

# Propietats, característiques, avantatges i desavantatges del sistema bicapa de ciclododecà i Paraloid® B-72, a partir d'un cas pràctic sobre un gravat de Giovanni Battista Piranesi.

***Properties, characteristics, advantages and disadvantages of the cyclododecane and Paraloid® B-72 dual layer technique; based on a case study of an etching by Giovanni Battista Piranesi.***

**Cristina Gallego Galan**

**[crisgallego07@gmail.com](mailto:crisgallego07@gmail.com) / [www.incrisart.com](http://www.incrisart.com)**

Graduada en Ensenyaments Artístics Superiors de Conservació i Restauració de Béns Culturals en l'especialitat de Document Gràfic per l'ESCRBCC. Llicenciada en Periodisme per la Universitat Autònoma de Barcelona. Màster en Conservació i Restauració de Patrimoni Fotogràfic per l'ESCRBCC. Conservadora-restauradora d'obra gràfica, material d'arxiu i fotografia.

*Graduate in the Conservation and Restoration of Cultural Heritage specialising in Graphic Documents from the ESCRBCC. Graduate in Journalism from the Autonomous University of Barcelona. Master in the Conservation and Restoration of Photographic Heritage from the ESCRBCC. Conservator-restorer of graphic works, archive material and photography.*

Aquest article presenta una part de l'estudi realitzat com a Treball Final de Grau de l'ESCRBCC sobre el ciclododecà, un compost orgànic volàtil amb usos en el camp de la conservació-restauració des de 1995. A l'especialitat de Conservació i Restauració de Document Gràfic s'utilitza en procediments de fixació d'elements sustentats solubles en aigua, gràcies a la seva capacitat hidròfuga i impermeabilitzant, i a una baixa toxicitat. La propietat química de sublimar gradualment en condicions de temperatura ambient li confereix una reversibilitat requerida en intervencions de patrimoni cultural.

**Paraules clau:** ciclododecà, CDD, Paraloid® B-72, fixació, solubilitat, elements sustentats.

*The article presents part of the final assignment of the Degree in Conservation and Restoration at the ESCRBCC on cyclododecane, a volatile organic compound used in the field of conservation and restoration since 1995. In the specialised field of the conservation and restoration of graphic documents, it is used as a fixative for water-soluble supported elements because of its hydrophobic and waterproof properties, as well as its low toxicity. Its chemical property of slowly sublimating at room temperature grants it the reversibility that any cultural heritage intervention requires.*

**Keywords:** cyclododecane, CDD, Paraloid® B-72, fixation, solubility, sustained elements.



Vedute  
mezzo, grosse di diametro palmi 6. 6.  
confessione di S. Pietro in Vaticano  
del Vaticano. E Memorie di 11. 1

[PORTADA] Detall del procés de fixació d'elements sustentats on s'aprecia l'aplicació per impregnació de ciclododecà fos a l'anvers del gravat de Giovanni Battista Piranesi (Fotografia: Cristina Gallego).

## INTRODUCCIÓ

L'interès pel tema del Treball Final de Grau (TFG) va sorgir en veure un gravat pendent d'intervenció al laboratori de tercer curs de l'especialitat de Conservació i Restauració de Document Gràfic, en el marc de l'assignatura *Teoria i pràctica de la conservació i restauració del document gràfic* de l'ESCRBCC (durant l'any acadèmic 2020-2021). Es tractava d'una estampa de gran format amb una vista arquitectònica clàssica, signada per "Cavalier Piranesi F." L'atracció inicial d'aquella escena eren unes figures petites pintades de color vermell que ressaltaven sobre la densitat i fosc de la tinta d'impressió negra. La intervenció es va realitzar sota la supervisió de la professora M. Àngels Balliu Badia.

Entre els objectius principals d'aquest article es troba el de conèixer la finalitat del procés de fixació d'elements sustentats. Per una banda, es vol destacar quins són els principals riscos de la neteja humida en obres amb elements gràfics solubles a l'aigua i, específicament, saber quins són els riscos que comporta el procés de fixació d'aquests elements sustentats.

Així mateix, ens centrem en les propietats del ciclododecà (hidrocarbur cíclic saturat), partint de la hipòtesi que el ciclododecà és un producte que s'utilitza àmpliament en conservació-restauració de document gràfic com a fixatiu: en situacions de solubilitat a l'aigua dels elements sustentats, davant la necessitat de fer una neteja humida. Des dels inicis de la seva utilització en conservació (descobert per Hangleiter, Jägers i Jägers l'any 1995), el

ciclododecà continua plantejant noves possibilitats i usos en diferents especialitats d'intervenció del patrimoni. Es tracta d'una substància versàtil en els seus usos i que compleix el requisit de la reversibilitat. També s'estudia el seu ús en el sistema bicapa de ciclododecà i Paraloid® B-72 (polímer acrílic), amb els seus avantatges i inconvenients.

La metodologia emprada al treball va estar conformada per diverses línies de treball: una revisió bibliogràfica general sobre l'ús del ciclododecà en aplicacions de conservació-restauració i una d'específica sobre el sistema bicapa de ciclododecà i Paraloid® B-72. A més a més, una recerca de fonts directes d'informació a partir d'una enquesta realitzada a tallers de conservació-restauració i d'una entrevista personal a l'impulsor del sistema bicapa, un especialista en l'àmbit nacional en el sistema de fixació com és Salvador Muñoz Viñas, catedràtic en conservació i restauració de la Universitat Politècnica de València. També es va fer una revisió de l'ús del ciclododecà al llarg de deu anys a l'assignatura *Teoria i pràctica de la conservació i restauració del document gràfic* de l'ESCRBCC.

## EL PROCÉS DE FIXACIÓ DELS ELEMENTS SUSTENTATS

La fixació és un procés que té com a finalitat "estabilitzar" els elements sustentats per tal de poder realitzar algun procés de restauració posterior. Es contempla la fixació, per exemple, quan les tintes, elements gràfics o procediments pictòrics presents a l'obra a intervenir són solubles a l'aigua i es considera necessari fer una neteja humida. Si

<sup>1</sup>TACÓN CLAVAIN, J. *La restauración en libros y documentos. Técnicas de intervención*. Madrid: Ollero y Ramos, 2009, p. 92-93.

<sup>2</sup>BANIK, G.; BRÜCKLE, I. *Paper and Water: A Guide for Conservators*. Múnic: Siegl, 2018, p. 385.

<sup>3</sup>*Ibid*, p. 97.

<sup>4</sup>*Ibid*, p. 385.

<sup>5</sup>CRESPO, C; VIÑAS, V. *La Preservación y restauración de documentos y libros en papel: un estudio del RAMP con directrices*. París: UNESCO, 1984. Programa General de Información y UNISIST. Disponible en línia a: <[https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000063519\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000063519_spa)> [Consulta: 6 maig 2022].

<sup>6</sup>*Ibid*, p. 58.

<sup>7</sup>BAGAN, R. "El ciclododecà i les seves aplicacions en conservació-restauració". *Unicum* (2008), núm. 7, p. 150-155.

<sup>8</sup>GRUPO ESPAÑOL DE CONSERVACIÓN DEL IIC. *Ciclododecano*. [En línia]. <<https://www.ge-iic.com/fichas-tecnicas/proteccion-temporal-o-final/ciclododecano/>> [Consulta: 10 desembre 2022].

es decideix seguir amb el procediment, cal plantejar-se un procés de fixació previ per evitar la dissolució o l'esvaïment de l'element sustentat durant la neteja humida. En aquests casos, la fixació suposa una estabilització temporal, ja que cal contemplar la seva reversibilitat un cop realitzada la neteja.

La neteja aquosa dels suports cel·lulòsics té efectes positius com l'eliminació de l'acidesa present al paper (a causa del seu envelliment químic i l'afectació de contaminants i de brutícia sobre el suport) així com el re-establiment dels enllaços entre les cadenes de cel·lulosa que confereixen major flexibilitat estructural al paper.<sup>1</sup>

Així i tot, el procés de neteja humida és un procediment intervencionista i s'ha d'estar molt segur que és indispensable per mantenir la integritat futura del bé. Per poder dissoldre els components que afecten l'estabilitat del bé, és necessari que l'actuació de l'aigua es faci de manera uniforme i amb un nivell adient d'humectació i absorció per part del substrat cel·lulòsic. D'aquesta manera, els tractaments de neteja i de desacidificació donaran resultats satisfactoris.<sup>2</sup>

La neteja aquosa sempre implica canvis en la constitució del suport i dels elements sustentats, deguts a variacions dimensionals d'expansió (en mullar-se) i de contracció (en assecar-se). En el llibre *Paper and Water*, l'autora Irene Brückle revisa els efectes de l'aigua sobre l'estructura del paper a molts nivells.<sup>3</sup> Entre d'altres:

- A escala molecular, estableix lligams entre l'hidrogen i la cel·lulosa.
- A escala de microfibrils i parets cel·lulars, produeix inflament, fet que fa augmentar la seva flexibilitat.
- I, finalment, en arribar a nivells micro i macro estructurals del paper, permet que les fibres es desplacin i augmenti la seva capacitat d'allargar-se.

Hi ha diferents tractaments de neteja aquosa que es poden aplicar en obres en suport cel·lulòsic, en funció de la seva fragilitat i/o solubilitat dels elements sustentats. Podem parlar, a grans trets, de tractaments de neteja per immersió, per flotació o per contacte amb un material absorbent.<sup>4</sup> Cadascun d'ells incorpora tècniques, materials i metodologies d'aplicació diverses.

