

## Nuevas formulaciones de materiales de relleno multicomponentes empleados en intervención de escultura contemporánea de exterior

M.<sup>a</sup> Victoria Vivancos-Ramón **01** | Susana Martín-Rey **01** | J. Manuel Simón-Cortés **01** | Cristina Robles-de la Cruz **01**

Uno de los problemas habituales a los que se enfrentan los conservadores de obras escultóricas metálicas conservadas al aire libre es el tratamiento de los deterioros provocados por la oxidación de los materiales férricos que las componen. El entorno medioambiental que circunda a la pieza juega un papel predominante en este aspecto, unido a los problemas derivados de la técnica y materiales empleados por el artista en su ejecución. Cuando el problema de oxidación se acentúa y magnifica, pueden llegar a producirse oquedades y faltantes volumétricos en la obras. Para subsanar este daño, existen diferentes posibilidades y métodos de actuación, no siempre adecuados desde el punto de vista de la nocividad o la reversibilidad. En este trabajo se han desarrollado estudios de caracterización estructural y de respuesta a corto y largo plazo de nuevas formulaciones de masillas de relleno multicomponentes para este tipo de tratamientos. Se han valorado dos de sus propiedades físico-mecánicas más importantes, la dureza y su capacidad de absorción de agua, tras haberlos sometido a situaciones de estrés medioambiental acusado. Los datos referentes a las propiedades físicas y mecánicas de los materiales se obtuvieron mediante su estudio y análisis en el laboratorio, correlacionando los valores obtenidos con la variación en su estructura interna. Los resultados manifestaron una ligera modificación de las propiedades iniciales, a la vez que mostraron grandes prestaciones en cuanto a estabilidad futura.

### Palabras clave

Conservación | Degradación metales | Escultura contemporánea | Intervención | Masillas | Oxidación |

## New formulations of multicomponent filler materials used in intervention of outdoor contemporary sculpture

M.<sup>a</sup> Victoria Vivancos-Ramón **01** | Susana Martín-Rey **01** | J. Manuel Simón-Cortés **01** | Cristina Robles-de la Cruz **01**

One of the main problems against the metal outdoor sculptures conservatives is the treatment of damages caused by the oxidation of the materials that compose them. The environmental setting that circle the piece play a predominant role on this aspect, combined with other problems of technique and materials used by the artist. When the rust problem is accentuated and magnified, can get cavities and volumetric missing parts in some works. To alleviate this damage there are different possibilities and methods of operation, not always suitable from the point of view of the harmfulness and reversibility. This research studies the structural characterization and response to new formulations of multi component fillers, in a short or a long-term period, to be employed on this kind of treatment, assessing two of the most important physical and mechanical properties, like the hardness or the hygroscopicity. The data of the physical and mechanical properties of the materials were obtained by microscopic observation and study in bulk density, correlating the change in structure to the deterioration of their internal properties. The results showed a slight trend to decrease the physical and mechanical properties, while showing great performance in terms of future stability.

### Keywords

Conservation | Metal Degradation | Contemporary Sculpture | Intervention | Fillers | Oxidation |

URL de la contribución <<http://www.iaph.es/phinvestigacion/index.php/phinvestigacion/article/view/97>>



Imágenes 1a, 1b y 1c |

Imagen de una de las actividades vinculadas a la difusión del Campus Escultòric de la UPV. Foto: Todas las imágenes son autoría de Susana Martín Rey coautora del artículo

## INTRODUCCIÓN

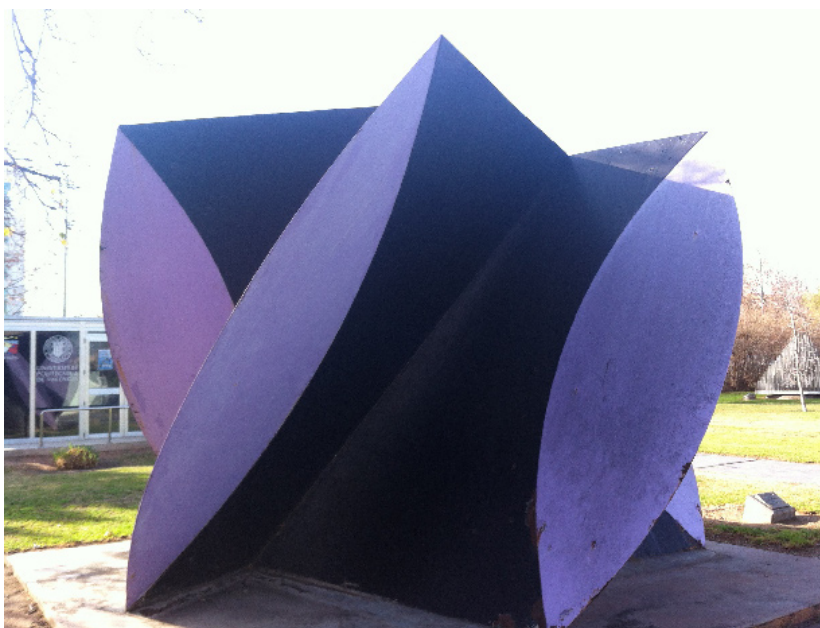
La corrosión de superficies metálicas es un problema que acompaña a las civilizaciones desde el inicio del empleo de este tipo de materiales. Se trata de un tipo de reacción química que forma parte del proceso natural de envejecimiento del metal, viéndose acusada de forma radical en entornos medioambientales extremos.

