

**Digital Prints in
Contemporary Art.
Conceptual and
material study of
current technologies
and practices from
a conservation
perspective**

PhD dissertation
Iraia Anthonisen Añabeitia

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

Leioa, 2021

**UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO / EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA
(UPV/EHU)**

FACULTAD DE BELLAS ARTES
Programa de doctorado de
Estrategias Científicas Interdisciplinarias
de Patrimonio y Paisaje

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

**Digital Prints in Contemporary Art. Conceptual and material study of
current technologies and practices from a conservation perspective**

Memoria para optar al Grado de Doctor presentada por
Iraia Anthonisen Añabeitia

Bajo la dirección de la doctora
Itxaso Maguregui Olabarria

Leioa, enero de 2021

AGRADECIMIENTOS

Estos años de elaboración de la tesis han estado plagados de experiencias extraordinarias, buenas y no tan buenas –aunque estas últimas no merecen la pena ser recordadas–. Durante este tiempo he tenido la suerte de cruzarme con personas que han aportado de una u otra manera su granito de arena y sin las que esta tesis no habría podido llegar a su fin.

Quisiera agradecer a mi directora Itxaso Maguregui por sus correcciones y apreciaciones sobre mi trabajo para que este trabajo pudiera llegar a buen puerto y a la Universidad del País Vasco UPV-EHU por financiar parte de este trabajo a través del proyecto de investigación El uso experimental de las impresiones digitales en el arte contemporáneo. Identificación y conservación (EHUA 15/23).

De igual modo el contacto con los laboratorios de impresión ha resultado imprescindible, y pese a su apretado ritmo de trabajo, me han brindado la oportunidad de conocer de cerca la amplia variedad de técnicas existentes para la creación artística contemporánea. En este sentido quisiera agradecer especialmente a José C. Urrutia y Luisa de Photogune Fine Art Photography Lab (Donostia-San Sebastián); su gran predisposición, ayuda y confianza en mi proyecto hizo que contribuyeran generosamente a la producción de parte de las muestras necesarias para la parte experimental de esta tesis gracias al convenio de colaboración realizado con la UPV-EHU. También debo mostrar un profundo agradecimiento a Joaquim Canal de EGM Laboratoris Color (Barcelona) y todo su equipo por su generosidad y por abrirme las puertas de su laboratorio durante unos días y darme la total libertad para indagar y preguntar todas aquellas cuestiones relacionadas con la impresión digital, y presenciar y documentar los distintos procesos de trabajo que se llevan a cabo en sus instalaciones; su facilidad en el trato, amabilidad y celeridad en la producción de parte de las muestras necesarias para mi trabajo experimental han sido de grandísima ayuda para este proyecto.

Tampoco puedo olvidar la importante labor que en esta tesis han tenido todos los artistas que han participado generosamente en las consultas y entrevistas que he ido realizando en este tiempo, y que me han servido para entender con mayor nitidez el panorama artístico contemporáneo en relación al uso de las tecnologías de impresión digital, sin su ayuda esta tesis hubiera tomado otro camino muy diferente.

I would like to deeply thank the staff of the CFPR (Centre for Fine Print Research) of the University of West England in Bristol, UK, specially to her Director Professor Carinna Parraman. Their help and support during my 3 month stay provided me new insights about the conservation of digital prints and an interesting network of contacts of artists, printing laboratories and paper and printers manufacturers that have been especially enriching for this doctoral thesis.

Quisiera mostrar mi más sincero agradecimiento a Ane Miren García y Gonzalo Diarce de la Escuela de Ingeniería de Bilbao y a Koro de la Caba, Pedro Guerrero, Iñaki Gomez Arriaran, Arantza Eceiza y Loli Martín de la Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa (Donostia) por brindarme la posibilidad de usar sus equipos para llevar a cabo parte de los ensayos experimentales de la tesis, sin su ayuda y predisposición esta tesis no habría llegado a su fin.

También quisiera dedicar unas palabras a Pilar Bustinduy por haberme inculcado el interés por el arte contemporáneo y su conservación durante mis primeros años de formación universitaria en la licenciatura, hace ya algunos años; su pasión por la profesión tiene en cierto modo la culpa de que esta tesis haya llegado a completarse.

Gracias a los compañeros y compañeras que he conocido a lo largo de estos años de trabajo, en especial a Ainara e Irene, por su compañerismo, por apoyarme en los buenos momentos, pero sobre todo en los malos, y por compartir generosa y desinteresadamente conmigo su conocimiento y experiencia, demostrando lo importante que es la lealtad en la investigación. Gracias por ser un soplo de aire fresco, ayudarme a ver las cosas desde otra perspectiva más amable y por vuestra amistad.

No podían faltar en esta sección, Montse, Mónica, Arantza, Eztizen y Mainer, por su amistad incondicional, por sus visitas relámpago para tomar un café y ayudarme a tomar perspectiva, gracias por los ánimos constantes cuando parecía que esto no acababa y gracias sobre todo por vuestra paciencia.

Azkenik, eskerrik beroenak nire amari eman nahi dizkiot; beti animatu didazu aurrera egitera, ametsak jarraitzera eta pertsona hobea izatera, baita momentu latzetan ere. Eskerrik asko nire sostengu izateagatik eta Goiatzekin batera, nire egun txarrak jasateagatik eta tesi prozesu honekin jarraitzera animatzeagatik, jada, aurrera ekiteko indar gehiagorik ez nituela zirudienean. Eskerrak Joni ere, zure presentziak alaitasun handiagoz bete du nire bizitza eta gauzak beste era batera ulertarazi dizkidazulako. Eskerrak Benitori ere, aspaldi utzi bagintuzun ere, nigan oso sakon markatu zenuelako kulturarekiko eta ezagutzarekiko interesa, eta hobekuntzarekiko eta jarraitutasunarekiko grina, gauza berriak ikasteko inoiz ez delako berandu. Tesi honen zati handi bat ere zuena da.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	3
ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURA.....	5
ORGANIZATION AND STRUCTURE.....	7
<u>CHAPTER 1. INTRODUCTION.....</u>	9
1. Antecedents and state of the art.....	11
2. Las tecnologías de impresión digital en el arte. Antecedentes históricos y situación actual.....	21
2.1. La exploración de un nuevo medio.....	22
2.2. La democratización de la imagen electrónica.....	36
<u>CHAPTER 2. OBJECTIVES.....</u>	43
<u>CHAPTER 3. METHODOLOGY.....</u>	47
1. Selected materials.....	49
1.1. Printing devices.....	51
1.2. Substrates.....	52
1.2.1. Paper substrates.....	52
1.2.2. Rigid substrates.....	52
1.3. Finishing techniques.....	54
2. Methods and analytical techniques.....	56
2.1. Analytical techniques.....	56
2.2. Test standards for accelerated ageing.....	60
2.3. Sample design for accelerated ageing testing.....	62
<u>CAPÍTULO 4. TECNOLOGÍAS Y MATERIALES PARA LA IMPRESIÓN DIGITAL.....</u>	65
1. Tecnologías de impresión.....	67
1.1. Electrofotografía.....	70
1.2. Inyección de tinta.....	77
1.2.1. Flujo continuo (CIJ).....	80
1.2.2. Gota bajo demanda (DOD).....	80
1.3. Termografía.....	84
1.3.1. Técnica directa.....	84
1.3.2. Sublimación de tintes.....	85

2. Materiales para la impresión digital.....	88
2.1. Tóner y tintas.....	88
2.1.1. Tóner.....	90
2.1.1.1. Componentes principales.....	90
2.1.1.2. Fabricación.....	91
2.1.1.3. Tipos.....	93
2.1.2. Tintas.....	93
2.1.2.1. Las sustancias colorantes.....	94
2.1.2.2. El vehículo.....	99
2.1.2.3. Los aditivos.....	103
2.2. Soportes.....	104
2.2.1. Papel.....	104
2.2.2. Otros soportes.....	113
2.3. Acabados y tipos de montaje.....	117
2.3.1. Acabados.....	118
2.3.2. Tipos de montaje.....	120
<u>CAPÍTULO 5. NECESIDAD DE UNA TERMINOLOGÍA APROPIADA PARA LAS IMPRESIONES DIGITALES.....</u>	125
1. Problemática de los conceptos actuales.....	128
2. Propuesta de una nueva terminología.....	132
<u>CAPÍTULO 6. CONSIDERACIONES SOBRE LA CONSERVACIÓN DE OBRAS IMPRESAS POR MEDIOS DIGITALES.....</u>	141
1. Investigaciones realizadas hasta el momento.....	144
1.1. Estabilidad de la imagen.....	146
1.2. Durabilidad de las impresiones.....	151
2. La documentación como recurso esencial para la conservación.....	152
3. La conservación de arte contemporáneo. La reproducción como propuesta de restauración.....	161
<u>CHAPTER 7. RESULTS, DISCUSSION AND CONCLUSIONS OF THE PERFORMED RESEARCH.....</u>	171
1. The artist interview as a tool for a better understanding of the materials and technologies used in the artistic practice.....	173
1.1. Objective.....	174
1.2. Experimental design.....	175
1.3. Results and discussion.....	176
1.3.1. On technologies and materials.....	176
1.3.2. On conservation issues.....	180
1.4. Conclusions.....	182

2. Light induced ageing in digitally printed material.....	183
2.1. Objective.....	183
2.2. Experimental design.....	183
2.3. Results and discussion.....	183
2.3.1. Substrates.....	184
2.3.2. Printed colour patches.....	188
2.4. Conclusions.....	191
3. Abrasion resistance of digitally printed materials.....	192
3.1. Objective.....	192
3.2. Experimental design.....	192
3.3. Results and discussion.....	193
3.3.1. Colour change.....	193
3.3.2. Gloss change.....	196
3.4. Conclusions.....	200
4. Resistance of digital prints to high relative humidity environmental conditions and its effect on abrasion durability.....	202
4.1. Objective.....	202
4.2. Experimental design.....	202
4.3. Results and discussion.....	203
4.3.1. Colour and gloss change.....	203
4.3.2. Abrasion resistance of prints after high RH exposure.....	205
4.4. Conclusions.....	210
<u>CHAPTER 8. GENERAL CONCLUSIONS.....</u>	213
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	221
APPENDIX I: QUESTIONNAIRE DESIGNED FOR PRINTING LABS.....	249
APPENDIX II: QUESTIONNAIRE DESIGNED FOR ARTISTS.....	251
APPENDIX III: LIST OF PUBLICATIONS.....	253
APPENDIX IV: PAPERS IN INDEXED SCIENTIFIC JOURNALS.....	255

RESUMEN

El avance producido en el mundo de los ordenadores y el desarrollo de procedimientos electro-mecánicos de generación e impresión de imágenes, ha convertido a los programas de ordenador, fotocopiadoras, impresoras láser, de inyección de tinta y otras máquinas en instrumentos que los y las artistas han ido adaptando a su modo de trabajar sobre todo desde finales del siglo XX.

Si bien en sus inicios esta parcela del arte no gozaba de gran prestigio, la presencia de las impresiones digitales en los fondos de museos, instituciones y colecciones se ha incrementado significativamente en las últimas décadas, y por tanto, también ha aumentado su interés, de manera que este tipo de obras ya conforman una parte importante del presente y futuro tecnológico y social, así como de la herencia cultural. Así pues, se presentan nuevos retos para las personas encargadas de salvaguardar este patrimonio, lo que supone un constante desafío para las y los conservadores, que necesitan comprender su forma de deterioro y significado conceptual para poder aplicar nuevos métodos de preservación adaptados a las características de los materiales.

Esta tesis se basa en tres ejes fundamentales para la conservación del arte contemporáneo: el conocimiento de las técnicas y materiales utilizados para las creaciones artísticas, su estabilidad frente a diversos factores de deterioro y la variedad de estrategias existentes para emprender medidas de conservación y restauración según los aspectos conceptuales y valores inherentes a las obras.

Esta tesis pretende hacer una aportación a las investigaciones previas sobre impresiones digitales mediante la introducción de un proceso de estudio que conlleve una identificación de los materiales presentes de cara a establecer unos criterios globales de conservación, manipulación y exposición para este tipo de obra, teniendo en cuenta para ello los principales factores de deterioro que influyen en su conservación. De este modo se pretende establecer una línea de investigación que aglutine los intereses y conocimientos de artistas, conservadores, laboratorios de impresión e instituciones para poder profundizar en el conocimiento sobre tecnologías de impresión digitales y los materiales que las constituyen, con el objetivo final de establecer directrices para su correcta identificación, manipulación, exposición y almacenaje.

SUMMARY

The advance produced in computers and the development of electro-mechanical procedures for generating and printing images, has turned computer software, photocopiers, laser and inkjet printers and other machines into tools that artists have been adapting to their working processes, especially since the end of the 20th century.

Although in its beginnings this kind of art did not enjoy great prestige, the presence of digital prints in the collections of museums, institutions and private collections has increased significantly in recent decades, and therefore has also did its interest towards it, becoming an important part of the technological and social present and future, as well as significant for cultural heritage. Thus, new challenges arise for conservators in charge of safeguarding this heritage, who need to understand their deterioration forms and conceptual meaning in order to apply new preservation methods adapted to the characteristics of the materials.

This thesis is based on three main axes that are fundamental for the conservation of contemporary art: the knowledge of the techniques and materials used for artistic creations, their stability in the face of diverse deterioration factors and the variety of existing strategies for undertaking conservation and restoration measures according to the inherent conceptual aspects and values associated with the works.

This thesis aims to contribute to previous research on digital prints by introducing a process that involves identifying the materials present in the artworks in order to establish overall criteria for conservation, handling and exhibition for this type of work, taking into account the main factors of deterioration that influence their conservation. In this way, the main goal is to establish a research path that brings together the interests and knowledge of artists, curators, printing laboratories and institutions in order to deepen the knowledge of digital printing technologies and the materials that constitute them, with the final objective of establishing guidelines for their correct identification, handling, exhibition and storage.

ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURA

Esta tesis se basa en tres ejes fundamentales para la conservación del arte contemporáneo: el conocimiento de las técnicas y materiales utilizados para las creaciones artísticas, su estabilidad frente a diversos factores de deterioro y la variedad de estrategias existentes para emprender medidas de conservación y restauración según los aspectos conceptuales y valores inherentes a las obras. La estructura de la tesis se divide en 8 capítulos (4 en castellano y 4 en inglés):

En el Capítulo 1 (Introducción) se plantea el estado del arte de los temas que posteriormente se desarrollan en la tesis, y en segundo lugar, se realiza una revisión de los principales focos de creación de imágenes por computadora y los acontecimientos ocurridos en el ámbito artístico a medida que la propia tecnología se desarrolla y populariza hasta convertirse en una herramienta indispensable para la práctica artística contemporánea.

En el Capítulo 2 (Objetivos) se exponen los objetivos principales de la investigación realizada.

En el Capítulo 3 (Metodología) se detallan por un lado las tecnologías y materiales seleccionados para llevar a cabo la parte experimental de la tesis, y por otro, se describen las condiciones y características de ensayos realizados así como las técnicas analíticas empleadas para el análisis de los resultados obtenidos.

En los Capítulos 4, 5 y 6, se desarrollan y analizan los aspectos teóricos del trabajo que han de tenerse en cuenta para la correcta conservación de las impresiones digitales que se albergan en colecciones; desde el conocimiento técnico de las tecnologías de impresión y los materiales empleados, pasando por la necesidad de identificar correctamente los materiales que componen las impresiones digitales de cara a establecer una terminología adecuada para su correcta descripción y puesta en valor, hasta cuestiones relacionadas directamente con la conservación de este tipo de obras, como son: el conocimiento de las investigaciones realizadas hasta el momento sobre la estabilidad y durabilidad de las impresiones digitales, la importancia de la documentación de este tipo de obras como base para poder plantear cualquier tipo de estrategia de conservación, y los criterios y métodos habituales para la toma de decisiones en el ámbito de la conservación de arte contemporáneo.

En el Capítulo 7 (resultados, discusión y conclusión de las investigaciones realizadas) se presentan y examinan los resultados obtenidos de los ensayos experimentales divididos en cuatro apartados: la entrevista al artista como medio para una mejor comprensión de los materiales y tecnologías empleados en su práctica artística, la estabilidad ante el envejecimiento inducido por la luz en los material impresos por tecnologías digitales, la resistencia a la abrasión de las impresiones digitales y la resistencia de las impresiones digitales a las condiciones ambientales de alta humedad relativa y sus efectos en la durabilidad a la abrasión.

En el Capítulo 8, se presentan las conclusiones generales derivadas del conjunto de investigaciones llevadas a cabo.

ORGANIZATION AND STRUCTURE

This thesis is based on three main axes that are fundamental for the conservation of contemporary art: the knowledge of the techniques and materials used for artistic creations, their stability in the face of diverse deterioration factors and the variety of existing strategies for undertaking conservation and restoration measures according to the inherent conceptual aspects and values associated with the works. The structure of the thesis is divided into 8 chapters (4 in Spanish and 4 in English):

Chapter 1 (Introduction) discusses the state of the art of the topics that are subsequently developed in the thesis, and secondly, a review of the main focuses of computer imaging and the developments that have occurred in the artistic field as the technology itself develops and popularises is made, until it becomes an indispensable tool for contemporary artistic practice.

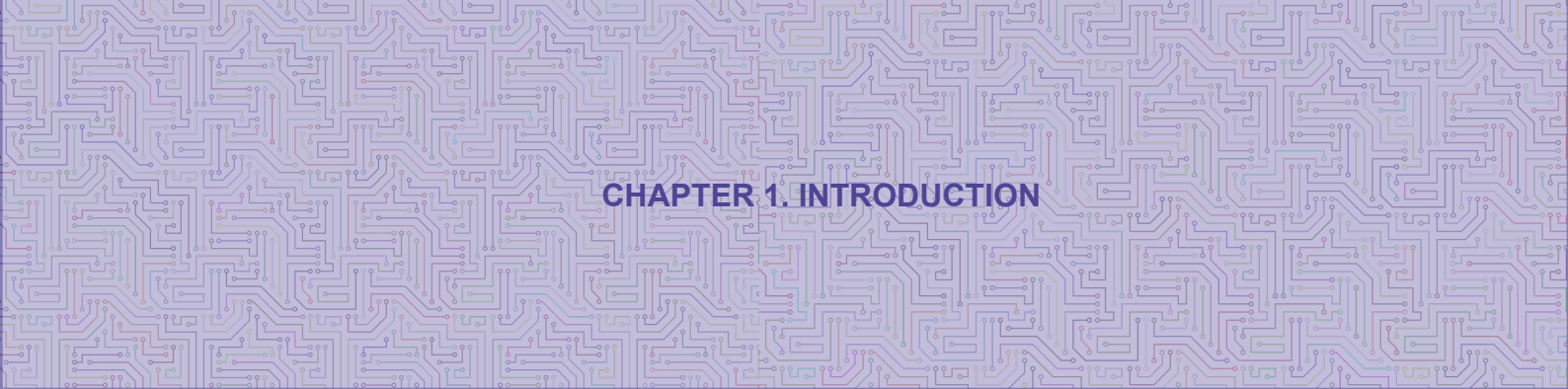
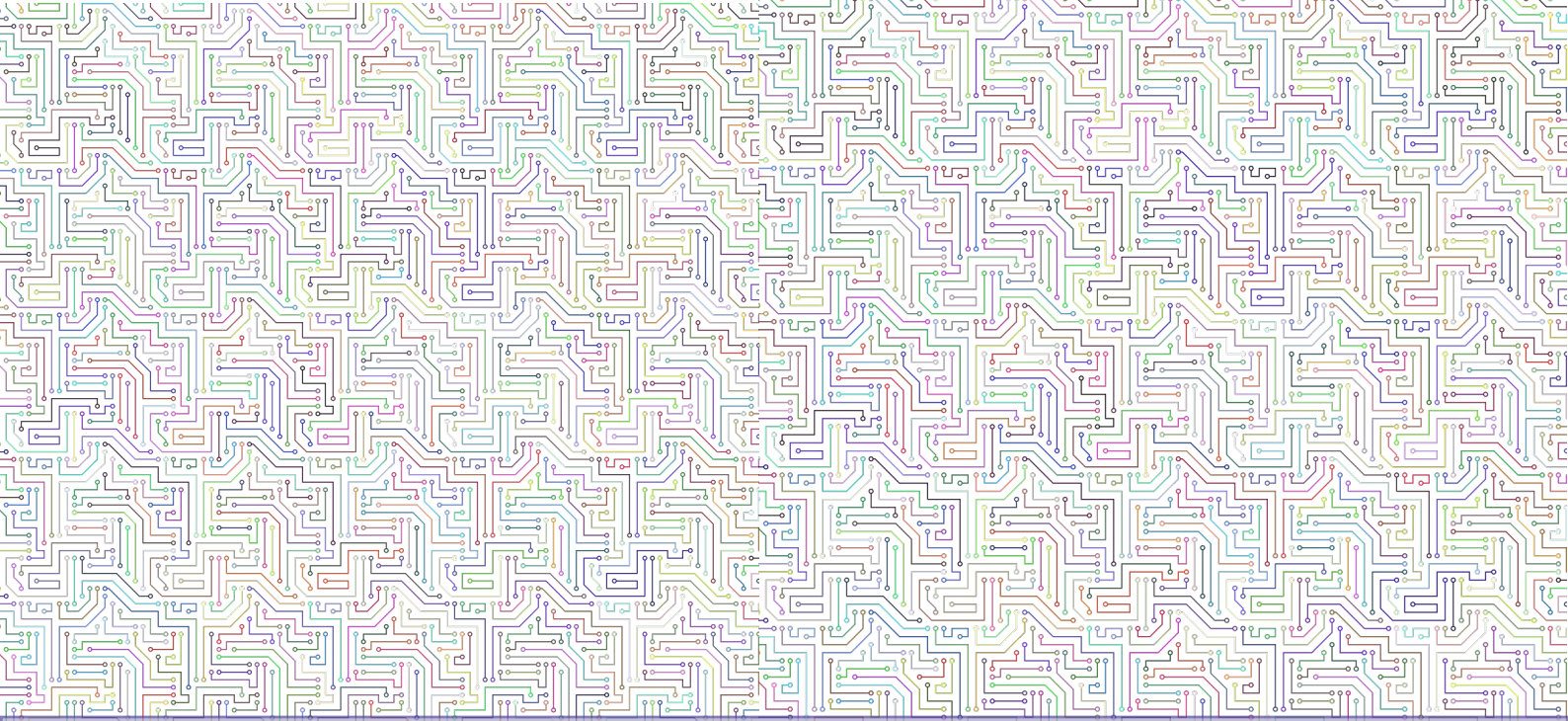
Chapter 2 (Objectives), sets out the main objectives of the research undertaken.

Chapter 3 (Methodology) details, on the one hand, the technologies and materials selected to carry out the experimental part of the thesis, and on the other hand, describes the conditions and characteristics of the tests carried out as well as the analytical techniques used to analyse the results obtained.

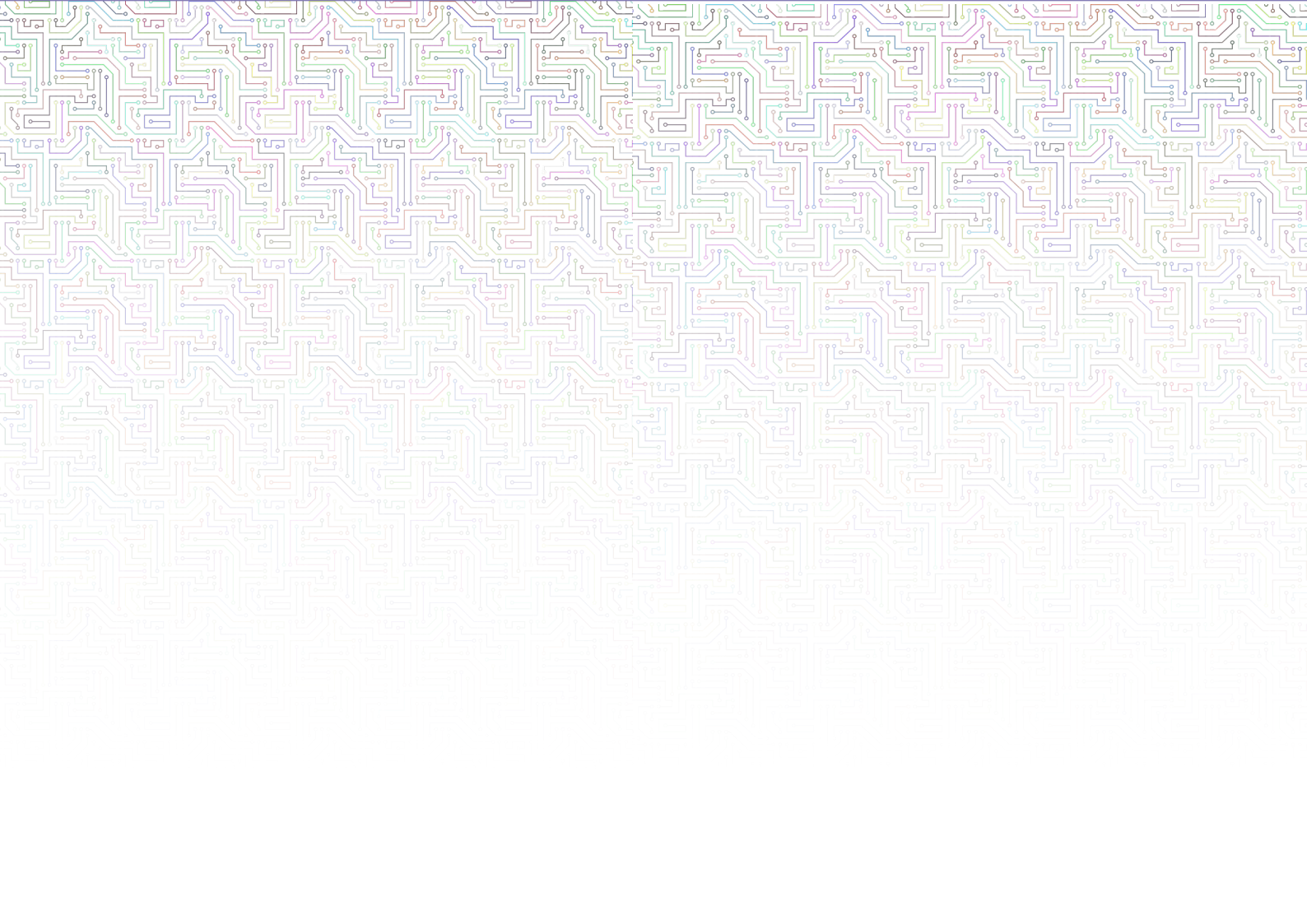
Chapters 4, 5 and 6 develop and analyse the theoretical aspects of this dissertation that must be taken into account for the correct conservation of digital prints in collections; from the technical knowledge of printing technologies and the materials used, to the need for correct identification of the materials that constitute the digital prints in order to establish an appropriate terminology for their correct description and valuation, to issues directly related to the conservation of this type of artwork: knowledge of the research carried out so far on the stability and durability of digital prints, the importance of documentation of this type of work as a basis for considering any type of conservation strategy, and the usual criteria and methods for making decisions in the field of contemporary art conservation.

Chapter 7 (results, discussion and conclusion of the performed research) presents and examines the results obtained from the experimental part of the thesis divided into four sections: the artist interview as a tool for a better understanding of the materials and technologies used in the artistic practice, light induced ageing in digitally printed materials, abrasion resistance of digitally printed materials, and resistance of digital prints to high relative humidity environmental conditions and its effects on abrasion durability.

Chapter 8, presents the general conclusions derived from all the research carried out.



CHAPTER 1. INTRODUCTION



1. ANTECEDENTS AND STATE OF THE ART

The growing use of digital printing technologies by artists makes it essential their study in the field of conservation and restoration of cultural heritage.

Art uses the contemporary tools developed at the time, because of their material and conceptual possibilities. Comparing with other media, computers and output devices have transformed our society and culture in the last decades more than ever. These resources offered an interesting research path for artists, generating discussion concerning its use and conservation, which stems from a lack of comprehensive knowledge about the technologies that produced them. This lack of knowledge affects the terminology used to designate these artworks as well as the necessary understanding of their stability over time, having a significant impact on decision-making regarding their conservation.

The first computer-based graphics at the beginning of the sixties laid the foundations for new developments in contemporary art, intended to change aesthetic concepts as photography did some time ago. Computer graphics, in its early years, were mainly performed by scientists belonging to research centres or under their direct supervision due to the low availability of computers. Therefore, few artists had the chance to use them for creative purposes as can be seen through the consultation of texts from that time, as well as more recent publications (Noll, 1994; Mason, 2008). The arrival of personal computers, the first non-impact printing systems (NIP) and the first design software in the eighties allowed not only the artist, but also the general public to access a tool previously restricted to a few (Rush, 2002).

These works, considered a secondary product of the artists' creative activity did not earn the trust of art collectors or those interested in the arts (Lieser, 2010). At present, computers and digital printing technologies are ubiquitous and this situation has normalized their use. A variety of artworks generated by digital technologies –photographs, prints, sculptures, installations– are increasingly entering contemporary art museums and private collections. As this happens, new challenges arise to collectors and restorers, preceded by the creative experimentalism, the lack of attention to the employed creative processes or technologies, and the incorrect identification. Furthermore, constant evolution of the available technologies and materials push conservators to investigate and apply new methods to properly take care of digital prints (Jürgens, 2007).

On the other hand, the fact that some artists create their works in digital format allows to either store them as a digital file (RAW, TIFF, JPEG or DNG) or to print them on various physical formats of different dimensions and/or types of supports. These has generated a series of questions regarding the artist's intention and the conceptual load of the artworks, the authenticity and originality, but also regarding issues related to the copy, re-edition and reproduction. While some artists print a single original work or authorize limited editions, others generate open editions or provide the buyer with an archive copy so that, in the event that the work is damaged or fades away, it can be reproduced. All these practices directly affect the preservation of digital prints, and although some questions have already been raised, no clear, standards have been developed yet. The work carried out in this dissertation focuses on the study and development of conservation strategies applicable to digital prints carried out in the last three decades by Spanish and British visual artists, taking into account three fundamental aspects: the employed digital printing technologies, the materials used and the existing conservation strategies in contemporary art (Fig.1).