Així doncs, quan es decideix procedir a la fixació dels elements sustentats, s'ha de fer un estudi dels productes adequats i decidir la metodologia que es voldrà aplicar. En aquesta decisió cal revisar els dissolvents que l'afectin (en relació amb la seva solubilitat a la neteja humida) i fer

proves de la seva eficàcia. S'ha de poder comprovar que la seva aplicació no malmetrà el bé a curt o a llarg termini, que tindrà un bon envelliment i que resultarà innòcua durant el procés de neteja humida posterior.<sup>5</sup>

## RISCOS QUE COMPORTA LA FIXACIÓ DELS ELEMENTS SUSTENTATS

Hi ha diferents efectes secundaris que poden alterar la peça. Alguns poden ser immediats, en quant s'inicia l'aplicació: enfosquiment, brillantors o emblanquinats (sobre els elements sustentats o sobre el suport), així com canvis de textura (per exemple, a dibuixos realitzats amb procediments en sec, com el pastel o el carbonet, i que afecten les característiques pròpies dels pigments). També es poden produir efectes a mitjà i llarg termini, com l'aixecament de les grafies o l'envelliment i conseqüent esgrogueïment a causa de l'oxidació del suport cel·lulòsic.<sup>6</sup>

Un altre efecte negatiu sobre el qual cal extreure les precaucions és la permanència de brutícia a les zones fixades. En aplicar el producte, les zones protegides no es netegen ni s'elimina l'acidesa soluble i, per tant, queden zones on s'aprecien les restes de brutícia sobre el suport. Caldrà valorar la seva possible afectació estètica abans de cada intervenció.

## EL CICLODODECÀ

A continuació, es revisen les característiques del producte. El ciclododecà és una substància orgànica, un hidrocarbur alifàtic cíclic que pertany al grup funcional dels cicloalcans, amb fórmula química C<sub>12</sub>H<sub>24</sub>. Es troba dins del grup de substàncies anomenades consolidants temporals volàtils (*volatile binding media*), juntament amb el mentol, el camfè o el triciclè, que es fan servir en el camp de la conservació.<sup>7</sup>

Es tracta d'una substància insoluble en dissolvents polars (com l'aigua, l'etanol o el metanol) i soluble en molts dissolvents apolars (com el toluè, el xilè, l'hexà, el tricloroetilè o l'acetona).<sup>8</sup> És sòlid a temperatura ambient i de color blanquinós-transparent amb una consistència semblant a la parafina (del grup dels hidrocarburs alcans). El seu punt de fusió es troba entre els 58 i els 61 °C i el seu punt d'ebullició es troba en els 247 °C.

La seva propietat fonamental és la de sublimar gradualment en condicions de temperatura ambient, característica de la qual parlarem més endavant. També cal destacar les seves capacitats hidròfugues (per la seva insolubilitat a substàncies polars com l'aigua) i impermeabilitzants (gràcies a la capa sòlida, en forma de pel·lícula, que forma sobre el suport al qual protegeix).

Els hidrocarburs són compostos que contenen àtoms de carboni i d'hidrogen. La seva classificació com a hidrocarbur saturat fa referència a la no existència de dobles o triples enllaços entre els seus àtoms de carboni. A aquest grup pertanyen els alcans (de cadena oberta) i els cicloalcans (de cadena tancada).

La nomenclatura dels cicloalcans es forma igual que la dels alcans, però afegint el prefix "ciclo-" davant (per indicar que es tracta d'una cadena tancada). Així, el nom ciclododecà té una arrel que fa referència al seu nombre d'àtoms de carboni "-dodec-" (12) i un sufix final comú per a tots els alcans, "-à". El seu nom en anglès és *Cyclododecane*.<sup>9</sup>

Estructuralment, el grup dels cicloalcans (també anomenats alcans cíclics o hidrocarburs cíclics) presenta enllaços químics simples entre àtoms de carboni en forma tancada d'anell. Cadascun dels àtoms forma unió amb quatre àtoms (de carboni o d'hidrogen) i la seva fórmula general és  $C_nH_{2n}$ .<sup>1</sup> i <sup>2</sup> El ciclododecà (CDD, en les seves sigles abreujades) és considerat un compost molt estable químicament gràcies a aquesta estructura.<sup>10</sup>

### TOXICITAT DEL CDD

Des de la seva presentació com a producte per a la fixació i consolidació en el camp de la conservació-restauració, s'ha considerat que la seva toxicitat és baixa i que no presenta cap perill per a la salut dels usuaris.<sup>11</sup> Així i tot, han aparegut sospites sobre els riscos en la salut després de la seva utilització i la seva suposada innocuïtat ha estat qüestionada. David Vernez i coautors citen un cas de l'any 2009 a la Universitat de Ciències Aplicades de

Berlín, a partir del qual desenvolupen un petit estudi per caracteritzar les condicions d'exposició als vapors i als aerosols del CDD.<sup>12</sup> Arriben a les següents conclusions: la concentració a l'exposició al producte augmenta en espais tancats; la sublimació del CDD es realitza de manera lenta i emetent una exposició retardada als vapors i, per tant, cal vigilar com es guarden les peces arqueològiques tractades amb CDD.

A la fitxa de seguretat del ciclododecà<sup>13</sup> es donen indicacions respecte a l'exposició de l'usuari a la pols del producte, que podria provocar irritació dels ulls, el nas i de les vies respiratòries. Per tant, es recomana l'ús d'equips de protecció individual adequats per a la protecció de la respiració (mascareta FFP2), de les mans i els ulls (guants i ulleres) i el seu ús en espais amb bona ventilació. També es diu que el producte no requereix "la classificació i etiquetatge com a producte perillós, segons la CLP/GHS".<sup>14</sup>

El tema va ser objecte de debat a la conferència *Volatile Binding Media in Heritage Conservation*, a Cambridge l'any 2015 (recollida en una publicació de l'any 2018).<sup>15</sup> La presentació de Martin Adlem, químic i assessor en salut i seguretat, treia rellevància a les crítiques sobre la perillositat del CDD i confirmava que cap test habitual de toxicitat no havia pogut concloure que afectés la seguretat personal o el medi ambient. També justificava la seva opinió professional en el fet que el CDD, per la seva estructura química de cadena d'hidrocarburs tancada, no conté grups funcionals actius i, per tant, no és reactiu. Aquesta seria la gran diferència a escala molecular que el fa destacar sobre d'altres compostos volàtils emprats en

<sup>9</sup> Els noms dels compostos químics parteixen d'una nomenclatura sistematitzada per la IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*). Vegeu més informació a: IUPAC. *Nomenclature*. [En línia]. <<https://iupac.org/what-we-do/nomenclature/>> [Consulta: 20 març 2022].

<sup>10</sup> SAN ANDRÉS, M; DE LA VIÑA, S. *Fundamentos de química y física para la conservación y restauración*. Madrid: Editorial Síntesis, 2004, p. 191-197.

<sup>11</sup> HANGLEITER, H.M.; JÄGERS, E.; JÄGERS, E. "Flüchtige Bindemittel". *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung* (1995), núm. 2, p. 385-392.

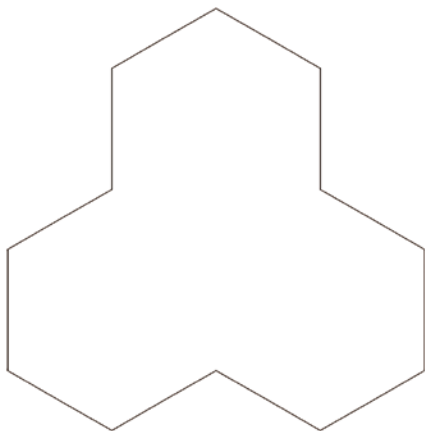
<sup>12</sup> VERNEZ, D. [et al]. "Cyclododecane exposure in the field of conservation and restoration of art objects". *The International Archives of Occupational and Environmental Health* (2011), núm. 84 (4), p. 371-374.

<sup>13</sup> KREMER PIGMENTE. *Safety Data Sheet Cyclododecane*. [En línia]. <[https://www.kremer-pigmente.com/elements/resources/products/files/87100\\_SDS.pdf](https://www.kremer-pigmente.com/elements/resources/products/files/87100_SDS.pdf)> [Consulta: 8 maig 2022].

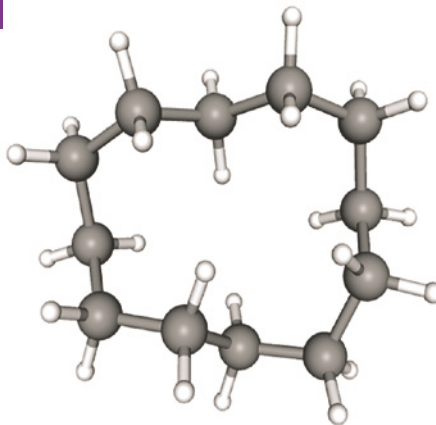
<sup>14</sup> Vegeu més informació a: EUROPEAN COMMISSION. *Classification and labelling (CLP/GHS)*. [En línia]. <[https://ec.europa.eu/growth/sectors/chemicals/classification-and-labelling-clpghs\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/chemicals/classification-and-labelling-clpghs_en)> [Consulta: 26 març 2022].

<sup>15</sup> ADLEM, M. "Cyclododecane: how dangerous is it?". A: ROZEIK, C. (coord.). *Subliming Surfaces: Volatile Binding Media in Heritage Conservation*. Cambridge: University of Cambridge Museums, 2018, p. 69-72.

1



2



[1] i [2] Estructura química del ciclododecà en 2D i model d'estructura química en 3D (Figura: NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. *PubChem Compound Summary for CID 9268, Cyclododecane*. [En línia]. <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Cyclododecane>> [Consulta: 20 novembre 2022]).

<sup>16</sup> *Ibid*, p. 71.

<sup>17</sup> RAE. *Sublimar*. [En línia]. <<https://dle.rae.es/sublimar>> [Consulta: 28 novembre 2021].

<sup>18</sup> ENCICLOPÈDIA.CAT. *Sublimació*. [En línia]. <<https://www.enciclopedia.cat/ec-gdlc-e00129169.xml>> [Consulta: 28 novembre 2021].