La electronegatividad de cada elemento que componga el material escultórico tendrá un papel relevante en su comportamiento más o menos estable, mediante la transferencia de electrones en las reacciones que se produzcan de oxidación-reducción (redox). La herrumbre es una de las patologías más habituales en conservación de esculturas metálicas ubicadas al aire libre, donde los elementos más electronegativos de la obra presentarán tendencia a ganar electrones (reduciéndose), mientras que los de menor electronegatividad entregarán electrones, oxidándose y corroyéndose (LI; WANG; HAN et ál., 2008; SALN BALLESTEROS, 2005).

Esta problemática es analizada en las obras de base metálica que manifiestan problemas de oxidación en su superficie, pertenecientes a la colección escultórica contemporánea ubicada en un entorno *outdoor* en la Universitat Politècnica de València. Este corpus artístico es conocido como *Campus Escultòric UPV*, donde se recogen las tendencias de artistas nacionales e internacionales, abordando movimientos como abstracción, cinética, orgánica y geometría, entre otros (ALCARAZ, 1996; ESCULTURAS, 2001).

Los factores medioambientales que rodean a las obras del *Campus Escultòric UPV* resultan determinantes para entender la magnitud de los deterioros y patologías que presentan algunas piezas, ejecutadas fundamentalmente con hierro o acero Cor-Ten. Aparecen muestras de daños derivados de un ambiente altamente corrosivo con la polución propia de un medio urbano, unido a rangos de temperatura y humedad relativa oscilantes y extremos. Como factor agravante debe reseñarse el entorno salino que rodea a las esculturas, al encontrarse ubicadas en una zona costera a 2,5 km del mar (MARTIN; SIMÓN; VIVANCOS et ál., 2014).

El contacto directo del material escultórico (hierro o acero Cor-Ten) con el entorno medioambiental descrito, unido a las cepas bacterianas quimiosintéticas de la herrumbre, han sido los principales agentes de deterioro que han acelerado el proceso de corrosión de las obras, facilitando la formación de óxido férrico en su superficie ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y provocando un impacto visual alarmante en las mismas. Si bien, debe reseñarse que los deterioros que presentan no han sido solo derivados de condicionantes atmosféricos de su entorno, sino tam-



**Imagen 2 |**  
Claros daños por corrosión de la superficie en la obra *Sin título* de Edgar Negret (*Campus Escoltòric UPV*)

bién del tipo de aleación de acero Cor-Ten empleado por los artistas, pudiendo ser más o menos resistente al ambiente (GROOVER, 2007; RODRÍGUEZ; SÁNCHEZ, 2012).

Por otra parte, la acumulación de agua en la base de apoyo de algunas de estas piezas férricas propicia la concentración de sulfatos en su superficie. Todo ello puede provocar graves problemas conservativos en el futuro de las obras si no se tratan con suficiente rapidez. Daños de rotura estratificada, delaminación, orificios y oquedades con desprendimiento de la superficie metálica pueden llegar a poner en peligro la integridad y estabilidad inicial de la obra (RIGHI, 2006).

El estudio se ha fundamentado en la problemática manifestada por esculturas ejecutadas mediante planchas de hierro o acero Cor-Ten, analizando en profundidad las patologías mostradas por las obras de Edgar Negret *Sin título* e *Integración* de Marcel Martí.

### Tratamiento de este tipo de patologías

El primer paso que debe realizarse previo al tratamiento de oquedades o delaminación de la parte afectada es entender el mecanismo de deterioro provocado por las reacciones químicas de oxidación/reducción que hayan podido afectar a la obra, y de qué forma ha variado el estado inicial del material empleado por el artista. Solo así podrá valorarse realmente el daño que la pieza presenta y cuáles son sus verdaderas necesidades de intervención (GROOVER, 2007).



**Imagen 3 |**  
 Delaminación y pérdida de material original  
 provocado por una corrosión acusada

Se exige siempre que, antes del tratamiento de faltantes y oquedades, se realice una limpieza manual suave de la superficie metálica y se aplique un material protector para frenar su deterioro y mejorar su protección futura. Si esta fase no se realiza de forma correcta, pueden darse fallos adhesivos entre las superficies de unión, arriesgando el proceso de intervención y, por paralelismo, la integridad de la obra (VAILLANT; DOMENECH; VALENTÍN, 2003).