In the last thirty years, digital technologies have become a widespread tool. This period also agrees with the continuous improvement of printing technologies from the technical point of view, in order to offer greater versatility and image quality, which together with the growing demand, has allowed the development of new materials for printing and therefore new results in the artistic field. In order to explore this changing reality two geographical areas, diverse in terms of cultural development, have been selected; namely Spain and the United Kingdom.

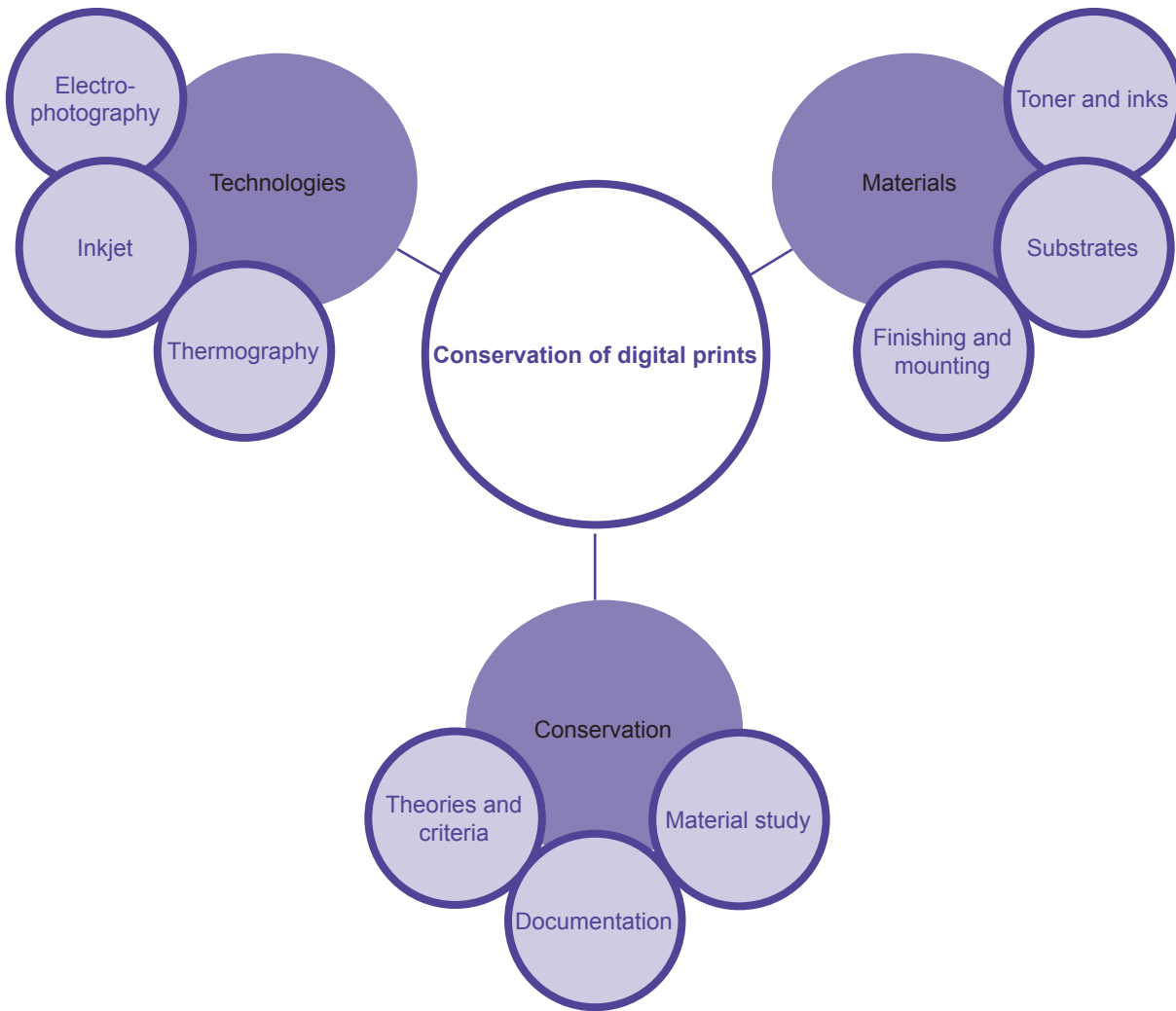


Figure 1. Outline of the main issues addressed in the dissertation

The case study of Spanish visual artists is close and accessible, while the analysis of the British casuistry has been developed thanks to the research stay at the Centre for Fine Print Research (CFPR) of the University of West England located in Bristol, which facilitated direct contact with artists as well as support in other aspects related to printing, since it is a research centre specialized in the application of digital printing technologies in the artistic field.

Since the 1990s the use of digital printing technologies has been an indisputable part of the creative processes of artists (Alcalá and Ariza, 2004; Lieser, 2010; Lovejoy, 1996; Rush, 2002, Shore, 2014; Wands, 2006). Most of the printing technologies were created for application in the graphic industry, but due to their development and improvement, they have become part of the artistic creation processes thanks to the amount of possibilities they offer.

At present, the Image Permanence Institute® (IPI), belonging to the Rochester Institute of Technology (RIT), develops sustainable practices for the preservation of images and cultural heritage, being one of the most important research centres worldwide in this area. The work carried out by this centre constitutes a basic source of information for this doctoral thesis, and therefore the classification it makes to categorise digital printing technologies into three main groups has been taken as a reference: electrophotography, inkjet and thermography (Image Permanence Institute, 2009).

Regarding the technical aspects of these digital printing technologies, two of the most remarkable bibliographical references are the *Handbook of print media. Technologies and production methods* (Kipphan, 2001) and the *Handbook of imaging materials* (Dyiamond and Weiss, 2002). Both books, published barely a year apart, speak for the interest digital printing technologies generate not only in the artistic field but also in the graphic industry and other more technical areas. In addition to providing detailed information on the different technologies and how they work, these references also provide information about general aspects concerning inks and some printing substrates. Another interesting book with a more art-oriented perspective and focused on inkjet technology is *Impresión piezoeléctrica: la estampa inyectada. Algunas reflexiones en torno a la gráfica digital* (Soler and Castro, 2006).

As mentioned above, the continuous research into the optimisation of this type of technology implies that countless references can be found regarding improvements in technical aspects. Most of them focus on inkjet as it is the most versatile technology in terms of the fields or disciplines in which it can be applied, ranging from the printing industry itself, to electronics and electricity, to areas such as medicine and biology (Singh, Haverinen, Dhagat and Jabbour, 2010; Castrejon-Pita *et al.*, 2013). Many of these investigations, being outside the artistic disciplines, are not relevant to the development of this thesis. Likewise, *The Inkjet Conference*, a series of annual international conferences organised by the European Specialist Printing Manufacturers Association (ESMA), focusing on aspects related to engineering and chemistry, which takes place since 2014 in Düsseldorf and since 2018 also in Chicago, shows interesting advances that have or will have an impact on inkjet (ESMA, 2019). However, despite the great interest of these conferences, their strictly technical and specific nature sometimes does not make them relevant to this research either. The *Journal of Imaging Science & Technology* and the conferences collected under the name of the *International Conference on Digital Printing Technologies* (NIP), which have been a discussion forum on the progress made in the field of digital technology for over thirty years, contain interesting articles closely related to the object of study of this thesis, covering various aspects such as the interactions between colour and substrate in inkjet printing (Lavery and Provost, 1999), the development of inkjet media coatings (Yuan, Sargeant, Rundus, Jones and Nguyen, 1999), the absorption mechanisms of the ink receptor layers (Yip, Lubinsky, Perchak and Ng; 2002) or the effects of these on their stability (Shaw-Klein, 1999) and permanence (Fryberg, Hofmann and Brugger, 1999; Wilhelm and McCormick-Goodhart, 2001) as well as other related issues.

In view of the need to establish a specific international forum for those professionals related to printmaking, in 1999 the biannual IMPACT (Multi-disciplinary Printmaking, Artists, Concepts and Techniques) conferences were created, where papers and exhibitions revolving around artistic practice, visual culture and other theoretical aspects are presented, making it a very important interdisciplinary event. Over the years, several papers have been presented relating to the use of digital technologies and also to the link between traditional (woodcutting, lithography, etching, screen printing) and electronic techniques - known under the term expanded graphics - such as, *Changes in Practices of Photographic Printing* (Albrecht, 2009), *CMYK- From Graphic Design to Digital Art: Reflections on transferring colour manipulation from pre-press and commercial litho printing to a fine art digital printing* (Swist, 2009), *New Developments in Colour Management* (Westland, 2009), *At the cutting edge: an investigation into the role of digital print within creative practice?* (Hodes and Treadaway, 2009), *Automated Drawing: Exploring the boundaries between print and drawing* (Brunvand, 2013), *Grabado en Expansión: Espacio y Tiempo* (Martínez, 2018), *Acerca de la no-especificidad de las prácticas gráficas contemporáneas* (Candiani, 2018) or *Redefining the margins of printmedia in the JPEG empire* (Mckenzie-Craig, 2018), just to name a few.

At the same time, the fairs related to the commercialization of equipment have been a very interesting resource for this work, since they allow observing and understanding first-hand, through the manufacturers themselves, the new equipment and materials that the printing laboratories can acquire,

and therefore, those equipments the artists are going to use in one way or another. On a national level, the annual C!PRINT fair - with barely 5 years of history, but with an increasing number of visitors - held in Madrid, is a good reference point for gathering information on the applications that digital technologies offer for a wide range of industries working with images, and also brings together leading companies with their latest contributions to the printing market. In the international sphere, special mention deserves DRUPA (Drupa, 2019), the most important fair in the world on printing technologies, which will soon be seventy years old and which takes place every four years in Düsseldorf. The fair hosts manufacturers of the most important brands in the field, such as EIZO, Hewlett-Packard, Xerox, Epson, Canon, Konika Minolta, Roland and Océ, and is also the place where the latest innovations are presented worldwide, which are subsequently presented at other fairs, such as the aforementioned C!PRINT.

When talking about digital printing technologies, it must be taken into account that this is a complex area in which not only a specific technology is taken into account, but also all the aspects that have to do with printing and that to a greater or lesser extent interact to generate an image, and therefore influence its conservation. In this sense, this thesis takes into account, in addition to the output devices themselves, other relevant aspects such as the inks used in these technologies, the types of substrate, the finishes allowed on the printed surfaces and the types of mounting of the images. The interaction between them determines their conservation over time, and it is therefore essential to document and store as much information as possible about the appearance and materials used in the printed works. In this sense, specific methodologies must be followed for the correct identification and use of terminology, the preservation of the digital archive or the definition of the parameters to be taken into account for the correct colour management of the image, among others.

Each of the three digital printing systems mentioned above - electrophotography, inkjet and thermography - uses different types of ink, which directly influence the use and evolution of technologies in the artistic field as well as their conservation. For this reason highlighting the existing differences between those inks also becomes of capital importance. Although electrophotography only admits toner to transfer the digital image to the selected surfaces (generally paper), and dye-sublimation only admits water-based inks, it is worth noting the diversity of ink types that inkjet technology admits: water-based, solvent-based, UV-curable, latex and phase-change inks. This wide range makes the design of inks an extremely challenging process that must meet a large number of requirements in terms of both formulation and properties. Nowadays, a wide variety of results can be obtained according to the needs in terms of the printed image, thanks to the fact that the composition of the inks offers several possibilities in terms of the type of dyes, surfactants, viscosity or drying, to mention some properties. In this regard, the book *The Chemistry of Inkjet Inks* (Magdassi, 2010) is a reference for understanding the various aspects to be taken into account in the design of inks, which are not only required to have an increasingly wider range of colours gamut, but also good colour saturation, stability against atmospheric agents and resistance to abrasion, aspects clearly related to the conservation of printed images. Examples of this complexity include papers such as *Phase-Change inks* (Pekarovicova, Bhide, Fleming and Pekarovic, 2003), which explains the aspects associated with phase-change inks, and *Dye-based or pigment-based? Debunking the myths of digital inks* (Martin, 2004), which provides information on the differences and similarities between dye-based and pigment-based inks, and clarifies certain beliefs about both colorants.

The first formulations for inkjet printers used dyes, due to their high colouring power, wide gamut and vivid colours, but it was soon discovered that their stability to light was quite poor, causing the images to fade quickly, and even disappear completely (Wilhelm, 2006). This problem led chemical engineers to start using pigments as colouring agents, which entailed a number of difficulties related to grain particle size, a narrower colour range and lower colour saturation among others, and still generates research aimed to improve those areas. This does not mean that the inks formulated with dyes have been rejected; indeed, as it has been pointed out previously, thermal systems such as sublimation, due to the characteristics of the process, continue to use dyes for the formulation of their inks. It should be noted

that the information gathered in this thesis is limited to the general analysis of the main components and the functioning of the inks, given that, as it is an industry in constant evolution and full of patents, it is very difficult to find specific data on the formulation of specific types and brands.

On the other hand, the advances made in the field of ink industry have allowed the use of an increasing variety of substrates, designed specifically for each of the digital printing technologies, ranging from traditional handmade papers, through industrially manufactured papers, to other types of materials such as plastics, glass, metals, textiles and a large etcetera. Most of the supports used today are designed especially for inkjet printers, since they are the most versatile.

Many substrates are based on pre-existing ones modified to suit the new technologies and thus cover an ever-increasing demand. In the artistic field, paper continues to be the substrate par excellence; by modifying its finishes or applying coatings it is possible to offer a wide range with specific characteristics in terms of grammage, roughness, whiteness, gloss, opacity and pH that determine the appearance of the print.

Fine art papers, usually employed in traditional techniques such as watercolour or engraving have evolved to adapt to electronic devices, so that traditional paper mills such as St Cuthberts Mill in Somerset, United Kingdom (St Cuthberts Mill Paper, 2019), Hahnemühle in Solling, Germany (Hahnemühle (2019) or Canson in Annonay, France, (Canson, 2019) offer an interesting variety of papers for inkjet printing while preserving the manual process that characterizes them. Other types, such as baryta (also known as fibre based, FB) or Resin Coated (RC) papers, which have their origin in the 19th century and the late sixties of the 20th century photography respectively, have also been modified to continue maintaining the physical appearance of traditional photographic techniques in the images produced by means of inkjet devices. In order to guarantee the stability of the printed images over time, equipment manufacturers – Epson and HP, among others (Epson, 2019; HP, 2019)– also have designed their own paper substrates to offer the greatest compatibility between their devices, inks and substrates. Other companies such as the German Tecco® (Tecco, 2019) have also conditioned part of their production to inkjet technology, and the Spanish company Delex (Delex, 2019), in addition to supplying the above-mentioned brands, it also markets its own papers. It is worth mentioning that most of the companies also offer canvases, from traditional easel painting, adapted to inkjet printing.

Since the stability and colour consistency of prints is an important issue in the artistic field, many manufacturers have decided to market and offer certificates to those laboratories that use certain combinations of printing devices, inks and papers, as they are the ones that in principle provide better stability results. Hahnemühle, for example, offers a certificate to studios that meet a number of criteria in the printing process, provided they carry out specific training (provided by Hahnemühle itself) and implement a particular working system. Canson, on the other hand, offers an international certification that guarantees the quality of the work of the laboratories, as long as they work with certain printers and their own Canson®Infinity papers. Tecco®, has also joined in certifying the laboratories that comply with a series of requirements related to the working processes and their papers, for which they offer renewable certificates with a two years' validity. Among printer manufacturers, the certificate called Digigraphie® (Epson Europe, 2020), created by Epson in 2003, deserves special mention. This certificate is available for artists and laboratories that meet a series of requirements, such as the use of the company's printers, Ultrachrome™ inks and a selection of the manufacturer's papers.

On the other hand, thanks to the UV curable inks, it is possible to print directly on other types of substrates, such as rigid substrates, which mostly come from industrial use, such as PVC or Dibond®, and which are becoming an increasingly popular resource for artists. These materials are not initially compatible with water-based inks, but there have been research projects carried out at the Faculty of Fine Arts of the UPV/EHU by professors Julián Irujo Andueza, Santiago Ortega Mediavilla, Fernando Mardones Berasaluce, Ana Múgica Anduiza and Genoveva Linaza Vivanco who managed to generate, and patent in 2010, a product that serves to transfer the images to these supports, but also to allow

direct printing (Irujo, Ortega, Mardones, Mugica and Linaza, 2010).

All the above-mentioned surfaces, which are capable of receiving and containing the inks, usually include coatings known as ink receptor layers (IRL), which Hofmann (2015) has reviewed in detail, explaining the characteristics that these must have for proper image formation, focusing on paper substrates. In this respect there are also other publications such as *Impact of binder composition on inkjet printing paper* (Zhang, Liu, Cao, Li and Jing, 2015) or *Characterization of ink pigment penetration and distribution related to surface topography of paper using confocal laser scanning microscopy* (Li and He, 2011).

The formats and ways of presenting the works of art are also a good way of expressing the aesthetic and conceptual preferences of a culture at a given time. Thus, the way in which a photograph or print has been mounted can often be a useful piece of information to help determine the age of an image, or also to consider certain aspects that are essential to its conservation. At a present, large formats seem to be a tendency among artists. In order to display these, artists apply different finishes on their surfaces and select specific mounting systems which enhance their complexity and poses new challenges to conservators and restorers. There are many finishing options to cover the surface of the prints: film, liquid or spray laminates. Usually they are employed for protective purposes against humidity, light, air pollutants, abrasion or fingerprints. They can also be applied with the intention to modify the surface in order to correct the differential gloss, eliminate glare or improve colour depth and intensity.

On the other hand, mounting substrates (Pénichon, 2004) consist of adhering permanently a rigid material to the artwork so that it helps in its exhibition, handling and storage; these techniques provide the prints a flatness that cannot be achieved in a traditional framing, but also rigidity, eliminating the need to use heavy glazing and reducing the production cost. This is the reason why many artists decide to use them.

According to these possibilities, prints in museum and private collections can be found as they are obtained from the printer or with some added materials on the front (face mounting), on the back, or on both sides (encapsulated) of the printed image. Several texts deal with these issues, such as *Two finishing techniques for contemporary photographs* (Pénichon and Jürgens, 2001), *Práticas de montagem de fotografias contemporâneas* (Pénichon, Jürgens and Murray, 2010) or *Face-mounting techniques for contemporary photographs and digital images* (Smith, 2012).

However, it should be kept in mind that all finishing and mounting systems employed to modify the surface are irreversible, so their deterioration could have direct consequences in the conservation of the artworks. Moreover, its effects and interactions with the printed substrate have not been yet properly studied, except in some specific cases: *Light and dark stability of laminated and face-mounted photographs: a preliminary investigation* (Pénichon, Jürgens and Murray, 2002), *“Diasec” and other finishing techniques – Investigation of accelerated light fading* (Zorn and Dobrusskin, 2011) or *Unmounted versus Face-mounted inkjet prints. Analyses concerning their light ageing behaviour* (Blaschke-Walther and Dobrusskin, 2015).

From the conservation point of view, which is the third aspect covered in this thesis, it should be noted that the presence of digital prints in museums and institutions has significantly increased in recent decades, shaping the collections of many museums around the world such as the Victoria and Albert Museum (V&A) in London, which houses a complete collection of computer-generated art ranging from the first artists to modern creations. The TATE Modern in London also has such works in its collections, as does the Museum of Modern Art (MoMa) in New York, to name a few. On a national level, the Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofia (MNCARS), the Museu d'Art Contemporani de Barcelona (MACBA) or the ARTIUM, Centro-Museo Vasco de Arte Contemporáneo de Vitoria house, to a greater or lesser extent, works printed with digital technology. These prints constitute a significant part of the cultural heritage of our time and they therefore will continue to be acquired by public and private institutions and collections.

Museum professionals in charge of the acquisition, exhibition and preservation of digital prints, often face the problem of having to manage works whose materiality and behaviour is not yet known in depth. Consequently, there is a lack of consistency in the terms used to name these works, judging by the terminological differences used by the institutions mentioned above and that used in the catalogues in art fairs such as ARCO, to mention a few.

For artworks printed with electronic devices, this issue, which in principle only represents a mere cataloguing matter, is vital from the conservation point of view of this type of collection, which could be affected by the use of conservation, storage and exhibition procedures that may be incorrect, inappropriate or non-existent. In 2008, a study conducted in the United States revealed that there was no standardized or agreed definition among the professionals involved in the art world of what digital printing is, and it was clear, the difficulty to differentiate between a digital print and one that is not (Burge, Nishimura and Estrada, 2009). This lack of knowledge regarding digital printing technologies and the materials that constitute them involved that many works are not properly identified and characterized, and therefore, they are stored for what they seem to be instead of for what they really are.

Aware of the situation some institutions have been doing research on the characterization and permanence of the printed images for some time now. Among them, the well-known IPI, presents fundamental information on digital prints through the *Digital Print Preservation Portal* (DP3), a web with a didactic purpose (Image Permanence Institute, 2007), or *Graphics Atlas*, a resource also available on the Internet that serves as a starting point for the identification and characterization of prints and photography (Image Permanence Institute, 2009). Wilhem Imaging Research (WIR), an independent laboratory that carries out numerous tests for printing related companies since the mid-1990s, offers in their web information about their projects (Wilhelm, 2002).

From a more artistic point of view, but addressing other questions related to conservation, such as colour consistency in prints –an important matter to think about for printing and reproduction–, the Centre for Fine Print Research (CFPR) of Bristol, a research centre created in 1998 belonging to the University of West England (United Kingdom) is considered one of the leading centres in terms of art and design research; they carry out international projects about the artistic, historical and industrial importance of practices related to creative printing, processes and technologies, collaborating with a wide variety of professionals, institutions and companies (University of West England, 2019).

In Spain, it is also possible to find some centres dedicated to the research of digital prints; MIDEciant (Museo Internacional de Electrografía Centro de Investigación en Arte y Nuevas Tecnologías) in Cuenca, is a museum-research centre dependent on the University of Castilla-La Mancha (UCLM) created in 1989 dedicated to research and creation around electrography and digital technology, and whose first director, Professor José Ramón Alcalá is one of the pioneers in the use of electrophotography (University of Castilla-La Mancha, 2018). The Digital & Graphic art_research (dx5) group of the University of Vigo, on the other hand, researches on contemporary graphics, also taking into account the relationship between traditional and modern techniques (University of Vigo, 2020). At the Universidad Politécnica de Valencia, the Laboratory for the Study of Contemporary Photographic Materials (LEMFC) has worked on the study of the effects of the implementation of digital photography in the contemporary world and on the study of those aspects related to its conservation. At present, the LEMFC does not have any ongoing research project, however, it continues collaborating with the European project *Daguerreobase* and is planning to continue with the *dFoto* project, aimed to create a directory of photographic collections and archives, which will be useful to disseminate the Spanish photographic heritage.

The three institutions are centres developed in the university sphere, but only the last one has had an open research line around the conservation of works produced by electronic devices, focusing only on the photographic area rather than on the plastic arts in general.

The few centres where research on the applications of digital printing technologies in the artistic field is carried out has meant that not many doctoral theses have dealt with this subject, since the interest

in this field of knowledge has not arisen until the beginning of the 21st century, when these technologies are already beginning to have a more common presence in the artistic scene. On an international level, noteworthy are *The preservation and conservation of ink jet and electrophotographic printed materials* (Glynn, 2001), *The development of alternative colour systems for inkjet printing* (Parraman, 2010b) or *Collaborative digital and wide format printing: Methods and considerations for the artist and master printer* (Laidler, 2011). All of them dealing with one aspect or another related to artistic digital printing. However, none of these theses focuses on the materials and working methodologies of contemporary visual artists from a cultural heritage conservation perspective.

As for the doctoral theses read in Spain to date, it must be said that there is hardly any research that delves into the subject from the perspective of art, much less from the field of conservation. In this respect, *La stampa digital. El grabado generado por ordenador* (Insúa, 2003) and *Estabilidad, protección y aceptación de las impresiones ink jet en procesos de creación y conservación de obras de arte* (Regidor, 2003) seem to be the first theses to consider the use of digital printing technologies in art, being the latter, a thesis focused on the perspective of conservation, which proposes the use of ink jet technology for the chromatic reintegration of missing items. Later, Zamarro (2007) presented his dissertation *La tecnología de inyección de tinta como herramienta para la práctica artística*, in which an analysis of the use of digital printing, specifically the use of inkjet, is made from the artist's point of view in order to understand its possibilities for the plastic arts, and following this line, the thesis *Colección del MIDECIANT. Museo Internacional de Electrografía y centro de investigación de arte y nuevas tecnologías de Cuenca* (Torrens, 2011). In 2014 Blanco-Moreno in his thesis *Reconstrucción de pintura mural mediante impresión directa con sistemas inkjet robotizados* continues in the line that years ago began Regidor (2003), and two years later, the dissertation *De la imagen al papel. Hacia la impresión perfecta. La gestión de color en el proceso artístico del s. XXI* (Adrio, 2016) is aimed at clarifying aspects related to colour management, i.e. providing visibility and answers to the problem of colour consistency when transferring images from one electronic device to another.

As seen, most of the research carried out in the above-mentioned doctoral dissertations deals with the incorporation of digital printing technologies into art, considering the possibilities it offers both for creation and as a tool for carrying out certain restoration works. However, the interest in the conservation of works generated by electronic printing devices has only been shown in some of the theses carried out in other countries, although only in relation to the materiality of the works, and specifically those produced on paper. Following this line, *The digital print. Identification and Preservation* (Jürgens, 2009), which has been another of the basic references for this doctoral thesis, deals with digital prints and their conservation, devoting an introductory part to the use of digital technologies in the artistic field, but in a general way and without going into detail on their link with contemporary conservation theories.

Due to the complexity that this artistic typology presents both from a material and conceptual point of view, its conservation should not only pay attention to the materiality of the works, but it should also take a closer look into those theoretical-conceptual aspects that have led the artists to produce them, in order to select the most appropriate strategies in each case with the ultimate aim of maintaining the authenticity of the work; interesting resources in this sense are the website of the International Network for the Conservation of Contemporary Art (INCCA) (Cultural Heritage Agency of the Netherlands, 2002) and the book *Teoría Contemporánea de la Restauración* (Muñoz, 2003), just to cite some of the vast references about the issue.

Forever Young. The reproduction of photographic artworks as a conservation strategy (Marchesi, 2017) analyses the complexity of the decision-making process in the conservation of contemporary artworks, specifically in the field of photography conservation, also focusing on the importance of the artist as one of the stakeholders involved in decision making. Hence, the interview with the artist has become an indispensable resource for the conservators of contemporary art. In addition, according to the intellectual property law that deals with the moral rights of the author, the artists continue maintaining

such rights over their work even if it is sold. Therefore, they can claim the way or condition in which their artworks should be exhibited, and also authorize or deny the accomplishment of modifications in the artwork, for example, due to concerns related to the conservation of their works (RDLeg. 1/1996, de 12 de abril).

In view of the need to establish guides to obtain as much information as possible on the working processes of artists, in 2012 the first manual was published under the title *The artist interview for conservation and preservation of contemporary art. Guidelines & Practice* (Beerkes, L. et al., 2012) thanks to the collaboration between the SBMK (Foundation for the Conservation of Contemporary Art) and RCE (Cultural Heritage Agency of the Netherlands).

It is well known that one of the most common concerns for artists –especially for renowned ones– is the appearance transformation of their works over time, since the alteration of the printed surface can prevent the correct understanding of the artwork (Stigter, 2016). As indicated by Hunt and Pointer (2011), four aspects are vital to evaluate the optical properties (appearance) of the surfaces: colour, brightness, texture and translucency. For this reason, this dissertation will take into account the changes that occur in works printed by means of digital technology, taking into account the first three attributes, which are those common to all artistic works.

On the other hand, the correct documentation of contemporary artworks play a fundamental role to detect the changes produced in an artwork over time. First, it allows classifying, storing and visualizing the cultural assets of a museum or institution as well as offering a greater and better understanding of the aesthetic values, historical context, meaning and economic value of the works of art. This way, it provides information on aspects such as authenticity, exhibition systems and changes in the appearance. Thus, documentation is an essential tool to monitor and manage in the most effective and efficient manner the conservation of the artworks. In this way, it is possible to meet two of the objectives of any museum: selecting and recording information of the artworks –physical characteristics, meaning, history, context, state of conservation– and updating and disclosing it (Scholte y Wharton, 2011).

Several proposals have emerged to collect data concerning digital prints. In 2009 the Photographic Materials Group of the American Institute for Conservation (AIC) in collaboration with other institutions and professionals designed the *Photographic Information Record*, which has been translated into several languages with the aim to become an international “standard” (American Institute for Conservation, 2009). It should also be taken into account that the data collected in an orderly manner serves not only for the correct cataloguing, conservation, exhibition and storage of the works, but also for the appropriate communication of the information about the materials and processes used in many artistic manifestations of our time, both to the general public and to future researchers.

The apparent simplicity and ease of production and reproduction of the works generated with digital printing devices may have been one of the reasons why the correct graphic documentation and recording did not get the deserved attention until a few years ago.

For some time now, museums and other institutions have digitized their collections to make them available to a wider public through online consultations, either to bring part of the Cultural Heritage to society or to allow access and consultation to a series of cultural goods that because of their delicate state of conservation cannot be examined directly. In this case, as well as in the case of generating artworks with digital printers, the representativeness of the artwork should be as close as possible to reality so that digitalisation maintains the qualities of the original printed surface such as tonal reproduction, neutrality, colorimetry, uniformity and resolution (Robledano, 2014; Pereira, 2018).

Currently, guides for digitalisation like *Preservation Imaging Guidelines Image Quality* (Dormolen, 2010) created within the *Metamorfoze* project in 1997 in Holland, and the *Technical Guidelines for Digitizing Cultural Heritage Materials: Creation of Raster Image Master Files* created in the United States by the Federal Agencies Digitization Initiative (FADGI) - Still Image Working Group (Williams y Stelmach, 2010) are being employed.

But, what happens when the artwork is irreversibly deteriorated and reproduction is selected as a conservation strategy?

Obtaining an image matching the initial state of the artwork and maintain its authentic characteristics is a complex process because sometimes the rapid market development makes it impossible to find the same or equivalent materials. Moreover, it is essential to follow an appropriate colour management method to ensure that the new copy reproduces the original idea of the artist to the greatest extent possible.