<sup>19</sup> VERNEZ, D. [et al]. "Cyclododecane...", p. 371.

<sup>20</sup> HANGLEITER, H.M.; JÄGERS, E.; JÄGERS, E. "Flüchtige Bindmittel...", p. 385-392.

<sup>21</sup> PIOTROWSKI, K. "The effect of several paper characteristics and application methods on the sublimation rate of cyclododecane". A: ROZEIK, C. (coord.). *Subliming Surfaces: Volatile Binding Media in Heritage Conservation*. Cambridge: University of Cambridge Museums, 2018, p. 39-52. Disponible en línia a: <<https://doi.org/10.17863/CAM.34060>> [Consulta: 10 desembre 2022].

<sup>22</sup> *Ibid*, p. 51.

<sup>23</sup> KREMER PIGMENTE. *Cyclododecane*. [En línia]. <<https://www.kremer-pigmente.com/en/shop/mediums-binders-glues/87100-cyclododecane.html>> [Consulta: 8 maig 2022].

<sup>24</sup> NICHOLS, K.; MUSTALISH, R. "Cyclododecane in Paper Conservation Discussion". *The Book and Paper Group Annual*. Vol. 21 (2002), p. 84. Disponible en línia a: <<https://cool.culturalheritage.org/coolaic/sg/bpg/annual/v21/bpga21-17.pdf>> [Consulta: 10 desembre 2022].

<sup>25</sup> KREMER PIGMENTE. *Cyclododecane-spray*. [En línia]. <<https://www.kremer-pigmente.com/en/shop/mediums-binders-glues/cyclododecane-volatile-binders/87099-cyclododecane-spray.html>> [Consulta: 8 maig 2022].

<sup>26</sup> NICHOLS, K.; MUSTALISH, R. "Cyclododecane in Paper...", p. 82.

<sup>27</sup> MUROS, V.; HIRX, J. "The Use of Cyclododecane as a Temporary Barrier for Water-Sensitive Ink on Archaeological Ceramics during Desalination". *Journal of the American Institute for Conservation*. Vol. 43 (2004), núm. 1, p. 75-89. Disponible en línia a: <<https://doi.org/10.2307/3179852>> [Consulta: 21 novembre 2022].

conservació–restauració, com el mentol i el camfè, amb grups actius i amb classificació de riscos per a la salut.<sup>16</sup>

## LA PROPIETAT DE LA SUBLIMACIÓ. LA REVERSIBILITAT

La sublimació és l'acció de sublimar i, segons l'accepció física del terme, fa referència a: "passar directament de l'estat sòlid al de vapor".<sup>17</sup> O "pas de l'estat sòlid a l'estat gasós (i inversament) sense passar per l'estat líquid".<sup>18</sup>

En el cas del CDD, la seva sublimació es produeix de manera lenta i a temperatura ambient (a una pressió de vapor de 0,07 hPa a 20 °C).<sup>19</sup> La pressió de vapor o volatilitat indica la seva evaporació en un temps concret sense deixar cap tipus de residu. Els estudis inicials situaven l'índex de sublimació en els 0,03 mm a les 24 hores (en una capa gruixuda).<sup>20</sup>

S'han realitzat estudis sobre l'índex de sublimació del CDD en funció de les característiques del paper. Una investigació científica de la conservadora de Col·leccions Especials de la *Harvard Library* a EEUU, Kelli Piotrowski, analitzava els efectes en diferents tipus de paper i els mètodes d'aplicació del CDD respecte al seu índex de sublimació. A partir de mostres amb residus de CDD es van fer anàlisis gravimètriques per monitorar el decreixement de la seva massa en el temps. Un cop transcorregudes 48 hores des que les mostres havien tornat al seu pes inicial (i visualment ja no s'observaven restes), es van analitzar amb instrumental de cromatografia de gasos. Les mesures obtingudes mostren una sublimació completa: d'entre el 99,95 i el 100 %.<sup>21</sup>

Piotrowski arriba a la conclusió que el tipus de paper i el mètode d'aplicació no afecta realment a les variacions en la taxa de sublimació i que els paràmetres que més afecten són el volum o el gruix de matèria aplicada i les condicions ambientals (la temperatura, la humitat relativa i la ventilació). Els resultats indiquen que, amb el temps suficient, la sublimació sobre el paper és completa. Recomana també, per evitar qualsevol emissió nociva de gasos despresos durant el procés de sublimar, que l'objecte se situï sota una campana extractora fins a una setmana després que el CDD ja no sigui visible.<sup>22</sup>

Aquesta propietat converteix al CDD en un producte molt interessant en el món de la conservació, ja que l'absència de residus en finalitzar la sublimació facilita la tasca al conservador-restaurador, qui no ha d'afegir cap procés mecànic o químic extra per retirar la possible substància restant. Resultaria, per tant, un material de fixació totalment reversible.

## EL CDD EN LA FIXACIÓ D'ELEMENTS SUSTENTATS

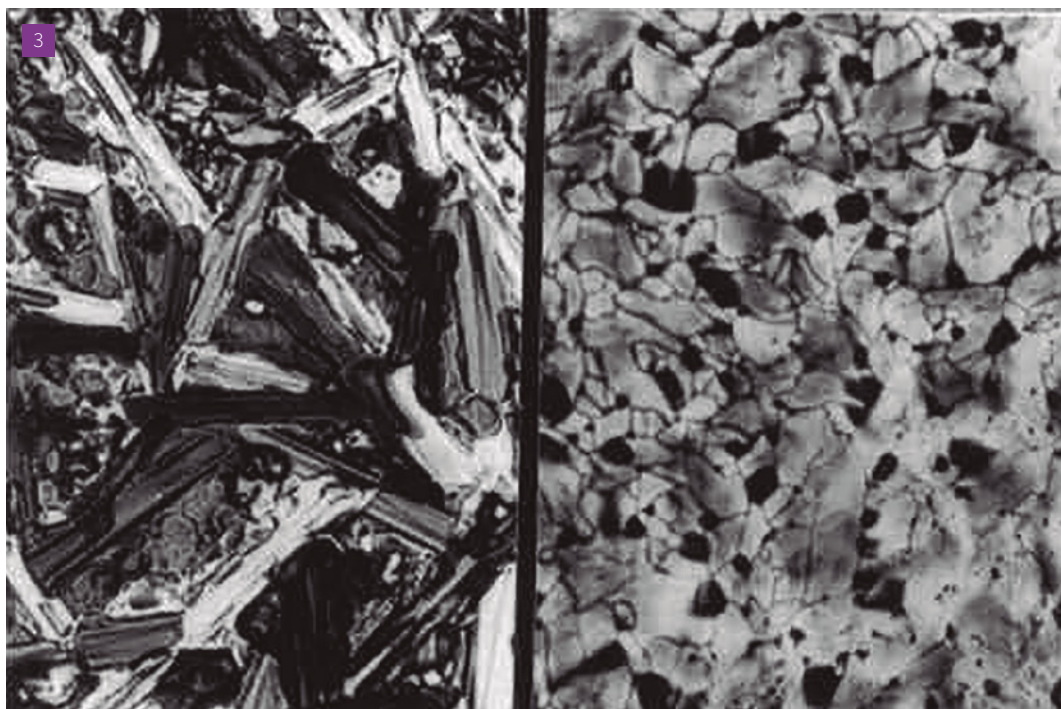
Actualment, el CDD es comercialitza per Kremer Pigmente en format sòlid granulat, en recipients de 80 g, de 500 g, de 10 kg i de 25 kg.<sup>23</sup> Es recomana el seu emmagatzematge en la bossa de plàstic hermètica i en el seu contenidor metàl·lic de venda, ben tancat per evitar que el producte vagi sublimant en contacte amb l'aire.<sup>24</sup> També es ven en format d'esprai (en recipient de 400 ml).<sup>25</sup>

La funció del CDD com a fixador temporal d'elements sustentats es deu a les seves propietats hidròfugues (d'insolubilitat en l'aigua) i, per tant, també impermeabilitzants, i a la seva reversibilitat segons la propietat de sublimar.

En escollir el CDD com a producte fixatiu, cal tenir en compte algunes consideracions importants en l'aplicació d'aquesta substància orgànica, com indiquen Nichols i Mustalish en el seu recull de testimonis a la reunió anual de l'AIC (*American Institute for Conservation*) de 2002:<sup>26</sup>

- S'ha d'evitar la seva aplicació sobre materials sensibles a dissolvents apolars (com els elements sustentats amb base de ceres, làtex o pintura acrílica).
- També cal evitar la seva aplicació sobre elements o substrats sensibles a la calor.

Com a característica principal del CDD es troba la formació d'una capa de protecció en forma de pel·lícula que funciona com a barrera entre l'element sustentat (i el seu suport), i el medi dissolt. Aquesta capa presenta diferències en funció de la metodologia d'aplicació, i no acostuma a ser homogènia. **3** La capa o film presenta diversitat de formes quant a densitat i mides de la xarxa de cristalls que la conformen.<sup>27</sup>



[3] Imatge microscòpica a 25x i llum polaritzada a angle de 57°, on es veuen les diferències en les capes aplicades amb CDD en dissolució: a l'esquerra, els cristalls allargats formats després de l'evaporació del dissolvent; i a la dreta, xarxa de cristalls més uniforme formats a la capa de CDD fos (Fotografia: BRÜCKLE, I. [et al]. "Cyclododecane: Technical Note on Some Uses in Paper and Objects Conservation". *Journal of the American Institute for Conservation*. Vol. 38 (1999), núm. 2, p. 166. Disponible en línia a: <https://cool.culturalheritage.org/jaic/articles/jaic38-02-004.html> [Consulta: 20 novembre 2022]).

