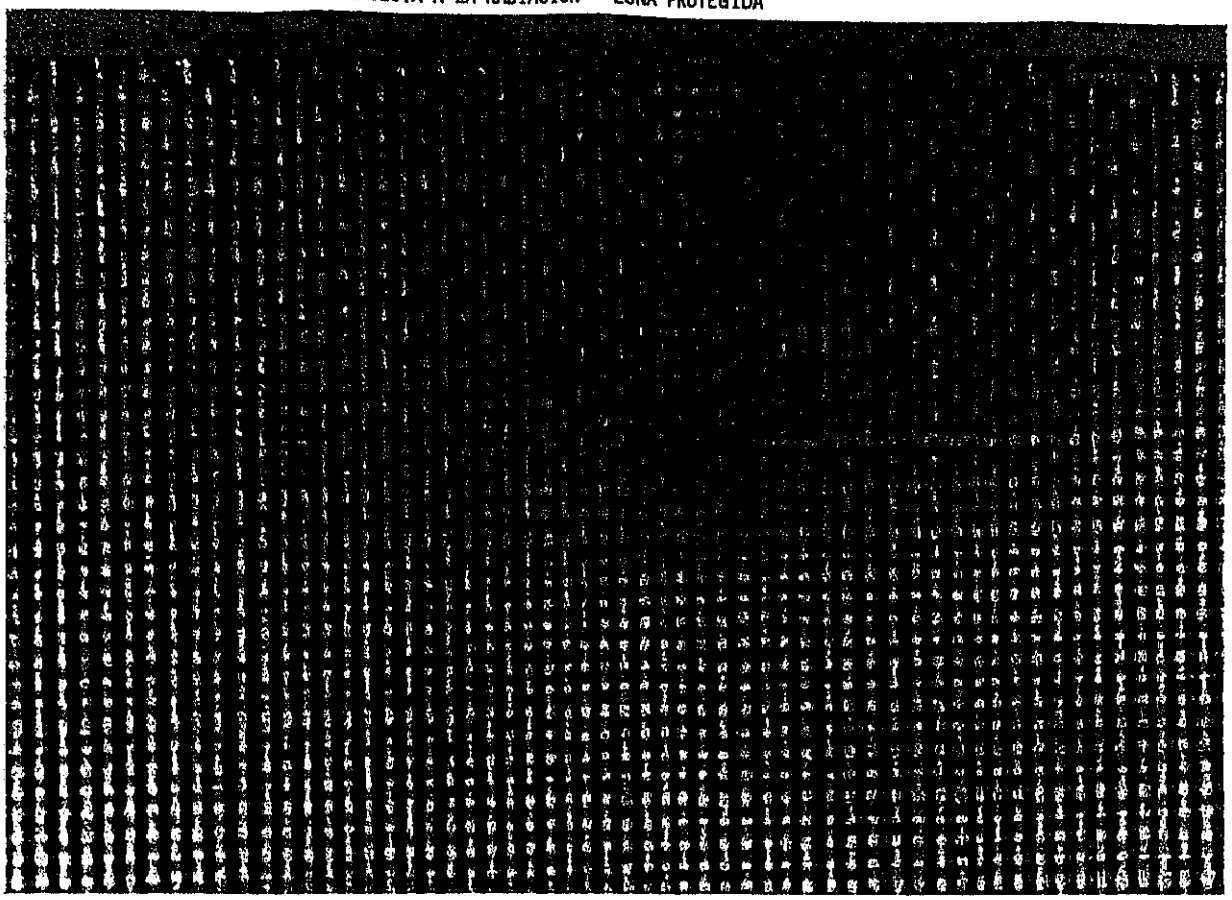
GRAFICO 41. Grado de amarilleamiento de las muestras realizadas con "mat" de vidrio de 225gr.



Fots.229 y 230. El comportamiento de las muestras después de 100 horas de envejecimiento es diverso: algunas presentan un grado de amarilleamiento despreciable (arriba), mientras que otras han sufrido un cambio de coloración intenso (debajo).