Hasta el momento el tratamiento se realiza mediante acción abrasiva manual, emulsiones para limpieza, lavados con vapores de disolventes y limpieza por choro de grado comercial, entre otros. Todos estos procesos y materiales entrañan riesgos para la salud del restaurador, siendo otra de las líneas de investigación que ha empezado a poner en marcha este grupo de trabajo, aún en fase de desarrollo.

Realizada la fase de limpieza de oxidación y herrumbre, se plantearía la restitución de oquedades y faltantes en la obra. Hasta el momento el tratamiento se ha realizado mediante masillado con resinas epoxi (mono o bicomponentes) en el caso de orificios pequeños, y mediante soldadura de láminas metálicas en faltantes de mayor envergadura o ubicados en zonas claves de la obra como su base (PARENTE; ORTEGA; SAVOINI et ál., 2002). Los materiales de carga empleados por los restauradores se han fundamentado en gránulos de polvo de mármol, piedra o arenas, no siendo adecuados en obra escultórica de tipo metálico.

En la mayoría de los casos el empleo de materiales facilitados por el comercio se ha hecho sin tener en cuenta las solicitaciones que precisaban en cada caso los tipos de uniones a realizar, ni el medioambiente donde los materiales aplicados iban a envejecer. Todo ello ha propiciado que los problemas conservativos derivados del mal envejecimiento de estos materiales de intervención no hayan hecho sino acentuar las patologías ya manifestadas por las obras, debilitando la estructura de la escultura y pudiendo llegar a perderse más material original al ir aumentando con el paso del tiempo el tamaño del faltante.

Por todo ello resulta esencial conocer ciertos factores determinantes en el comportamiento mecánico de estas mezclas poliméricas. Es importante valorar cómo puede influir el peso molecular de los materiales, su cristalinidad y el efecto que pueden provocar los aditivos seleccionados en la mixtura final (AA.VV., 2005).

El empleo de polímeros con alto peso molecular en este tipo de masillas facilita la obtención de estructuras poliméricas que permiten el estirado en frío por debajo de su temperatura de transición vítrea (Tg). Pueden formar estructuras con buen esfuerzo de fluencia y datos de deformación a la rotura bastante bajos. La importancia de este pará-

metro estriba en que permite determinar las propiedades correspondientes a la deformación elástica de un material en frío. En este estudio, se ha relacionado con aspectos derivados de la cristalinidad y regularidad molecular de las masillas, ya que la correcta distribución de sus cadenas previene la formación de cristales en el interior de la estructura polimérica, haciéndolas más estables y tenaces (MOUSTAFA, 2014).

Como factores secundarios, para asegurar el éxito en este tipo de intervenciones, surgen los derivados del conocimiento del entorno y circunstancias concretas que rodearán a los materiales seleccionados para la intervención. Por otra parte, resulta prioritario determinar la química de los polímeros que los componen, de la superficie sobre la que se van a depositar y las licitaciones mecánicas a las que deberán someterse (ZHANG; LI; DUAN et ál., 2014).

Por ello, para poder determinar todos estos parámetros de forma empírica, se realizaron diferentes ensayos de laboratorio que permitiesen valorar con precisión la calidad a corto y largo plazo de las mixturas empleadas y su posible aplicación en piezas escultóricas de base metálica.

## OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

En primer lugar, se realizó un estudio en profundidad de las patologías manifestadas por las obras más deterioradas que precisaban una intervención urgente. En segundo lugar, se analizaron los mecanismos de unión que iban a entrar en acción, los requerimientos exigidos a los materiales de intervención, y finalmente se formularon las masillas con las que poder tratar los daños detectados para su análisis en el laboratorio.

Se persiguió en todo momento el empleo de mixturas de aplicación regular y sencilla, de peso ligero, con buenas propiedades adhesivas a superficies férricas, estables y resistentes a la compresión, con máxima estanqueidad ante la absorción de humedad y con alta tensión superficial, como factor positivo ante la posible adherencia de partículas en suspensión en el medio ambiente que rodea a las piezas.

Otra de las exigencias planteadas estriba en su facilidad de remoción. En caso de ser necesario, la operación de eliminación de las masillas analizadas debía ser manual con ayuda de útiles que no produjesen deterioros añadidos o daños irreversibles en la superficie de la obra. Y finalmente, partiendo del principio de erradicación de formación de residuos tóxicos, todas las formulaciones testadas están libres de disolventes nocivos presentando base acuosa antes de su polimerización.