At present, digital technologies make the capturing, storing and working with images possible in such a way as to give the digitized image, but also the process itself, a guarantee of its accuracy. In order to guarantee consistency and quality in the processes, the perceptual evaluation carried out by experts is not sufficiently accurate when dealing with artistic works, so the importance of using a consistent and good quality workflow is also necessary from the point of view of conservation (Pereira, 2013). One of the most important aspects to take into account, as mentioned above, is the colour reproduction, which requires in turn the reproducibility of the process and allowing the work to be recorded at each step, providing a quality check and avoiding subjective interpretations of the images taken (Homann, 2009; Santos, 2014).

In addition to documentation for the proper conservation of works of art, it is important to know how the materials that constitute these works behave in response to different environmental factors and thus be able to apply appropriate preventive conservation policies, restricting as much as possible the most drastic conservation decisions, such as reproduction. The studies carried out so far to deepen the knowledge of the materials composing the digital prints have been mainly directed, as previously mentioned, towards the permanence of inkjet prints on cellulosic substrates (paper), as they are the most widely used. Among the existing publications, it should be highlighted that the main interest focused on the effects produced by various extrinsic deterioration agents such as light (Parraman, 2010a; Venosa, Burge and Nishimura, 2011; Venosa, Burge and Salesin, 2016), humidity (Burge and Scott, 2012), airborne pollutants (Burge, Gordeladze, Bigourdan and Nishimura, 2011; Burge, Gordeladze, Nishimura and Bigourdan, 2013) or the effect of abrasion (Burge, Venosa, Salesin, Adelstein and Reilly, 2007; Breitung, 2007; Salesin *et al.*, 2008; Nishimura, Salesin, Adelstein and Burge, 2009; Salesin and Burge, 2011; Salesin and Burge, 2013) on the appearance of the digital prints. Although some studies have also been carried out on reversible mounting systems for large format photographs (Chen *et al.*, 2007) and attempts have been made to find solutions to the scratching of the acrylic surfaces used for face-mounting (Kim and Breitung, 2007), it should be added that little research has been done on the protective systems applied to the prints nor on the specific mountings to which these works are subjected and their effects on their permanence.

It is also worth mentioning that there are artists who produce their prints on other types of substrates like plastics, metals, wood, glass, etc., in an effort to experiment with the creative possibilities offered by these materials. This type of work has certain characteristics that are difficult to resemble those works made on conventional materials such as paper. The permanence in time of printed rigid supports has not yet been proven in this context, and therefore, the ideal conditions for their correct storage, the type of deterioration they may show and how to solve the problems that may arise are still unknown.

Bearing all this in mind, it can be said that further research into the preservation of digital prints is vital to ensure their durability, and even more if it is focused on those works that use more novel or complex technologies and materials.

Furthermore, works that combine digital prints with other more traditional artistic techniques such as painting (oil, acrylic painting, watercolours, pencils...) or printmaking (lithography, etching, silk-screen printing...) give the art pieces a more experimental nature and also singular characteristics that concern their conservation, as stated in some previous studies (Anthonisen, Maguregui and Artetxe,

2014; Cárdbaba-López and Anthonisen-Añabeitia, 2017). Throughout this dissertation, this type of work will be mentioned because of the interest it may present for future research, but it will not be the focus of this study due to the specific particularities these works present.

Considering all of the aforementioned issues, digital printing and in particular digital printing done with artistic intent, can be considered a very complex interdisciplinary area that encompasses diverse areas complementary to each other as artistic creation, engineering, physics, chemistry and conservation of cultural heritage. All of these areas of knowledge are involved in research concerning works printed with digital technology in one way or another.

Therefore, this doctoral thesis focuses on three basic features necessary for the proper conservation of digital prints: technological knowledge, material considerations and considerations related to the conservation of this type of contemporary art.

2. Las tecnologías de impresión digital en el arte. Antecedentes históricos y situación actual

El rápido desarrollo de las tecnologías digitales, su rápida evolución y la complejidad cada vez mayor que alcanzan afecta de manera directa e indirecta a la sociedad, permitiendo la realización de tareas y todo tipo de actividades de manera más rápida y eficaz que a nuestros predecesores, e incluso posibilitando actividades hasta hace poco inimaginables. De todas las herramientas, posiblemente sea el ordenador el que represente un mayor impacto no sólo como herramienta sino, como explica García (2012), como generador de una mutación intelectual sin precedentes; junto con Internet y la telefonía móvil, es el dispositivo que más profundamente ha calado en la humanidad, y por tanto también tiene su reflejo en la práctica artística. De este modo, el término digital, aparentemente simple, define un conjunto complejo de fenómenos en la sociedad (Gere, 2008).

Este capítulo, se centra en analizar la inclusión de las tecnologías digitales de impresión en el ámbito artístico como medio de creación, así como en mostrar su desarrollo a lo largo de las décadas y revelar los acontecimientos más destacados que han influido en la situación actual.

A mediados de la década de 1940 se comienza a investigar en el ámbito de la inteligencia artificial con fines militares, lo que conduce a la fabricación de las primeras computadoras digitales como el ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer) o UNIVAC (UNIVersal Automatic Computer) y a su vez comienzan a surgir los primeros centros de investigación con el fin de ahondar en sus posibilidades (Rush, 2002; Wands, 2007). Tal y como indica Usselmann (2003) en las décadas posteriores a la Segunda Guerra Mundial, comienza a surgir entre los y las artistas una creciente curiosidad sobre la tecnología como un nuevo medio para facilitar la exploración e interacción con el entorno físico. Así, el interés en el uso de materiales industriales, procesos químicos y prácticas de ingeniería caracteriza muchos de los experimentos artísticos realizados en los años cincuenta y sesenta. De esta manera, las artistas y los artistas se apropian de materiales novedosos, equipos y conocimientos científicos, a menudo en colaboración con corporaciones comerciales, centros de investigación, técnicos e ingenieros.

En este sentido, tres países altamente industrializados son los principales impulsores de la generación de gráficos por ordenador durante los primeros años: Estados Unidos, Alemania y Japón. En Estados Unidos la principal actividad se lleva a cabo por las y los científicos e ingenieros de Bell Labs, mientras que en Alemania la actividad se centra en el ámbito universitario, concretamente en la Technische Universität de Stuttgart, bajo la influencia de las teorías del profesor Max Bense que desarrolla la estética de la información y acuña términos como arte artificial y estéticas generativas, que son de gran interés para artistas, científicos y científicas de la época. En Japón la actividad también sucede en el ámbito universitario, concretamente de la mano de Hiroshi Kawano, gran admirador del trabajo de Bense, y el primero en el mundo en experimentar con un ordenador para la generación de trabajos en el ámbito de las artes visuales, impulsando este tipo de trabajos en su país y alcanzando reconocimiento internacional. Poco tiempo después, el interés se va extendiendo a otros países como la

antigua Yugoslavia, Francia, Reino Unido y España, que pese a sus diversas situaciones socio-políticas y culturales encuentran en la computadora un medio ideal para llevar a cabo toda una serie de proyectos de índole creativa. Estas actividades van incrementándose hasta los primeros años de la década de los setenta, donde tras unos años poco fructíferos, vuelve a repuntar en la década de los ochenta a causa de nuevos avances tecnológicos.

Cabe destacar que el uso de las computadoras no sólo se limitaba a la creación gráfica, sino que se expande a otras manifestaciones culturales como la música, poesía, danza, escultura y animación, que pese a no ser objeto de estudio en este trabajo, dan cuenta del ambiente participativo y colaborativo generado en esos inicios en los que personas con diferentes intereses trabajan conjuntamente en los mismos espacios, algo que con la llegada de los ordenadores personales en los años ochenta irá desapareciendo, para brotar de nuevo con la llegada de Internet y la World Wide Web a finales del siglo XX.

2.1. La exploración de un nuevo medio

No es hasta la década de los sesenta cuando en el ámbito de la ciencia e ingeniería se comienzan a crear gráficos a través de las computadoras, y muy pronto, empiezan a surgir iniciativas como la de la revista estadounidense *Computers and Automation*, –que se venía publicando desde los años 50 con el fin de dar a conocer el desarrollo de la tecnología computacional– que en 1963, convoca su primer concurso anual bajo el nombre *Computer Art Contest*, con el fin de premiar aquellas imágenes generadas con fines estéticos y que se celebra anualmente hasta 1969. Cabe decir que pese a la finalidad de la convocatoria, los dos primeros años los Laboratorios de Investigación Balística de Misiles de Aberdeen, en Estados Unidos fueron los ganadores, por lo que tampoco es de extrañar, que Nake (2008) indicara que “los diseños gráficos presentados eran puramente arte técnico, un poco aburridos. Sólo a partir de 1965, cuando Michael Noll ganó el concurso, aparecieron diseños gráficos que explícitamente tenían una pretensión artística” (p.41) (Fig.2a).

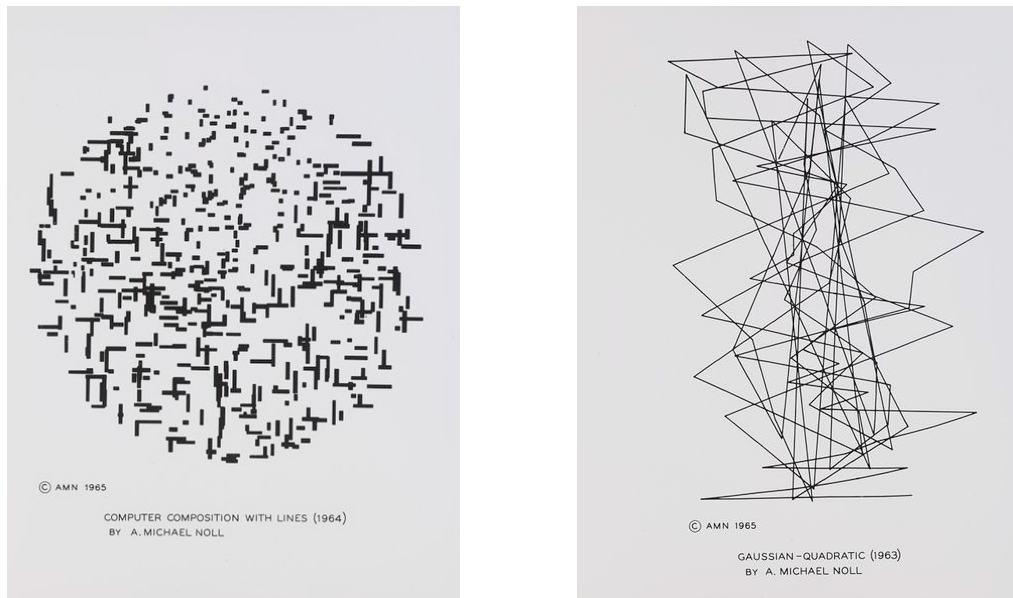


Figura 2. Primeras obras de computer art realizadas por A. Michael Noll: (a) *Computer Composition with Lines* (1965), 28 x 21,8 cm. Extraído de Victoria and Albert Museum©; (b) *Gaussian-Quadratic* (1963), 28 x 21,8 cm. Extraído de Victoria and Albert Museum©

Precisamente ese mismo año, 1965, se convierte en el punto de partida del arte generado por ordenador con tres exhibiciones que tienen lugar en Alemania y Estados Unidos: en febrero Georg Nees expone *Computergrafik en la Studio Gallery* de la Technische Hochschule de Stuttgart; Michael Noll y Bela Julesz muestran en el mes de abril sus trabajos en la Howard Wise Gallery de Nueva York bajo el título *Computer Generated Pictures*; y en noviembre, la Galería Wendelin Niedlich de Stuttgart presenta los trabajos de Frieder Nake y Georg Ness de manera conjunta en la exhibición *Computer-Grafik-Programme*.

Las imágenes generadas para estas primeras exhibiciones, y muchas de las que se realizan posteriormente, las crean mayoritariamente matemáticos y científicos vinculados a centros de investigación con acceso a computadoras, debido al profundo conocimiento que poseen sobre lenguaje de programación, algo imprescindible en la época para manejar una computadora. Sin embargo, en cuanto a los resultados obtenidos, sus ideas aún resultan un tanto conservadoras desde un punto de vista artístico, posiblemente debido a que el interés principal de algunos de estos científicos se centra más en explorar las posibilidades gráficas de las computadoras (Noll, 1968). Este aspecto, unido a la novedad de utilizar este tipo de herramientas para generar arte son los principales motivos para que el mercado artístico rechace este tipo de trabajos, que no tienen una gran respuesta de público y apenas generan impacto mediático (Noll, 1994).

A todo esto cabe sumar que centros de investigación como el *Bell Labs* de Nueva Jersey (EEUU), no entienden estas actividades como investigaciones científicas serias, pese a la gran actividad que esta área supone en sus espacios de trabajo. Por este motivo, la compañía cede el copyright de esas imágenes a sus propios creadores, como es el caso de la obra *Gaussian-Quadratic* realizada en 1963 por Noll, que pasa a ser la primera obra de arte generada por una computadora en registrarse como tal en 1965 (Fig.2b). Otros investigadores de Bell Labs como Edward Zajec, Manfred Schroeder, Frank Sinden, E.E. Zajac, Kenneth Knowlton y Leon Harmonn, también tienen cierta relevancia en la creación de gráficos por ordenador en esta época, pasando todos ellos a formar parte de la primera generación de *computer artists* (Dietrich, 1985).

En 1967, Knowlton y Harmonn escanean una fotografía de la coreógrafa Deborah Hay, que mediante el uso de escala de grises y símbolos, la transforman en la primera representación de un desnudo mediante la ayuda de un ordenador, convirtiéndose en una de las obras precursoras del *ASCII Art* (Lieser, 2010). La imagen, de 3,70m de largo denominada *Studies in perception I*, se coloca en el despacho de un compañero a modo de broma, pero como no resulta de buen gusto para los altos cargos de *Bell Labs* por el hecho de tratarse de un desnudo, se ven obligados a retirarla al día siguiente. Sin embargo, la imagen reaparece en la conferencia de prensa organizada por el artista Robert Rauschenberg y el ingeniero Billy Klüver organizada para dar a conocer la asociación *Experiments in Art & Technology* (E.A.T.), que tiene como fin propiciar interacciones entre artistas, ingenieros e ingenieras así como ampliar el papel del artista en la sociedad contemporánea, y que previamente ya realizó varios proyectos bajo el título *9 Evenings: Theatre and Engineering*, donde treinta profesionales de la ingeniería de *Bell Labs* y diez artistas trabajaron conjuntamente para crear obras que conjugaban teatro, danza y nuevas tecnologías, algo que hasta entonces no se había llevado a cabo jamás en la esfera artística.

Esto hace que *Studies in Perception I* llegue a adquirir gran reconocimiento, hasta el punto de publicarse en primera página de la segunda edición del *New York Times* ese mismo año. La repercusión mediática de la imagen resulta de interés para la compañía que en un principio renegaba de la obra, y por tanto comienza a permitir su difusión siempre y cuando se haga referencia a *Bell Telephone Laboratories, Inc.*

Al año siguiente, en 1968, el trabajo de Knowlton y Harmonn forma parte de la exhibición del MoMa *The Machine as Seen at the End of the Mechanical Age* comisariada por Pontus Hultén (Knowlton, 2005) y el éxito de la imagen es tal que se llevan a cabo series ilimitadas de pequeño formato

(tipo postal), como la que el Victoria & Albert Museum (V&A) de Londres posee en sus colecciones a modo de reedición (Fig.3).

Estas primeras actividades sirven como revulsivo para que una variedad de artistas comiencen a mostrar su interés en trabajar con las computadoras como medio para experimentar en la creación de imágenes, sin embargo, la necesidad de conocer el lenguaje de programación y la dificultad para acceder a las computadoras, que sólo están disponibles en laboratorios de investigación industrial y en algunos centros universitarios, hace que los trabajos generados se realicen siempre con la ayuda de las y los ingenieros y científicos.

En este sentido, *Bell Labs*, que en un principio no estaba muy de acuerdo con esta línea de investigación, y viendo la relevancia que esto podría llegar a tener para la compañía, comienza a permitir que artistas plásticos o músicos y músicas visiten las instalaciones y reciban formación (Noll, 1994). Para Knowlton (2001), que durante su periodo en *Bell Labs* entre la década de los 60 y 70 llega a trabajar con 5 artistas en varias ocasiones, la colaboración no estaba exenta de dificultades y malentendidos por las diversas formas de trabajar que tenían todas y todos: para los y las artistas, entender los procesos necesarios para la programación de una computadora era complicado e incluso abrumador, pero para las científicas y científicos también lo era el hecho de comprender que el arte abarcaba aspectos complejos más allá de la realización de trazos en una superficie (Csuri, 1974). Debido a esto y al interés en profundizar en sus conocimientos para trabajar de manera más autónoma, algunos grupos de artistas comienzan a iniciarse en la programación –la mayoría con el lenguaje de programación Fortran IV, incluso de manera autónoma–, lo que conlleva la aparición de los y las primeras artistas-programadores, una nueva generación de artistas que pasa a programar su propio software para cubrir sus necesidades creativas (Lovejoy, 1996); ejemplo de ello tenemos a Manfred Mohr, Duane Palyka, Edvard Zajec o Vera Molnár.

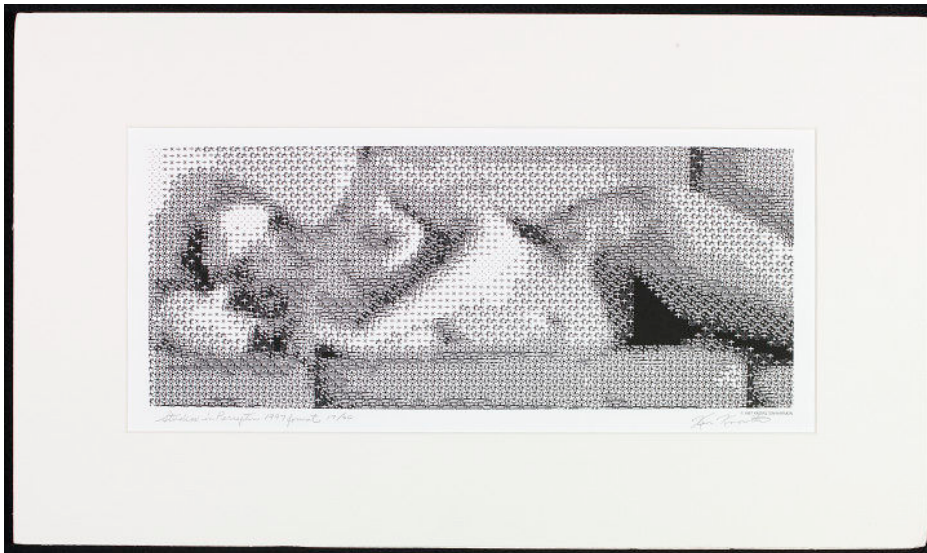


Figura 3. Leon Harmon y Ken Knowlton, *Studies in perception I* (1967), 32,3 x 55,6 cm (montaje incluido). Extraído de Victoria and Albert Museum©

Cabe mencionar, que una de las mayores dificultades en la realización de programas para generar gráficos en esta época radica en que éstos se diseñan y generan para una tarea y computadora específica, por lo que antes de comenzar a trabajar es necesario planificar el método de trabajo para determinado resultado (Kawano, 1968). Por tanto el programa generado por una persona no sirve para

el resto de artistas que trabajan con otras computadoras en otros centros, es decir, prácticamente para cada actividad se establece la necesidad de diseñar un programa específico que ejecute lo que la mente del artista idea.

El trabajo producido por computadoras en este primer período se considera una moda o movimiento pasajero, y en ciertos aspectos, las críticas hacia estos trabajos se asemejan a la polémica surgida con la invención de la fotografía en el siglo XIX; se remarca la similitud de muchas de las obras generadas, y por tanto una falta de creatividad derivada del uso de una máquina para generar arte. Desde el primer momento se cuestiona o ignora la capacidad de la computadora para este tipo de actividades por considerarla una herramienta muy poderosa pero sin ninguna capacidad creativa, sin embargo, algunos científicos y científicas, y posteriormente también algunos y algunas artistas, defienden su uso en el ámbito artístico aludiendo a la gran cantidad de posibilidades que ofrece para explorar y experimentar aspectos que hasta el momento no habían sido posibles con otros medios. De este modo, una variedad de autores (Csurí, 1974; Dietrich, 1985; Landsdown, 1997; Noll, 1968) hablan de la computadora como elemento liberador para el arte e indican que las imágenes producidas en esta época, contrariamente a lo que se pensaba, presentan ciertas vertientes en cuanto a estilo, lo que muestra variados intereses e inquietudes entre las artistas y los artistas en cuanto a los aspectos formales y conceptuales de sus obras. De este modo, encontramos a artistas que fijan su interés en:

1. La visión constructivista del arte, enfocada a trabajar aspectos relacionados con el acto de ver y la percepción, como por ejemplo, A. Michael Noll.
2. La visión más encaminada hacia el arte cinético y el Op art, como puede ser el caso de Vera Molnár (Fig.4a) y otros miembros del GRAV (*Groupe de Recherche d'Art Visuel*) en Francia.
3. La creación de obras a partir de cálculos matemáticos y combinatorias con un sesgo más conceptual, como es el caso Manfred Mohr, que centra toda su investigación gráfica en el hipercubo.
4. La representación de imágenes reales, como es el caso de las obras de Charles Csurí, que mediante una serie de números establece las coordenadas de la imagen a crear, las obras de Knowlton y Harmon, así como las metamorfosis de objetos generadas por el grupo japonés *Computer Technique Group* (CTG) (Fig.4b).

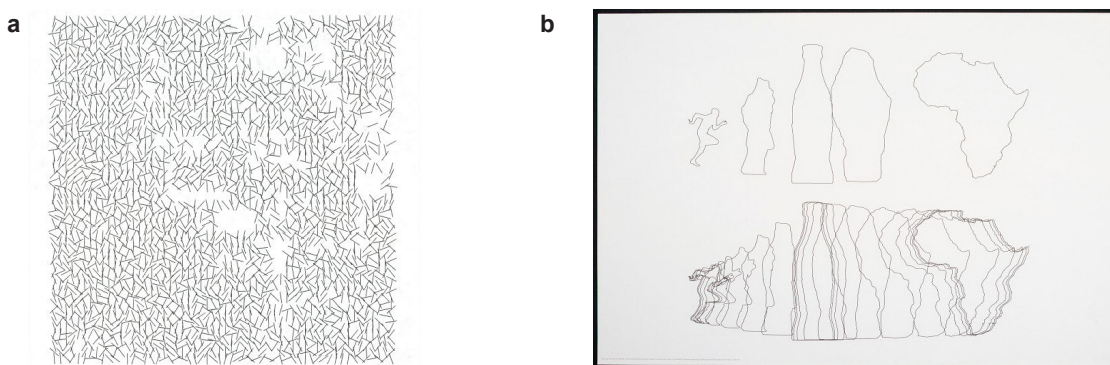


Figura 4. Diversas búsquedas formales y conceptuales llevadas a cabo en el primer período del arte generado por computadora: (a) Vera Molnár, *Interruptions* (1969), 28 x 21,8 cm. Extraído de Victoria and Albert Museum©; (b) Computer Technique Group, *Running Cola is Africa* (1968), 50,6 x 75 cm. Extraído de Victoria and Albert Museum©

En esta fase de finales de la década de los años sesenta en la que artistas, científicos y científicas trabajan de manera conjunta pero también independiente es cuando comienzan a surgir diversas actividades como reuniones, grupos de trabajo, simposios y exhibiciones a lo largo del mundo con un eje central bien definido: la incorporación de la computadora en el ámbito artístico. Como se puede observar en la Figura. 5, 1968 y 1969 son los años que concentran mayor cantidad de actividades, entre las que cabe destacar:

- Computer and Visual Research

Se trata del cuarto evento (Tendencias 4) celebrado entre 1968 y 1969 organizado por el grupo *New Tendencias* fundado en Yugoslavia en 1961.

El principal interés de este grupo, compuesto por artistas de varias nacionalidades que trabajan en torno al arte concreto, arte cinético y Op art, se centra en tratar de establecer o formular el arte como método de investigación que se adapte a una nueva época de avances tecnológicos, abordando este progreso no sólo como una herramienta más de creación sino desde una perspectiva más conceptual y teórica, de manera que se puedan establecer nuevas formas de distribución fuera del mercado del arte.

Las mayores aportaciones del grupo se realizan en torno a las implicaciones de las computadoras en el arte, que tiene su máximo exponente en los coloquios internacionales celebrados el 3 y 4 de agosto de 1968 y la exposición bianual del grupo, celebrada del 5 de mayo al 30 de agosto de 1969, ambos en Zagreb.

Pese a desarrollarse prácticamente al mismo tiempo que *Cybernetic Serendipity*, la repercusión de *Computer and Visual Research* resulta mucho menor, debido en parte a que se organiza sin subvenciones ni apoyo corporativo a causa de sus implicaciones político-sociales, pasando desapercibida para el gran público por resultar demasiado vanguardista. Por el contrario, tiene una profunda influencia para las y los artistas, sobre todo europeos, involucrados en el uso de las computadoras, ya que la mayoría participa en las actividades programadas, convirtiéndose en un importante foro de discusión e intercambio de ideas en torno a la investigación visual (Klüstch, 2005).

Entre 1968 y 1972, la *Galerije Grada* de Zagreb crea la innovadora revista *Bit International* de la que se publican solamente nueve números, pero que resultan de gran interés para conocer, de la mano de las y los participantes en los coloquios y exhibiciones, la investigación llevada a cabo sobre el potencial estético, científico y político de la computadora. En los números 2 y 3 de la publicación se recogen las ideas planteadas en el coloquio internacional *Computer and Visual Research* por parte de relevantes participantes como Abraham A. Moles, Alberto Biasi, Hiroshi Kawano, Michael A. Noll, Frieder Nake, Matko Meštrović o Leslie Mezei, que ayudan a comprender el contexto de las obras generadas en esta época.

Pese a que el grupo y sus aportaciones permanecieron en el olvido durante años, conceptos clave que surgieron de estas reuniones se volvieron a retomar a finales de los años noventa del siglo veinte, dejando constancia del carácter vanguardista del grupo (Fritz, 2008).

- Cybernetic Serendipity

Pese a que ya se venían realizando exposiciones y otras actividades tanto en Europa como en Estados Unidos tratando la relación entre arte y tecnologías, *Cybernetic Serendipity*, celebrada en el Institute of Contemporary Art (ICA) de Londres entre el 2 de agosto y el 20 de octubre de 1968 y comisariada por Jasia Reichardt, a partir de la sugerencia de Max Bense merece una mención especial. Se trata de la primera gran exhibición en el ámbito del arte electrónico y digital, y la primera en celebrarse en el Reino Unido, cuyo fin es dar a conocer las diversas formas de aplicación de la computadora en diferentes ámbitos artísticos como la realización de gráficos, composiciones musicales, cine, danza, literatura, instalaciones, etcétera.

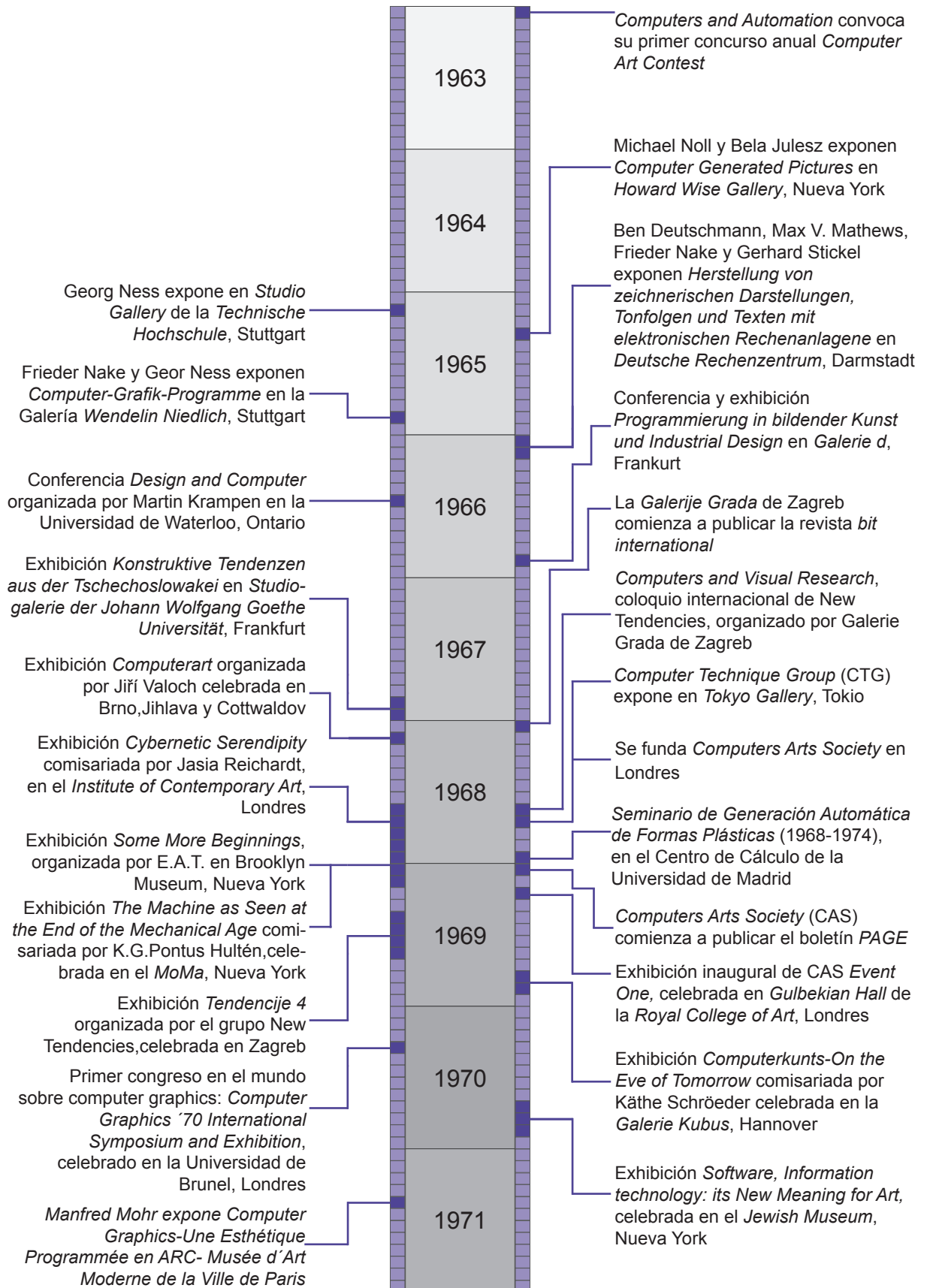


Figura 5. Resumen cronológico de las más importantes e influyentes actividades del primer período del arte generado por computadora

Organizar la exhibición lleva a Reichardt cerca de tres años de trabajo y viajes a Estados Unidos para obtener la ayuda y financiación suficiente. Así, consigue reunir alrededor de £20.000 provenientes sobre todo del sector privado gracias a la colaboración de IBM USA, Boeing, General Motors y Calcomp entre otros, que también ofrecen asistencia técnica (Mason, 2008), posiblemente con la doble intención de dar a conocer sus avances y obtener así cierta publicidad con el evento.