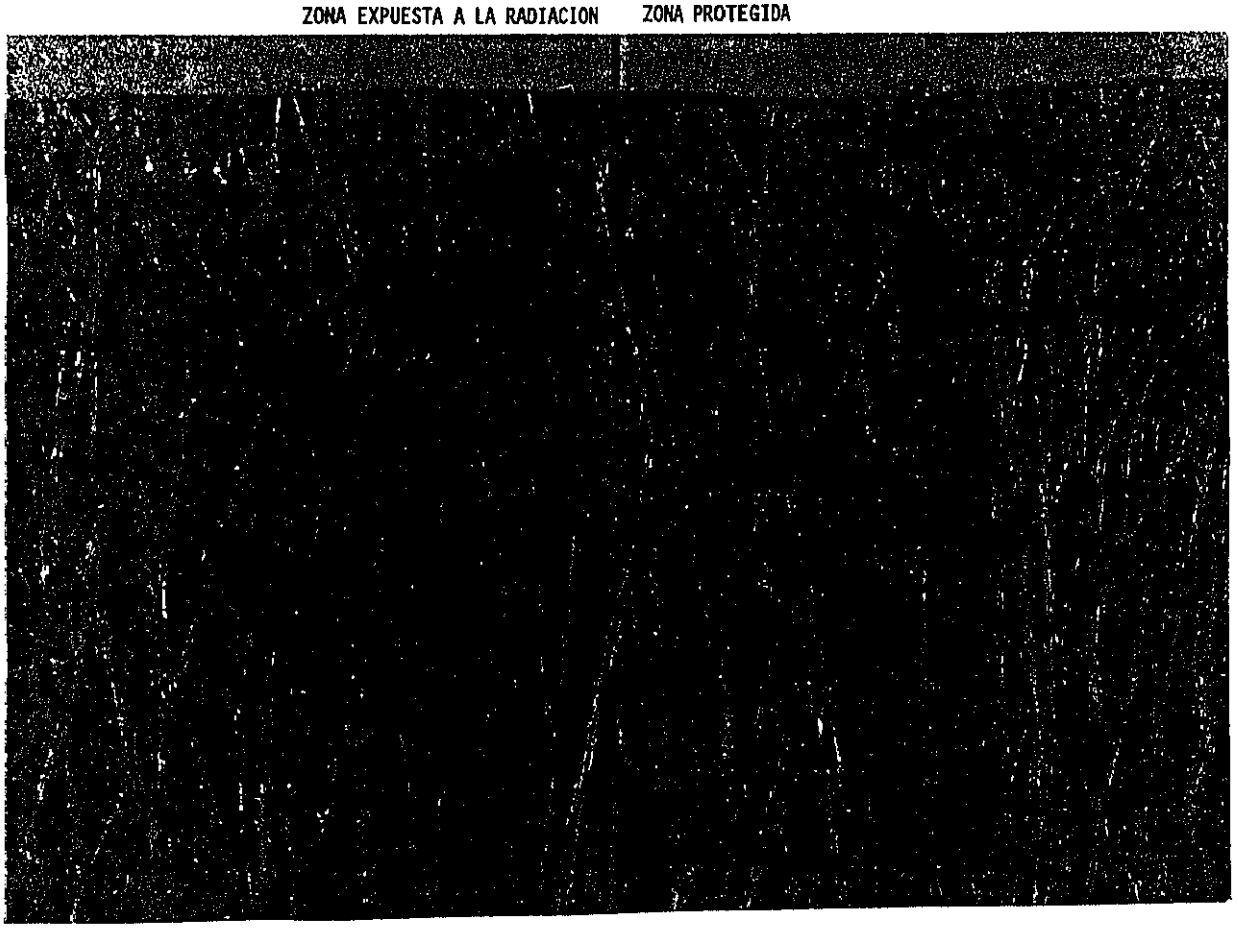


ZONA EXPUESTA A LA RADIACION ZONA PROTEGIDA

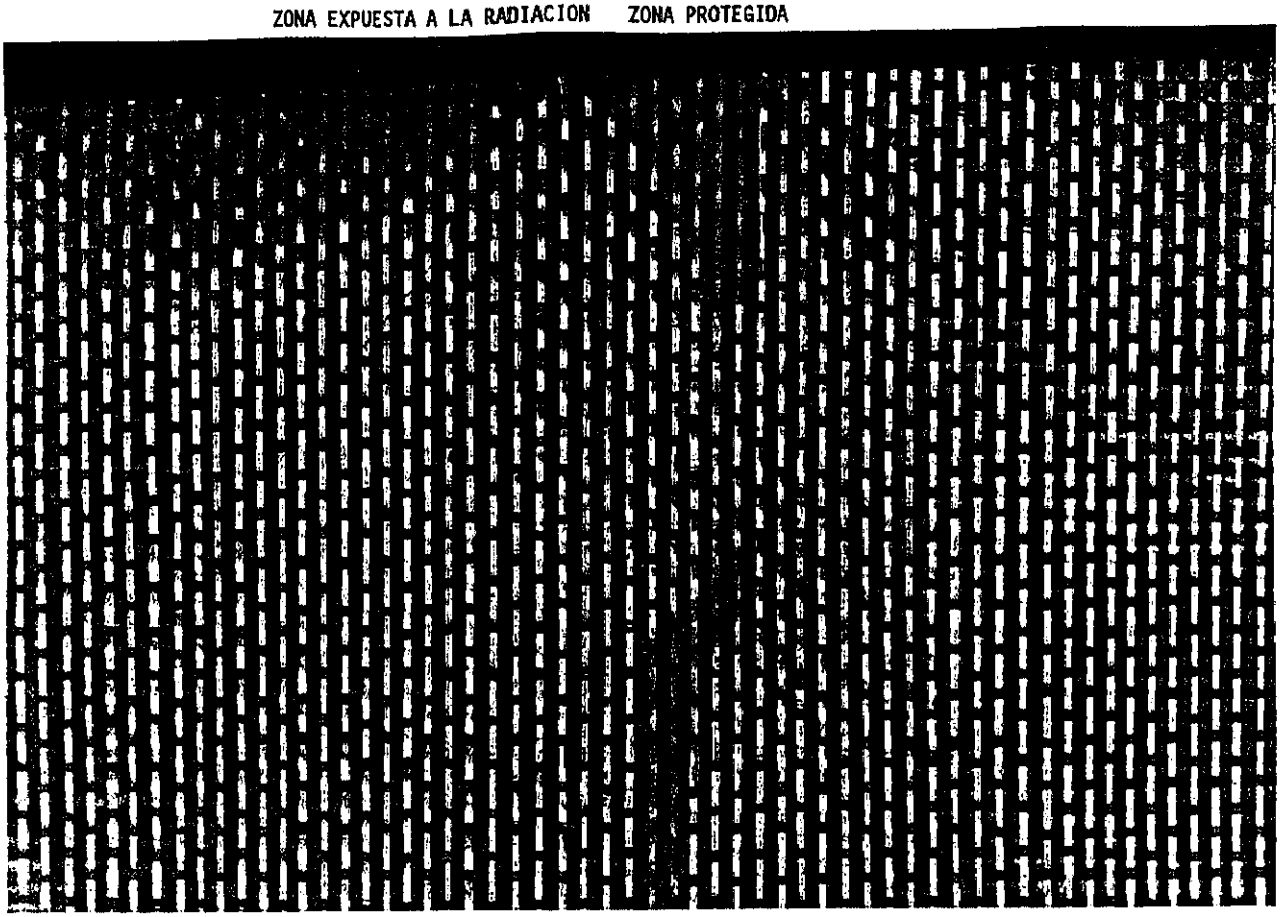


Fots.231 y 232. Aspecto de dos muestras impregnadas con Mowilith DM5. Puede observarse que debido a la mayor cantidad de producto empleado en la muestra realizada con "mat" (debajo), su amarilleamiento es superior que el de la realizada con tejido de vidrio (arriba).