**Imagen 4 |** Restos de masilla epoxi de una intervención anterior (zona superior derecha)

En el desarrollo de este estudio, se valoraron aspectos relativos a los riesgos de fallo de unión adhesiva entre superficies, relacionados con la estabilidad medioambiental de los polímeros a emplear y los costes asociados al empleo de estas masillas de nueva formulación.

Tras una primera fase de estudio y valoración técnica de los materiales (donde se analizó su pH, termohigrometría y dureza), se realizó una segunda fase de experimentación en el laboratorio, mediante la realización de test de inmersión de masillas multicomponentes en agua destilada. La medición de su oscilación en el rango de absorción de agua y peso específico permitió la obtención de datos relativos a sus prestaciones y comportamiento a corto y largo plazo.

## ESTUDIO EXPERIMENTAL

### Materiales empleados

Teniendo en cuenta las características técnicas de las obras, sus patologías y entorno medioambiental, se seleccionaron dos adhesivos selladores de tipo comercial (Ceys Ms-Tech® y masilla fibra de vidrio Presto®), a los que se les adicionó una carga (Microesferas de Vidrio®) con la que mejorar las propiedades estructurales en cuanto a estabilidad reológica del polímero resultante, sin aumentar de forma excesiva su peso. Los materiales fueron suministrados en cada caso por sus marcas comerciales.

El adhesivo base Ceys Ms-Tech® es un polímero híbrido de poliuretano de alta tecnología, con excelentes propiedades de adhesión en soportes metálicos y gran estabilidad de sellado sobre superficies húmedas. Es una masilla monocomponente, inocua en el medioambiente, con una densidad de 1,44 kg/l a 20 °C y 43 unidades de dureza Shore A (según norma DIN53504) (MS-TECH, 2014)

La masilla fibra de vidrio Presto® es de tipo bicomponente, está elaborada mediante polímeros de poliéster insaturados, reforzados con partículas de fibra de vidrio. Presenta una densidad de 1,46 kg/l a 20 °C. Precisa la adición de un 2% de endurecedor para su curado, manifestando muy buena adherencia a superficies metálicas con problemas de oxidación (PRESTOLITH, 2010).

La adición de la carga de Microesferas de vidrio® a los dos adhesivos base mencionados con anterioridad permitió la mejora de la estructura molecular inicial de los materiales (HATCHFIELD, 1986). Estas Microesferas de silicio-sódio-cálcico se fabrican a partir de vidrio

plano seleccionado, formadas fundamentalmente por  $\text{SiO}_2$  (con más de un 70% en su composición),  $\text{NaO}_2$  (13-15%), y como resto de componentes presenta  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ . Se emplean habitualmente como aditivos de endurecimiento en masillas de relleno (MICROESFERAS, 2014).

Las exigencias que se persiguieron en la elaboración de las masillas se centraron en la obtención de máximas prestaciones en cuanto a estabilidad química, física y mecánica además de valorar la facilidad de preparación, tiempo de curado y calidad del sellado final obtenido.

La elaboración de las probetas, para la segunda fase de estudio experimental, se llevó a cabo mediante el vertido de las mezclas adhesivas del polímero base y la carga en un molde de silicona flexible. Los negativos del molde dieron como resultado un total de 20 probetas de 3,5 x 3,5 x 1 cm.

Debe destacarse el fácil manejo de los materiales a temperatura ambiente (25 °C) y con remoción en agua destilada. Su empleo solo requiere de equipos de protección individual básicos como guantes de nitrilo (para las masillas base) y mascarilla para partículas en suspensión (para la manipulación de microesferas), con el fin de evitar problemas derivados de alergias futuras por contacto con la epidermis y las vías respiratorias. No se trata de materiales inflamables ni carcinógenos por inhalación. Su remoción puede realizarse mediante medios mecánicos como incisión con escapelo, bisturí o reblandecimiento mediante solventes de compuestos cetónicos (en líquido o aplicados en fase gel) (SEGURIDAD, 2014).

Las mezclas adhesivas se dispusieron sobre una superficie de acero Cor-Ten exponiéndose al mismo entorno medioambiental que rodea a las esculturas objeto del estudio. De esta forma, las muestras se sometieron a envejecimiento natural durante 30 días durante el mes de septiembre, con una exposición total de 720 horas al aire libre, con una incidencia de 249 horas de sol, temperatura media que osciló entre 14 y 23 °C y humedad relativa del 40-65%. Además de recibir la contaminación atmosférica propia del entorno que rodea a las obras habitualmente, con concentración de  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ , oxidantes fotoquímicos  $\text{O}_3$ , y partículas en suspensión ( $<10\mu\text{m}$ ) (SISCAR, 2013; PERIS, 2011).