Con la idea de mostrar los proyectos que en ese momento se realizan en diferentes lugares del mundo, esta exhibición cuenta con la colaboración de alrededor de 130 participantes provenientes tanto de América como de Europa. En su mayoría se trata de personas involucradas en el ámbito de la ingeniería, diseño de sistemas informáticos y filosofía, mientras que tan sólo 43 se dedican a la composición musical, poesía o artes plásticas, dejando entrever aún la dificultad de los y las artistas para acceder a las computadoras, como se ha señalado anteriormente. Entre los participantes destacan figuras importantes de la época como Charles Csuri, Frieder Nake, A Michael Noll, John Whitney, así como otros artistas no tan vinculados con lo digital pero que trabajan con máquinas como Jean Tinguely and Nam June Paik, o incluso pintores y pintoras que no utilizan computadoras pero que en sus obras se vislumbra cierta relación con el cálculo matemático, todo ello para contextualizar de alguna manera las obras generadas por computadora (Fig.6).



Figura 6. Vista de la exhibición Cybernetic Serendipity. Extraído de J. Reichardt, *Cybernetics, art and ideas* (p.12)

Pese a que no se realiza ninguna distinción de los trabajos, es decir, las obras de ingenieros e ingenieras aparecen junto a la de poetas o artistas plásticos de manera que el público visitante no pueda conocer quiénes son artífices de cada obra, la exhibición se divide en tres secciones: 1) gráficos, videos, música, poemas y textos generados por computadora; 2) dispositivos y entornos cibernéticos, robots por control remoto y máquinas de pintar; 3) máquinas que demuestran los usos de las computadoras y un espacio que se ocupa de la historia de la cibernética (Reichardt, 1968).

El fin principal de la exhibición es mostrar las posibilidades que están empezando a surgir para la generación de ideas y objetos contemporáneos a través de la vinculación de la tecnología cibernética y los procesos creativos, además de ofrecer conferencias y visionados sobre el impacto de

las computadoras en diversas áreas de conocimiento. Con ello también se llega a plantear una cuestión interesante que se repetirá a lo largo de los años y que la propia Reichard (1971) menciona “*should these computer graphics hang side by side with drawings by artists in museum and galleries, or should they belong to another, as yet unspecified, category of creative achievement?*”(p.11).

Como indica Mason (2008), debido a la temática de la exhibición, la repercusión de ésta no se puede comparar con la de otras exposiciones celebradas en el país en fechas similares, ni en cuanto a presupuesto ni en cuanto al número de visitantes, sin embargo, debido a su carácter novedoso la exposición llega a recibir entre 45.000 y 60.000 visitantes (según diversas publicaciones), una cifra nada despreciable teniendo en cuenta su carácter rupturista en muchos aspectos. También cabe mencionar el impacto mediático sin precedentes que obtiene, recalcando su carácter innovador, así por ejemplo, el programa de televisión *Late Night Line-up* de la BBC Two dedicó su programa del 1 de agosto de 1968 a la exhibición, mostrando de la mano de Reichardt algunas de las obras más representativas de la misma (Ayers y Fentiman, 1968).

Todo esto lleva a plantear la exhibición itinerante de *Cybernetic Serendipity* por Estados Unidos, pero debido a problemas en el transporte de las obras y los daños que algunas de ellas sufren, únicamente se lleva a cabo la exhibición en la Corcoran Gallery de Washington DC y después en el Exploratorium de San Francisco, entre los meses de septiembre y octubre de 1969, que debido al éxito se prolonga hasta el mes de diciembre (Fernandez, 2008).

Pese a todo, la aceptación del público no libra a la exhibición de las reticencias de las y los críticos de arte, ya que, cabe señalar, como también indica Lieser (2010), que el arte generado por computadoras no es debidamente atendido por este colectivo ni por los museos de arte moderno, ni por las historiadoras y los historiadores.

Los principales comentarios sobre *Cybernetic Serendipity* se centran por un lado en cuestionar si lo que se expone en ella realmente puede considerarse arte, mientras que por otro lado se presta atención al carácter lúdico de la exhibición. Para ciertas personas la unión de arte y tecnología no es apropiada para generar arte, mientras que contradictoriamente, otras aluden a su falta de innovación; así Weatherson (1968) citado por Fernandez (2008) indica que “*The computer may be able not so much to enlarge our concepts of art as to widen immeasurably our knowledge of what is not art*” (p.16), al igual que Amaya (1968) citado por Usslemann (2003) que sigue la misma línea cuando dice “*I am left with the sneaking suspicion that much of this exhibition has little to do with art as such. In fact, the show seems to be telling us more about what art is not, rather than what it could be*” (p.391).

- Computer Arts Society

Computer Arts Society (CAS) se crea en septiembre de 1968 para propiciar la comunicación entre artistas y facilitar el intercambio de métodos de trabajo o resultados obtenidos, debido a que pese a la creciente actividad en torno a la creación por medio de computadoras, apenas existen publicaciones o lugares destinados a estas cuestiones (The Computer Arts Society, 2019).

Esta asociación que surge en Londres es una de las primeras involucradas en promover el uso de las computadoras desde un punto de vista creativo, y se crea a la par que la exhibición *Cybernetic Serendipity*, celebrada en Londres; es más, los tres fundadores de la asociación (Alan Sutcliffe, George Mallen and John Lansdown) estuvieron vinculados a ella de un modo u otro.

CAS permanece en activo entre 1968 y 1985, tiempo en el que se convierte en uno de los grupos más productivos durante este período, organizando conferencias y exposiciones, así como publicando su boletín *PAGE*, que inicia su andadura en Abril de 1969 y se convierte en uno de los pilares de la asociación ya que artistas importantes de la época exponen sus ideas y trabajos en ella, siendo en la actualidad una importante fuente de documentación sobre los primeros años de la creación a través de computadoras.

El interés que suscita esta asociación para la comunicación entre artistas ocasiona que poco después de su formación, en 1970, alcanzara 377 miembros de 17 países además de bibliotecas y otras instituciones que se sumaron a ella, lo que condujo a la creación de otras sedes de CAS en Amsterdam (1970) y en Estados Unidos (1971) dentro del ámbito de la Universidad de Michigan (Mason, 2008).

Casi veinte años después la asociación, su actividad y su boletín vuelven a restablecerse, esta vez con la intención de catalogar todo su archivo en proyectos llevados a cabo junto con la Universidad de Londres; finalmente el archivo pasa a formar parte de la colección de *Computer Art* del Victoria & Albert Museum aunque también es posible consultar parte de la documentación a través del archivo online de la web del CAS.

- Seminario de Generación Automática de Formas Plásticas

Se trata de uno de los seminarios organizados por el Centro de Cálculo de la entonces denominada Universidad de Madrid, que tienen lugar entre 1968 y 1974.

El Centro de Cálculo, se funda mediante un acuerdo realizado entre la Universidad e IBM el 13 de Enero de 1966 para llevar a cabo labores de investigación y enseñanza. Mediante dicho convenio la multinacional cede a la universidad varios de los equipos informáticos más punteros de la época, pasando a ser el primer edificio de España en diseñarse específicamente para albergar una computadora (Fig. 7). Además, el acuerdo contempla por parte de IBM una aportación económica en concepto de becas para la investigación, gestionado por el Patronato del Centro, compuesto por el Rector, el Presidente de IBM y varios catedráticos, pasando a convertirse en uno de los centros más punteros y equiparable al de otros países (Briones, 2012).



Figura 7. Consola de la computadora IBM7090 del Centro de Cálculo. Extraído de A.E. López, *El Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid (1965-1982)*, (p.14)

El Centro de Cálculo se inaugura oficialmente el 7 de mayo de 1969 aunque éste ya llevara cerca de un año funcionando. En el texto de presentación, el rector de la Universidad explica, tal y como indica López (2013), que el fin del mismo es dar cabida a todos los centros universitarios y de investigación de España además de organizar cursos y acoger propuestas en las que la computadora pudiera facilitar una vía de estudio.

Para la dirección del Centro se elige a Florentino Briones Martínez, y durante ese primer año ya surgen los primeros seminarios como los de “Lingüística matemática”, “Ordenación de la construcción”, “Valoración del aprendizaje” y “Composición de espacios arquitectónicos”, organizados por el subdirector del Centro, Ernesto García Camarero, que será el impulsor de los seminarios, junto con Mario Fernández Barberá, elegido como coordinador y a su vez representante de IBM en el Centro, y que además es coleccionista de arte contemporáneo.

Debido a la experiencia previa de los tres en el ámbito internacional, desde el principio deciden llevar a cabo una serie de seminarios de diversa índole que ahonden en una nueva forma de pensamiento y creación interdisciplinar que interrelacione ciencia y arte, algo que jamás se había visto antes en España, y que permite a sus participantes formar parte de lo que sucede en otras partes del mundo.

Una de las características principales de estas reuniones que se celebran quincenalmente es que no existen jerarquías ni reglamentos, es decir, cualquiera de los participantes puede aportar sus conocimientos e intercambiar ideas en el grupo de manera libre, en parte, porque el trabajo con computadora aún es algo novedoso para la mayoría (García, 2012).

En este sentido, el seminario de Generación Automática de Formas Plásticas es uno de los que más repercusión tiene, posiblemente debido a que su organización surge en cierta medida por el interés de pintores como Manuel Barbadillo y José Luis Alexanco en aplicar la informática a su obra. Varios autores (Castaños, 2000; García, 2006; Briones, 2012;) indican que los años más fructíferos de este seminario son los dos primeros, es decir, los cursos 1968-1969 y 1969-1970, en los que las ideas y propuestas surgidas se muestran en el boletín del Centro y otras actividades relacionadas (Fig. 8).



Figura 8. Primera reunión del Seminario de Generación Automática de Formas Plásticas del CCUM el 18 de diciembre de 1968. De izquierda a derecha: E. Delgado, Irene Fernández Florez, Abel Martín, E. Sempere, M. Barbadillo, J.M. Yturralde, Aguilera Cerni, Guillermo Searle, E.García Camarero, Fernando Álvarez Cienfuegos, María Fernández Barberá, A. García Quijada, Isidro Ramos, Soledad Sevilla, J.M. de la Prada Poole, Manuel Casas y J. Seguí de la Riva Extraído de A.E. López, *El Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid (1965-1982)*, (p.90)

Al hilo de esto, resulta interesante ver cómo Ernesto García Camarero, después de haber transcurrido el primer año del seminario, expresa en el boletín del Centro de Cálculo la intencionalidad del mismo, que tiene semejanzas con manifestaciones de otros grupos surgidos en Europa, tal y como se muestra en Carrillo, Estella y García (2005):

En resumen, la pretensión del grupo que participa en el Seminario de Generación Automática de Formas Plásticas formado por un interés científico-artístico y no por un afán snob y exitista con vistas a la mercantilización, es formalizar en lo posible la

descripción objetiva de la obra, y analizar su semántica. Hasta el presente los resultados son escasos, o se nos oculta la dificultad de la tarea y somos conscientes de que no todo es automatizable. [...] ya que no pretendemos reducir toda actividad intelectual, científica o artística, a puro mecanismo, pero sí desglosar esa actividad en un aspecto puramente creador de otro más bien mecánico, y de esta forma aumentar la capacidad creadora liberándola de la servidumbre condicionada por lo reiterativo y mecánico (p.21).

Así, a la clausura del primer año, se organiza, en el sótano del Centro de Cálculo, la que puede considerarse la primera exhibición pública realizada en España sobre el potencial del ordenador para generar arte. El título elegido, *Formas Computables*, se debe a que se exhiben trabajos realizados por computadora pero también propuestas susceptibles de poder generarse de dicha manera; se muestran obras de artistas considerados como antecesores (Mondrian, Vasarely y Equipo 57) y trabajos de una variedad de participantes del seminario como son Alexanco, Amador Rodríguez, Manuel Quejido, Eduardo Sanz, Soledad Sevilla, Elena Asins y Lily Greenham, además de las obras de Barbadillo, Eusebio Sempere e Yturralde, que también participan en el seminario y cuyas obras son las únicas en las que se emplea la computadora (Briones, 2012). Junto con la exhibición se organizan otras actividades relacionadas con el tema de la informática y el arte, y también se publica el libro *Ordenadores en el arte*, que pasa a ser la publicación más importante de toda la historia del seminario (Castaños, 2000). Toda esta actividad tiene cierto eco en el ámbito internacional, lo que permite poner a España en el centro de la investigación sobre computadoras y arte. De esta manera, para finales del curso 1969-1970 vuelve a organizarse otra exhibición, esta vez denominada *Generación Automática de Formas Plásticas*, que atrae a figuras importantes de la escena internacional como Abraham Moles, Alan Sutcliffe y H.W. Franke que presentan conferencias, y se muestran obras de artistas como Ashworth, Lecci, Mezei, Milojevic, Nake, Nees, Noll, Radovic y Saunders junto con los trabajos de los y las participantes en el seminario como Alexanco, Barbadillo, Gerardo Delgado, Tomás García, Gómez Perales, Lugan, Quejido, Soledad Sevilla y Sempere (García, 2012).

A partir de este segundo curso las actividades expositivas continúan fuera del Centro de Cálculo: En el Ateneo de Madrid se celebra en 1971 la exposición en la que participan miembros del seminario como Alexanco, Delgado, García, Gómez Perales, Lugán, Martín, Quejido, Salamanca, Seguí, Sempere, Sevilla e Yturralde, denominada *Formas Computadas*. Algunos y algunas también participan en los *Encuentros de Pamplona* de 1972 y en la exhibición itinerante que tiene lugar también ese mismo año, *Impulsos: Arte y Ordenador*, celebrada en Madrid impulsada por el Goethe Institute, e inicialmente generada en Hannover bajo el nombre *Computerkunts-On the Eve of Tomorrow*, que se considera una de las más importantes acontecidas a nivel internacional, reuniendo la obra de las y los artistas más destacados de este primer período provenientes de Estados Unidos, Japón, Reino Unido o Alemania.

Sin embargo, el interés de este círculo de artistas se va diluyendo de manera que muchos de ellos van abandonando el seminario, hasta que en 1974 éste pasa a fusionarse con el seminario de música para formar uno nuevo denominado "Arte e Informática", que se mantiene en marcha hasta 1982.

Estos ejemplos, que muestran la llegada de la era electrónica a la sociedad, son una pequeña muestra de las exposiciones y actividades celebradas en esta primera fase en la que artistas, científicos y científicas trabajan de manera conjunta pero también independiente. Entre otras exhibiciones que se producen a la par de las mencionadas o que surgen a raíz de éstas, se pueden mencionar *Some More Beginnings*, organizada por el E.A.T en el Brooklyn Museum de Nueva York (noviembre de 1968-enero de 1969), *The Machine as Seen at the End of the Mechanical Age*, comisariada por K.G.Pontus Hultén y celebrada en el MoMa de Nueva York (noviembre de 1968-febrero de 1969), *Event One*, celebrada en el CAS de Londres (noviembre de 1968- febrero de 1969), o entrando ya en la década de los setenta, *Software, Information technology: its New Meaning for Art*, organizada por Jack Burnham en el Jewish

Museum de Nueva York (septiembre-noviembre de 1970) y la exhibición individual de Manfred Mohr titulada, *Computer Graphics-Une Esthétique Programmée*, realizada en la Animation-Recherche-Confrontation (ARC) - Musée d'Art Moderne de la Ville de Paris celebrada en Mayo de 1971, una muestra histórica por tratarse de la primera exhibición individual en un museo compuesta por trabajos realizados íntegramente con una computadora y dibujados mediante un plóter, en la que además los una gran variedad de visitantes puede ver en funcionamiento este dispositivo y observar parte del proceso de trabajo in situ (Fig.9).



Figura 9. Exhibición *Computer Graphics-Une Esthétique Programmée* (1971): a) Manfred Mohr rodeado de visitantes frente al plóter; b) Visitantes de la exposición observando el plóter en funcionamiento. Extraído de Rainer Mürle. Recuperado de <http://www.emohr.com/paris-1971/p1.html>

Todas estas exhibiciones muestran públicamente los primeros resultados obtenidos mediante la hibridación de las computadoras y el arte, siendo sus catálogos una interesante fuente para conocer el interés en ahondar sobre esta nueva forma de crear. Unas resultan más exitosas que otras en cuanto al número de visitantes, sin embargo, también surgen voces detractoras relacionadas con la crítica de artística que en gran medida no entienden el interés por mezclar dos ámbitos tan dispares como arte y ciencia –que paradójicamente siempre han ido vinculados de alguna manera–, posiblemente a causa del poco interés mostrado hacia estas nuevas formas de creación y a la falta de conocimiento de la crítica sobre las computadoras y sus posibilidades, mostrando en los textos de revistas de arte una visión jocosa (Csuri, 1974).

Por este motivo el arte generado por computadoras, sobre todo en su primera fase, que alcanza hasta la década de los setenta, no ha sido debidamente estudiado, a excepción de unos pocos autores y autoras, cuando en realidad se trata de un período que hoy día tiene mayor relación con la escena contemporánea que otras corrientes artísticas más reconocidas.

Cabe recordar, además, que estas demostraciones artísticas tienen lugar en plena Guerra Fría y alrededor de un año muy convulso políticamente, 1968, lleno de protestas masivas y movilizaciones ciudadanas alrededor del mundo, que marcan un antes y un después en la historia del siglo XX. Ejemplo de ello tenemos las protestas estudiantiles contra la guerra de Vietnam o el asesinato de Martin Luther King en Estados Unidos, las manifestaciones de mayo del 68 de París, con la ocupación de la

Universidad de la Sorbona, la primavera de Praga u otras tantas protestas de estudiantes como las ocurridas en Japón o Reino Unido mientras que en España la dictadura de Franco seguía manteniendo al país sumido en una profunda represión. Debido a esta situación, el nivel de desarrollo de los diversos países en cuanto al uso de las computadoras, y concretamente el uso de las computadoras en el arte, así como la forma de plantear las exhibiciones muestran una gran diversidad. Tal sería el caso del Reino Unido y España.

En el país anglosajón la dotación de computadoras en las universidades comienza de manera muy temprana a mediados de la década de los cincuenta, cuando algunas universidades abordan la creación de sus propias computadoras, mientras que otras empiezan a dotarse con ellas. En ese momento, y favorecido por una buena situación económica del país que facilita la inversión en investigación, la *University Grants Committee* (UGC) se da cuenta de la importancia de estas máquinas como herramientas imprescindibles para mantener el nivel científico y tecnológico adquirido hasta entonces, desarrollando para ello en esta primera época, un plan en tres fases para la dotación de computadoras en las universidades hasta 1965, año en que 23 universidades llegan a disponer de estos dispositivos (Agar, 1996). Por otro lado, la creación de las politécnicas a partir de 1967, que unen las disciplinas tecnológicas con las artes, permite invertir mayor cantidad presupuestaria en las instituciones, y pese a generar fuertes desavenencias iniciales, brinda a los y las artistas la posibilidad de comenzar a experimentar con la computadora y el plóter como dispositivo de salida de las imágenes generadas, fomentando un caldo de cultivo apropiado para el trabajo interdisciplinar durante el primer lustro de la década de los setenta, de modo que los primeros artistas en obtener sus doctorados en estas sedes lo hacen gracias a trabajos con base tecnocientífica (Mason, 2008).

La situación política del Reino Unido también facilita el contacto e intercambio artístico con otros países europeos y con Estados Unidos, generando el panorama apropiado para celebrar exhibiciones como *Cybernetic Serendipity*, que pese a tener gran repercusión mediática y de asistencia como ninguna otra exposición que vinculara la computadora y el arte lo había hecho hasta el momento, plantea también algunas opiniones críticas: la exhibición, al girar únicamente sobre las posibilidades que ofrecen las computadoras, muestra una gran disparidad estética en los trabajos expuestos y no se ahonda en los logros conseguidos en el ámbito artístico, considerando en consecuencia, que las piezas presentadas no podían considerarse arte. Además, en opinión de las personas detractoras, el hecho de que algunas piezas requirieran la interacción con el público hace que la exhibición pareciera más una feria de entretenimiento que una exposición artística.

Sin embargo, las críticas más significativas surgen por la poca implicación política de la exhibición tildándola de ingenua por no ahondar en estas cuestiones, tal y como expone Usselman (2003):

not a single mention of the real driving force behind computer technology of the 1940s, 1950s and 1960s can be found in the exhibition catalogue or in most of the accompanying press coverage: the demands of the U.S. war economy. Concerning computer technology's supervening social necessity of the late 1960s, Cybernetic Serendipity excelled only in its conspicuous silence. This glaring omission is particularly poignant at a time of heightened global tensions, war in the Far East and political unrest in most major Western capitals. Cybernetic Serendipity, without doubt, failed to address what needed addressing; it did not balance the potential for entertainment with the need for critical reflection. It created a huge amount of enthusiasm about technology without revealing its hidden agenda or indeed its true potential (p. 394)

Si se tiene en cuenta que muchas de las empresas importantes relacionadas con la computación, que tenían vinculación más o menos directa en asuntos militares, financiaron económicamente parte de la exhibición y ofrecieron ayuda técnica sin la que no habría resultado posible organizar una exhibición

del calibre de *Cybernetic Serendipity*, es posible entender esta neutralidad. Por otro lado, también hay que comprender como indica Klütsch (2005), que los actos subversivos del 68 no tienen tanta fuerza en el Reino Unido como en el resto de Europa, lo que favorece que la exhibición se planteara desde una perspectiva más neutra, ensalzando una visión más liviana de las implicaciones de la computadora con los asuntos político-militares.

En España, la situación resulta ser totalmente diferente. A mediados de la década de los sesenta el país se encuentra en plena dictadura franquista (1935-1975), un momento histórico en el que, inmerso en la oscuridad política, el país se mantiene lejos del progreso social, científico y cultural que recorre el resto de Europa. A diferencia del Reino Unido, en España las primeras computadoras comienzan a adquirirse alrededor de 1960 por parte de la banca, el comercio o la industria, pero también algunos laboratorios de cálculo vinculados a estudios de ingeniería en la universidad, y sus usos se centran básicamente en cuestiones de cálculo y otras tareas administrativas (García, 2012). Sin embargo, debido en parte a las restricciones del Régimen, el acceso a éstas para fines relacionados con la investigación es muy dificultoso, por lo que la informática apenas está desarrollada ni tiene repercusión en el país.

El acuerdo de IBM con la Universidad de Madrid en 1966 supone una gran posibilidad de apertura para las personas interesadas en la investigación a través del uso de las computadoras, debido a que es la única oportunidad que existe en toda España para acercarse a una herramienta que ya comenzaba a ser más habitual en universidades y centros de investigación de otros países. Pese a que este convenio es beneficioso para un conjunto de investigadores, también cabe pensar en la repercusión positiva que ésta tiene tanto para IBM, ya que permite dar a conocer un producto que aún es prácticamente desconocido en España, como para la propia imagen del país en el mundo, dando la sensación de una política más abierta y encaminada hacia el progreso. De esta manera, en palabras de López (2103) se inicia “una nueva forma de producción cultural, y lo hizo al mismo tiempo que estaba sucediendo en todo el mundo, lo que permitió a un grupo de intelectuales españoles no sufrir el «retraso histórico» consustancial a nuestro país” (p.30).

Pese al entusiasmo generalizado de las personas participantes en los seminarios del Centro de Cálculo y la posibilidad de conocer otras realidades y métodos de trabajo fuera de España, cabe destacar que las exhibiciones organizadas en la época son pocas y dependientes en gran medida del propio Centro de Cálculo, por lo que después de ese interés inicial –que dura poco tiempo–, cuando éste comienza a decaer, el número de exhibiciones también lo hacen. Las causas de este desvanecimiento se deben posiblemente a la falta de apoyo de la universidad, la lentitud burocrática, el cambio de dirección de los seminarios, que comienzan a jerarquizarse, así como la evolución personal de las y los propios artistas, que en algunos casos supone cierto escepticismo ante las potencialidades iniciales concedidas a la computadora.

Esta pérdida de interés, que en España se ve representado por artistas como Alexanco e Yturralde –ya que sólo Manuel Barbadillo y Elena Asins continúan con el uso de la computadora–, no ocurre de manera tan exacerbada en el Reino Unido, donde grupos dirigidos por artistas prosiguen dando a conocer su trabajo mediante la organización de exhibiciones y proyectos, pese a seguir sin ser aceptados o entendidos por el público o los circuitos artísticos imperantes (Mason, 2008).

En el resto de los países europeos, el desencanto se debe sobre todo a las implicaciones políticas y capitalistas que alcanza el uso de este dispositivo. Esto comienza a suscitar un sentimiento anti tecnológico entre ciertos sectores de la sociedad y también entre la comunidad artística, que va abandonando paulatinamente su interés inicial, siendo el caso más representativo el de Frieder Nake, que pasa de ser uno de los pioneros del *Computer Art*, a dejar de producir este tipo de trabajos en 1970, tal y como declara en el boletín *PAGE* del mes de octubre de 1971 bajo el título *There should be no computer art*. En este texto se muestra combativo con el mercado del arte e indica que el mercado del arte es el que crea un nuevo estilo, no los y las artistas, y por tanto, “*I don't see a task for the*

computer as a source of pictures for the galleries" (p.2). Estas ideas que Nake muestra, tan contrarias al uso de las computadoras para generar arte, se van mitigando con el tiempo y para la década de los ochenta reanuda su trabajo como claro exponente del arte generado por computadora.

2.2. La democratización de la imagen electrónica

Varias publicaciones como la de Dietrich (1985) o Lovejoy (1996) relatan que el final de la primera época del arte generado por computadoras y el comienzo de un nuevo acercamiento en la década de los ochenta se ve afectado por importantes avances tecnológicos que cambian la forma de trabajo de los artistas y las artistas:

- La invención de los microprocesadores en 1971, que favorecen la reducción en el tamaño de los equipos informáticos y la bajada de precios, permitiendo la accesibilidad mayor a estos dispositivos.
- La aparición de los primeros software de pintura posibilita sistemas informáticos interactivos, de manera que diversas disciplinas artísticas como la pintura y el dibujo, la fotografía, la escultura o la grabación de video, pueden producirse y reproducirse en la computadora.

Estos avances fomentan la popularización de las tecnologías, de manera que la sociedad tiene la oportunidad de acercarse a ellas mientras que un amplio grupo de artistas ven la ocasión de comenzar a adquirir los dispositivos necesarios para trabajar de manera independiente sin necesidad de tener grandes conocimientos informáticos. A este respecto es interesante ver cómo comienza a aflorar un nuevo interés y entusiasmo hacia los ordenadores por parte de una variedad de artistas, tal y como muestra el estadounidense Mark Wilson en su libro *Drawing with Computers* (Wilson, 1985), en el que habla sobre la nueva forma de trabajar y sus posibilidades, y describe los dispositivos existentes en el mercado en función de sus potencialidades para la creación artística (Fig.10).

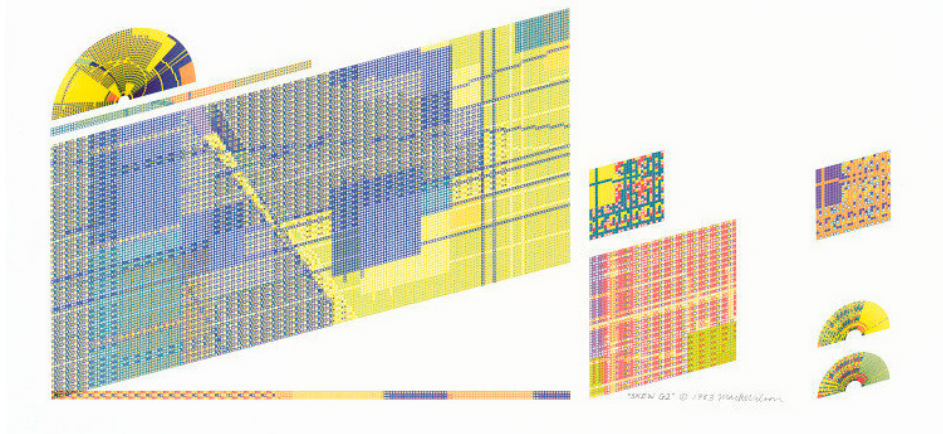


Figura 10. Mark Wilson, *Skew G2* (1982), 50,7 x 94,4 cm. Extraído de Victoria and Albert Museum©

En esta nueva década cabe destacar el florecimiento de las empresas informáticas, que tienen que hacer frente a una fuerte competencia; IBM tiene una larga trayectoria, pero a partir de la segunda mitad de los años setenta aparecen Commodore, Microsoft y Apple, con una visión innovadora gracias a los

ordenadores personales que copan el mercado e inundan todos los ámbitos de la sociedad: colegios y universidades, grandes corporaciones y empresas más pequeñas, incluso domicilios particulares y estudios de artistas, fomentando la democratización de las tecnologías digitales. Un ejemplo de la disputa por obtener el control del mercado se ve claramente cuando en agosto 1981 IBM lanza su PC 5150 con un gran éxito, pero al año siguiente aparece el Commodore 64, uno de los ordenadores más populares y que con más fuerza irrumpe en el mercado debido a su competente precio. Estos ordenadores personales disponen de interfaz de usuario gracias a la tecnología *WYSIWYG* (*What You See is What You Get*) y por tanto deja de ser necesario conocer el lenguaje de programación, ya que lo que se ve en la pantalla es lo que se obtiene con un dispositivo de salida.