ZONA EXPUESTA A LA RADIACION ZONA PROTEGIDA

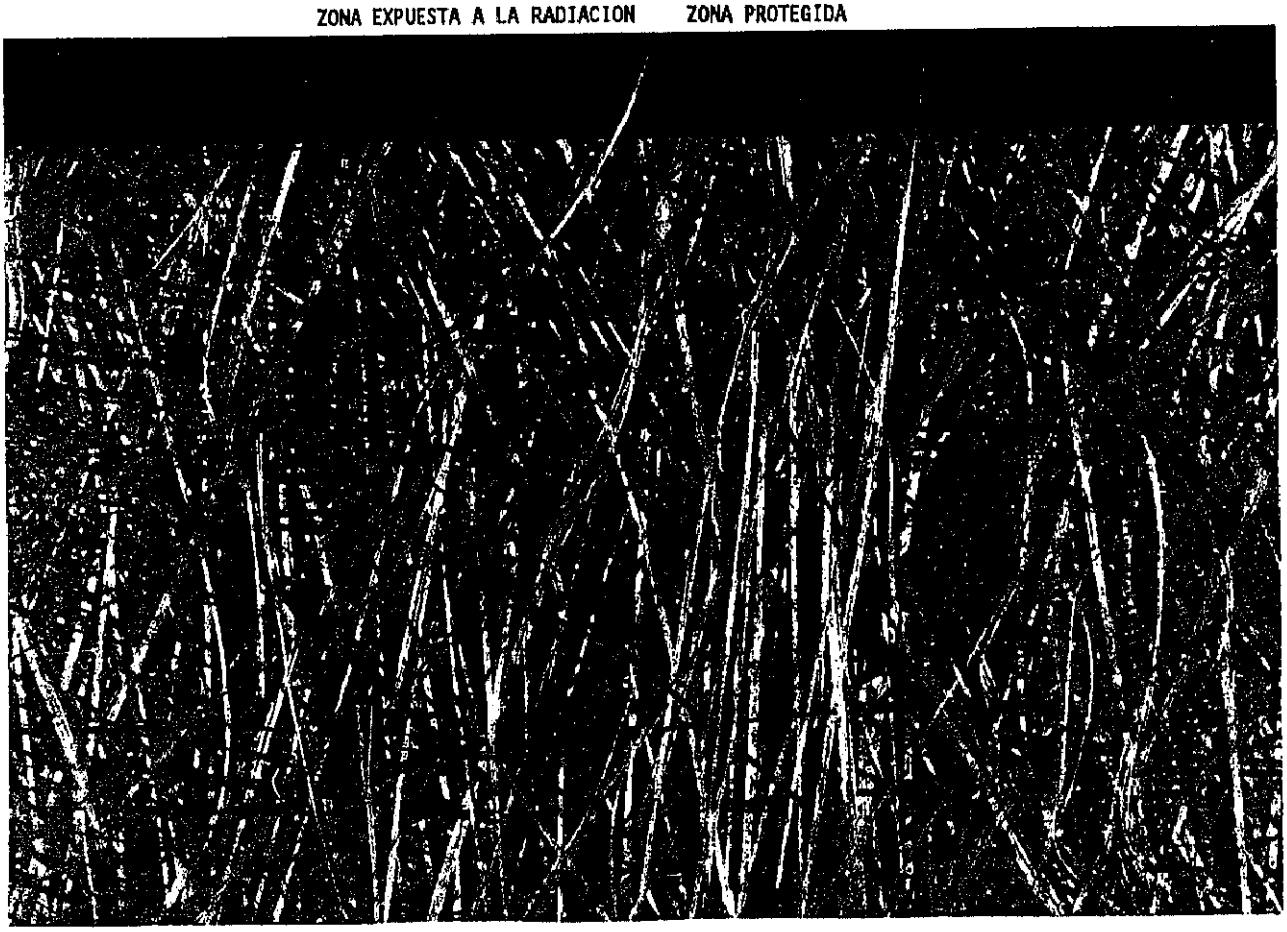


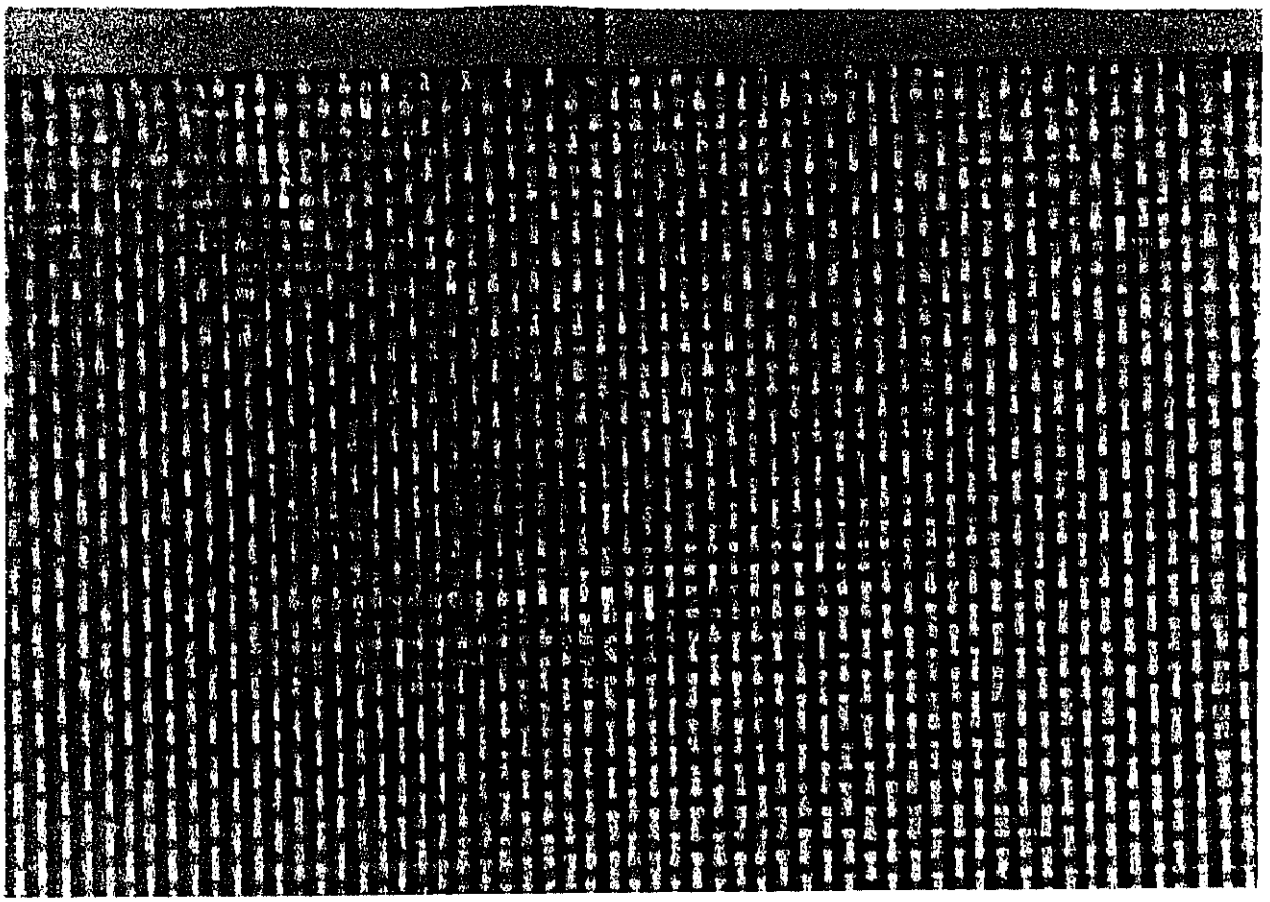
ZONA EXPUESTA A LA RADIACION ZONA PROTEGIDA



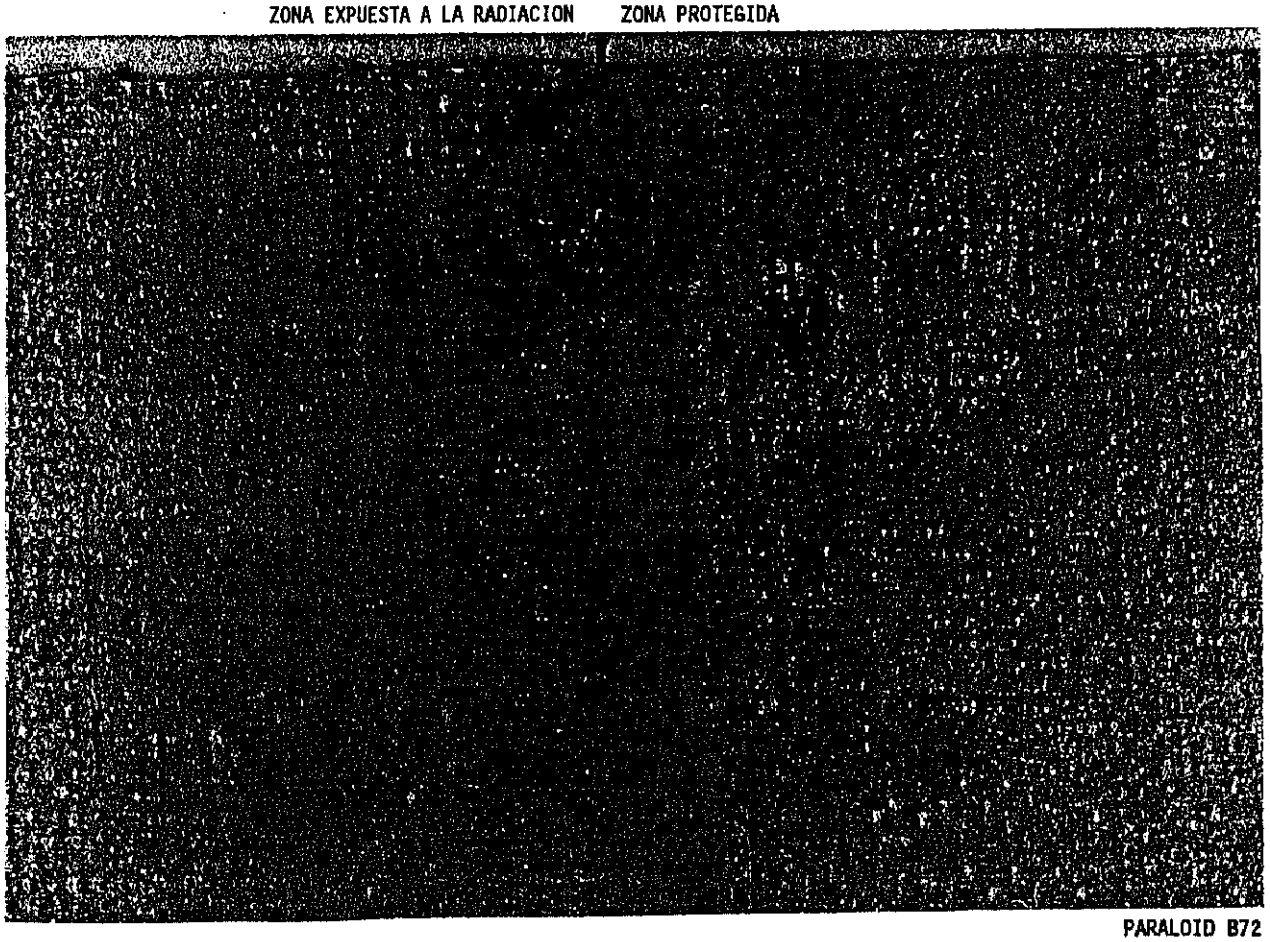
Fots.233 y 234. Aspecto del tejido y del "mat" de vidrio sin impregnar después del envejecimiento. Mientras que en el primero no se observan cambios significativos (arriba), en el segundo se aprecia un ligero amarilleamiento (debajo).