Un altre factor d'importància és la temperatura. Segons Salvador Muñoz Viñas, catedràtic en conservació i restauració de la Universitat Politècnica de València, està relacionada amb l'eficàcia de la capacitat impermeabilitzant, havent-hi una relació directa entre els dos factors: a temperatura més alta (90 °C), més líquid és el CDD, i més penetra entre els porus del paper. En canvi, una altra reacció directa és que dificulta la seva aplicació controlada. Per contra, a temperatures més baixes, el

CDD es refreda i se solidifica abans, facilitant el control i la precisió en la zona aplicada, però disminueix la seva funció impermeabilitzant.<sup>28</sup>

Quant a les metodologies d'aplicació del CDD hi ha tres tipus: el producte en format sòlid dissolt en un dissolvent, el producte fos, i finalment com a aerosol en esprai. Es detallen a continuació algunes característiques, resumides a la següent taula:<sup>29</sup> **TAULA 1**

**TAULA 1**

CDD DISSOLT	CDD FOS	CDD EN ESPRAI
<p>Amb dissolvents apolars (hidrocarburs aromàtics o alifàtics), habitualment aplicat per impregnació amb pinzell.</p> <p>La capa de CDD que s'aconsegueix és molt fina i poc homogènia i requereix l'aplicació de diverses capes.</p> <p>La sublimació és més ràpida.</p>	<p>L'aplicació del material sòlid (en grànuls) es fa amb la incorporació de calor per fondre el CDD (a una temperatura superior a 60 °C).</p> <p>La pel·lícula obtinguda en aplicar el producte fos per impregnació és més gruixuda, densa i homogènia.</p> <p>La sublimació és més lenta que en dissolució.</p>	<p>L'aplicació en aerosol forma una capa molt fina de cristalls globulars, amb una densitat a mitjà termini entre la que proporciona el CDD fos i en dissolució.<sup>30</sup></p> <p>El dissolvent present en la composició dissolta és un propel·lent volàtil que determina les propietats de la capa.<sup>31</sup></p> <p>Per accelerar la sublimació es poden afegir dissolvents com la nafta o l'isocetà.<sup>32</sup></p>

<sup>28</sup> MUÑOZ VIÑAS, S. [et al]. "The Influence of Temperature on the Application of Cyclododecane in Paper Conservation". *Restaurator*. Vol. 37 (2016), núm. 1, p. 44. Disponible en línia a: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/res-2015-0013/html> [Consulta: 21 novembre 2022].

<sup>29</sup> NICHOLS, K.; MUSTALISH, R. "Cyclododecane in Paper...", p. 82.

<sup>30</sup> MUROS, V.; HIRX, J. "The Use of Cyclododecane...", p. 77.

<sup>31</sup> KREMER PIGMENTE. *Cyclododecane-spray*. [En línia]. <https://www.kremer-pigmente.com/elements/resources/products/files/87099e.pdf> [Consulta: 8 maig 2022].

<sup>32</sup> BAGAN, R. "El ciclododecà i les seves...", p. 153.

[TAULA 1] Característiques de les metodologies d'aplicació del CDD.

<sup>33</sup> Declaracions de Salvador Muñoz Viñas a l'entrevista realitzada per l'autora d'aquest article el febrer de 2022.

<sup>34</sup> MUÑOZ VIÑAS, S. *La restauración del Papel*. Madrid: Editorial Tecnos, 2018, p. 224-226.

<sup>35</sup> *Ibid.*, p. 225.

<sup>36</sup> MUÑOZ VIÑAS, S. "A Dual-Layer Technique for the Application of a Fixative on Water-Sensitive Media and Paper". *Restaurator*. Vol. 28 (2007), núm. 2, p. 86.

<sup>37</sup> MUÑOZ VIÑAS, S. *La restauración...*, p. 226.

## EL SISTEMA DE DOBLE CAPA DE CDD I PARALOID® B-72

Durant la realització del TFG es va poder aprofundir en un millor coneixement del sistema bicapa gràcies a una entrevista personal amb el seu impulsor: Salvador Muñoz Viñas.

La comprovada capacitat hidròfuga del CDD queda compromesa quan es produeixen esquerdes o clivellats al material els quals permeten que l'aigua es filtri i arribi al suport que s'ha de protegir. En aplicar una capa gruixuda de producte, i a causa de la flexibilitat del paper i la seva expansió en humectar-se, es poden produir tensions al suport i la capa de fixatiu pot patir fragmentacions o petits trencaments. <sup>4</sup>

És per això que Muñoz Viñas va començar a experimentar en la combinació del CDD amb un altre producte que aportés la impermeabilització necessària. Havia de ser una substància flexible i impermeable i que cobrís la superfície del CDD, aplicat fos. El Paraloid® B-72 complia aquests requisits. <sup>33</sup>

La funció del sistema bicapa és la d'intervenir de manera segura i protegir els elements sustentats solubles amb risc de pèrdua, davant de processos de neteja aquosa. La combinació del sistema permet uns resultats molt positius en comparació amb d'altres productes amb funció de fixatius que també es fan servir en el camp de

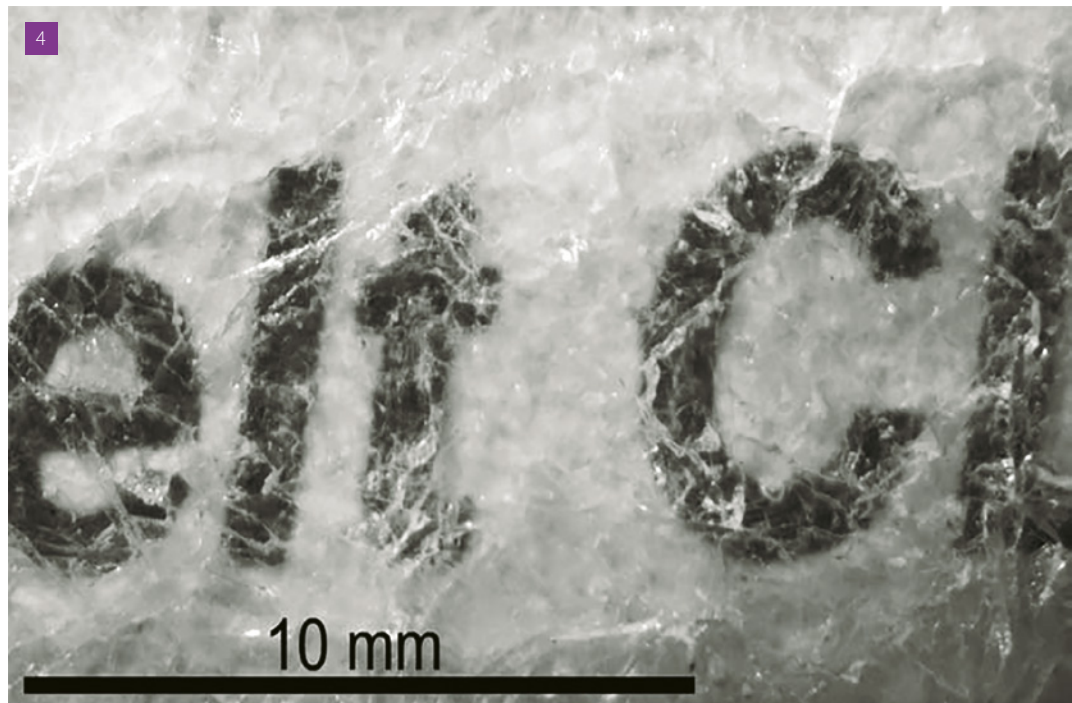
la conservació-restauració. Per exemple, el Paraloid® B-72 per si sol dona problemes de reversibilitat i brillantor a la superfície, així com la ciclodometicona D5, que impermeabilitza la zona fixada, però la seva aplicació no es pot realitzar de forma precisa, ja que el producte tendeix a expandir-se pel suport. <sup>34</sup>

Segons Muñoz Viñas, es tracta d'una tècnica senzilla que "combina la capacitat d'impermeabilització del Paraloid® B-72 amb la perfecta reversibilitat del CDD", partint de l'aplicació d'una doble capa amb les dues substàncies. <sup>35</sup> Com es pot observar gràficament, <sup>5</sup> la metodologia d'aplicació consisteix en una primera capa gruixuda de CDD (d'uns 0,5 a 1 mm de gruix) sobre la qual, un cop seca, s'aplica una capa fina de Paraloid® B-72. L'aplicació del Paraloid® B-72 per impregnació amb pinzell es realitza deixant un petit marge (d'uns 1-2 mm) respecte al contorn de la base de CDD, sense sobrepassar la capa de CDD. La pel·lícula de Paraloid® B-72 formada té capacitat impermeabilitzant sent molt fina. <sup>36</sup>

Aquest procediment de protecció localitzat pot realitzar-se tant a l'anvers com al revers de l'obra. D'aquesta forma es pot assegurar que l'aigua no entrarà en contacte amb els elements gràfics o pictòrics solubles per la capillaritat en el paper. <sup>37</sup>

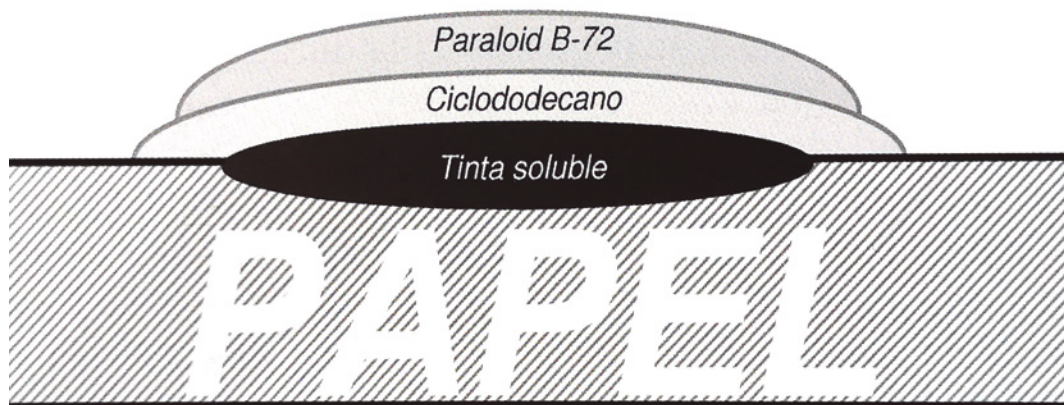
Quant a la retirada dels dos productes, un cop realitzat el procés de neteja humida, és senzill. Quan la capa de CDD

[4] Detall d'una capa de CDD fos clivellada. © Salvador Muñoz Viñas (Fotografia: MUÑOZ VIÑAS, S. "A Dual-Layer Technique for the Application of a Fixative on Water-Sensitive Media and Paper". *Restaurator*. Vol. 28 (2007), núm. 2, p. 80).