#### Determinación de dureza y pérdida de humedad

Tras la fase de envejecimiento natural anteriormente descrita, se analizaron los parámetros de dureza y estabilidad termogravimétrica de

las mezclas adhesivas. La dureza de un material nos permite conocer su resistencia a ser penetrado por un objeto (GROOVER, 2007). Este ensayo se realizó mediante un durómetro digital de dureza *Shore TH200* con escala de medición Shore A, que proporciona valores que oscilan entre los 0 y 100 unidades de dureza (HA).

El estudio termogravimétrico de los materiales permite determinar su pérdida de peso a mediante básculas de desecado, con irradiadores halógenos de cristal de cuarzo de 200W. El resultado final se obtiene tras la ponderación de valores aportados por la muestra al ir elevando la temperatura de forma gradual durante 30 minutos entre 30 y 65 °C, con un rango de error de  $\pm 1$  g.

En la tabla a se describen los materiales testados, la abreviatura que han recibido cada una de las mixturas realizadas, y los valores obtenidos en cuanto a dureza y pérdida de humedad en esta primera fase de testado.

Materiales	Abreviatura de las mezclas testadas	Unidades dureza Shore A (HA)	Pérdida de humedad (%)
Ceys Ms-Tech®	(Ce)	43,2	0,11%
Ceys Ms -Tech® (16 g) + Microesferas de vidrio® (21 g)	(Ce-ME)	72,3	0,07%
Masilla fibra de vidrio Presto®	(FV)	82,6	0,10%
Masilla fibra de vidrio Presto® (16 g) + Microesferas de vidrio® (21 g)	(FV-ME)	89,6	0,07%

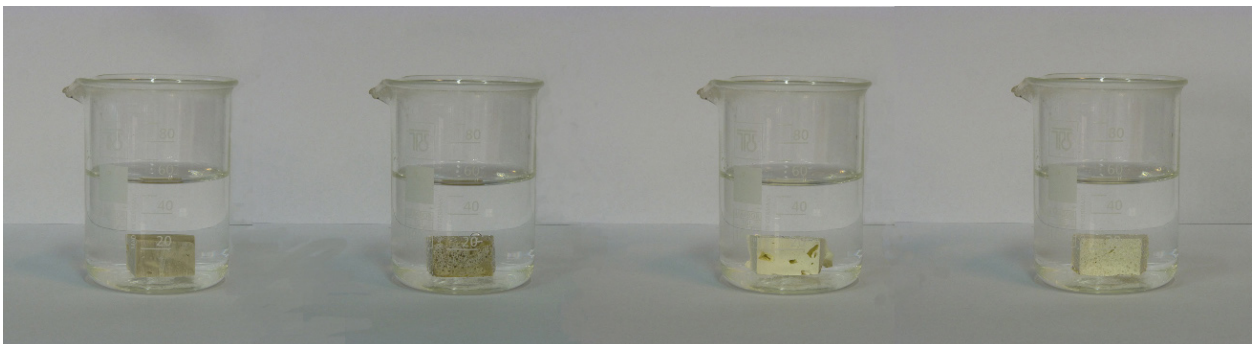


Imagen 5 | Imagen del proceso de inmersión de las muestras (24h)



## Determinación de la absorción de agua y peso específico aparente

Los ensayos de secado son los más comunes para valorar el contenido de humedad en un material. Para ello se calcula el porcentaje en agua, por la pérdida en peso tras su eliminación por calentamiento bajo condiciones normalizadas.

El objeto del estudio fue determinar el coeficiente de absorción de agua de las masillas con relación al peso de la probeta en seco. El testado se realizó tal y como dicta la norma UNE-EN ISO 62:2008, para la determinación de la absorción del agua en plásticos. Este factor puede determinar la pérdida de resistencia mecánica en las masillas, por la acción del agua en su estructura interna.

En estas formulaciones se persigue obtener mixturas con capacidad de absorción baja, donde se reduzca la penetración del porcentaje de agua, situándose en los huecos vacíos de la estructura del polímero final sin modificar sus propiedades estructurales. Se descarta por ello el empleo de materiales poliméricos de absorción alta, donde el agua pueda separar las partículas de la masilla pudiendo llegar a formar disoluciones coloidales, con el consecuente riesgo que supone para la conservación futura de la obra a la que se aplique.

Siguiendo las directrices de la norma de calidad, se efectuó el testado de cada una de las mezclas adhesivas por triplicado, en muestras cúbicas de 3,5 cm, obteniéndose de este valor su media ponderada. Se midió su peso inicial en seco y posteriormente se sumergieron individualmente en 600 ml de agua destilada a 23 °C ( $\pm 0,1$  °C) agitando el contenido del recipiente una vez al día. El ensayo se realizó bajo condiciones medioambientales de 25 °C y 50 % HR.