ZONA EXPUESTA A LA RADIACION ZONA PROTEGIDA

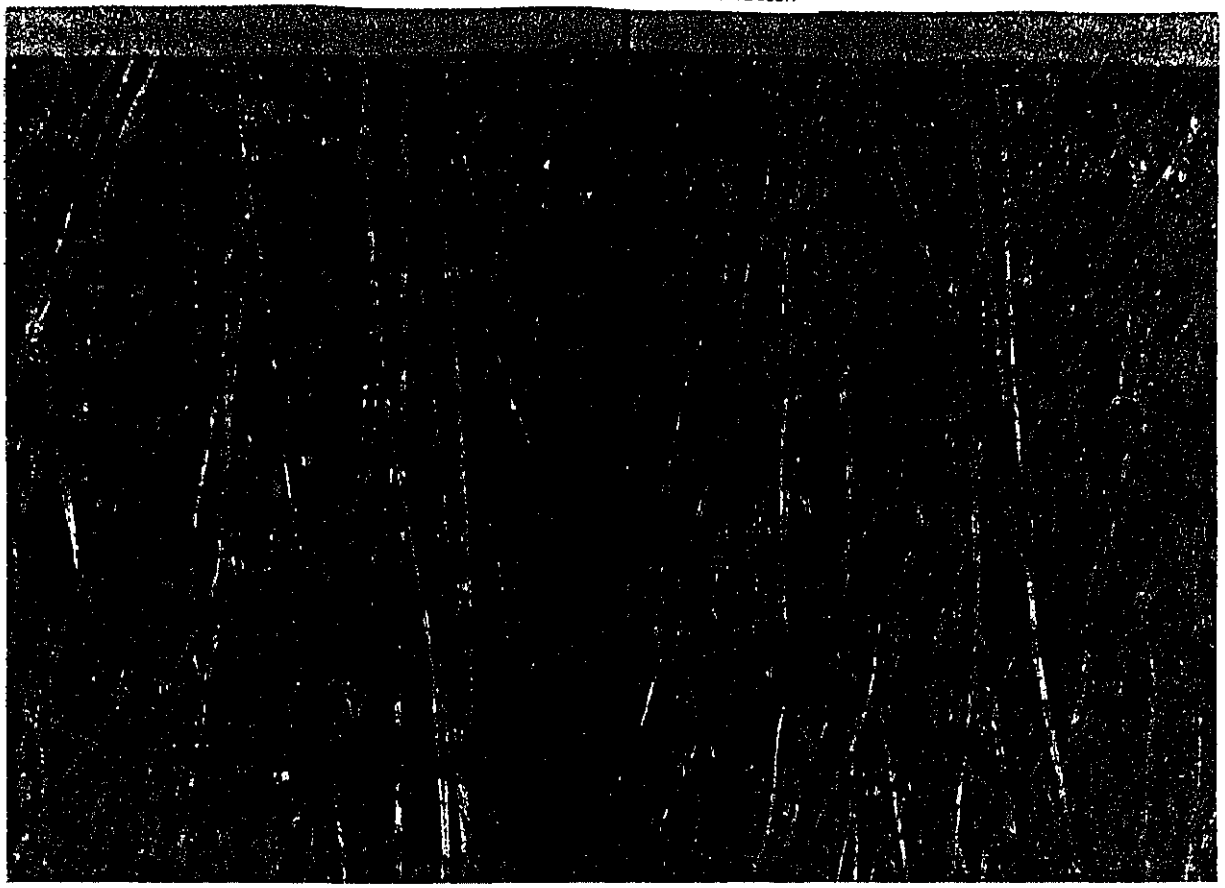




Fots.235 y 236. Ejemplo que refleja el comportamiento general de las resinas poliacrílicas después del ensayo, en dónde puede apreciarse que el amarilleamiento de las dispersiones acrílicas como productos de impregnación (arriba) es inferior al experimentado por las disoluciones del mismo tipo (debajo).