5



ja ha començat a evaporar i a sublimar, la capa exterior de Paraloid® B-72 es desprèn sola i la pel·lícula filmògena es pot retirar sense cap dificultat.

Des dels seus estudis inicials de l'any 2006 presentant les característiques del sistema bicapa, Muñoz Viñas ha continuat fent recerca sobre aquest mètode de fixació per arribar a conèixer millor el seu funcionament i prestacions.<sup>38</sup> Amb intenció de refinar la tècnica, l'autor va dur a terme un experiment a partir de 300 provetes, on es van provar procediments de fixació per impregnació aplicant: el CDD fos, el CDD dissolt en tricloroetilè, el CDD dissolt en tricloroetilè i Paraloid® B-72 dissolt en acetona, el Paraloid® B-72 dissolt en acetona sol, i finalment el sistema bicapa de CDD fos i Paraloid® B-72 en acetona.<sup>39</sup> Els resultats de la fixació durant la immersió en aigua van

confirmar la superioritat del sistema bicapa de CDD fos i Paraloid® B-72 enfront dels altres procediments, pel que fa a protecció i impermeabilitat dels elements fixats.<sup>40</sup>

La conclusió final que s'extreu és que el sistema bicapa és molt eficaç i fiable en el seu paper com a fixatiu, si es té en compte l'aplicació correcta de les dues capes: és molt important arribar a controlar bé la temperatura d'aplicació del CDD i la capa de Paraloid® B-72 no ha de sobrepassar la superfície del CDD al qual protegeix. Si la sobrepassa, pot adherir-se al suport i complicar la seva retirada, afectant la integritat de l'obra.

Es poden resumir alguns avantatges i inconvenients:

TAULA 2

TAULA 2

AVANTATGES	INCONVENIENTS
<p>Resol el problema de la impermeabilització dels elements sustentats, ja que el Paraloid® B-72 segella les possibles fissures que es creen a la capa de CDD.</p> <p>L'aplicació del Paraloid® B-72 sobre el CDD, realitzada de manera correcta, fa que la seva retirada sigui segura.</p> <p>Un cop el CDD sublima, la capa fina de Paraloid® B-72 se separa del suport amb facilitat.</p>	<p>La seva aplicació pot ser dificultosa en certs suports o zones de dimensions molt reduïdes, contribuint a fer que l'aplicació de la bicapa no es realitzi correctament.</p> <p>El principal problema del Paraloid® B-72, si no s'aplica bé, és la seva poca reversibilitat. Si sobrepassa la capa de CDD, el producte pot penetrar i adherir-se a les fibres de paper. A més, la capa de Paraloid® B-72 confereix una brillantor a la superfície que s'ha d'acabar retirant (mecànicament o amb dissolvents) amb risc de dany pel bé.<sup>41</sup></p> <p>Un altre inconvenient és la rigidesa de la capa gruixa de CDD que pot produir tensions al suport durant la neteja i assecat posterior, ja que la zona fixada no és higrò-expansiva com la resta de paper humit.<sup>42</sup></p>

[5] Representació del sistema bicapa de CDD i Paraloid® B-72. © Salvador Muñoz Viñas (Figura: MUÑOZ VIÑAS, S. *La restauración del Papel*. Madrid: Editorial Tecnos, 2018, p. 225).

<sup>38</sup> MUÑOZ VIÑAS, S.; AURÍA, T. "La impermeabilización bicapa de ciclododecano y Paraloid: una nueva técnica para la protección de tintas solubles durante tratamientos acuosos". A: *Actas del XVI Congreso Internacional de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. València: Editorial UPV, 2006, p. 551-559.

<sup>39</sup> MUÑOZ VIÑAS, S. "A Dual-Layer Technique...", p. 82.

<sup>40</sup> *Ibid*, p. 91.

<sup>41</sup> *Ibid*, p. 79.

<sup>42</sup> *Ibid*, p. 91.

[TAULA 2] Relació d'avantatges i inconvenients del sistema bicapa.

<sup>43</sup> Enquesta realitzada per l'autora de l'article pel seu TFG on es va seleccionar a 20 professionals del sector pertanyents a institucions (de l'àmbit públic i del privat), a tallers de restauració privats, i professionals autònoms. La majoria de participants eren de Catalunya (12), però també hi havia participació a nivell estatal (5) i internacional (3).

## ÚS DEL CDD EN CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ DE DOCUMENT GRÀFIC

### ENQUESTA A PROFESSIONALS DE LA CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ DE DOCUMENT GRÀFIC

El gener de 2022 es va realitzar una enquesta sobre l'ús del sistema bicapa de CDD i Paraloid® B-72 a diferents tallers de conservació-restauració de document gràfic.<sup>43</sup> La finalitat era saber si coneixien el CDD i si utilitzaven el sistema bicapa com a consolidat temporal. La dada que més va sorprendre va ser que l'ús del sistema bicapa estava menys estès del que prèviament s'havia pensat i la principal raó per no usar-lo era, en gran manera, perquè els professionals enquestats no realitzaven habitualment tasques de fixació d'elements sustentats solubles.

Una de les raons per no aplicar el sistema bicapa era pel desconeixement de la tècnica (35% de les respostes), seguit per motius com no disposar de temps per provar-ho (14%), per no haver tingut la necessitat de fer-ho, per no disposar de CDD al taller, o per haver obtingut resultats negatius (en dos enquestats). Els resultats negatius, en la seva experiència, se centraven en el fet que es tractava d'un procés lent, i que en alguna ocasió havia produït fissures sobre la bicapa, agreujant la problemàtica de la solubilitat de l'element sustentat; i que no agradava el resultat final de la zona protegida en relació amb la zona adjacent.

### REVISIÓ DE CASOS PRÀCTICS A L'ESPECIALITAT DE CONSERVACIÓ I RESTAURACIÓ DE DOCUMENT GRÀFIC A L'ESCRBCC

Des de l'any 2011, el CDD és un dels productes amb què s'ha experimentat per a la fixació d'elements solubles a l'aigua en posteriors processos de neteja aquosa, a

l'assignatura *Teoria i pràctica de la conservació i restauració del document gràfic* de tercer curs de l'ESCRBCC, tant en provetes de pràctiques com en intervencions d'obra real en suport cel·lulòsic.

Un dels exercicis del currículum de l'assignatura és la pràctica del procés de fixació mitjançant unes provetes on s'assagen els següents productes: Paraloid® B-72 al 5% en acetona; bicapa de CDD i Paraloid® B-72 al 25% en acetona; ciclometicona D5; i ciclometicona D5 i capa de KSG® 350 Z. Un cop escollits, es van fer les corresponents proves de solubilitat.

En la pràctica, realitzada durant el curs 2020-2021, es va comprovar que tots funcionaven en neteges aquoses però amb certes diferències respecte a la seva efectivitat i reversibilitat: **TAULA 3**

En aquestes provetes, el sistema de fixació que més va convèncer va ser el format per la bicapa de CDD amb Paraloid® B-72 al 25% en acetona.

### INTERVENCIÓ ENTRE 2011 I 2020

Trobem diferents experiències respecte a l'ús del CDD detallades a continuació, a la **TAULA 4**.

### INTERVENCIÓ DEL GRAVAT DE PIRANESI (ANY 2021)


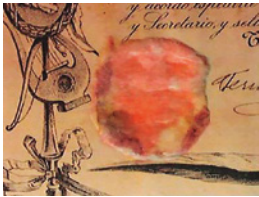



Un cop realitzades les provetes de fixació (amb l'elecció del sistema bicapa de CDD amb Paraloid® B-72 al 25% en acetona), i havent revisat les experiències anteriors, es va procedir a intervenir la següent obra: Registre de taller DG/3/03/906. Obra de l'artista i gravador italià Giovanni

**TAULA 3**

PARALOID® B-72	CDD	CICLOMETICONA D5
Fixa els elements sustentats després d'aplicar moltes capes, però no és reversible, ja que deixa la superfície brillant.	Totalment efectiu quant a fixació i reversibilitat, però requereix ser complementat amb una capa de Paraloid® B-72 per reforçar la impermeabilització del CDD (perquè no es clivelli).	No fixa per si sola tots els elements sustentats i necessita l'aplicació d'una capa de silicona gelificada KSG® 350Z a sobre.

[TAULA 3] Resum dels resultats de les provetes de fixatius prèvies a la intervenció del gravat.