La escala de tiempos de inmersión fue 24h, 48h y 96h. Tras cada uno de estos intervalos se extrajeron las muestras eliminando el agua de su superficie y se pesó cada probeta dentro del minuto siguiente. El ensayo fue realizado mediante báscula de precisión de *PCE-MB 50*, con un rango de error de  $\pm 1$  g.

En el gráfico 1 se muestra la progresión lineal que mostraron las muestras tras la absorción de agua en los tres rangos de tiempo establecidos.

### Medición de la dureza tras prueba de inmersión

Transcurridas 24h de la determinación de la absorción de agua en las muestras, se procedió a ensayo de oposición de las masillas a ser penetradas por un objeto, provocando así una deformación plástica

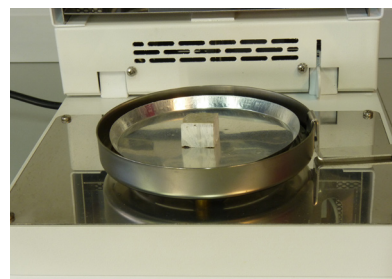


Imagen 6 | Proceso de pesado tras 24h de inmersión

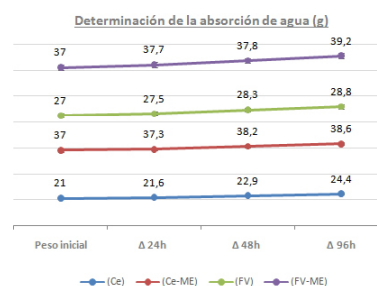
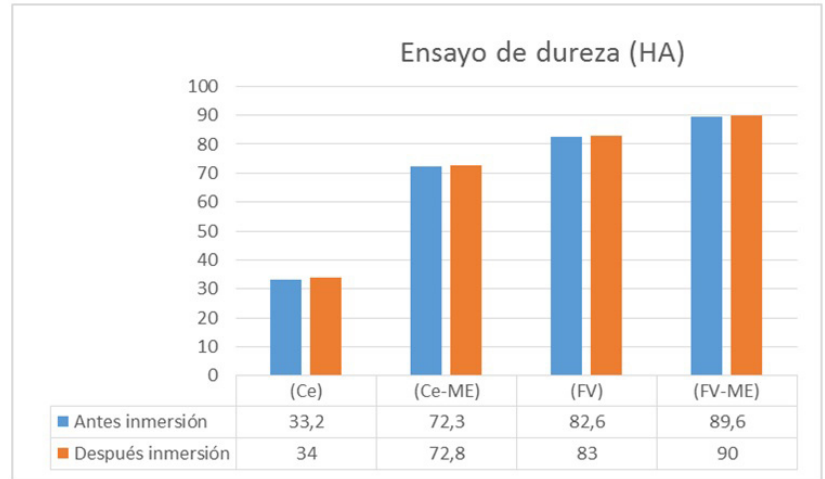


Gráfico 1 | Ensayo absorción agua

**Gráfico 2 |**  
 Ensayo de dureza



permanente. Las probetas se testaron mediante durómetro digital con escala de medición Shore A (descrito en el apartado *Determinación de dureza y pérdida de humedad* de este mismo estudio), con unas condiciones climáticas de ensayo de 25 °C y un 50% HR, siguiendo en todo momento las pautas especificadas por la norma ASTM D 2240.

Se obtuvieron valores con una escala de 0 a 100 HA con un margen de error  $\pm 1$  grado de dureza, realizando un total de tres mediciones por muestra y mediándose entre éstas para obtener su valor final ponderado.

En el gráfico 2 y en la tabla de la p. 70 se muestran los valores de dureza obtenidos antes y después de la inmersión de las probetas en agua.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Análisis de la dureza y pérdida de humedad

La adición de microesferas de vidrio acentúa el rango de dureza de la mezcla final, siendo más destacable en la mixtura realizada con Ceys Ms-Tech® como polímero base (con un incremento de 29,1 HA), frente a la menor resistencia a la penetración aportada por las mezclas de Masilla fibra de vidrio Presto® con una variación mínima de 7 HA.

Todas las masillas mostraron un comportamiento de absorción estable, con márgenes de pérdida de humedad muy positivos, no superando el 0,11% en ningún caso. Se puede determinar que la adición de cargas estabiliza al adhesivo base, al mostrar una estructura molecular más estable al reducirse notablemente los rangos de oscilación de humedad.

Finalizados estos primeros ensayos, se procedió a realizar la segunda fase de muestreo. Para ello, se sometieron las mismas probetas a estudios que permitiesen evaluar la determinación de la absorción de agua y la modificación del peso específico aparente, además de valorar de nuevo la oscilación del rango de dureza de las masillas como punto de control final.