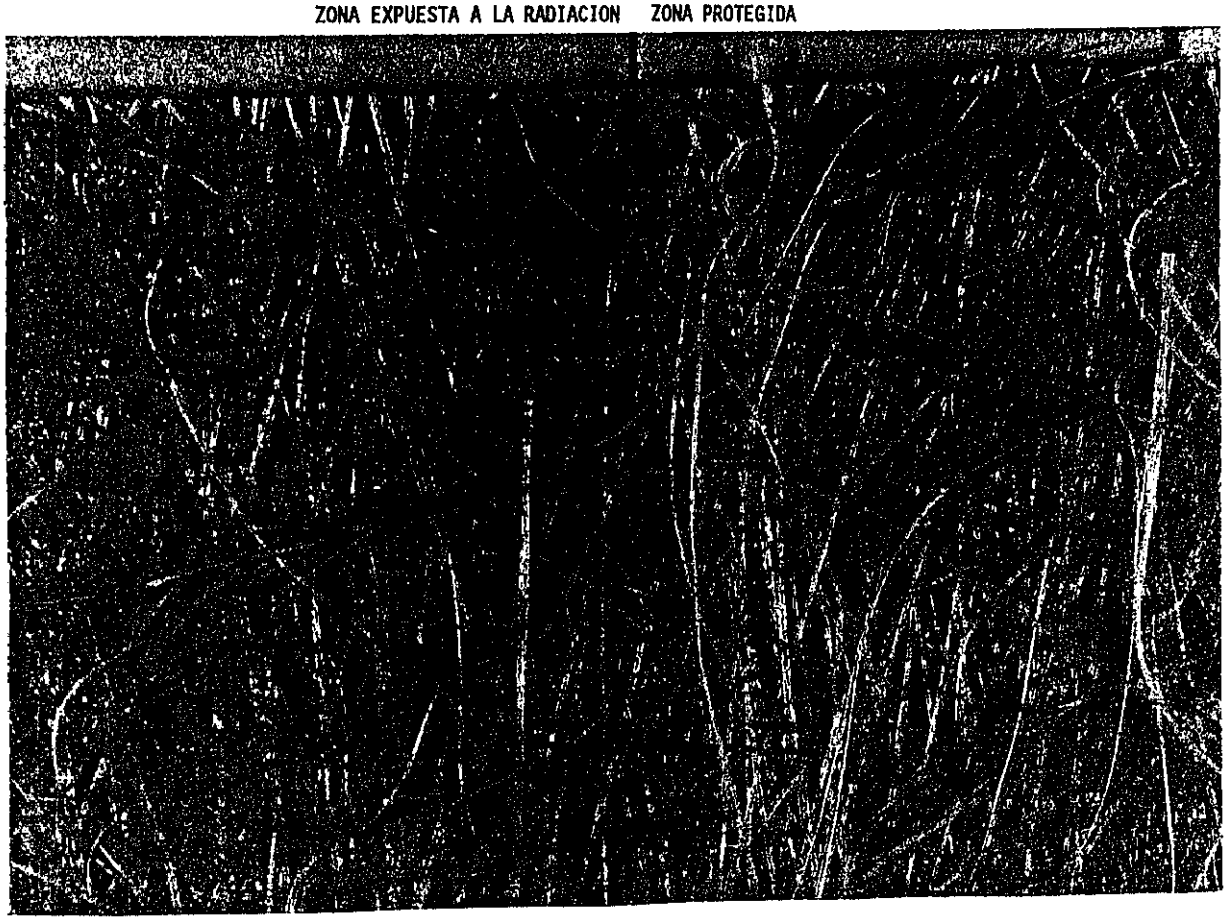


ZONA EXPUESTA A LA RADIACION ZONA PROTEGIDA

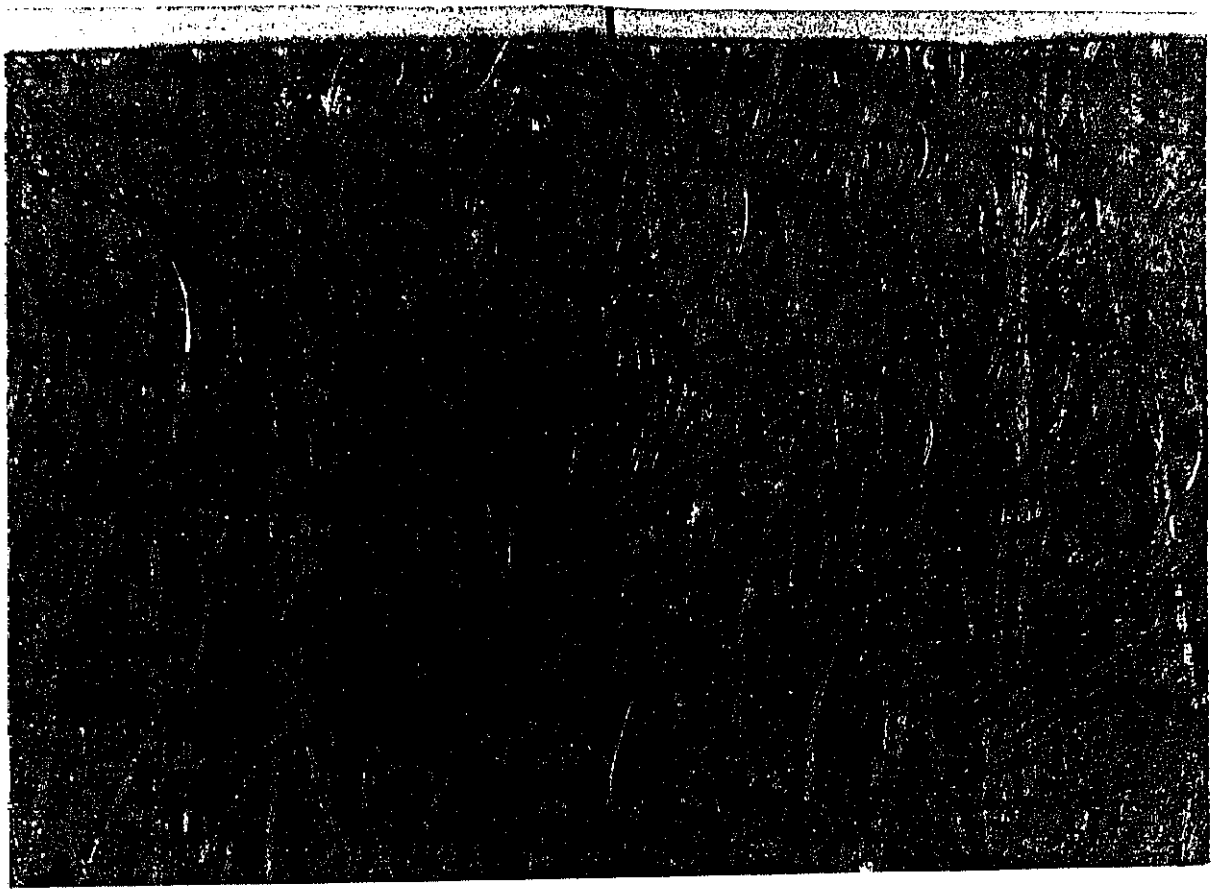


Fot.237. Aspecto de la muestra preparada con poliuretano alifático (Durpol) en dónde puede apreciarse un ligero amarilleamiento de la zona desprotegida.
Fot.238. La zona de la muestra impregnada con resina cetónica (Laropal K80) expuesta a la radiación experimenta un cambio considerable de coloración.