Casi al mismo tiempo comienzan a surgir diferentes tipos de software para generar o manipular imágenes, como el *Paintbox Graphics System* de Quantel, creado en principio para realizar gráficos para la televisión pero que pronto empiezan a utilizar artistas de renombre. Este nuevo repunte hacia el trabajo creativo mediante el ordenador se ve claramente ilustrado en el programa emitido en 1987 por la cadena de televisión británica BBC titulado *Painting With Light* (Goldsmith, 1987). En él se recogen las impresiones de diversos artistas como Sir Howard Hodgkin, Sir Sidney Nolan, Richard Hamilton o David Hockney (que fue el primer artista en utilizarlo y que siempre se ha caracterizado por apropiarse de las últimas tecnologías para generar arte) sobre el hecho de crear imágenes directamente sobre una pantalla de ordenador mientras trabajan con este programa.

Todo esto aviva las vertientes creativas, que a partir de la década de los ochenta se multiplican. En plena época postmoderna los y las artistas trabajan de muy diversa forma, dando lugar a un eclecticismo sin precedentes: gráficos y animaciones realizadas por ordenador, imágenes digitalizadas, esculturas cibernéticas hasta arte interactivo. La imagen figurativa vuelve a tomar fuerza en las diversas búsquedas estéticas, bien sea mediante la imagen directamente generada en el ordenador, bien a través de la utilización de periféricos como escáneres, que permiten convertir una imagen analógica a una digital susceptible de ser tratada –como es el caso de artistas como Lillian Schwartz o Lera Lubin (Rush, 2002)–, o fotocopiadoras, que ya comenzaron a utilizarse en los años sesenta y que en los ochenta vuelven a repuntar como medio expresivo, y faxes, que a través del movimiento fax-art (Fig.11), tendrán una considerable repercusión.



Figura 11. Ejemplos de Fax-Art: (a) Marisa González, *Estación Fax* (1993), Instalación. Recuperado de <http://marisagonzalez.com/portfolio/fax-art-1972-2013/>; (b) David Hockney, *Tennis* (1989), 259 x 426,7 cm. Extraído de David Hockney©, The David Hockney Foundation

Esta década de los ochenta se caracteriza, además, por una explosión en la compraventa de creaciones de las artistas y los artistas contemporáneos, el repunte del mercado del arte y en un interés generalizado de la sociedad por las prácticas artísticas. En el caso de España, con el espíritu de libertad y transgresión impulsada por la *movida* comienza a generarse un interesante mercado de arte, así, en 1982 se inaugura la feria de Arte Contemporáneo ARCO de Madrid. En el Reino Unido, en 1984 se otorga por primera vez el Premio Turner al mejor artista británico menor de 50 años, y en 1985 el publicista y coleccionista de arte Charles Saatchi inaugura su galería, que se caracterizará por el polémico trabajo de sus artistas, la mayoría pertenecientes a lo que en los años noventa se denominó como Young British Artists (YBA). Sin embargo, la dificultad de las obras generadas con medios informáticos para entrar en estos circuitos aún es bastante acusada, de ahí que surjan festivales como Ars Electronica en 1979 en Linz, la Association for Computer Machinery's Special Interest Group in Graphics (ACM SIGGRAPH) de Estados Unidos que a partir de 1981 organiza una exhibición anual coincidiendo con su conferencia, o que aparezcan organizaciones sin ánimo de lucro como ISEA (Inter-Society for the Electronic Arts) en Países Bajos, que desde 1988 lleva a cabo un simposio internacional anual, así como exhibiciones y talleres para el intercambio de cuestiones relacionadas con el arte, ciencia y la tecnología (Mason, 2008; Lieser, 2010).

En la década de los noventa, aparece uno de los software de retoque fotográfico más influyentes y utilizados, Adobe Photoshop, la posibilidad de utilizar Internet y la World Wide Web, y la comercialización de las primeras cámaras fotográficas digitales, otra remesa de cambios sustanciales que afecta a la universalización de los medios electrónicos y nuevas formas de trabajar que eliminan definitivamente las líneas ya de por sí desdibujadas entre las disciplinas artísticas y la tecnología. De esta manera el arte comienza a construirse en un nuevo alfabeto basado en los ceros y unos del código binario empleado por los ordenadores, que afecta la forma en la que se adquiere y crea el conocimiento, generando un paradigma completamente nuevo para la representación, en la que en muchos casos la interactividad se vuelve imprescindible (Lovejoy, 1996). A su vez, como indica Colorado (2013), mediante la unión de arte y tecnología se produce una falta de definición sobre muchos de los términos empleados para designar las obras creadas por estos medios digitales, lo que ha llevado a denominarlos bajo el término genérico de Arte Electrónico, Arte Digital o Media-Art. Estos conceptos, que en gran medida no convencen ni a bastantes artistas ni a historiadores e historiadoras, han generado confusiones por la amplitud de los mismos, ya que abarcan trabajos dispares que van desde la impresión digital, pasando por la realidad virtual y entornos ficticios, hasta el hacktivismo o net.art.

En las propuestas artísticas que únicamente existen en el ordenador, el propio soporte es a su vez el medio de difusión, evitando en muchos casos la mediación de agentes culturales durante el proceso y creando nuevas vías de creación como forma de rebelión contra la globalización imperante y contra los sistemas establecidos del arte, donde el espectador se convierte en parte indispensable de la obra, dando forma a una nueva cultura visual con gran carga social como es la cibercultura (Salanova y Cabanes, 2010). En el caso de las obras impresas, los medios de difusión siguen siendo los habituales, aunque con algunas dificultades, tal y como se ha señalado anteriormente. Este tipo de trabajos se ha mantenido en los límites de las corrientes convencionales del arte contemporáneo hasta bien entrada la década de los noventa, que es cuando se empieza a generalizar el uso de las tecnologías digitales y surgen centros de investigación como el MideCiant. International Museum of Electrography. Center for Innovation in Art and New Technologies (1990) perteneciente a la Universidad de Castilla-La Mancha en España o el Centre for Fine Print Research (1998) de la University of West England en el Reino Unido, así como museos de arte contemporáneo como Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía (MNCARS) (1992), Museu d'Art Contemporany de Barcelona (MACBA) (1995), Zentrum für Kunst und Medien de Karlsruhe (ZKM) (1997) o la Tate Modern de Londres (2000).

Sólo el ámbito de la impresión digital, objeto de esta tesis, conduce a un resultado objetual, la imagen impresa. Sin embargo, en esta pequeña parcela del arte digital también la variedad es inmensa, ya que como indica Noble (1997) el ámbito de la impresión ha ido acumulando a lo largo de su historia

diversas identidades: como creación de imágenes artesanales, como tipografía, como fabricación industrial o como medio artístico. Con la llegada de la tecnología digital todas ellas se funden en una sola, hasta el punto que cualquier persona con conocimientos sobre ordenadores e impresión puede llevar a cabo trabajos de muy diversa índole.

Hoy día, innumerable cantidad de artistas emplean los medios digitales para generar, manipular e imprimir su trabajo; en ocasiones el proceso se lleva a cabo de forma tan sutil que no se percibe en la impresión final, mientras que otras veces se dejan señales claras de manera intencionada para dar lugar a obras con un aspecto ciertamente artificial que lo identifica como digital (Kushner, 2001). Esta dualidad tiene tantos matices como artistas trabajan con estos medios, y por tanto es realmente difícil realizar una clasificación, puesto que en la mayoría de los casos la combinación de técnicas y corrientes artísticas resulta palpable.

A este respecto la imagen fotográfica quizá sea la que más cambios ha vivido. El uso de las tecnologías digitales ha evidenciado el carácter icónico de la fotografía y la han convertido en medio de información pero también en vía de entretenimiento (véase el caso de las redes sociales como Instagram) debido a la disponibilidad tecnológica existente (cámaras, smartphones, tablets, etc.). Así, la imagen fotográfica inunda todos los ámbitos de la sociedad por esa necesidad imperante de documentar cualquier hecho cotidiano bajo el lema “fotografío, luego existo”, entrando en una nueva era, la postfotográfica (Amelunxen, Iglhaut, Rötzer, Cassel y Schneider, 1996; Fontcuberta, 2015; Shore, 2014). Esta nueva etapa, ha permitido a artistas de todo el mundo superar los motivos por los que la fotografía fue creada –como testigo de la verdad y documentación– y adoptar, tal y como indica Marzal (2014), la imagen fotográfica de forma muy variada valiéndose de los software que permiten su manipulación.

Ante la característica sobrecarga de imágenes de esta época, hay artistas que deciden generar su discurso a partir de imágenes disponibles en Internet, como es el caso de la obra de Penelope Umbricco o Mishka Henner (Fig. 12a). Otros artistas optan por utilizar las posibilidades que ofrecen los software para alterar el concepto de la fotografía como registro de la realidad y generar imágenes que nunca existieron mediante la ocultación de los rasgos de su falsedad y la eliminación de sus huellas enunciativas. De este modo, los artistas, manipulan las fotografías tomadas hasta crear espacios imaginarios (Joan Fontcuberta, Dionisio González, Daniel Canogar, Richard Hamilton) (Fig. 12c) o aunar temporalidades distintas en una sola imagen, como en el caso de *A sudden Gust of Wind* (1996) de Jeff Wall, generando espacios-tiempos que nunca fueron reales.

Paralelamente, hay quienes precisamente basan su trabajo en la idea contraria, es decir, emplean las herramientas de manipulación de la imagen para que su uso sea visible a través de la creación de collages más o menos reales pero que, de alguna manera, muestren cierto artificio para provocar impacto sobre diversas cuestiones en los espectadores y las espectadoras (Ruud van Empel, Victoria Diehl, Marina Nuñez, Aziz+Cucher) (Fig. 12b). En otras ocasiones la fotografía se ve envuelta por un valor más pictórico de la imagen, de manera que puede llegar a perder su referente inicial mediante la suma de trazos pictóricos e incluso adhiriendo materiales a la superficie, entremezclando los preceptos de la pintura y el grabado con la imagen fotográfica, lo que algunos autores han denominado como gráfica expandida (Kushner, 2001; Candiani, 2018; Martínez, 2018), pero el uso de las tecnologías de impresión digital también han permitido otros muchos usos relacionados con disciplinas artísticas como la instalación y la escultura (Fig. 12d y e).



Figura 12. Ejemplos de uso de la impresión digital en el ámbito artístico: (a) Penelope Umbrico, 183 Suns from Flickr (Partial) (2006 en desarrollo), detalle. Extraído de, «Sunriser», de T. Hawk, Flickr. Licencia CC BY-NC 2.0; (b) Victoria Diehl, S/T (2003), 125 x 108 cm. Extraído de Colección Museo Artium©; (c) Dionisio González, 1 Trans-Acciones IV (2014), 110 x 200 cm. Extraído de, «Tres-Acciones 4», de Galerie Richard ©; (d) Eric Beltrán, Las Cuentas del Collar (2017); (e) Ines Doujak & John Barker (2017)

Hoy día, las obras generadas a través del uso de las tecnologías digitales copan las colecciones de museos e instituciones públicas y privadas de todo el mundo, y es habitual verlas expuestas en sus paredes. Sin embargo, la puesta en valor de estas obras, sobre todo de aquellas pertenecientes al primer período del arte digital, que sigue siendo en cierto modo el más incomprendido por la escena actual, sigue haciéndose en gran medida a través de la Web. En este sentido el museo virtual y archivo Digital Art Museum (DAM) creado en 1998 de la mano de Wolf Lieser resulta un interesante recurso para ahondar en el desarrollo de esta tipología artística (si se puede denominar así); además también creó su propia galería de arte, sita en Berlín y que en la actualidad tiene diversas sedes, ante la necesidad de generar un espacio específico en el que se presenten las últimas tendencias sobre arte digital. También cabe destacar The Anne and Michael Spalter Digital Art Collection, una de las mayores colecciones privadas de los primeros años del arte por computadora (Spalter Digital, 2019). En los últimos años también han surgido otros archivos o repositorios *online* como *compArt daDA: the database Digital Art* en 2010, que en este caso parte de un proyecto de la Universidad de Bremen dirigido por el mismo Profesor Dr. Frieder Nake, uno de los pioneros del arte digital, así como Webs que algunos referentes de esos primeros años siguen actualizando con la intención de dar a conocer su trabajo, aún fuera de las corrientes artísticas imperantes, en la mayoría de los casos.

The background of the page is an abstract, colorful pattern composed of various shades of blue, purple, pink, green, and yellow, arranged in a complex, overlapping manner. A solid blue horizontal band runs across the middle of the page, containing the chapter title. Below this band, the background pattern continues, transitioning into lighter shades of blue and white towards the bottom.

CHAPTER 2. OBJECTIVES

The objectives of this dissertation are:

1. To study computer-generated printed images for artistic purposes and analyse evolution from the early years of computer art to the present, focusing on the main activities that have marked relevant milestones in its development.
2. To determine the main digital printing technologies used for artistic creation, their most relevant technical aspects, and the characteristics of the ink types, substrates, the finishing and mounting techniques, and their application in each case.
3. To analyse the problems in the terminology currently used to designate artistic works generated by means of digital printing, and propose a terminology that clearly reflects the materials used in each case, as a first step in establishing appropriate conservation strategies
4. To provide a useful guide to assist conservators and restorers in charge of collections in the identification of digitally printed artworks by using economical and easy methods.
5. To describe the basic aspects involved in the conservation of contemporary art which are applicable to digital prints in art collections, including the photographic documentation of works of art, contemporary restoration theories and criteria for the selection of the most appropriate strategies, and stability tests of the materials in order to obtain a more comprehensive view of the works of art before making decisions such as their reproduction.
6. To assess the stability, durability and changes produced in printed surfaces by means of physical analysis techniques to the most usual deteriorating factors during the exhibition, handling and storage of these artworks in collections, in order to design specific guidelines for their preventive conservation.

The image shows a collection of color calibration charts, likely used in photography or printing. The charts are arranged in rows and columns, featuring various colored squares (magenta, cyan, yellow, black, blue, and white) and a central circular mark. A semi-transparent purple horizontal band is overlaid across the middle of the image, containing the text "CHAPTER 3. METHODOLOGY".

CHAPTER 3. METHODOLOGY

Digital printing is ubiquitous in the contemporary art scene and artists from diverse disciplines employ different technologies, materials and techniques in order to create their artworks. Currently, instead of printing them in their own studios, hiring professional printing services is supposed to be a common practice, as the latter have much more adequate means to achieve the desired finish successfully. Indeed, the wide range of materials available in the printing studios has an impact in museum collections and other institutions since these artworks need to be properly managed taking into account their materiality.

Nowadays, performing interviews is a standard practice in contemporary art museums all over the world to obtain actual data regarding technical information and conservation issues in contemporary art. To deepen the knowledge on the current most employed technologies, substrates and finishing techniques a survey was conducted with printing studios and artists across Spain and the UK. The survey results together with previous theoretical research carried out (in Capítulo 4, 5 and 6) provided useful information in order to select the most employed material combinations for the following experimental research (Fig. 13).

Some of the results of the survey highlighted that one of the most important concerns for artists are the changes in appearance of the artworks over time such as alterations occurred in terms of colour shift, gloss and texture. These surface modifications can prevent the correct understanding of an art piece, therefore, in this thesis experimental research through accelerated ageing tests was designed and performed considering all the above in order to enrich previous research performed by several authors (see section 5.1.). In this chapter a description of the materials, equipment and methods employed for the tests is given.

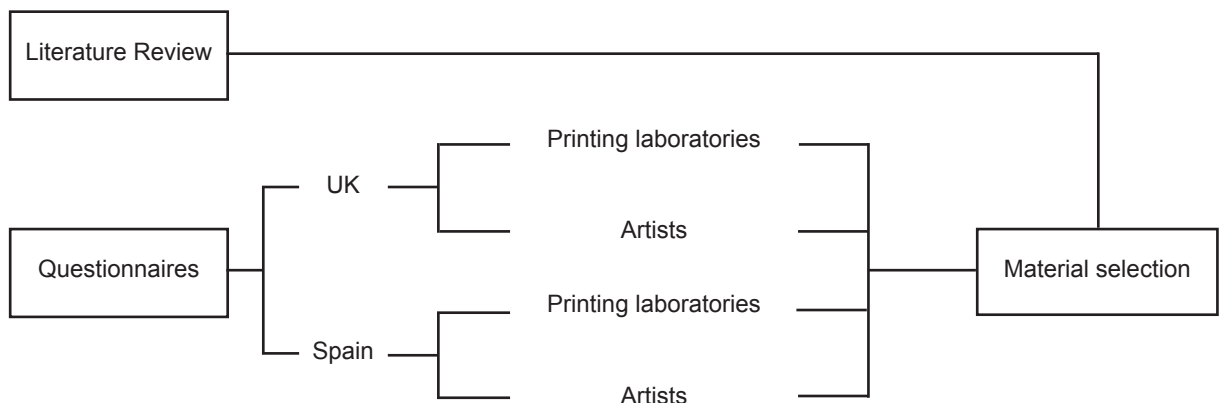


Figure 13. Explanatory diagram showing the technology and material selection for the experimental research

Since the preparation of the samples relied to a large extent on materials and devices used in constantly evolving technical areas, the information gathered is based mainly on the specifications found in the technical data sheets provided by the manufacturers themselves, which have sometimes proved to be certainly scarce, possibly due to restrictions on trade secrets.

1. Selected materials

According to the data collected in Chapter 7 section 1, the following technologies and materials have been selected to perform the experimental design (Fig.14).

Since general characteristics of the technologies, inks and materials available nowadays in the market have been previously described in depth in Capítulo 4, at this point only a description of the characteristics regarding the selected materials is made.

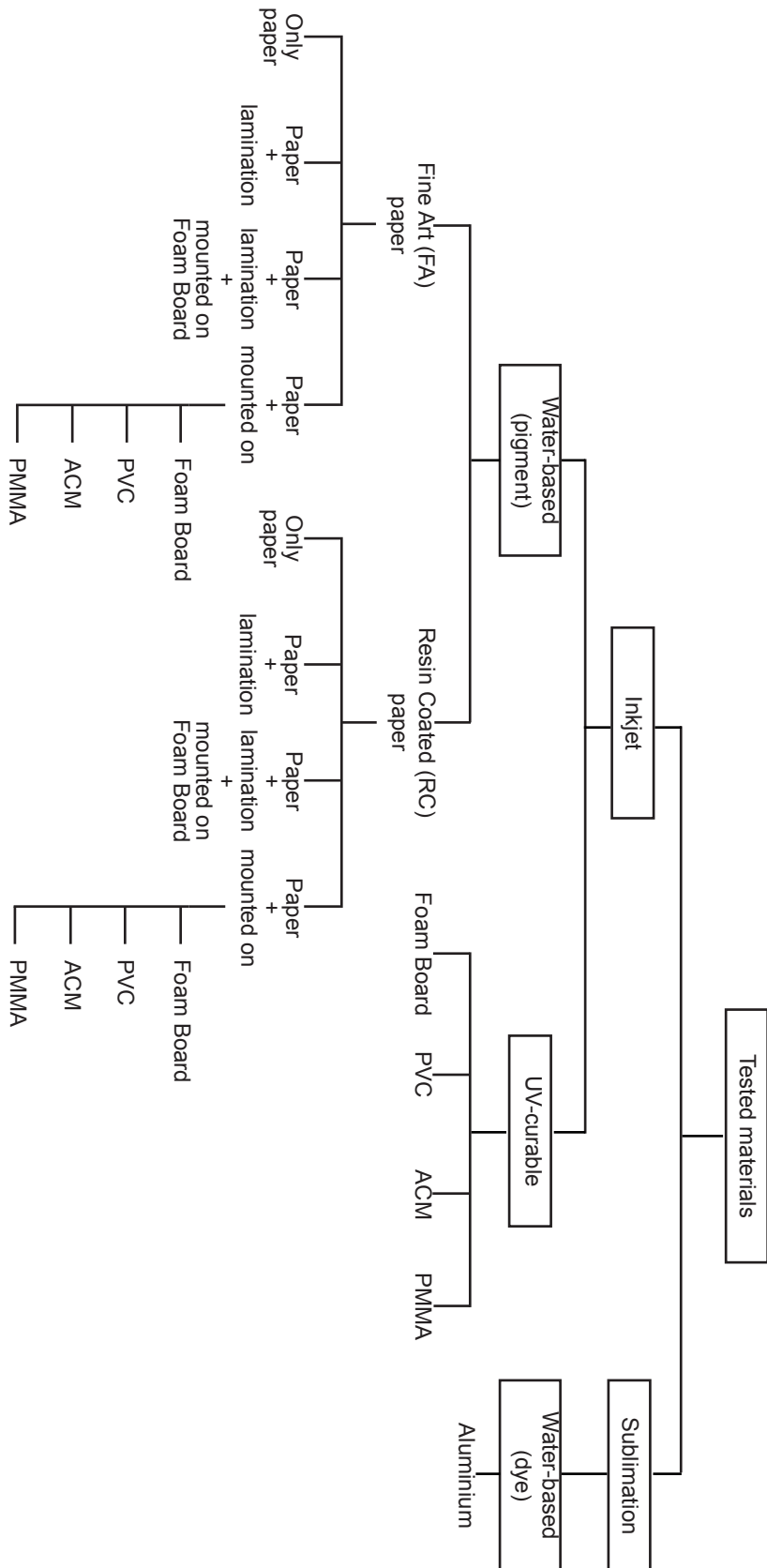


Figure 14. Technologies and materials selected for the experimental design

1.1. Printing devices

The printers selected for this work are widely used in the digital printing sector; Epson is one of the leading companies in the field of wide format printers for Fine Art printing on paper supports, and the *Epson SureColor SC-P20000* one of their newest models, while Océ is one of the benchmarks in UV curing flatbed printers, whose Arizona model is manufactured since 2003.

- *Epson SureColor SC-P20000*

This printer launched on the market in 2016, received the same year in Drupa the prize of the European Digital Press Association (EDP) for the “Best Photo Printer”, which recognizes the most innovative products announced in the digital sector.

This is an inkjet printer with piezoelectric printheads of last generation called PrecisionCore Micro TFP, created in 2014. These allows to increase the number of nozzles (800 for black and 800 per colour) that emit a variable size droplet up to 3.5 picoliters, allowing resolutions of 2,400 x 1,200 dpi at high speed (up to 17.5 m²/h), since each element fires drops around 50,000 times per second while maintaining almost perfectly round dots on the substrates with great precision (Epson, 2014). According to the manufacturers, it is a very appropriate tool for photographic laboratories, due to the high quality images that can be obtained even at the lowest resolutions.

This printer uses 10 colours of Ultrachrome ®PRO ink technology (Cyan, Light Cyan, Vivid Magenta, Light Vivid Magenta, Yellow, Photo Black, Matte Black, Grey, Light Grey, Dark Grey), which offers greater intensity and depth in the blacks and better gradation between colours, offering quality images in both black and white, and in colour. It allows borderless printing and the use of a great variety of paper substrates with thicknesses from 0.08mm to 1.5mm and formats from A0 sheets to 64” (162.2 cm) paper rolls (Epson, 2016).

- *Arizona Océ 6170 XTS*

In 2010 Océ was incorporated to the Japanese Canon Group, however, due to their reputation in the graphic industry and especially in the UV flat printers field, Canon decided to maintain the commercial name. This model of flatbed printer that employs piezoelectric inkjet technology was marketed in 2014 (Güell and Pozo, 2014). Its printing surface of 2.5 x 3.2 incorporates a vacuum system to hold in place rigid substrates, sheets or porous and wavy objects up to 12cm thick and with a grammage up to 34 Kg/m² and thus, obtain an optimized quality.

It is used to perform large volumes of work, since its printing speed ranges between 72 m²/h and 155m²/h depending on the image final quality requirements, and allows maximum printing surface of 2.50m x 3.05m. It uses seven channels of UV curing ink (Cyan, Light Cyan, Magenta, Light Magenta, Yellow, Black and White) and 6x636 nozzles per colour that allow a variable droplet size ranging from 6 to 42 picoliters thanks to the Océ VariaDot™ system, offering almost photographic image quality (Canon, 2014).

- *Epson Stylus Pro 9890*

First launched in 2010 this piezoelectric large format printer was specially designed for commercial and fine art prints, offering wide colour gamut with smooth gradations. It has 360 nozzles per channel and a minimum droplet size of 3.5 pl., with a printing resolution of 2,880 x 1,440 dpi, on paper substrates from 0.08 to 1.5 mm. Usual inks for this printer are Ultrachrome® K3 Vivid Magenta sets composed of eight colours including three densities of black (Light black, light light black and photo black or matte black) plus cyan, magenta, yellow and light densities of the first two (Epson, 2011). In this case, the printer was used to print the temporary paper supports by Sawgrass, *truepix classic (spec 96)*, which smooth surface is specially designed to retain the inks on the surface and help the transfer of the inks to the

final substrate. Therefore, Epson's original ink sets were replaced by compatible Sawgrass, *sublijet iq pro photo* dye based ink cartridges.

1.2. Substrates

The following subsection describes the substrates employed to prepare the samples subjected to accelerated aging.

Since they are industrially produced materials, and the information found is basically centred on that offered by the manufacturers themselves, obtained data is scarce and difficult to contrast due to manufacturing patent issues and in most cases, a lack of research concerning contemporary art. This problem, which can apply to practically all the materials used in current artistic practice, makes necessary once again, a thorough research in order to get first-hand knowledge of the behaviour of these materials when faced with the main deterioration agents.

1.2.1. Paper substrates

- Fine Art Paper

According to the supplier, the selected Fine art paper (Delex Creative Fibre Nature) made with alpha cellulose has a grammage of 210gr/m², natural white and smooth surface that makes it suitable for dye or pigmented water-based inks using HP, Canon or Epson printers. It achieves a wide range and vivid colours appropriate for photographic quality printing. It is sold in rolls of 30 metres long and widths ranging from 432mm to 1118mm or 50 two-sided printable sheet packages of DIN A4 or DIN A3 formats (Delex, 2019).

- RC Paper

The selected microporous resin coated (RC) paper (Delex RC Perla Luster) with a 260gr/m² grammage that offers instant drying and suitability for dye or pigmented water-based inks using HP, Canon or Epson printers. It provides maximum professional quality producing high chromatic range, great resistance and long stability of the colours. It is sold in rolls of 30 meters long and widths ranging from 432mm to 1524mm or 50 sheet packages of DIN A4, DIN A3 or DIN A3+ formats (Delex, 2019).

1.2.2. Rigid substrates

- Foam Board

Selected Foam Board (KAPA® bright) is manufactured by 3A Composites Company. It was developed in 1969 and has evolved over the years to improve its quality. This is a lightweight rigid panel –only 1.05 Kg/m²– composed of a polyurethane foam core covered with a wood-free matt gleam coated paper with a silky finish and a high degree of whiteness achieved by oxygen bleaching. It is commonly used in decoration, advertising campaigns and as printing substrate. According to the manufacturer, the product offers excellent planimetry and high dimensional stability (3A Composites, 2018).

For digital printing or mounting, the manufacturer recommends proper environmental conditioning of the material, storing it in the same working place for 24 hours in a dry environment avoiding the cold, before using it. This storage should be done horizontally and cotton gloves should be used to avoid accidental marks, bumps or stains on the surface that could interfere in the correct final result. Since the polyurethane foam is resistant to heat and prone to deformation, the most common way to cut it is by using manual cutters or CNC-type (Computer Numerical Control) cutters.

It exists in two thicknesses (5 and 10mm) and several sizes from 100 x 700mm to 3050 x 1530mm; the selected material to perform the experimental tests in this thesis has a 10mm thickness (Fig.15a).

- PVC

Forex® is the trade name created in 1980 by the Airex AG Company from Switzerland to name a lightweight (1.53 Kg/m²) rigid Poly (vinyl chloride) (PVC) foam sheet.

The selected material, Forex®Classic, is a 3mm thick slightly expanded close-cell homogeneous structure with white smooth silky matt surface. It is usually employed for high quality, long-term interior and exterior applications such as signage, display panel, interior design, direct digital printing and mounting of pictures and prints etcetera (Fig.15b).

According to the manufacturer, it is a slightly anisotropic material, difficult-to-ignite and self-extinguishing, shows a water absorption below 1% and resistance to sunlight (only white colour sheets); however, unfavourable environmental conditions may boost ageing (3A Composites, 2015).

These PVC sheets are available in a broad range of thicknesses (from 1mm to 19mm), colours and sizes (from 1220 x 2440mm to 2030 x 3050 mm) and there is also the possibility to order special sizes on request (3A Composites, 2017).

Regarding digital printing, the Company warns that too low or too high UV energy can cause several problems such as inadequate ink adhesion or substrate yellowing that can interfere in obtaining a good printing; IR radiation can also affect the material, overheating it and causing warping, whereas humidity can impede ink adhesion (3A Composites, 2015).

- Aluminium Composite Material (ACM)

Dilite® is a version based on the Dibond® aluminium composite material, which was developed in 1992. The composition of both products, produced by 3A Composites, is the same: a low-density polyethylene (LDPE) core, bonded with ethylene-based copolymer to one aluminium alloy layers each side (Wauer, 2006). They only differ in the thickness of the aluminium; in Dibond® each layer has 0.3mm, whereas in Dilite® 0.2mm, making the latter more economical. The aluminium surface has a polyester lacquer on both sides with different finishing regarding colour (no colour, white or other colours), gloss (high gloss or matt) and texture (anodised or brushed), which is specially designed for direct printing, enhancing the adhesion of UV-curing and solvent-based ink sets (Sign Materials Direct, 2019).

Due to its extraordinary stability and heat resistance up to 80°C –thanks to its low heat conductivity and minimum thermal expansion–, this lightweight (3,5 Kg/m²) and exceptionally flat material is widely used for interior and exterior applications such as interior design, furniture, signage, direct digital printing or photo mounting. Regarding storage, the material should be placed in a dry environment under constant temperature and conditioning the sheet in the working place prior usage for 24 hours at a temperature between 18 and 20°C is recommended (3A Composites, 2015). To perform the experimental tests in this thesis white surface and 3mm thickness have been chosen (Fig.15c).

- Poly(methyl methacrylate) (PMMA)

It is a thermoplastic material that belongs to the acrylic type, produced for the first time in 1931. This plastic is widely used in several sectors such as industry, architecture or design as it is considered a glass substitute because of its lightness, flexibility and mechanical strength, as well as the colour and thickness diversity existing in the market. It is widely used in the printing industry as protector of the printed surface in various mounting systems such as face-mounting or Diassec® , and in recent years it has been gaining more relevance as printing substrate, as it enables to obtain opaque or translucent surfaces depending on the printing mode.