## TAULA 4

ELEMENT SUSTENTAT	OBRA	SISTEMA DE NETEJA / MÈTODE D'APLICACIÓ	RESULTAT
<p><b>a. Carbonet</b></p> 	<p><b>Obra DG/3/3/700</b>            Retrat a carbonet dels anys 60 intervingut per l'alumna Carolina González (curs 2011-2012). Presenta alteracions estètiques de color, taques i oxidació a causa de la degradació i envelliment de la goma laca que protegeix els elements sustentats.</p>	<p>Aplicació de CDD en esprai en reserves a les zones de carbonet més intenses.</p> <p>Neteja de la goma laca per polvorització d'alcohol sobre taula de succió.</p>	<p><b>Positiu:</b>            Protegeix els elements sustentats.</p> <p>El producte en esprai sublima bé.</p>
<p><b>b. Segell en diploma</b></p> 	<p><b>Obra DG/3/3/728</b>            Diploma de la col·lecció de l'Arxiu Diocesà de Girona intervingut per l'alumna Anna Ferran (curs 2013-2014). Es protegeixen les restes de l'adhesiu d'un segell de paper de l'anvers del diploma amb el sistema bicapa de CDD i Paraloid® B-72.</p>	<p>Aplicació per impregnació amb sistema bicapa de CDD i Paraloid® B-72 al 25% en acetona.</p> <p>Neteja humida per immersió.</p>	<p><b>Negatiu:</b>            Bona neteja i correcta sublimació del CDD, però l'adhesiu queda polvoritzat sobre el suport.</p>
<p><b>c. Litografia</b></p> 	<p><b>Obra DG/3/3/737</b>            Litografia acolorida amb aquarel·la (o guaix) i zones amb pinzellades de goma per aportar brillantor a l'obra. Intervinguda per l'alumna Aurora Pérez (curs 2013-2014), i presentació del TFG l'any 2016: "Les Femmes Cosmopolites".</p>	<p>Aplicació del CDD en esprai i per impregnació amb sistema bicapa de CDD i Paraloid® B-72 al 25% en acetona.</p> <p>Diverses proves amb sistemes de neteja per humectació.</p>	<p><b>Negatiu:</b>            Resultats bons de l'aquarel·la en immersió però no es fixen les pinzellades de goma. A l'obra original no es va aplicar CDD.</p>
<p><b>d. Segell en gravat</b></p> 	<p><b>Obra DG/3/3/763</b>            Gravats de la col·lecció del Museu de Terrassa intervingut per l'alumna Regina Heinz (any 2015). Segell amb tinta blava soluble en aigua situat al centre del revers del gravat.</p>	<p>Aplicació per impregnació amb sistema bicapa de CDD i Paraloid® B-72 al 25% en acetona.</p> <p>Neteja humida per immersió.</p>	<p><b>Negatiu:</b>            Incorrecta aplicació de la capa de Paraloid® B-72 sobre el CDD. Es va fer evident a l'anvers la taca de brutícia.</p>
<p><b>e. Segell en gravat</b></p> 	<p><b>Obra DG/3/3/862</b>            Gravats intervingut per l'alumna Anna Herrezuelo (curs 2019-2020). Segell soluble en aigua al revers de l'obra.</p>	<p>Aplicació per impregnació amb capa de CDD al 10% en isoctà, combinat amb capa de Paraloid® B-72 al 25% en acetona.</p> <p>Neteja aquosa per capil·laritat amb Sontara®.</p>	<p><b>Positiu:</b>            La tinta del segell es protegeix durant la neteja per humectació i no pateix cap alteració.</p>

[TAULA 4] Resum de resultats de les intervencions del taller de tercer curs de l'especialitat de DG de l'ESCRBCC.

**Propietats, característiques, avantatges i desavantatges del sistema bicapa de ciclododecà i Paraloid® B-72, a partir d'un cas pràctic sobre un gravat de Giovanni Battista Piranesi.**

CRISTINA GALLEGU GALAN

<sup>44</sup> L'estampa intervinguda forma part de la sèrie *Vedute di Roma*, formada per cent trenta cinc planxes. A l'edició trilingüe del catàleg raonat de Ficacci apareix amb el número 953. Veure: FICACCI, L. *Giovanni Battista Piranesi. Catálogo completo de grabados*. Colònia: Taschen, 2001, p. 731.

Battista Piranesi (1720-1778), una estampa realitzada amb la tècnica de l'aiguafort (tècnica de gravat al buit d'acció indirecta) de gran format (de dimensions 51,2 x 71,2 cm). Representa una imatge arquitectònica amb el títol "Veduta interna del Pronao del Panteon" (vista interna del pronaos del Panteó) i un text descriptiu en italià de l'edifici

de Roma.<sup>44</sup> L'obra pertany a la col·lecció personal del professor Jordi Vila Colldeforns. [6] i [7]

En qualsevol procediment de restauració, el primer que s'ha de tenir en compte és el criteri de la mínima intervenció: el tractament ha de ser el mínim i necessari per



[6] i [7] Imatges de l'anvers i el revers de l'obra, abans de la seva intervenció (Fotografia: Cristina Gallego).

afavorir l'estabilitat del bé i la seva posterior conservació. Un reconeixement inicial exhaustiu sobre l'obra serveix per valorar els possibles riscos en la intervenció, i també els avantatges que se'n derivarien d'ella.

Després de la revisió del gravat i del corresponent examen organolèptic i les proves fisicoquímiques realitzades, es decideix que l'obra requereix ser intervinguda per poder-la estabilitzar a escala fisicoquímica (per evitar processos d'oxidació i acidificació del suport i dels elements sustentats) i també a escala fisicomecànica, per reforçar les zones del suport malmeses. L'obra es caracteritza per la presència d'elements sustentats acolorits solubles en aigua, que plantegen la necessitat de la seva fixació abans de realitzar la neteja humida.

Els passos previs de la proposta d'intervenció que es segueixen són: la retirada d'una cinta de paper amb adhesiu a la part central del revers (amb goma xantana, gel Vanzar® NF-C al 4% en aigua desionitzada); la neteja mecànica en sec (amb pinzell i goma vulcanitzada Art Sponge® i esponja de maquillatge suau); i la correcció de plecs i doblecs (amb plegadora d'os i espàtula de bambú).

Detallem els passos que conformen la fixació i posterior neteja de l'obra a la [TAULA 5](#).

La resta de passos de la intervenció són els de la [TAULA 6](#).

Després de l'experimentació amb el sistema bicapa es poden extreure algunes conclusions sobre la intervenció:

Es va comprovar que el CDD va sublimar en el termini de cinc setmanes i es corrobora que resulta un producte totalment reversible.

L'aplicació del CDD fos a l'anvers (a una temperatura més alta, 70 °C) va suposar una millora quant a la facilitat d'aplicació: la consistència era més líquida, i la capa cerosa era més fina. Per contra, el seu perímetre no era tan visible. Es dedueix que l'aplicació posterior del Paraloid® B-72 sobre l'anvers no va resultar correcta. A certes zones molt petites, com les que es tracten en aquesta intervenció, la capa de Paraloid® B-72 es va aplicar en excés sobrepassant la superfície de CDD.

En aquest sentit, la part més problemàtica del sistema bicapa va raure en la retirada del Paraloid® B-72 (adherit al paper i als elements sustentats). Un cop comprovat que la retirada mecànica afectava el suport cel·lulòsic i erosionava els elements gràfics de l'estampa, es va decidir l'eliminació del Paraloid® B-72 amb dissolvent. [8](#) i [9](#)

Un altre efecte no desitjat, però totalment inevitable, és el de les zones fosques visibles al revers de l'obra, [10](#) a les zones protegides amb el sistema bicapa. Aquest efecte negatiu s'ha de tenir en compte abans de començar aquest tipus de tractament per valorar si estèticament comporta un resultat massa perjudicial per al bé.

Durant el mes de novembre de l'any 2022 es van realitzar proves de neteja del gravat amb nano-gels, per intentar millorar les zones del revers on la neteja no va actuar a causa de la fixació. Es va utilitzar Nanorestore Gel® Dry (un gel químic amb base aquosa amb un alt nivell de retenció de líquids, que rebaixa els nivells d'humectació en obres sensibles a tractaments aquosos).<sup>45</sup> Es van aplicar per contacte tres mostres en zones localitzades, en franges de temps de 10 minuts (fins a arribar als 30-40 minuts). Es pot observar a una de les zones de prova [11](#) com el gel adquireix un color groguenc en absorbir la brutícia. [12](#) Tot i la qualitat retentiva del gel, amb exposicions llargues com les realitzades en aquest test, hi ha riscos com: la creació de noves aurèoles [13](#) i que la humitat que traspasa per capil·laritat cap a l'anvers de l'obra afecti els elements sustentats solubles.

## ALTRES USOS DEL CDD EN CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Les seves característiques com a fixatiu, amb propietats hidròfugues, innocu per a les obres, compatible amb altres materials, de baixa o nul·la toxicitat, i la seva capacitat de sublimar a temperatura ambient, han permès que el CDD se situï entre els consolidants temporals volàtils més utilitzats pels conservadors.<sup>46</sup>

Un dels primers usos sobre els quals es troba bibliografia és a l'àmbit arqueològic, en la realització de motlles i rèpliques de peces, per a l'estudi, la restauració o per a museus. Es va proposar la seva aplicació com a barrera aïllant per evitar les taques que provoquen els olis de les silicones dels emmotllaments sobre substrats porosos.<sup>47</sup> L'ús com a barrera temporal en tintes sensibles a l'aigua en ceràmiques arqueològiques es va posar en pràctica a partir d'estudis sobre la fixació en paper. A partir de tests amb apòsits sobre objectes moderns en terracota, el CDD va ser parcialment efectiu.<sup>48</sup>

La recerca científica sobre les propietats del CDD s'ha desenvolupat amb tècniques d'anàlisi no invasives com l'espectroscòpia reflectant d'infrarojos (FT-NIR) i les tècniques NMR.<sup>49</sup> En arqueologia s'ha proposat el seu ús en la digitalització en 3D d'objectes de vidre, en ser un producte reversible, i que no interfereix en la precisió de les lectures dels escàners.<sup>50</sup>

<sup>45</sup> CSGI. *Nanorestore Gel® Dry Technical Sheet*. [En línia]. <[https://www.csgi.unifi.it/products/downloads/geldry\\_ts\\_eng.pdf](https://www.csgi.unifi.it/products/downloads/geldry_ts_eng.pdf)> [Consulta: 20 novembre 2022].