### Resultados absorción de agua y peso específico aparente

Como resultado global en todas las masillas, se desprende que la adición de cargas estabiliza la estructura molecular del polímero base. Los incrementos de peso que se producen en las mezclas poliméricas con Microesferas de vidrio® son menores en las masillas de Ceys Ms-Tech® (Ce) debido a la reducción de la absorción de moléculas de agua. Tras la absorción de agua, se observa un aumento de peso de 3,4 g en este polímero base sin la adición de cargas, frente a solo 1,6 g de incremento tras la adición de Microesferas en la masilla (Ce-ME).

Los resultados obtenidos en las mezclas mediante Masilla fibra de vidrio Presto® han sido ligeramente menos positivos, ya que en este caso la adición de microesferas estabiliza en un rango menor la absorción de agua en las masillas (FV 1,8 g) < (FV-ME 2,2 g).

### Medición de la dureza tras prueba de inmersión

La inmersión de los materiales en agua no ha modificado las condiciones iniciales de las muestras de una forma sustancial. La añadidura de Microesferas de vidrio® como material de carga aporta ligeros valores de incremento en los resultados de dureza en las mixturas. (Ce-ME) aumenta solo 0,5 unidades de dureza (HA), y las mixturas (FV-ME) lo hacen con 0,4 unidades, en su resistencia a ser penetradas.

Conviene reflejar la gran diferencia existente en cuanto a dureza, entre las masillas de poliuretano Ceys Ms-Tech® y las de Fibra de vidrio Presto® sin la adición de cargas (33,2 y 82,6 HA respectivamente), siendo un factor relevante a analizar en el futuro con ensayos complementarios de resistencia y licitaciones mecánicas de los materiales.

### CONCLUSIONES FINALES

En general puede decirse que el empleo cualquiera de las mezclas adhesivas testadas no requiere de un proceso de preparación complejo, pudiendo ser empleadas en entornos medioambientales extremos como el descrito en este estudio.

Se trata de materiales de fácil adquisición y manipulabilidad sencilla. Manteniendo los mínimos requisitos de protección individual en el lugar de trabajo descritos en este estudio, su empleo no resulta peligroso para la salud del restaurador ni del medioambiente que le rodea.

Las mezclas obtenidas mediante la adición de Microesferas de vidrio® (Ce-ME) y (FV-ME) han proporcionado sólidos homogéneos y estables en su estructura molecular, además de no resultar compleja su eliminación mediante medios mecánicos como incisión con escarpelo, bisturí o reblandecimiento mediante vapores de acetona.

Tras el ensayo de inmersión, los índices de dureza han aumentado ligeramente en todos los casos debido a los desplazamientos en las cadenas del polímero. Deben destacarse como más aceptables las muestras realizadas mediante Ceys Ms-Tech® + Microesferas de vidrio®, respecto a todas las demás. Las mezclas adhesivas resistentes a la penetración son todas las que muestran en su composición Masilla de fibra de vidrio®, si bien, pueden eliminarse de la superficie sobre la que se aplican de forma mecánica tras su reblandecimiento mediante compuestos cetónicos, sin poner en riesgo a la obra.

Tras analizar cada uno de los valores aportados por los ensayos realizados en los materiales, se recomienda realizar una visión de conjunto relacionando todos ellos, ya que en muchos casos los datos aislados pueden llevar a conclusiones erróneas. La masilla (FV-ME) es la que muestra condiciones de estabilidad más adecuadas con solo un incremento del 0,05 % de absorción de agua en su composición, si bien es la que muestra mayor resistencia al punzado (90 HA).

En este momento, se desarrollan estudios complementarios que nos permitan profundizar en el conocimiento de comportamiento de estas masillas antes de su empleo en el patrimonio escultórico al aire libre. Se trata de la formulación de protectivos anticorrosivos no tóxicos (como fase preparatoria de superficies antes de la fase de masillado) y la valoración de parámetros de adherencia y modificaciones ópticas de los materiales.

#### Agradecimientos

Este estudio se ha desarrollado bajo la subvención de ayudas a Proyectos I+D+i (HAR2011-25802) financiado por el Ministerio Español de Economía y Competitividad (MINECO).