There are two ways to produce PMMA sheets, through the extrusion process or by casting. The difference in manufacturing affects its price, being the latter the most expensive, but also the one that contains less impurities and offers greater resistance to scratching (A&C Plastics Inc., 2019).

Shashoua (2008) indicates that rigid plastics such as PMMA “withstand considerable load or stress but little elongation before breaking; light (and ultraviolet radiation) cause yellowing and opacity of

transparent materials” (p.105), but it is resistant to moisture. It scratches readily but it may be coated to increase its resistance to mechanical damage. If scratched, polishing can restore the original appearance but with risk of stress cracking; in general, it has extremely good weathering resistance (Shashoua, 2008).

This material takes various trade names such as Crylux®, Akrylon®, Crylon®, Acrylite®, Acryplast®, Altuglas®, Lucite®, Perspex®, Plexiglas® or Plazcryn®, just to name a few. To perform the experimental part of this thesis an Altuglas® transparent casted PMMA of 3mm thickness has been used (Fig.15d).

- Aluminium

Chromaluxe® Aluminium is a specially coated aluminium panel of 1.14 mm thickness, lightweight and durable, made of 100% recycled material and recyclable. It is manufactured by Chromaluxe Company, which is specialised in high definition sublimatable print media (Fig. 15e). Due to the employed technology, dyes are transferred into the coating making possible to display the prints without any protective layer or frame (Chromaluxe, 2019). Little information is available about the material and its coating, as this is the leading brand for thermal (sublimation) process and they keep it secret. For this thesis, white gloss surface has been chosen, because it is the most employed for artistic purposes, but there are also some other materials available –hardboard, medium density fibreboard (MDF), natural wood, phenolic and steel–, as well as different finishes (semi-gloss white, matte white, gloss clear, semi-gloss clear, matte clear) and sizes up to 1.25 x 1.25 m, increasingly used for retail and home.

1.3. Finishing techniques

In this work only one finishing technique was applied to some of the paper samples, as illustrated in Fig. 14, in order to assess if this kind of materials can be of help preventing damage and improving the durability of the prints. Pressure activated PVC lamination film with UV filter and neutral pH applied over previously described paper substrates was studied in order to detect if differences among them occur during accelerated ageing tests.

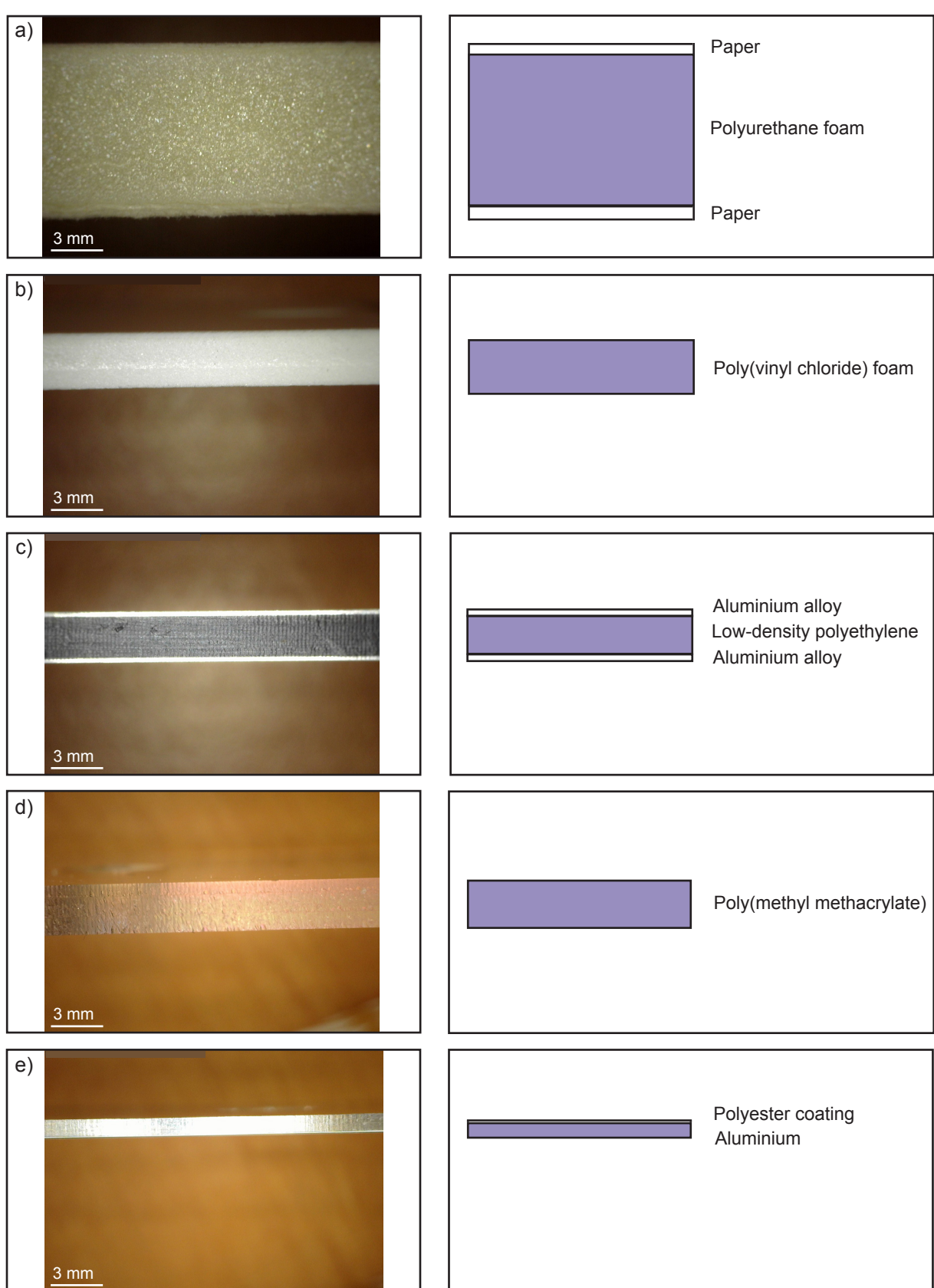


Figure 15. Transversal cuts of the rigid materials employed in the experimental design (left) and their graphic representation according to their layer composition (right): a) Foam Board, b) PVC, c) ACM, d) PMMA, e) Aluminium

2. Methods and analytical techniques

In section 1 of chapter 7, the physical changes of the printing surfaces are pointed out as one of the main concerns of the surveyed artists. The physical properties of the printed images can be affected in three main aspects: quality, thus, the perception of an image, which is directly related to tonal reproduction, resolution and uniformity; stability, which has to do with environmental factors and how prints degrade over time; and durability, understood as resistance to damage caused by manipulation. Therefore, the instrumental techniques and test methods used throughout this work have been selected in order to evaluate the changes in the physical properties of the printed surfaces of the aforementioned materials according to colour, gloss and roughness, as explained in the following sections. For that, research involving accelerated aging tests is fundamental to simulate and foresee the behaviour of the studied materials under different conditions.

Until practically the second half of the first decade of the 21st century, no specific ISO standards considering digital prints could be found. The first standards refer to basic issues such as storage (ISO 18920:2000, Imaging Materials–Processed Photographic Reflection Prints–Storage Practices) or physical-chemical characteristics that adhesives for mounting systems (ISO 18932:2005, Imaging Materials–Adhesive Mounting Systems–Specifications) and storage materials (ISO 18902:2007, Imaging Materials–Processed Imaging Materials–Albums, Framing and Storage Materials; ISO 18916:2007, Imaging Materials–Processed Imaging Materials–Photographic Activity Test for Enclosure Materials) shall comply, however, none of them refers to methods for accelerated ageing tests. As indicated by Jürgens (2009):

One of the difficulties in investigating the stability of digital prints has proven to be the high speed at which products are being developed and altered compared to ISO's detailed, complex (and therefore slow) workflow for creating standards.(...) This situation can cause an agreement previously reached within the standard committee to become outdated almost immediately (p.238).

As some professionals in the graphic industry acknowledge, although the market continues improving the existing technologies, it is difficult to think that new printing systems will appear for some time (J. Canal, personal communication, July 19th, 2017). This stability will probably enable better planning in the design and establishment of standardized accelerated ageing test methods, and therefore, this might have been the reason why specific regulations for digitally printed materials have not been developed until the beginning of this decade. It is also true that the massive incorporation of digital printing technologies in the arts since the beginning of the century –which in the future will become part of the cultural assets–, makes the concern for their stability an increasing issue in recent years, thus favouring the need to establish clear guidelines for its permanence and durability.

In addition, as explained in Chapter 6, all the conservation studies carried out up to now focus mainly on the physical changes of the digital prints. However, none of these researches have taken into account other media than paper, nor the implications that the results obtained may have for contemporary works, which is the subject of this thesis. This section gathers the analytical techniques and their characteristics, the accelerated ageing tests and employed conditions, the design of the test samples, as well as the data processing computer software used in the experimental procedures.

2.1. Analytical techniques

Digital printing technologies have found their place in a wide range of areas (Singh, Haverinen, Dhagat & Jabbour, 2010, Castrejon-Pita et al., 2013), so the use of analytical techniques to analyze processes

or results is not only constrained to conservation. However, most of the tools available for material characterization such as cross sectioning, scanning electron microscopy with energy dispersive X-ray (SEM-EDX), Fourier transformed infrared spectroscopy (FTIR) or pyrolysis gas chromatography /mass spectrometry (GC/MS), require sample collection, which is something unthinkable in digital printing, although some of these techniques do exist in portable version avoiding sampling. In addition, the information collected from this type of analysis corresponds to the characterisation of the materials employed in the artworks and the study of the chemical processes involved in the degradation of inks and supports, which require expensive and sophisticated equipment that additionally provide complex data to interpret.

On the contrary to what happens with other works of art, such as canvas paintings or sculptures, where sampling can be hidden in several manners, taking samples in digital prints, regardless the size, is very difficult because of the impossibility to keep the sampling imperceptible to the eye due to the characteristics of the employed substrates and due to the complexity of maintaining the pristine appearance of the artwork as the vast majority of the surveyed artists would like to. On the other hand, the broad range of technology, ink and substrate combinations plus the singular processes added by each artist make the artworks produced by means of digital printing very particular in some cases, difflculting the carrying out of sampling procedures. In these cases, simpler and more economical surface characterisation tools could be useful.

Thus, the analytical techniques used in this study are manageable for conservators on a regular basis and compatible with all digital prints, regardless of its material composition (Fig.16).

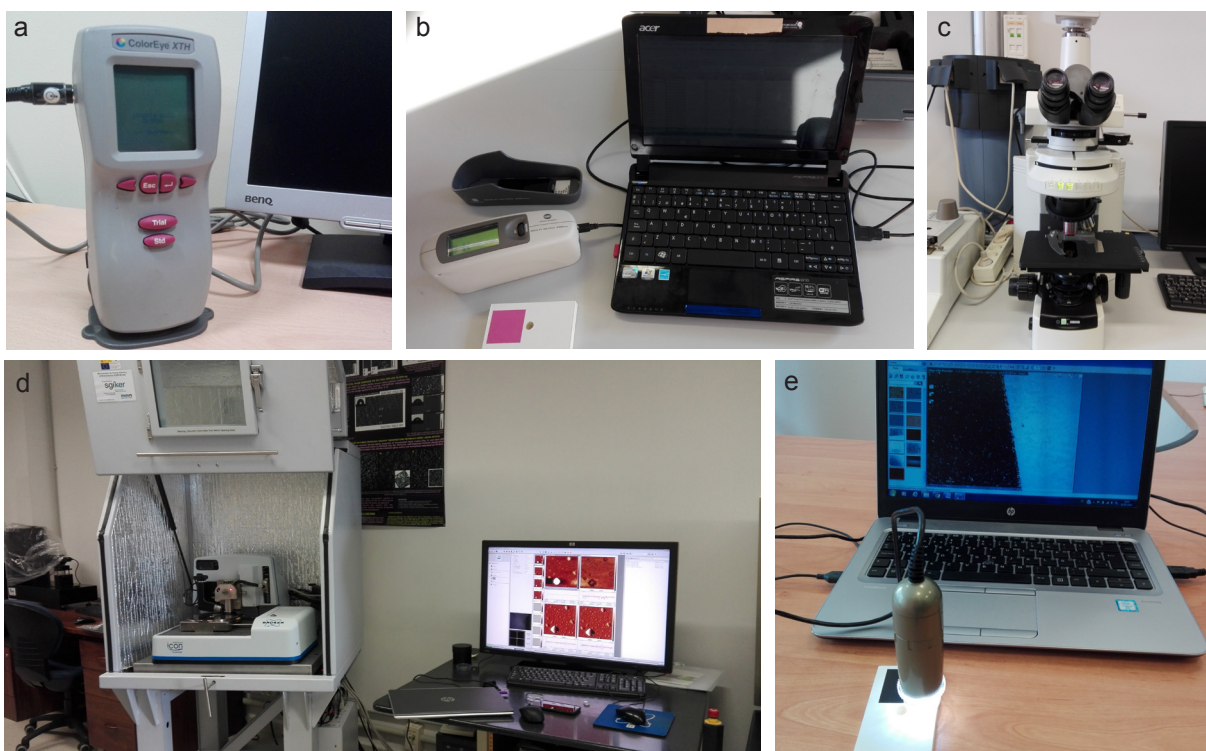


Figure 16. Analytical techniques employed during the experimental research. a) Spectrophotometer for measuring colour changes; b) Glossmeter to detect surface changes before and after abrasion tests; c) Optical microscopy; d) Atomic Force Microscopy (AFM) to detect changes in surface roughness, and e) Digital portable microscopy to register changes in image quality

Spectrophotometry

This non-destructive and portable technique enables the quantitative measurement of the chromatic changes occurred in the the studied surfaces during and after the accelerated ageing tests, in order to assess the stability of the various ink, substrate and mounting system combinations.

A Gretag Macbeth ColorEye® XTH spectrophotometer and the X-Rite iControl software from the Painting Department of the Fine Arts Faculty of the University of the Basque Country have been used. Measurement conditions have been set according to the ISO standards employed in the experimental research performed: CIE Lab color space, standard illuminant D50 (representing a daylight spectral distribution with a 5000K color temperature) and the CIE 1931 standard colorimetric observer –also referred as 2° observer–. Spectral data have been collected with a 10nm interval in a wavelength range (λ) from 360nm to 750 nm with a 0,01% photometric resolution, D/8° optical geometry configuration, specular component included (SCI), and a regular area of view aperture of 10mm diameter illuminated and 5mm measured (X-Rite, 2003). Three consecutive measurements have been made on each flat colour patch in order to obtain accurate average data. A template designed to carry out the measurements always in the same place was used. As some authors mention in previous studies, the “Just Noticeable Difference” (JND) in homogeneous patches is perceptible between $2 < \Delta E < 4$ (Richardson and Saunders, 2007), so in this thesis an overall colour change greater than 3 ($\Delta E > 3$) will be considered as perceptible by the human eye. However, it is not only necessary to evaluate whether a color change is above the specified magnitude, but also the direction of this deviation. For that, it is possible to evaluate the direction of a small color difference by listing the three channels of the color difference (ΔL^* , Δa^* , Δb^*). Therefore, the parameters taken into account for this study are (Fig.17):

- Lightness (L^*): This is the achromatic channel, that determines how dark (black) or light (white) a colour is. A value of 0 indicates pure black, 50 is neutral grey and a value of 100 means pure white; the higher the value the lighter the colour.
- a^* channel: This is the chromatic signal corresponding to redness or greenness; $+a^*$ indicates redness, whereas $-a^*$ express greenness.
- b^* channel: This is the chromatic signal corresponding to yellowness or blueness; $+b^*$ indicates yellowness and $-b^*$ express blueness.
- Chroma (C^*): This value shows the purity of a colour; the further away from the achromatic central axis, the purer the colour.
- Reflectance: This is the amount of light reflected with respect to the amount of incident light at each wavelength. By studying the evolution of these spectral curves it is possible to analyze the chromatic changes occurred during the ageing of the materials.

As pointed out before, variation of the values in each parameter have been individually calculated, but also the overall colour difference (ΔE^*) according to the following formula: $\Delta E^*_{76} = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2}$ recommended at the test standards employed for these research.

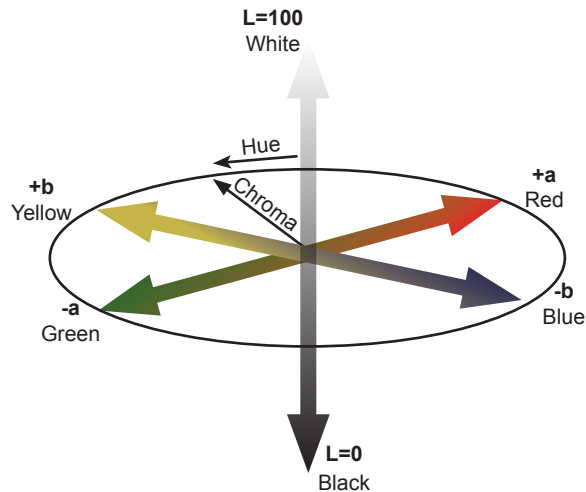


Figure 17. CIE Lab colour space and parameters

Glossmetry

This non-destructive and portable technique enables the quantitative measurement of the changes occurred in the surface gloss when studying the behaviour of the various ink, substrate and mounting system combinations after accelerated ageing. Gloss measurement is based on the measurement of directional reflected light, that is, a glossmeter emits a light beam at a certain angle against a surface and collects the light reflected at the same angle. The intensity of the reflected light depends on the surface properties of the material (roughness, texture and structure) and the incident angle of the light (Fig.18), providing quantifiable gloss measurements, expressed as gloss units (GU) (UNE-EN ISO 2813:2014).

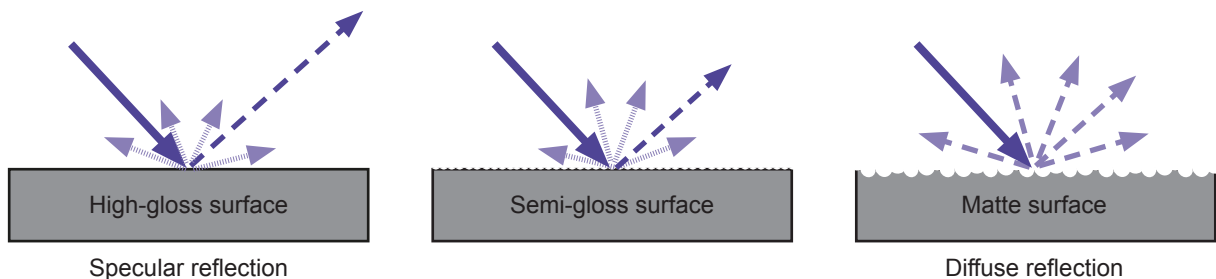


Figure 18. Examples of surface light reflection from high-gloss to matte

In this case, a Konika Minolta Multigloss 268 Plus glossmeter and a specific data transfer program (gloss-link) located at the Polytechnic School of the University of the Basque Country in Donostia (EUPD) have been used to transfer the information to Microsoft Excel®. In order to obtain reliable data, the average of five measurements per sample was made. Equipment technical characteristics are (Konika Minolta, Inc., 2012):

- Measuring geometry: Three common geometries have been employed; 60° as standard angle, 20°, for high gloss surfaces and 85°, for matt surfaces.
- Size of measurement spot: 20°: 10 X 10 mm; 60°: 9 x 15mm; 85°: 5 x 38 mm
- Resolution: 0.0~99.9 GU: 0.1GU / 100~2,000 GU: 1 GU
- Measurement range: 20°: 0.0-2,000 GU / 60°: 0.0-1,000 GU / 85°: 0.0-160 GU

Atomic Force Microscopy (AFM)

AFM provides reliable data for assessing changes on the surface topography of the tested samples after abrasion tests. A Bruker Dimension Icon Atomic Force Microscope (AFM) located at the Macrobehaviour-Mesostructure-Nanotechnology service of Advanced Research Facilities (sgiker) of the University of the Basque Country was used for this purpose. This microscope enables nanoscale imaging at high resolution and helps mapping the topography of the materials, and also allows the quantitative distinction and characterization of the materials according to their properties (Bruker, 2013). In this case, since the studies carried out focused on understanding the changes that occurred in the printed surfaces, the AFM was only used to capture the surface topography. For that end, Peak Force Mode and Nanoscope® software were used.

Optical Microscopy (OM)

In order to complement the evaluation of the results obtained by AFM, a Nikon Eclipse 80i optical microscope located at the Macrobehaviour-Mesostructure-Nanotechnology service of Advanced Research Facilities (sgiker) of the University of the Basque Country was used. 50x and 100x magnifications and Nikon LU PLAN Fluor 5x0.15 and Nikon LU PLAN Fluor 10x0.30 camera lenses, and a DS-5M digital camera and NIS Elements Digital Imaging Software for image capturing were used for Bright Field microscopy.

Digital Portable Microscopy

This portable microscope is a very useful tool for observing the image quality and surface characteristics of digital prints at their display or storage place without having to carry the works to a lab facility with the risk implied in this process. In this case, a Dino-Lite digital microscope model AM4113 ZT(R4) with a USB connection, a 1.3 megapixels image resolution, up to 220x magnification and a polarizing filter for reducing reflections was used. DinoCapture 2.0 software was used for image capturing and analysis.

2.2.2. Test standards for accelerated ageing

These test standards provide guidelines to perform aging tests able to speed up the normal deterioration processes occurred to the materials over time. They help determine the long-term effects of degradation agents and processes within a shorter time and within a laboratory-controlled environment. These methods serve to evaluate degradation mechanisms, compare tendencies between materials and help establishing conservation measures before the real deterioration appears in artworks. Usually they are standardized laboratory tests, as the ones employed in this thesis, allowing their reproduction in future works, for comparative purposes.

Although these simulation methods are properly designed to evaluate the effect of a particular deteriorating agent, the rest of the test conditions are kept constant in the established parameters or cycles, and therefore they cannot imitate real conditions, as the lifetime of a digital print depends on the combination of different factors acting simultaneously. For this reason, different aging tests will be carried out, combining degradation factors on some occasions, trying to consider as many as possible in order to give a general outlook of the situation.

In this case, the tests carried out served to evaluate the permanence and durability of the most employed material combinations in the current art scene. Samples were subjected to the main external factors affecting digital prints: light, relative humidity and handling (Fig.19).

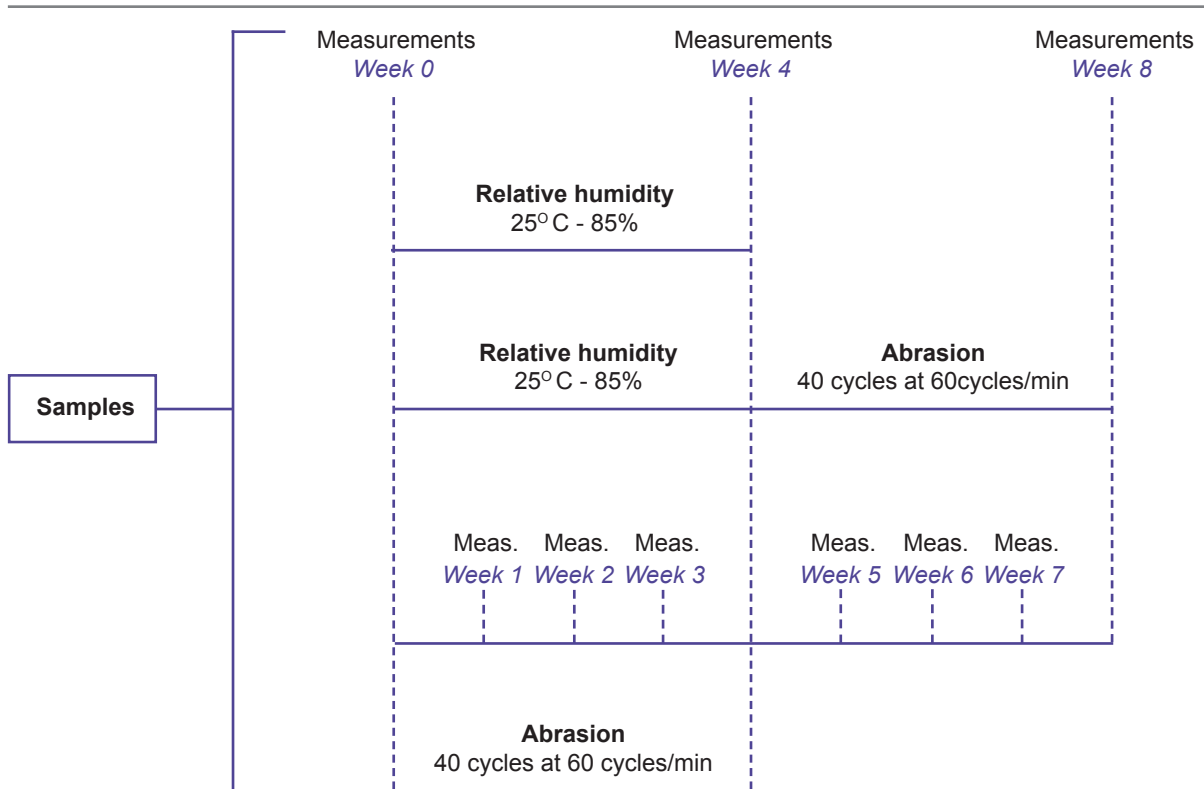


Figure 19. Explanatory diagram showing the experimental design depending on the test and the measurement times in each case

- Light stability test (ISO 18937:2014)

Light is known to be one of the main deteriorating agents of our heritage, it causes not only colour fading, but also some other physical-chemical reactions that affect the constituent materials of an artwork. With the aim to simulate the effect of the light when the digital prints are on display in indoor environments, a Solarbox 1500 xenon arc chamber located in the Fine Arts Faculty of the University of the Basque Country was used. The air cooled xenon lamp (1500W) in this model replicates the total spectrum of the sun with better reliability and in a closer pattern to that given by terrestrial sunlight; in this case a UV window glass filter at 310 nm was used to reproduce the desired indoor environment. The test was performed during 8 weeks (1344 hours) at $23^{\circ}\text{C} \pm 2$ and $50\% \pm 3$ relative humidity according to the *ISO 18937:2014*, specifically designed to measure the stability of photographic reflection prints. Irradiance – the intensity with which the light energy falls on the samples– was set to $550\text{W}/\text{m}^2$ and the black standard panel (BST) at 55° . Every 168 hours spectrophotometric measurements of the samples were carried out in order to evaluate the fading effect of the accelerated ageing on the colour of the test samples.

- Humidity fastness test (ISO 18946:2011)

When digital prints are affected by high relative humidity they suffer from several changes that can modify their appearance, such as those related to colour, tone and loss of sharpness, but also changes related to the resistance of the substrates to handling. This high humidity can arise from the environment in which the prints are stored or exhibited, from the moisture caused by stacking or putting them into albums or because no sufficient drying-time elapsed before enclosing them with protective purposes.

A custom-made ecological low consumption walk-in climatic chamber (interior dimensions: 2280 x 1500 x 1880mm), provided with data acquisition and a video recording system for storing information regarding temperature, humidity and time, manufactured by CCI and located at the Polytechnic School of the University of the Basque Country in Donostia (EUPD) was employed to carry out the test.

Chamber conditions were set to $25^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ and $85\%\pm 3\%$ RH with no light exposure during 4 weeks (672 hours) as indicated in the standard *ISO 18946:2011 Reflection colour photographic print-Methods for testing humidity fastness* (Method A).

- Abrasion, scuff and smudge resistance test (ISO 18947:2013)

This standard, in comparison with the image permanence standards (light and humidity), covers factors related to handling and storage enclosures. While the control of environmental factors depends to a greater extent on the budget and facilities of each institution or museum, the control of aspects related to durability can be more accessible, since establishing some precise guidelines on handling and storage many of the incidents could be avoided. As described in the standard, there are slight differences between abrasion, scuff and smudge. The former relates to the process of wearing away or deforming a surface by friction as a result of rubbing, whereas the other two are the results of this abrasion. Scuff is used to describe a change in gloss and smudge relates to the displacement of the colorants into adjacent areas.

In this case the performed test simulated the abrasion caused by usually employed materials for artwork protection during storage or handling; a Metrotec abrasion tester located in the Polytechnic School of the University of the Basque Country in Donostia (EUPD) was used at 60 cycles/minute, with a duration of 40 cycles per sample. The test produced rubbing by means of a rotating pair of wheels (500g load) onto the test specimens. The rotating wheels were covered with the receptor materials: a polyester sheet (75microns) usually employed for photograph enclosures and a non-woven polypropylene synthetic fabric (30gsm) laminated one-face with polyethylene (15gsm), usually employed for packing artworks.

2.3. Sample design for accelerated ageing testing

Due to the wide diversity of materials selected in this work and in order to be able to manage an appropriate and representative amount of samples during the experimental part of this thesis, CMYK basic colours were selected since all printers in the present market include them; the precise colours were selected according to the X-Rite ColorChecker® CIEL*a*b* values except for black, where a value of zero was given to all channels in order to avoid, as much as possible, the presence of other colour inks (Table 1).

Table 1. CIEL*a*b* values of the colours selected according to X-Rite ColorChecker® (X-Rite, 2010)

Selected Colours	L*	a*	b*
Cyan	51.038	-28.631	-28.638
Magenta	51.935	49.986	-14.574
Yellow	81.733	4.039	79.819
Black	0	0	0

Two sample designs were made using Adobe InDesign® CC 2018 in order to fulfil the experimental test requirements:

- *Rectangular samples* of 70 x 150 mm were designed for each colour and material tested. The samples were composed of a short text labelling the print and two rows of 15 x 15 mm squares of CMYK plus a blank square framing an specific area of unprinted substrate in order to make the measurements always in the same point (Fig.20); upper row shows solid colours, whereas lower row is composed by checkerboard squares. Text and checkerboard patches serve to analyse the visual appearance (sharpness) in addition to colour changes, measured in the upper row. This design was employed for light and humidity stability tests.

- *Circular samples* of 120 mm diameter were also elaborated for each colour and material tested. An individual colour patch of 35 x35 mm is located on one side of the samples (Fig. 21). This design was used for the abrasion resistance test, therefore, in the non printed samples, no text nor any other type of printed marks were made, since these could interfere in the result of the test.