<sup>46</sup> Fitxes tècniques i de seguretat amb informació traduïda a l'anglès de l'estudi sobre els consolidants temporals volàtils publicat en alemany el 1995 per HANGLEITER, H.M.; JÄGERS, E.; JÄGERS, E. Disponible en línia a: KREMER PIGMENTE. *Cyclododecane-spray*. [En línia]. <<https://www.kremer-pigmente.com/en/shop/mediums-binders-glues/cyclododecane-volatile-binders/87099-cyclododecane-spray.html>> [Consulta: 8 maig 2022].

<sup>47</sup> BRÜCKLE, I. [et al]. "Cyclododecane: Technical Note on Some Uses in Paper and Objects Conservation". *Journal of the American Institute for Conservation*. Vol. 38 (1999), núm. 2, p. 170-172. Disponible en línia a: <<https://cool.culturalheritage.org/jaic/articles/jaic38-02-004.html>> [Consulta: 10 desembre 2022].

<sup>48</sup> MUROS, V.; HIRX, J. "The Use of Cyclododecane...", p. 75-89.

<sup>49</sup> ANSELMI, C. [et al]. "A non-invasive investigation of cyclododecane kinetics in porous matrices by near-infrared spectroscopy and NMR in-depth profilometry". *Journal of Cultural Heritage*. Vol. 16 (2015), p. 151-158.

<sup>50</sup> DÍAZ-MARIN, C. [et al]. "Cyclododecane as opacifier for digitalization of archaeological glass". *Journal of Cultural Heritage*. Vol. 17 (2016), p. 131-140.

TAULA 5

**FIXACIÓ D'ELEMENTS SUSTENTATS SOLUBLES:**

**Procediment:** Per impregnació, localitzat a l'anvers i al revers sobre els colors vermell, verd i groguenc.

**Materials i productes utilitzats:** Pinzells, CDD (hidrocarbur cíclic saturat) i Paraloid® B-72 al 25% en acetona. Melinex® per protegir el suport.



Es retallen unes finestres al full de Melinex® al voltant dels elements sustentats solubles on s'aplicarà la fixació per impregnació del sistema bicapa.

Es prepara la zona de treball amb una làmpada de llum de tungstè de 3200 K (a 30 °C) per mantenir la temperatura ambient més alta i que el CDD no solidifiqui tan ràpidament en aplicar-lo sobre el suport. El CDD es manté fos en un recipient, dins d'un aparell de bany termo-estàtic, al voltant de 65 °C. El seu aspecte és cerós, i crea una capa força gruixuda, que s'asseca molt ràpidament. Es comença al revers, per crear una barrera física i evitar que l'aigua penetri per sota i solubilitzi les tintes solubles durant la neteja per humectació. A continuació s'aplica la capa de Paraloid® B-72 a sobre del CDD.

Es tapa el revers amb Melinex® i metacrilat i a l'endemà es realitzen els mateixos passos a l'anvers del gravat (en aquest cas s'augmenta la temperatura del CDD fos a 70 °C). A major temperatura, el producte no s'asseca tan ràpidament sobre el pinzell, i en ser més líquid l'aplicació sembla més fàcil. Un cop aplicat el CDD, es procedeix a pinzellar per sobre Paraloid® B-72, intentant també no sobrepassar els marges de la capa de base de CDD. És difícil perquè hi ha zones d'aplicació molt petites (figures de color vermell).

**RELAXACIÓ DEL GRAVAT PER NEBULITZACIÓ AMB TAULA DE BAIXA PRESSIÓ:**

Metodologia d'humectació per relaxar el suport i evitar tensions abans de la neteja humida per capil·laritat-difusió. L'obra es situa al centre de la taula, sobre una fusta per evitar moviments, i sobre un suport elevat (una reixeta de fluorescent). Es delimita amb plàstics la zona de treball per fer succió. En tancar la cúpula es genera un espai amb la humitat relativa controlada: es comença a 50% d'HR i es puja fins a 75%-80%. Es deixa un temps total de 40 minuts.



**NETEJA AMB HUMECTACIÓ:**

**Procediment:** Per capil·laritat-difusió amb Sontara® de Dupont (teixit no teixit absorbent), en posició inclinada.

**Materials i productes utilitzats:** Amb *buffer* de citrat sòdic a pH 6 a la conductivitat ajustada a la conductivitat del document màxim 10x.







L'estampa es col·loca en posició horitzontal a la part central de la baieta de Sontara® (prèviament la baieta s'ha humectat per vaporització amb Dahlia® amb el mateix *buffer* de citrat sòdic a pH 6). El líquid passarà de la cubeta superior a la inferior per capil·laritat, permetent que el gravat es netegi sense afectar les tintes solubles de l'anvers (prèviament fixades).

S'apliquen bandes retallades de Sontara® impregnades en *buffer* per l'anvers de l'obra per ajudar en la neteja i la retirada de l'acidesa del document. Es comprova que no perjudiquen les tintes del gravat i eliminen brutícia per contacte amb el suport. El procés de neteja dura 1 hora 30 minuts i, quan el líquid passa per sota del document, arrossega la brutícia superficial.

[TAULA 5] Procediments de fixació amb el sistema bicapa de CDD i Paraloid® B-72, i de neteja del gravat.

## TAULA 6

DESACIDIFICACIÓ:	
<p>Per capilaritat-difusió amb Sontara® de Dupont (inclinat). Amb hidròxid càlcic semisaturat en H<sub>2</sub>O desionitzada.</p> <p>El pH de l'obra es troba a 5,3. La cubeta superior s'omple amb hidròxid càlcic semisaturat en H<sub>2</sub>O desionitzada perquè passi a través del Sontara® i de l'obra. S'accelera el procés humectant amb paletina el metacrilat perquè el suport s'impregni una mica al revers. Es deixa actuar durant 2 hores 15 minuts fins a arribar a pH 7.</p>	
ASSECATGE:	
<p>Es retira el Sontara® humit lentament per evitar malmetre el suport i es posa un assecant sobre el revers. Es gira amb cura i es trasllada a l'assecador d'arts gràfiques. S'asseca per oreig perquè l'hidròxid càlcic es transformi en carbonat càlcic en contacte amb l'oxigen i quedi protegit amb una reserva alcalina. S'accelera l'assecatge amb un assecador amb aire fred. Es canvia l'assecant per evitar tensions i es deixa fins a l'endemà.</p>	
RETIRADA DE CAPA DE PARALOID® B-72 DEL REVERS I DE L'ANVERS:	
	<p>Amb bisturí i pinces de rellocter. Se situa l'obra sota un focus de llum de tungstè per ajudar a la sublimació del CDD (es regula la temperatura a uns 30 °C).</p> <p>Primer es retira el Paraloid® B-72 del revers, la capa és un plàstic molt fi i es desprèn amb facilitat a la majoria de zones. Algunes parts requereixen el bisturí per treure fragments massa adherits (vores on no hi ha CDD), i en alguna zona es força una mica la fibra de paper del suport.</p>
	<p>A l'anvers, la retirada de Paraloid® B-72 és molt delicada. La capa és més gruixa en certes zones i es treu amb dificultat: s'ha adherit al suport i amb el bisturí es malmeten alguns detalls gràfics de l'estampa. Després de provar la retirada mecànica sense èxit es decideix aplicar acetona, per impregnació (prèviament es fa una prova de solubilitat de les tintes). La capa de Paraloid® B-72 adherida s'estova i es retira amb un hisop amb facilitat sense danyar els elements sustentats ni el suport.</p>
CONSOLIDACIÓ DEL SUPORT:	
	<p>Se selecciona el revers per consolidar estrips i forats. Amb engrut de midó de blat a 1/3 en aigua desionitzada i papers japonesos: Sekishu Extra Thick de 30 g/m<sup>2</sup>, Sekishu Extra Thin de 10 g/m<sup>2</sup> i paper filtre tenyit.</p>
REINTEGRACIÓ CROMÀTICA:	
	<p>Amb llapis de colors aquarel·lables, aquarel·les i pastels. Se segueix el criteri de mínima intervenció, per dissimular les pèrdues de color més greus que alteren zones del centre de l'estampa amb erosions del suport preexistents, i algunes de petites ocasionades per la retirada mecànica del Paraloid® B-72 de les zones fixades amb el sistema bicapa.</p>

[TAULA 6] Relació de procediments realitzats a la part final de la intervenció del gravat.







*Veduta interna  
d'esse di un sol pezzo grosse di diametro palmi 6.6. alte plmi 63.  
per formare la confessione di S. Pietro in Vaticano. C. Nicchione  
e il Museo Sagro nel Vaticano. E Memorie di Urbano VIII. F. Porta*

[10] Detall de l'anvers de l'obra, després de la seva intervenció (Fotografies: Cristina Gallego).