## BIBLIOGRAFÍA

- AA.VV.** (2005)  
How long will it last? En *Adhesives and Coatings. Science for Conservators*. Vol. 3. Great Britain: Museums & Galleries Commission, 2005 (cap. 5), pp. 90-179
- ALCARAZ, F.** (1990)  
Los nuevos materiales en el arte contemporáneo. En *VIII Congreso de Conservación de Bienes Culturales: Valencia, 20, 21, 22 y 23 de septiembre de 1990*. Valencia: U. Politécnica de Valencia, Servicio de Publicaciones, 1990
- ESCULTURAS del Campus de la Universidad Politécnica de Valencia** (2001)  
Valencia: U. Politécnica de Valencia, 2001
- GROOVER, P. M.** (2007)  
*Fundamentos de la manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas*. 3.ª ed. México: Prentice-Hall, 2007
- HATCHFIELD, P.** (1986)  
Note on a fill material for water sensitive objects. *Journal of the American Institute for Conservation*, vol. 25, n.º 2, 1986, pp. 93-96
- KAMIMURA, T.; HARA, S.; MIYUKI, H. et ál.** (2006)  
Composition and protective ability of rust layer formed on weathering steel exposed to various environments. *Corrosion Science*, n.º 48, 2006, pp. 2799-2812
- LI, Q.; WANG, Z.; HAN, W. et ál.** (2008)  
Characterization of the rust formed on weathering steel exposed to Qinghai salt lake atmosphere. *Corrosion Science*, n.º 50, 2008, pp. 365-371
- MARTIN, S.; SIMÓN, J. M.; VIVANCOS, M. V. et ál.** (2014)  
Studies on the structural stability of cohesive fill materials employed in metal sculptures preserved outdoor. *10<sup>th</sup> European Adhesion Conference, Alicante (Spain), 22-25 April 2014*. Alicante: Soc. Adhesión-GIA, 2014, pp. 351-354
- MOUSTAFA, F.** (2014)  
Release of a cohesively strong, general purpose hot-melt pressure sensitive adhesive from a silicone liner. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, n.º 50, 2014, pp. 65-69
- PARENTE, P.; ORTEGA, Y.; SAVOINI, B. et ál.** (2002)  
Comportamiento mecánico de laminados de  $AL_2O_3$  producidos por slip casting sobre sustratos de  $AL_2O_3-(ZrO_2)_x$ . *Anales de Mecánica de la fractura*, 25, 1, 2002, pp. 96-101
- PERIS, B.** (2011)  
Contaminación atmosférica: situación de las partículas sólidas en Valencia. *Ojeando la Agenda: Revista digital en Medio ambiente*, [en línea] n.º 9, febrero. Valencia, 2011 <[http://www.erevistas.csic.es/ficha\\_articulo.php?url=oai\\_revista1017:228&oai\\_iden=oai\\_revista1017](http://www.erevistas.csic.es/ficha_articulo.php?url=oai_revista1017:228&oai_iden=oai_revista1017)> [Consulta: 19/01/2015]
- RIGHI, L.** (2006)  
*Conservar el arte contemporáneo*. Donostia-San Sebastián: Nerea, 2006 (Arte y restauración; 13)
- RODRÍGUEZ, A.; SÁNCHEZ, E.** (2012)  
El deterioro medioambiental de la escultura en MOA. *Revista Desarrollo Local Sostenible*, vol. 5, oct., 2012, pp. 2-9, 2012
- SALN BALLESTEROS, M. N.** (2005)  
*Tecnología de procesos y transformación de materiales*. Barcelona: Edicions U. Politécnica de Catalunya, 2005
- SISCAR, X.** (2013)  
*Medida de la temperatura con conexión directa sensor-microcontrolador para estación marina*. Valencia: U. Politécnica de Valencia, 2013
- TAYLOR, B.** (2000)  
*Arte hoy*. Madrid: Akal, 2000
- VAILLANT, M.; DOMENECH, M. T.; VALENTÍN, N.** (2003)  
*Una mirada hacia la conservación preventiva del Patrimonio Cultural*. Valencia: U. Politécnica de Valencia, 2003
- ZHANG, K.; LI, L.; DUAN, Y. et ál.** (2014)  
Experimental and theoretical stress analysis for an interface stress model of single-L adhesive joints between CFRP and aluminium components. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, n.º 50, 2014, pp. 65-69

## FICHAS TÉCNICAS

Ficha técnica Ceys **MS-TECH®**, 2014, [en línea] <[http://www.mundoceys.com/wp-content/uploads/2014/07/DOP\\_13\\_03572\\_TOTALTECH\\_TRANSPARENTE\\_E.pdf](http://www.mundoceys.com/wp-content/uploads/2014/07/DOP_13_03572_TOTALTECH_TRANSPARENTE_E.pdf)> [Consulta: 20/05/2015]

Hoja técnica **PRESTOLITH** pro Masilla de fibra de vidrio [en línea]. Motip Dupli. Dic., 2010 <<http://www.motipdupli.de/es/productos/presto/spachtelprodukte/ipg-1100/tm-1100.html>> [Consulta: 4/05/2015]

Ficha técnica **MICROESFERAS** de vidrio (Perla de vidrio) [en línea]. Abrasivos y maquinaria, S. A., 2014 <<http://www.abrasivosymaquinaria.com/microesferas-de-vidrio>> [Consulta: 4/05/2015]

Ficha de datos de **SEGURIDAD** Microesferas de vidrio, 2014 [en línea] <<http://www.gtm.net/images/industrial/ESFERILITA.pdf>> [Consulta: 20/05/2015]