Despite the TIFF files being prepared according to specific colorimetric values, it was no possible to obtain the same result in printed samples coming from different laboratories. Prints were ordered to two different printing labs (one of the labs made the paper prints and the other lab made the rest of the samples). Each lab employed different working flows, resulting in samples showing slight differences in the colorimetric values. This case reasserts the importance of a unified colour management in order to obtain prints with accurate colours, as explained in Chapter 6.

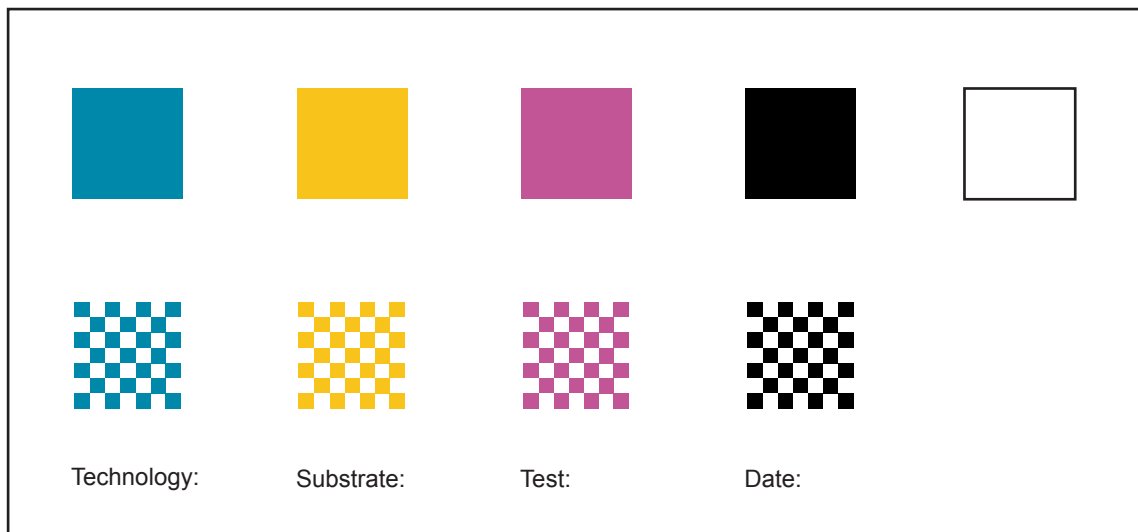


Figure 20. Rectangular samples (70 x 150mm) employed for light and humidity stability tests

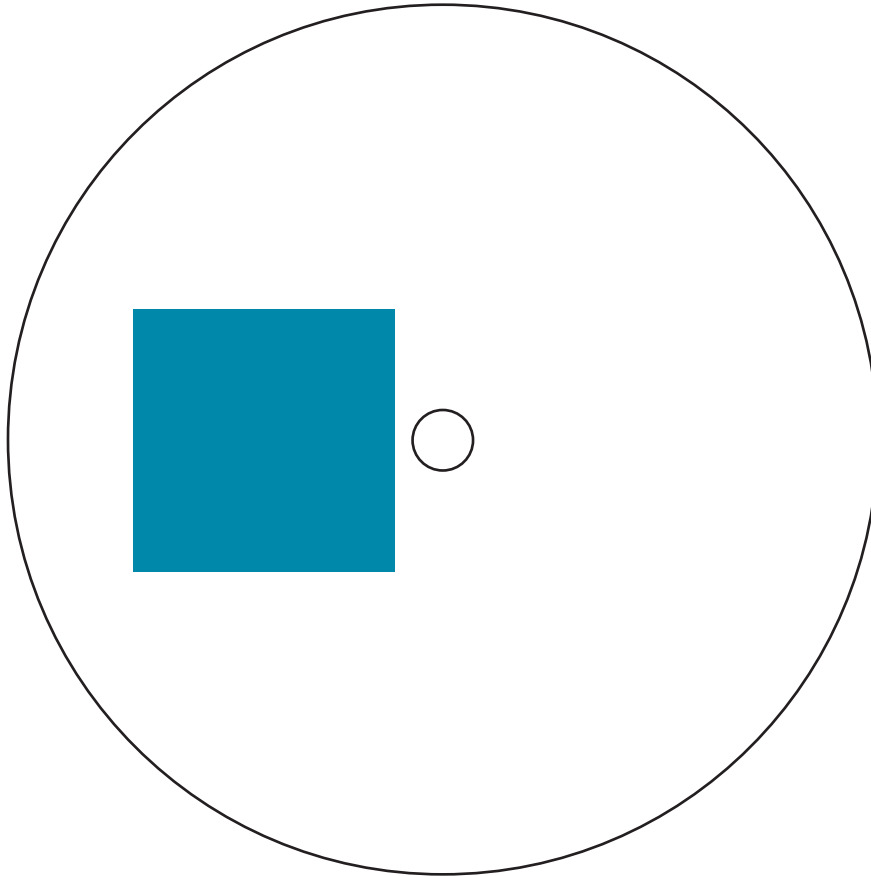


Figure 21. Example of the circular samples (120mmØ) employed for abrasion tests



CAPÍTULO 4. TECNOLOGÍAS Y MATERIALES PARA IMPRESIÓN DIGITAL

1. Tecnologías de impresión

Las tecnologías de impresión han evolucionado a través de innumerables avances hasta la llegada de lo que hoy día se conoce por dispositivos de impresión digital. Hoy día, en el ámbito artístico contemporáneo, tecnologías más tradicionales como la xilografía, el aguafuerte o la litografía continúan empleándose regularmente, y a su vez, conviven y se entremezclan con las últimas tecnologías de impresión electrónica en la que ya no es necesario colocar los tipos a imprimir sobre un soporte o realizar las imágenes sobre planchas; toda la información se almacena electrónicamente a la espera de su utilización.

Desde la invención de las primeras impresoras se detecta el gran nicho de mercado que estos nuevos dispositivos pueden ocupar, por lo que pronto surge una carrera de innovaciones y mejoras en cuanto a velocidad de impresión y abaratamiento de costes de producción, dando lugar a una gran competencia entre las empresas que comienzan a surgir, con el fin de copar el mercado con sus productos.

Los primeros dispositivos de impresión aparecen en las décadas de los años cincuenta y sesenta a la par que las computadoras, para dar salida a los datos introducidos en ellas. En su mayoría se asemejan a una máquina de escribir, y su funcionamiento consiste básicamente en el golpe que una pieza móvil produce sobre una cinta entintada, razón por la que pasan a conocerse por el nombre de impresoras de impacto (*impact printers*). Estas impresoras son muy limitadas en su uso ya que mayoritariamente sólo posibilitan la impresión de textos, pese a que con el tiempo van evolucionando hasta generar dispositivos que permiten dar salida a imágenes.

Las impresoras más antiguas consisten en tambores metálicos en los que los caracteres se ubican en filas a lo largo de su giro axial; cada una de las posiciones tiene su martillo encargado de percutir sobre el papel a través de la cinta entintada para generar el texto. Estos dispositivos aparecen a comienzos de la década de 1950 y perduran en el tiempo hasta que IBM crea en 1960 la impresora de tipo cadena o tren que supone una mayor velocidad de impresión gracias a que toda la línea de texto se imprime a través de una cadena que contiene los caracteres y un martillo por cada posición de la línea (Ezcurra y Grávalos, 2012).

Las impresoras de cinta (*band printers*) aparecen en 1969 de la mano de Nortec, y poco tiempo después IBM o UNIVAC, entre otros, se suman a la producción de estos dispositivos, que se mantienen en el mercado hasta 1985 gracias al modelo 5500 creado por Documation, que pese a imprimir cerca de 5000 lpm (líneas por minuto) no es capaz de competir con las impresoras de no impacto que surgen en la década de los ochenta. Otros dispositivos que alcanzan su éxito en esta primera generación de impresoras son las de cabezal esférico (*Golf Ball type* o *Selectric*) introducidas en 1961 por IBM (Fig.22a) o de tipo margarita (*Daisywheel type*) (Fig.22b), que aparecen en el mercado en 1972 sustituyendo a las de tipo esférico debido a su sencillez en el diseño, producción más económica, posibilidad de incluir mayor número de caracteres y duplicar la velocidad de impresión (Webster, 2003)

Las impresoras matriciales de aguja comercializadas por vez primera de la mano de IBM en 1955, son las primeras que permiten la realización de gráficos producidos por ordenador, sin embargo no se popularizan hasta alrededor de 1970 y su uso se extiende hasta la década de los ochenta. Esta tecnología, a diferencia de las mencionadas hasta ahora, no depende de caracteres preformados sino de unas agujas de metal agrupadas en un mismo cabezal, que al impactar contra la cinta entintada, generan en el papel una impronta de puntos que van conformando letras, líneas o dibujos. Estos dispositivos son de los primeros en emplearse con fines artísticos a mediados de los años sesenta, de los que se han encontrado unos pocos ejemplos, como son algunas obras de Jaume Estapà (Fig. 23), Manuel Barbadiillo o Harold Cohen; cuanto mayor número de agujas, mayor es su velocidad de impresión y mejor su calidad (Jürgens, 2009).

En cierta manera, esta forma de generar texto e imágenes es la más próxima a la tecnología de inyección de tinta, ya que en ambos casos la impresión se forma a través de la formación de puntos de tinta en el soporte.

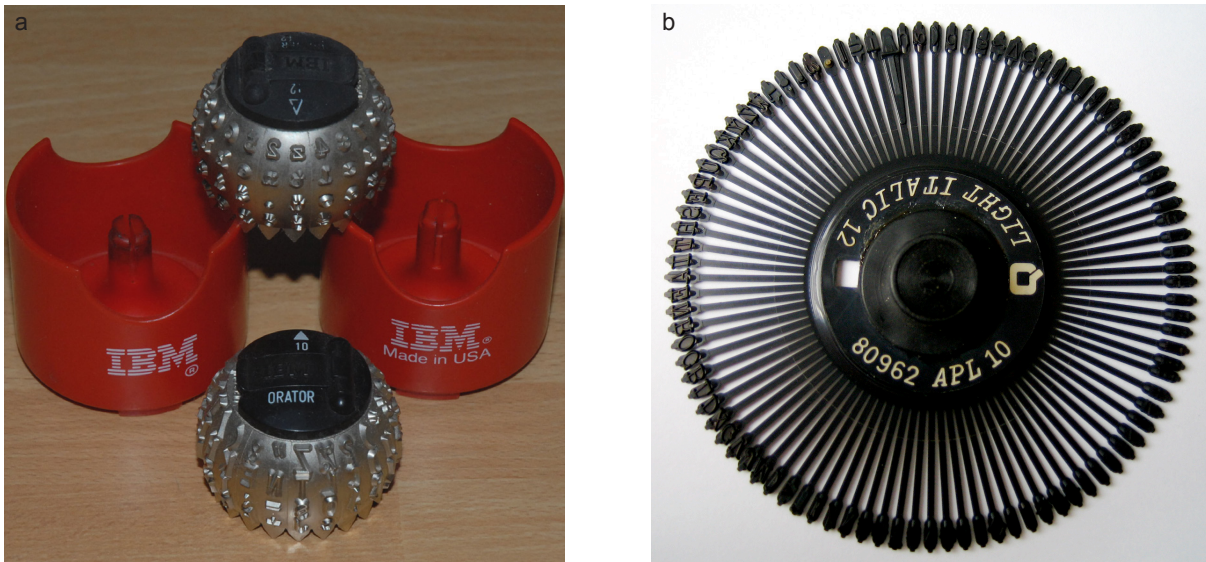


Figura 22. Ejemplos de cabezales de impresoras de impacto: (a) cabezal esférico. Extraído de “IBM Selectric typewriter heads” de L. Rosa, *Flickr*. Licencia CC BY-SA 2.0; (b) cabezal de tipo margarita. Extraído de “APL Daisywheel” de P. Downey, *Flickr*. Licencia CC BY 2.0

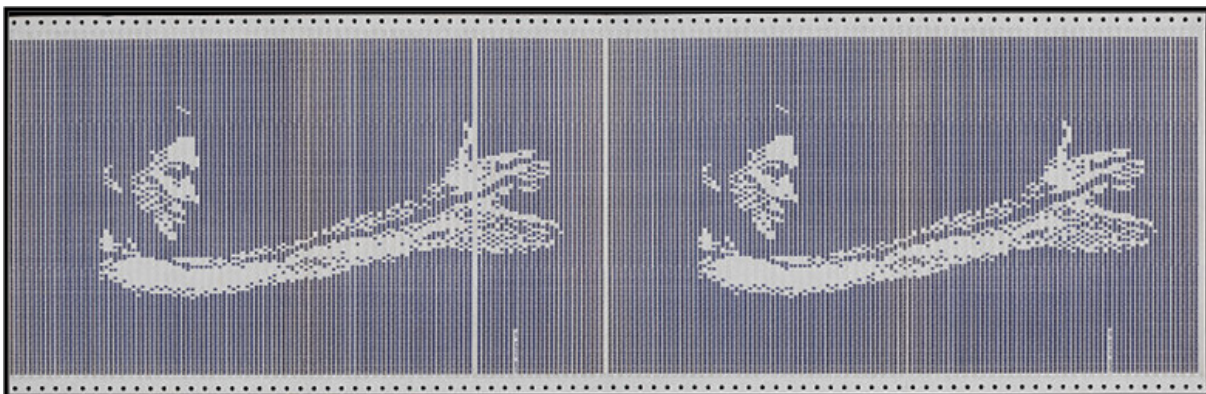


Figura 23. Jaume Estapa. *Catherine Sauvage* (1968), 34,8 x 55,7 cm. Extraído de Victoria and Albert Museum©

Otro de los dispositivos utilizados desde los primeros años del *computer art* es el plóter, un dispositivo que principalmente consiste en el uso de plumillas para realizar trazos continuos con gran precisión. Pese a que se considera una impresora de impacto por el hecho de que la plumilla (pero también un rotulador o lápiz) contacta directamente con el papel, difiere notablemente de las anteriores tecnologías descritas por el hecho de que no hay ningún elemento predefinido que percute en el soporte, sino que el texto o imagen se conforma con el deslizamiento de un utensilio que va depositando la tinta en los lugares precisos. Ideado en los sesenta, se trata del primer dispositivo que permite imprimir en grandes formatos y utilizar varios colores —dependiendo del número de plumillas del dispositivo—, lo que hace de ella una herramienta muy útil para arquitectos e ingenieros.

Del mismo modo, muchos artistas pioneros del arte digital como Charles Csuri, Frieder Nake, Georg Ness o Manfred Mohr entre otros también se sirven de estas máquinas para plasmar sus obras sobre el papel, así como el grupo de artistas enclavados dentro del grupo *The Algorists* como Hans Dehlinger o Roman Verotsko, por citar algunos. Actualmente, la palabra plóter se ha popularizado para denominar cualquier impresora capaz de imprimir en grandes formatos, lo que puede inducir a confusiones terminológicas desde el punto de vista tecnológico por el hecho de hacer alusión a dispositivos con un funcionamiento completamente diferente al descrito en este punto. Por este motivo, y con el fin de usar términos precisos y descriptivos, la palabra plóter no debería utilizarse para hacer referencia a los dispositivos actuales, ya que para la década de los noventa los plóter dejaron de fabricarse debido al gran desarrollo e implantación de nuevos sistemas de impresión de no impacto (*non-impact printers* o *NIP*) a partir de la década de los ochenta, quedando su uso únicamente relegado a las impresoras de corte de vinilos y dispositivos similares (Fig.24).



Figura 24. Detalle de cortadora de materiales flexibles y rígidos de la marca Esko

Las impresoras de no impacto se diferencian claramente de sus predecesoras en que la formación de texto e imagen se produce de manera simultánea mediante una aplicación directa de las tintas sobre los soportes sin tener que ejercer ningún tipo de acción mecánica directa, y además, ofrecen mejores prestaciones como una mayor rapidez de impresión y mejor calidad de imagen, junto con la posibilidad de llevar a cabo pequeñas tiradas de trabajo o incluso la total personalización de cada impresión, una característica muy atractiva para los artistas. Una de las mayores diferencias entre las impresoras de impacto y no impacto, y que se vislumbra ya con el plóter, consiste en la posibilidad de imprimir a color. Al principio se trata de impresiones de color muy básicas y hasta comienzos de la década de los noventa no se puede hablar de un verdadero desarrollo de la impresión a color que ofrezca una calidad suficiente (Webster, 2003), por tanto se trata de tecnologías relativamente nuevas que han evolucionado a gran velocidad sobre todo en las últimas dos décadas para acaparar totalmente el mercado debido a sus aplicaciones en diferentes áreas de conocimiento.

Atendiendo a la clasificación establecida por el IPI, en la actualidad existen tres tipos de tecnología de no impacto para dar salida a las imágenes generadas por ordenador: electrofotografía, inyección de tinta y termografía (Fig.25). Cada una tiene sus propias variaciones e innovaciones de las que algunas sólo se utilizan en ámbitos muy específicos fuera del artístico y por ello no se detallan en este apartado; además, los y las artistas han utilizado estas tecnologías de forma más o menos continuada a lo largo de las décadas por lo que también se trata de una cuestión interesante debido a que este conocimiento puede contribuir a la correcta identificación y por tanto, a la correcta conservación de las impresiones generadas por dispositivos electrónicos.

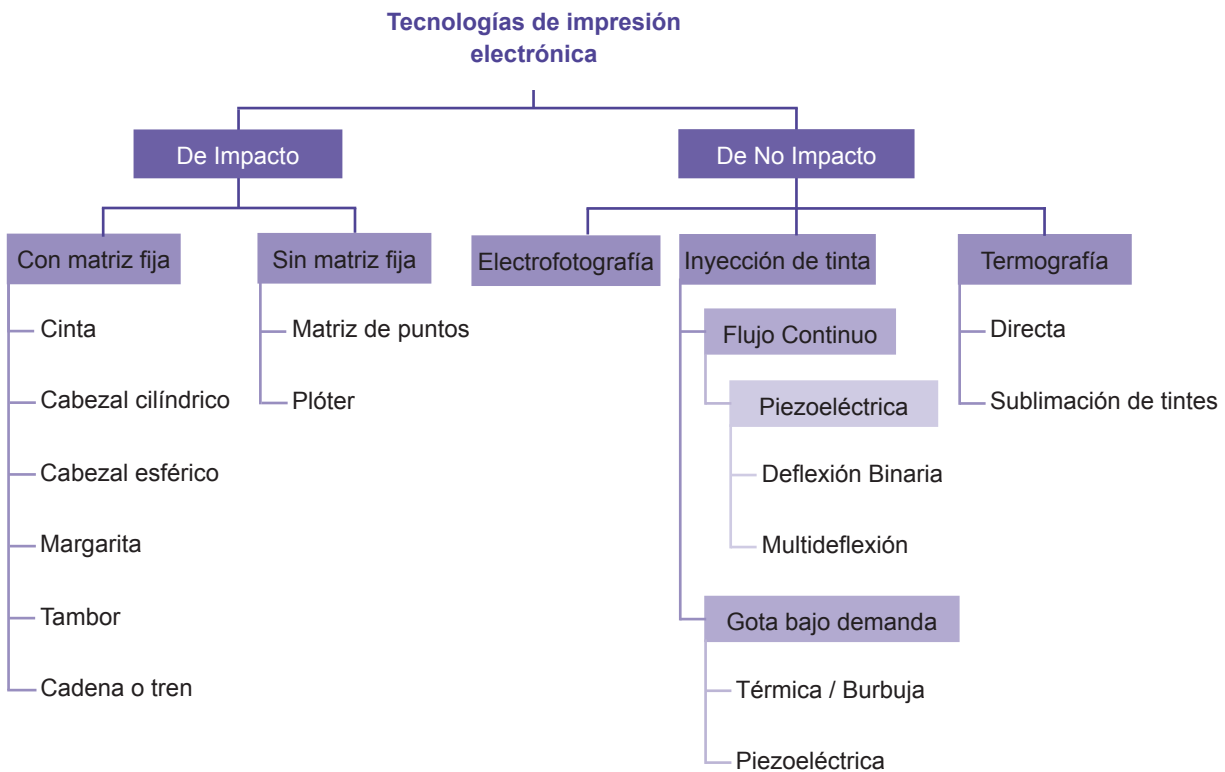


Figura 25. Clasificación de las tecnologías de impresión electrónicas tratadas en este apartado

1.1. Electrofotografía

Las impresoras electrofotográficas se basan en el mismo principio que la fotocopiadora, inventada por Chester Carlson en 1938 y comercializada por primera vez en 1950 bajo el nombre de Xerox Model A (Firpo, Alexander, Katanayagi, 1978).

Pese a que ya desde mediados de la década de los setenta diversas empresas como Xerox, IBM, Canon o Siemens crean dispositivos que funcionan con tecnología electrofotográfica su precio es desorbitante, rondando entre \$ 200,000 y \$350,000 (Webster, 2003). Sin embargo, para inicios de los ochenta, los precios se reducen considerablemente, de manera que en 1984 Hewlett Packard comercializa la Laserjet, considerándose la primera impresora láser de sobremesa. Hoy día, otras empresas como Xerox, Brother, Lexmark y Oki compiten junto con HP en el mercado de este tipo de impresoras.

El uso artístico de la electrofotografía se remonta a la década de los sesenta, cuando en Estado Unidos Ray Johnson inicia el movimiento artístico conocido como *Mail Art* cuyo fin consiste en desmitificar el arte y utilizar las vías de comunicación como el correo postal para diseminar los trabajos, lo que la hace precursora del Fax art, y posteriormente, del Net.art. Las fotocopiadoras resultan un medio ideal para realizar este tipo de obras por la capacidad de la máquina para realizar copias de manera rápida en un soporte como el papel, muy fácil de enviar a través del correo ordinario (De Gracia, 2010). El uso de esta herramienta se difunde rápidamente entre artistas de todo el mundo, encontrando figuras relevantes de este movimiento en Italia (Bruno Munari), Alemania (Joseph Beuys), Uruguay (Clemente Padín), Argentina (León Ferrari), Brasil (Paulo Bruscky) o Japón (Jiro Yoshihara), por citar algunos países, y que entronca directamente con el movimiento Fluxus.

De manera temprana comienzan a surgir publicaciones relacionadas con el uso de la fotocopidora en el arte, que pasará a denominarse *Copy Art*. Como ejemplo cabe destacar la primera exhibición-libro organizada y publicada en 1968 por Seth Siegelau denominada *The Xerox Book*, que pretende romper con la tradición de exponer obra en una galería y la realiza a través de un libro, que recoge una interesante colección de trabajos de los artistas Carl André, Robert Barry, Douglas Huebler, Joseph Kosuth, Sol LeWitt, Robert Morris y Lawrence Weiner (Siegelau y Wendler, 1968).

Ese mismo año, Sonia Landy Sheridan recibe la invitación de la empresa 3M como artista residente para desarrollar una serie de experimentos gráficos con el *Color in Color*, el primer sistema comercial de copia instantánea a color (Firpo, Alexander y Katanayagi, 1978) y poco después, en 1970 la artista crea el programa de investigación *Generative Systems* en el *Art Institute of Chicago*, donde incorpora entre otros conocimientos, toda su experiencia en el uso de la fotocopidora.

A partir de este momento la electrofotografía comienza a tomar fuerza. Se publica el libro *Copy Art. The First Complete Guide to the Copy Machine*, que además de mostrar una buena colección de obras generadas por este medio, detalla las diversas técnicas de manipulación de la imagen que permite la fotocopidora; con la entrada en la década de los ochenta, la electrofotografía pasa a formar parte del trabajo de muchos artistas como Andy Warhol, Robert Rauschenberg, Larry Rivers, Les Levine y muchos otros (Firpo, Alexander y Katanayagi, 1978).

En España, donde la técnica adquiere gran importancia ya desde mediados de la década de los setenta pero alcanza su máxima expresión también en los ochenta, artistas como Tony Calvet, Marisa González, Luisa Rojo, Óscar Font, Zush, Jesús Pastor y Paco Rangel investigan sobre sus posibilidades (Fig.26). Sin embargo, cabe destacar la labor llevada a cabo por el grupo valenciano Alcalacanales (José Ramón Alcalá y Fernando Canales) que además realiza varias publicaciones entre las que sobresale *Copy-Art* en 1986. Simultáneamente se suceden una serie de exhibiciones en diferentes puntos de la geografía española así como la Bienal Internacional de Electrografía y Copy Art celebrada en Valencia.

Todo el interés surgido en torno a la electrofotografía conlleva la creación en Alemania del *Museum für Fotokopie* en Mülheim (1985) de la mano de Klaus Urbons, que en el 2019 pasa a formar parte del centro *Makroscope* creado en 2013, dedicado a la fotocopia y su intersección con el arte, tecnología y ciencia que también funciona como laboratorio y sala de exposiciones para artistas (Hirsch, Hubbard, Urbons y Carpenter, 2018). En España, en 1990 se crea el Museo Internacional de Electrografía (MIDE) en Cuenca, cuya colección reúne un amplio fondo tal y como muestra Torrens (2011) en su tesis doctoral.

Con la invención de las impresoras láser, las técnicas empleadas en las fotocopadoras se trasladan a este medio, sin embargo, con el uso más extensivo de tecnologías como la inyección de tinta, sobre todo a partir de los noventa, se puede considerar que la electrofotografía acaba convirtiéndose en una herramienta menos útil para los y las artistas, pese a que sigue teniendo su espacio dentro del *Mail Art* o poesía experimental (De Gracia, 2010). No obstante, es innegable la importancia de esta tecnología de impresión en el devenir del arte contemporáneo, ya que sienta las bases de muchas formas de trabajar la imagen que ha llegado hasta nuestros días.



Figura 26. Paco Rangel. Crucifixión (1985), 95 x 80 cm. Extraído de Museu d'Art Contemporani Vicente Aguilera Cerni©

La diferencia principal entre la fotocopiadora y la impresora electrofotográfica, consiste en que en las primeras, la imagen a copiar se traslada al tambor fotorreceptor a través de un haz de luz y un sistema de lentes, mientras que en las impresoras, un haz láser controlado por las señales electrónicas enviadas desde el ordenador y a través de un espejo poligonal, traslada la imagen a imprimir al tambor fotorreceptor (Jürgens, 2009). El hecho de utilizar el láser para generar la imagen en el tambor es lo que ha llevado a denominar a estos dispositivos como impresoras láser, sin embargo también se puede emplear la luz LED como fuente de iluminación para la formación de la imagen. Habitualmente, estas fuentes de luz son más eficientes en longitudes de onda entre 635nm y 820nm, siendo la de 780nm la más empleada en ambos casos (Springett, 2002).

En el caso del láser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), la imagen se crea directamente en la superficie de un tambor fotosensible a través de un haz láser controlado que genera cargas eléctricas positivas en el tambor, que son las que permiten conformar la imagen adheriendo las partículas negativas de tóner que posteriormente se fijarán al papel. Como la fuente de láser se ubica lejos del fotorreceptor, un sistema de espejos rotatorios consigue desviar el haz a lo largo de una línea paralela al eje del tambor, que va girando hasta completar la imagen a imprimir. En el caso de los LED (*Light-Emitting Diode*), la imagen se transfiere al tambor mediante una unidad lineal equipada con varios miles de diodos luminosos y una lente de enfoque ubicada cerca del tambor fotorreceptor, lo que confiere a estos equipos la capacidad de ser más compactos que los de tipo láser. Al igual que con el láser, el tambor gira durante el proceso de iluminación, para registrar toda la información. En este caso, la resolución de la imagen obtenida depende del número total de LEDs empleados, que puede oscilar entre 2500 y 10000 unidades (Ezcurra y Grávalos, 2012). Las ventajas e inconvenientes de cada uno de los sistemas de iluminación se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Ventajas e inconvenientes del láser y LED como fuente de iluminación para la formación de la imagen electrofotográfica

	Láser	LED
Ventajas	Impresión más rápida que LED	El tamaño de las impresoras suele ser menor Más económicas No producen ozono Mayor precisión en tramas finas y tamaños de fuente más pequeños
Inconvenientes	Producen ozono al transferir el tóner del tambor fotosensible al papel Pueden presentar peor calidad y desigualdades de impresión entre el centro y los márgenes	Más lentas Un LED fundido o estropeado deja su impronta en la impresión

Debido a que la impresión electrofotográfica se basa en la fotoconductividad y la electrostática, el proceso de impresión se produce en un espacio oscuro para evitar la interferencia de otras fuentes de luz que no sean las del propio sistema. A diferencia de la inyección de tinta, la impresión no se realiza de manera directa sobre el soporte a imprimir, sino que en primer lugar la imagen se traslada a un tambor fotoconductor donde se genera una imagen latente que después se cargará con el tóner (sustancia que produce el color).

A continuación, gracias a las fuerzas electrostáticas, pasará a depositarse sobre el soporte para ser fijado definitivamente a él. El proceso de impresión en blanco y negro o en color, es muy similar y difiere en pequeñas variables que se detallan más adelante en este mismo apartado. Así, la impresión se fundamenta en 5 fases principales, comunes tanto en el sistema de láser como en el de LEDs, que se repiten de forma cíclica para cada impresión realizada (Fig. 27a).