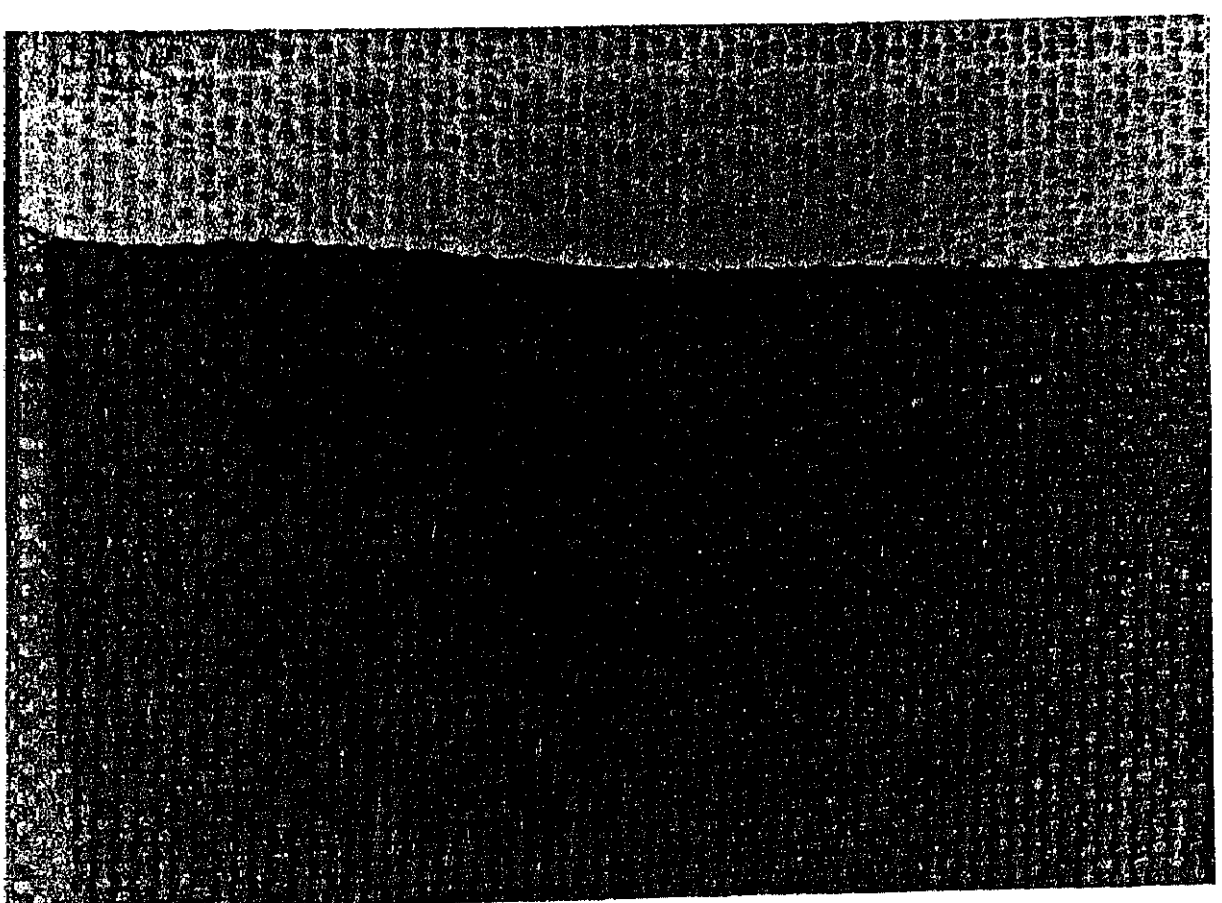
ZONA EXPUESTA A LA RADIACION ZONA PROTEGIDA



ZONA EXPUESTA A LA RADIACION ZONA PROTEGIDA



Fots.239 y 240. El metacrilato (Plexilith) mezclado con 1 gr de peróxido (arriba), experimenta un intenso amarilleamiento similar al de la resina epoxi (Fetadit 55/66), (debajo).



ZONA EXPUESTA A LA RADIACION ZONA PROTEGIDA

ABRIR CONCLUSIONES