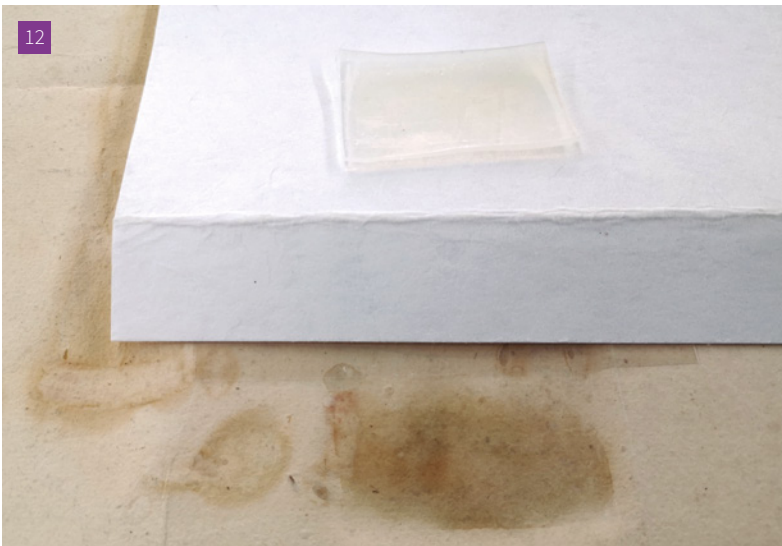
**Propietats, característiques, avantatges i desavantatges del sistema bicapa de ciclododecà i Paraloid® B-72, a partir d'un cas pràctic sobre un gravat de Giovanni Battista Piranesi.**

CRISTINA GALLEGO GALAN



Actualment, s'utilitza com a material de reforç en excavacions arqueològiques, substituint a altres materials com el guix, polímers sintètics o resines epoxi. El CDD i altres compostos volàtils com el mentol ocupen aquesta funció a causa de l'absència de residus.<sup>51</sup> En paleontologia resulta apte per al transport de restes fòssils, ja que protegeix i estabilitza les peces dels moviments. La capa de CDD no sublima fins a dies després de la seva arribada a destí.<sup>52</sup>

L'ús del CDD en conservació-restauració de pintura s'aplica a molts procediments. Un estudi sobre el comportament físic de les capes de pintura sobre llenç, avalua els efectes en pintures a l'oli.<sup>53</sup> Un cas del seu ús protector es troba en la conservació de pintures murals a temples, per evitar el contacte amb les capes de guix aplicades per consolidar les estructures dels murs, danyades per vibracions de terratrèmols.<sup>54</sup>

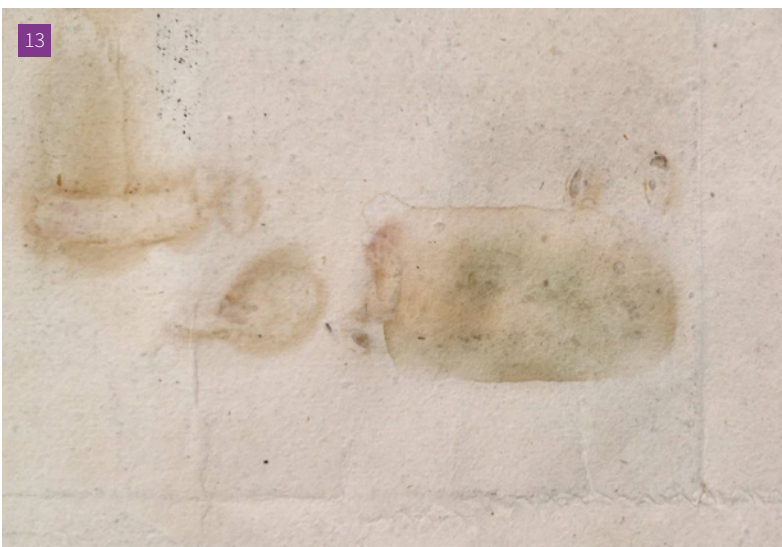


<sup>51</sup> CHEN, X. [et al]. "Studies of internal stress induced by solidification of menthol melt as temporary consolidant in archaeological excavations using resistance strain gauge method". *Heritage Science*. Vol. 68 (2020), núm. 8. Disponible en línia a: <<https://doi.org/10.1186/s40494-020-00414-y>> [Consulta: 10 desembre 2022].

<sup>52</sup> BROWN, M.; DAVIDSON, A. "The use of Cyclododecane to protect delicate fossils during transportation". A: *Journal of Vertebrate Paleontology*. Vol. 30 (2010), p. 300-303. Disponible en línia a: <[https://www.researchgate.net/publication/232668417\\_The\\_Use\\_of\\_Cyclododecane\\_to\\_Protect\\_Delicate\\_Fossils\\_During\\_Transportation](https://www.researchgate.net/publication/232668417_The_Use_of_Cyclododecane_to_Protect_Delicate_Fossils_During_Transportation)> [Consulta: 10 desembre 2022].

<sup>53</sup> PAPINI, G. "Evaluation of the effects of cyclododecane on oil paintings". *International Journal of Conservation Science*. Vol. 9 (2018), núm. 1, p. 105-116. Disponible en línia a: <[http://ijcs.ro/public/IJCS-18-09\\_Papini.pdf](http://ijcs.ro/public/IJCS-18-09_Papini.pdf)> [Consulta: 10 desembre 2022].

<sup>54</sup> BONNAT, M. *Cyclododecane as temporary protection on distemper wall paintings prior to plaster consolidation: the temple restoration project in Sikkim* [pòster]. A: ROZEIK, C. (coord.). *Subliming Surfaces: Volatile Binding Media in Heritage Conservation*. Cambridge: University of Cambridge Museums, 2018.



[11] - [13] Detalls del revers del gravat durant les proves de neteja amb nano-gels realitzades a l'ESCRBCC. A dalt, fotografia inicial de la zona abans de l'aplicació. Al centre, detall del nano-gel Nanorestore Gel® Dry amb brutícia superficial adherida en la zona humida on s'ha aplicat. A baix, imatge final amb la zona tractada: s'ha rebaixat la intensitat de la brutícia però, a més a més, s'ha creat una nova aurèola (Fotografies: Cristina Gallego).

## CONCLUSIONS

Durant els processos de fixació d'elements sustentats solubles (amb el sistema bicapa de ciclododecà i Paraloid® B-72) i de neteja humida utilitzada (per capil·laritat-difusió amb Sontara®) es comprova de primera mà la tècnica d'aplicació de fixatius per impregnació. Els resultats obtinguts confirmen els pros i els contres d'aquest procediment.

L'afirmació sobre la reversibilitat del CDD es compleix. La propietat de sublimar el fa un producte adient per a la conservació-restauració de béns culturals. S'han revisat les seves propietats i s'ha parlat de la qüestió polèmica sobre la seva toxicitat, conclouent que una utilització amb les corresponents mesures de seguretat no suposa cap risc (encara que aquest tema continua pendent d'una revisió més completa).

Pel que fa a la seva versatilitat, el CDD és clarament emprat en l'actualitat en moltes aplicacions de la conservació-restauració d'art, com a protecció temporal i fixació, en el revestiment per al transport d'obres, i altres usos en moltes branques com l'arqueologia o la pintura, així com en la recerca científica de les seves prestacions i interaccions sobre el material patrimonial.

En l'especialitat de Conservació i Restauració de Document Gràfic, el CDD utilitzat com a fixatiu funciona molt bé, principalment en elements sustentats com tintes i procediments pictòrics aquosos. No s'usa per a material fràgil que es pugui polvoritzar. El CDD és un producte fixatiu més dels que es fan servir en els tallers de conservació-restauració, però no el principal. A més, es constata que la majoria de tallers consultats no acostuma a efectuar procediments de fixació, en tractar-se d'un procediment amb riscos.

Un dels riscos ja mencionats és el de la permanència de la brutícia en la zona fixada (com s'ha vist en alguns casos intervinguts al laboratori de tercer curs de l'especialitat de Conservació i Restauració de Document Gràfic de l'ESCRBCC). Independentment de la reversibilitat del procediment emprat, tot el que es fixa sobre l'obra ho fa a tots els nivells.

Cal establir estudis exhaustius individuals sobre les obres i els procediments proposats, i conèixer els materials que participen en un procés d'intervenció. El sistema de neteja amb humectació per capil·laritat-difusió emprat en la intervenció del gravat de Piranesi implica la neteja per contacte des del revers. A posteriori, amb els resultats d'erosió patits a algunes zones de l'estampa (a causa

de la retirada mecànica de les restes de Paraloid® B-72 adherides sobre el suport), es podria haver pensat en una opció alternativa en el tractament d'aquesta peça.

Sobre les dificultats trobades en l'experiència personal amb el sistema, caldria trobar algunes respostes. La conclusió principal que s'extreu de l'ús del sistema bicapa en la intervenció del gravat de Piranesi és que el seu punt feble rau en la incorrecta aplicació del Paraloid® B-72. L'aplicació requereix experiència i un domini acurat en impregnar el producte sense sobresortir de la capa inferior de CDD.

Es coincideix en el fet que el CDD és un producte idoni per a aquest procediment. Potser caldria centrar-se en ell, fer proves de com manipular una peça de grans dimensions per evitar que el CDD es clivelli, o estudiar si es clivella tant com per provocar el pas de l'aigua, i requerir l'ús del Paraloid® B-72. Un camp d'investigació futur a considerar podria ser el de la incorporació de nous tipus de silicones gelificades (com el KSG® 350Z), per combinar amb el CDD, com a opció al Paraloid® B-72.

## BIBLIOGRAFIA I RECURSOS ELECTRÒNICS

FICACCI, L. *Giovanni Battista Piranesi. Catálogo completo de grabados*. Colònia (Alemanya): Taschen, 2001.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. *PubChem Compound Summary for CID 9268, Cyclododecane*. [En línia]. <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Cyclododecane>> [Consulta: 28 octubre 2022].

ROZEIK, C. "Volatile binding media: the first 20 years... and beyond". A: ROZEIK, C. (coord.). *Subliming Surfaces: Volatile Binding Media in Heritage Conservation*. Cambridge: University of Cambridge Museums, 2018, p. 1-15. Disponible en línia a: <<https://doi.org/10.17863/CAM.34055>> [Consulta: 9 desembre 2022].

VIVES PIQUÉ, R. *Guía para la identificación de grabados*. Madrid: Arca/Libros-La Muralla, 2015.

## VÍDEOS

Podeu accedir al següent enllaç amb vídeos sobre la retirada del Paraloid® B-72 (mecànicament i amb acetona), i posterior retoc cromàtic: <<http://www.incrisart.com/article-unicum>>.