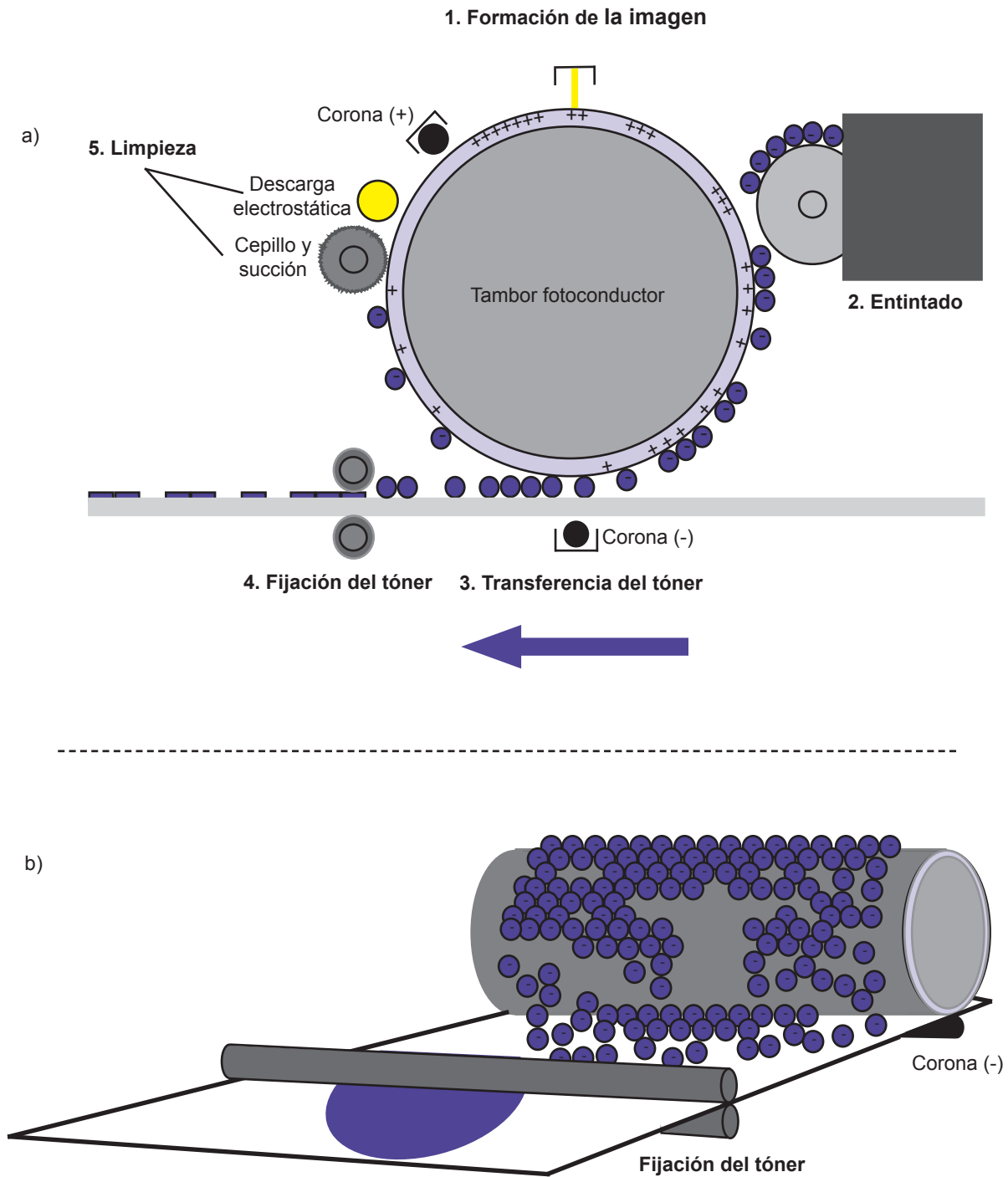


Figura 27. Esquema básico de funcionamiento de las impresoras electrofotográficas: (a) esquema general; (b) detalle de la formación de la imagen

1. Formación de la imagen

La imagen o texto se crea sobre la superficie del tambor fotorreceptor previamente cargado de manera uniforme, mediante un haz de luz controlado (láser o LEDs). Este tambor, tal y como indica Kipphan (2001) se trata de uno de los elementos más importantes del proceso electrofotográfico, y habitualmente consiste en un cuerpo de aluminio o banda flexible que lleva un recubrimiento fotoconductor compuesto de triseleniuro de arsénico o compuestos similares que contienen selenio, silicio amorfo o un fotoconductor orgánico (OPC), que suele ser el más habitual. Aquellos lugares en los que la luz del láser o LED incide, el fotorreceptor se descarga componiendo las áreas carentes de impresión para conformar una imagen electrostática latente (Fig.27b).

2. Entintado

En la unidad de revelado, las zonas del tambor cargadas atraen el tóner (sustancia colorante en polvo) que tiene carga negativa, de manera que se forma la imagen o texto visible.

3. Transferencia del tóner

Se trata de una operación compleja en la que el tambor y el papel deben desplazarse a la misma velocidad para evitar defectos en la impresión. Además, para superar las fuerzas de van der Waals que sostienen las partículas de tóner en el fotorreceptor, es necesario generar fuerzas electrostáticas en el papel mediante una corona de transferencia, que junto con la presión ejercida por el tambor, haga que las partículas de tóner se transfieran al papel. En este proceso también influyen la humedad ambiental del lugar en el que se ubica la impresora, el tipo de papel y el pequeño tamaño de las partículas de tóner, haciendo que la eficiencia de la transferencia no suela superar el 95% (Springett, 2002).

4. Fijación del tóner

Para fijar las partículas de tóner al soporte de papel y generar así una imagen fija sobre la misma hay que someter a la impresión a una última fase. Teniendo en cuenta que el tóner es una sustancia termoplástica, el uso de rodillos que transmiten calor y a su vez ejercen presión en el soporte será uno de los métodos más habituales, aunque también existen otros métodos ampliamente estudiados (Borsenberger y Weiss, 1998; Tse, Briggs, y Forrest, 1998; Al-Rubayei, 2009) tal y como se recogen en la Fig.28.

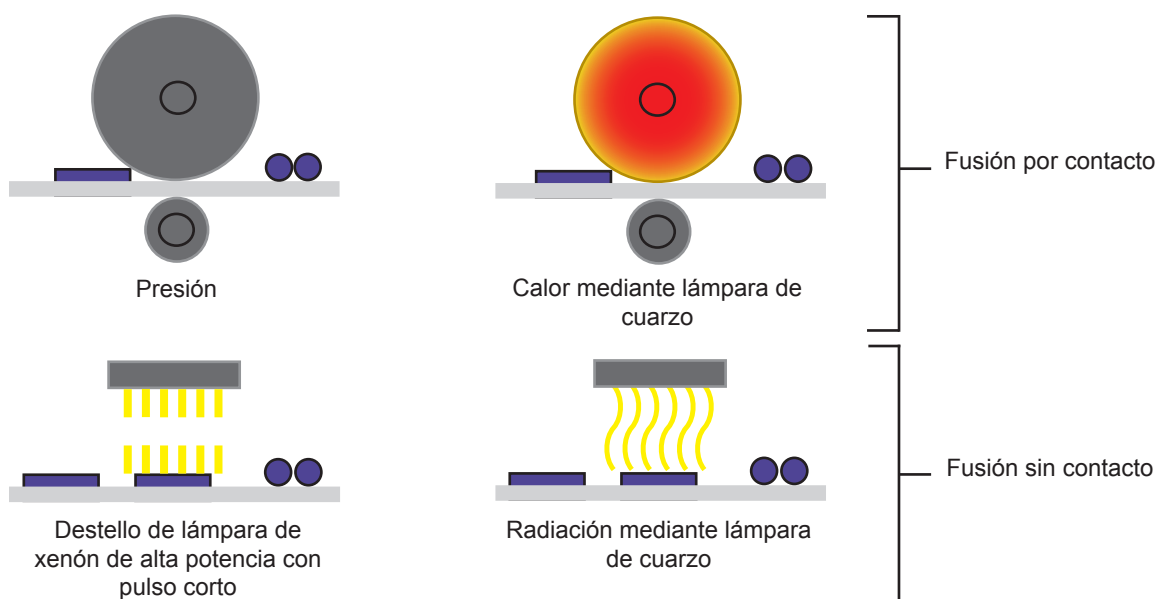


Figura 28. Otras técnicas empleadas para la fijación del tóner

Para que este proceso sea lo más uniforme posible, los rodillos consisten normalmente en un núcleo de metal recubierto por un elastómero de silicona o fluorocarbono que conducen el calor justo para superar la temperatura de transición vítrea (T_g) del tóner y ejercen la presión necesaria y suficiente para que la fijación del tóner sea la adecuada, de ahí que cuando se extraen las copias impresas éstas salgan calientes. En ocasiones estos rodillos suelen ir revestidos por un aceite de silicona para evitar que partes del tóner se fijen en ellos y puedan provocar defectos en las siguientes impresiones; otras veces, el tóner mismo es el que lleva en su composición un agente que ejerce esta misma función cuando se calienta.

En esta fase, la rugosidad de los rodillos, la presión ejercida por los mismos, el tipo de papel y las características del tóner determinan el acabado más o menos brillante de la impresión. Además la temperatura emitida por los rodillos debe ser la adecuada ya que si es baja, la fijación al papel será defectuosa, mientras que un exceso hará que el tóner sea demasiado líquido y se adhiera a los rodillos en vez de al papel (Hartus, 2008). El buen estado de estos rodillos también es vital para evitar otra serie de defectos que puedan aparecer, como que las impresiones salgan arrugadas.

5. Limpieza

Como se ha indicado previamente, la transferencia del tóner no es absoluta y un pequeño porcentaje de partículas se queda en el tambor. Esto hace necesario eliminar los restos que hayan podido quedar así como igualar la carga electrostática para dejar el tambor listo para la próxima impresión. Para ello la acción mecánica realizada por un cepillo y succión, eliminan los restos del tóner, mientras que una iluminación uniforme del tambor fotorreceptor descarga uniformemente toda la superficie para neutralizarlo (Ezcurra y Grávalos, 2012). Pese a este proceso, es habitual que algunas partículas de tóner persistan en el tambor, dando lugar a que puedan aparecer de manera dispersa en posteriores impresiones, algo que puede servir como indicio para la identificación de esta tecnología.

En la impresión a color –inventada en la década de los 90– el proceso se compone de las mismas fases, con la excepción de que el tambor fotoconductor debe ser sensible a todo el espectro visible y que tiene que transferir cuatro colores de tóner (CMYK). Para ello, la imagen se divide en cuatro planos de color, que se pueden transferir al soporte de dos maneras diferentes:

- Sistema multipase (*multipass system*): Cada plano de color se genera en el mismo fotorreceptor, y se almacena en el soporte o en un rodillo de transferencia hasta que la imagen completa se haya configurado. Este sistema hace que las impresoras sean más compactas y económicas, pero algo más lentas y menos precisas (Fig. 29a).
- Sistema de pase único (*single-pass system*): Cada plano de color se almacena en un tambor fotorreceptor diferente y a medida que el soporte de papel pasa por ellos va recibiendo las partículas de tóner correspondientes a cada color. Este sistema hace que las impresoras sean más voluminosas, pero más rápidas y con menos errores de registro, por lo que es el que más se emplea en la actualidad (Fig.29b).

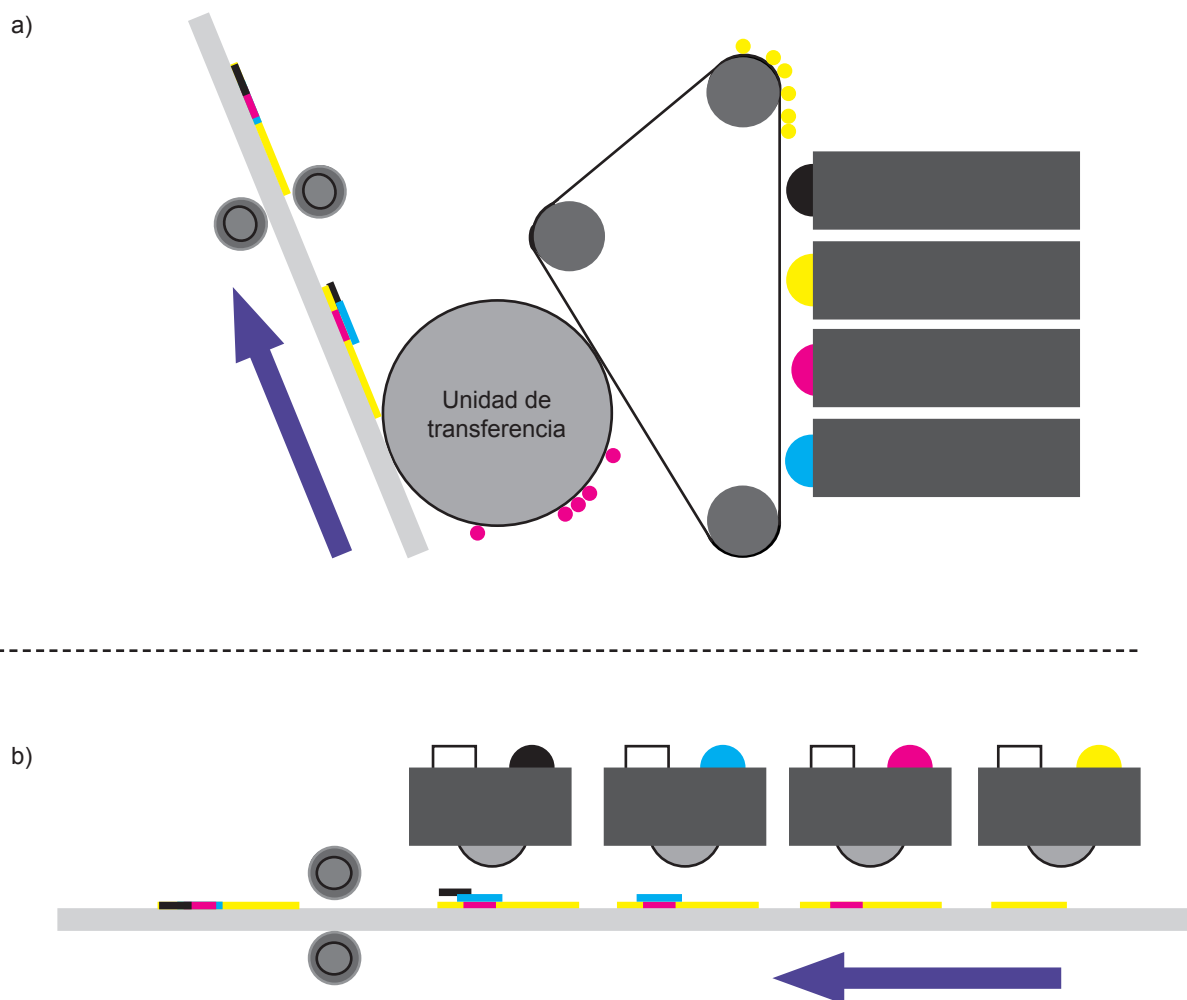


Figura 29. Impresión electrofotográfica a color: (a) Sistema multipase y (b) sistema de pase único

1.2. Inyección de tinta

La introducción en el mercado de las impresoras de inyección de tinta no resulta efectiva hasta finales de la década de los ochenta, cuando comienza a convertirse en una opción para obtener impresiones a color de manera ciertamente asequible (Webster, 2003). A diferencia de la electrofotografía, la creación de estas máquinas no se puede atribuir a un solo inventor, sino que se trata de la compilación de las aportaciones realizadas por una serie de inventores y empresas que se remonta a 1749, cuando Jean Antoine Nollet descubre los efectos de la electricidad estática en un flujo continuo de goteo, posteriormente John William Strutt (lord Rayleigh) en 1878 crea el primer tratado teórico sobre la física básica en la formación de gotas líquidas inyectadas en cadena debido a sus inherentes inestabilidades, y en 1948 Rune Elmqvist inventa la primera impresora de inyección de tinta para la transcripción de las señales producidas por los electrocardiogramas. En 1951, Elmqvist como trabajador de la empresa Elema-Schönander –que después se denominará Siemens– realiza varias modificaciones a su invento, lo que supondrá la fabricación de la primera impresora de inyección de tinta, la *Mingograph* (Castro, 2006; Martin, Hoath y Hutchings, 2008; Solemaini-Gorgani, 2016).

Hoy día, los dispositivos de impresión basados en la tecnología de inyección de tinta son muy habituales en una gran variedad de áreas de conocimiento (Singh, Haverinen, Dhagat, y Jabbour, 2010; Subramanian, 2010; Castrejon-Pita, Baxter, Morgan, Temple, Martin, y Hutchings, 2013; Li,

Rossignol, y Macdonald, 2015), lo que genera gran cantidad de patentes registradas. Además permite imprimir prácticamente sobre cualquier tipo de soporte, sea o no poroso, lo que le confiere una gran versatilidad. Pese a que existen dispositivos de sobremesa desde 1984, su uso en el ámbito artístico no se generaliza hasta la entrada en la década de los noventa, por lo que se puede considerar una tecnología relativamente nueva con apenas 30 años de recorrido.

Los primeros dispositivos a color empleaban cuatro cartuchos de tinta CMYK (cyan, magenta, amarillo y negro), que en la actualidad se limitan a pequeñas impresoras de sobremesa para uso general. De cara a mejorar las transiciones de color y las impresiones monocromas con mayor precisión, así como mejorar la calidad de las imágenes impresas, estos dispositivos han ido incorporando cartuchos de tinta complementarios hasta alcanzar los 12 colores. Además, el tamaño de la impresión ha variado considerablemente de manera que en la actualidad se pueden realizar impresiones en formatos de hasta más de metro y medio de ancho (64 pulgadas) en rollos de papel que pueden alcanzar los 30 metros de largo, aunque existen impresoras con fines industriales que pueden alcanzar los cinco metros de ancho (Matthews-Paul, 2016).

Los primeros intentos para imprimir obras artísticas con impresoras de inyección de tinta se realizan con la impresora *Iris Graphics 3047*, un dispositivo de alto coste económico ideado para producir de manera rápida pruebas de color para evaluar la calidad de las mismas previa impresión definitiva en offset, que permite una gran definición de la imagen (Wilhelm, 2006). Estos primeros ensayos, realizados en 1989 cuando Graham Nash adquiere una de estas impresoras para satisfacer su necesidad de obtener copias de sus propias fotografías, le llevan a él y a su socio Mac Holbert, a crear en 1991 en California, Nash Editions, la primera empresa del mundo especializada en impresión digital con finalidad artística, con la idea de llevar a cabo proyectos de artistas que se vieran con necesidades similares a las suyas (Nash editions, 2019).

A partir de ese momento, y debido su éxito, comienzan a surgir otras empresas especializadas por lo que la competitividad en el sector va aumentando. Otros estudios que ya venían trabajando con anterioridad como estudios de estampación tradicional, incorporan las tecnologías digitales a sus espacios. Como ejemplo cabe citar a Cone Studios de Vermont (Cone editions, 2019), que además en 2002 crea un set de tintas negras llamado Piezography® que permite realizar impresiones exclusivamente monocromáticas sustituyendo los cartuchos de color por los de su set de escala de grises; en la actualidad existen sets disponibles que ofrecen diferentes matices que imitan sistemas fotográficos analógicos (Piezography, 2019).

Los avances producidos en esta tecnología han facilitado su incursión en la creación artística, hasta el punto de posibilitar la generación de piezas fotográficas, pictóricas, trabajos que combinan técnicas tradicionales y digitales, así como instalaciones, a juzgar por las colecciones de museos e instituciones a lo largo y ancho del mundo o por las obras presentadas en las ferias de arte como ARCO, por citar un caso cercano.

El funcionamiento de una impresora de inyección de tinta consiste generalmente en el lanzamiento de tinta a través de unas boquillas o inyectores que se agrupan en cabezales (uno por cada color de tinta), que gracias a un motor recorren la superficie a imprimir por franjas horizontales mientras que otro motor desplaza el soporte a imprimir longitudinalmente hasta cubrir la superficie necesaria. Este proceso aparentemente sencillo requiere una precisión y tecnología muy sofisticada que se concentra básicamente en los cabezales, sus inyectores y la tecnología utilizada para generar la expulsión de la gota desde el cartucho que contiene la tinta, haciendo de ellos una de las piezas más importantes en el funcionamiento de estas impresoras. Dependiendo del número de inyectores y de su diámetro se obtiene mayor o menor velocidad de impresión y definición, así cuanto mayor sea el número de inyectores la impresora será más rápida, y cuanto más pequeños sean los orificios por los que salga la tinta mayor será la definición final de la imagen, aunque también depende de otros factores como el tipo de soporte o tinta empleado, tal y como que se especifica en capítulos posteriores.

Con el fin de cumplir con las más altas exigencias del mercado, algunas impresoras profesionales suelen producir gotas de tan solo 1,5 picolitros y disponer de la tecnología de gota variable, que permite generar tamaños de gota diferentes para producir una mejor transición entre colores, lo que a simple vista otorga una sensación de tono continuo en las imágenes, motivo por el que algunos fabricantes del sector denominan a estas impresoras como de “calidad fotográfica”. En la actualidad los dispositivos comercializados por Epson, HP, Roland DG y Canon son los más habituales en el ámbito artístico.

Atendiendo a la forma en la que la tinta se deposita sobre el soporte, existen dos variables tecnológicas empleadas en los cabezales, que a su vez limitan entre otras cuestiones su precio, durabilidad, el tipo de tintas disponibles en cada caso, tamaño de gotas y por tanto, su uso: flujo continuo (*continuous inkjet* o *CIJ*) y gota bajo demanda (*Drop on demand* o *DOD*) (Tabla 3). El primer tipo parte de las investigaciones llevadas a cabo por Richard G. Sweet en 1964 y Carl H. Hertz en 1968, mientras que los cabezales de gota bajo demanda proceden de las ideas desarrolladas por Steve Zoltan en 1974 basándose en las anteriores investigaciones (Fig.30).

Tabla 3. Ventajas y desventajas de las impresoras de flujo continuo y gota bajo demanda

	Flujo continuo	Gota bajo demanda
Ventajas	<p>Gran velocidad de impresión (muy útil para uso industrial)</p> <p>Los inyectores difícilmente se obstruyen (están generando gotas continuamente)</p> <p>Las impresiones secan rápidamente (emplea tintas con componentes volátiles)</p> <p>El rendimiento de la tinta es mayor</p>	<p>Genera gotas de menor tamaño y las ubica con mayor precisión en el soporte lo que supone una mejor calidad de impresión (sobre todo con gota variable)</p> <p>Admite diferentes tipos de tinta</p> <p>Los cabezales son más duraderos (si son piezoeléctricos)</p> <p>Más baratas de fabricar y mantener</p>
Inconvenientes	<p>Emiten gotas de mayor tamaño, y por tanto tienen menor resolución (por la velocidad de impresión)</p> <p>Sólo permite emplear tintas que necesitan ser cargadas eléctricamente</p> <p>Impresoras relativamente caras y con alto coste de mantenimiento</p>	<p>La tinta puede obstruir los inyectores, por eso es necesario limpiar los cabezales habitualmente, implicando mayor gasto de tinta</p>

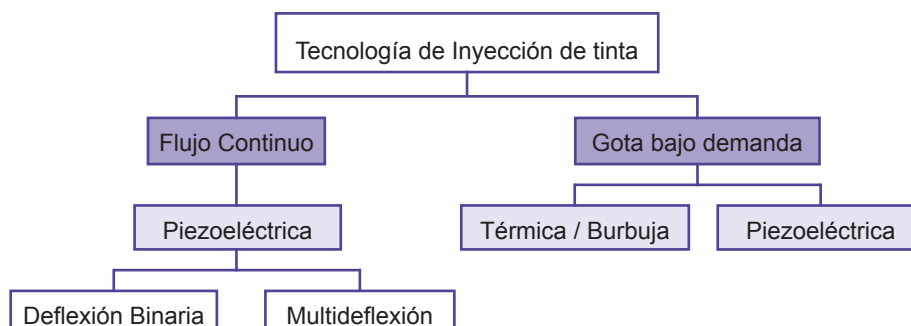


Figura 30. Clasificación de las tecnologías de inyección de tinta

1.2.1. Flujo continuo (CIJ)

Consiste en un cabezal que a través de sus inyectores emite un chorro constante de gotas de tinta que mediante una carga eléctrica desvían su itinerario para acabar sobre el soporte o regresan al depósito de tinta, mediante un sistema de retorno. De la continua hilera de gotas formadas por este sistema sólo una pequeña parte –alrededor del 5%– impacta en el soporte, mientras que el resto retorna al depósito de tinta para ser reutilizado (Kipphan, 2001). Este tipo de cabezales se empleó por primera vez en la *Mingograph* de Siemens y años después, en las impresoras de IRIS Graphics, que se utilizaron en los inicios de la impresión digital artística. En la actualidad el uso de las impresoras con cabezales de flujo continuo se limita al ámbito industrial, donde son muy empleadas para el marcaje de productos gracias al uso de tintas de base solvente que permiten un rápido secado y compatibilidad con una gran cantidad de soportes además de la velocidad de impresión que ofrecen, que oscila entre las 50.000 a 100.000 gotas por segundo e inyector (Webster, 2003). Dependiendo del tipo de desviación al que se someten las gotas de tinta, se pueden distinguir dos procesos:

- Deflexión binaria

Se denomina así debido a que cada gota de tinta expulsada puede depositarse en el soporte o regresar al contenedor de tinta dependiendo de si ésta es cargada o no eléctricamente por medio de las señales emitidas desde el ordenador. De este modo, la gota pasa por un campo eléctrico, y si es cargada, se desvía y regresa al contenedor de tinta, mientras que si se mantiene descargada será lanzada directamente sobre el soporte (Fig. 31a). Una variable de este proceso es el sistema Hertz, denominado así por su inventor –Carl Hellmuth Hertz– y que permite controlar el volumen de tinta que forma cada gota, lo que genera puntos de tamaño variable y densidades varias, de manera que las imágenes impresas obtenidas llegan a ser de gran calidad. Este es el sistema empleado por los dispositivos de IRIS Graphics (Jürgens, 2009).

- Multideflexión

En este caso las gotas pueden recibir diferentes cargas eléctricas, haciendo que cada gota se desvíe en diferentes direcciones y aumentando la velocidad de impresión considerablemente. Esta variable se suele emplear para imprimir en blanco y negro las fechas de caducidad de los productos y otro tipo de etiquetados. (Fig. 31b).

1.2.2. Gota bajo demanda (DOD)

Este sistema de cabezales se denomina así puesto que a diferencia de las de flujo continuo, la gota sólo se produce a través de la presión ejercida en el cabezal cuando es necesaria para formar la imagen, de manera que las gotas se distribuyen de manera irregular a lo largo del soporte. Mediante este sistema ya no es necesario que las tintas tengan que ser cargadas eléctricamente, ni existe por tanto la necesidad de incluir un deflector, ni de generar un circuito de retorno de la tinta. Estos motivos, junto con la posibilidad de generar un menor tamaño de gota y obtener una mayor precisión en su ubicación en el soporte, hacen aumentar considerablemente la calidad de la impresión. Además, la gran diversidad de tintas que admiten para imprimir sobre innumerables soportes es lo que ha hecho de la gota bajo demanda el sistema más utilizado por las principales marcas comerciales.

Existen varios métodos para generar la expulsión de la gota, sin embargo la tecnología térmica o de burbuja –empleada principalmente por Hewlett-Packard, Canon y Lexmark–, y la piezoeléctrica –utilizada mayoritariamente Epson, Brother y Xerox– son las más empleadas (Webster, 2003).

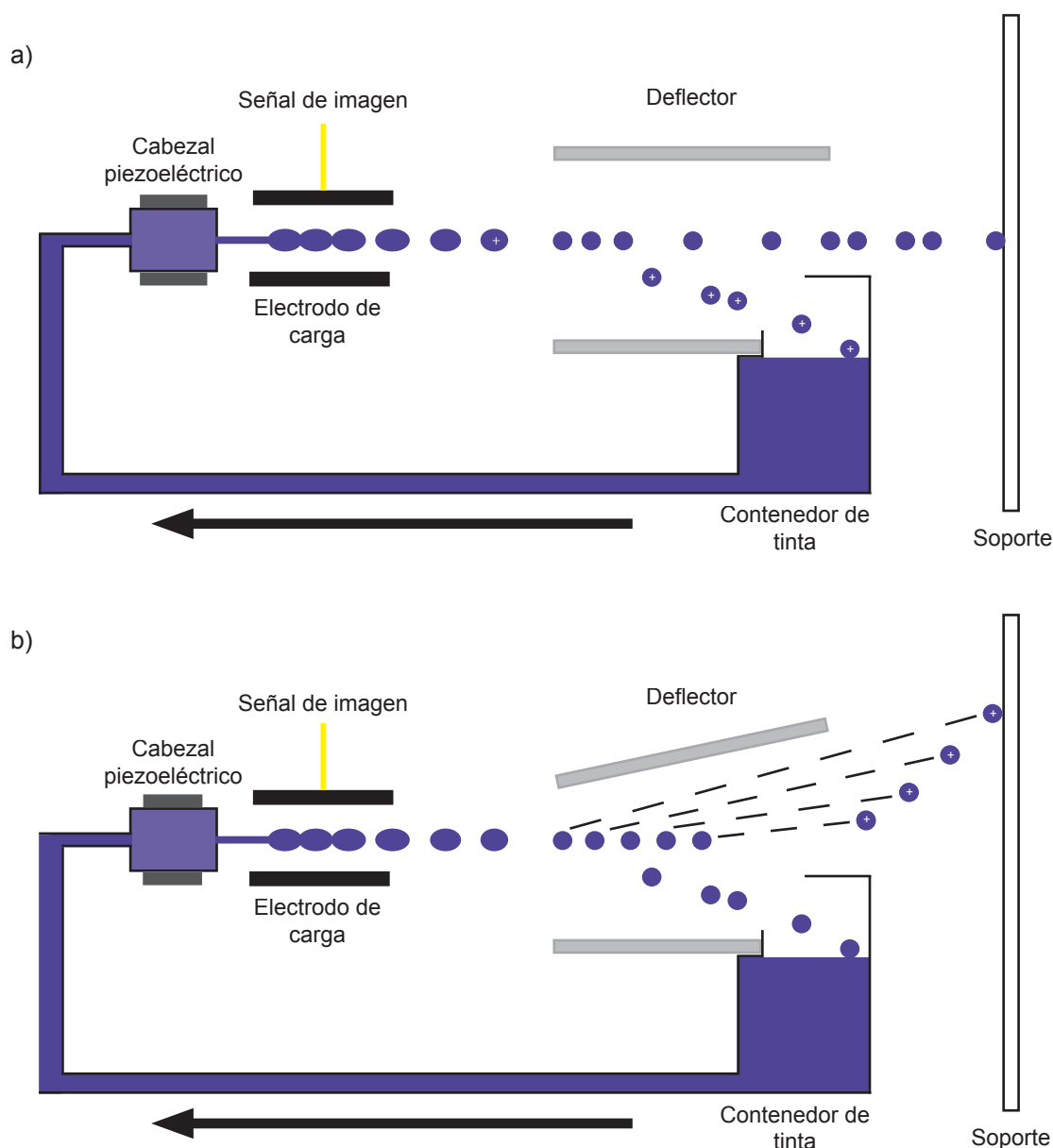


Figura 31. Esquema básico de funcionamiento de las impresoras de flujo continuo. a) Deflexión binaria; b) multideflexión

- Térmica o de burbuja

Esta tecnología de cabezales la inventa Ichiro Endo en Canon – que la denomina *Bubblejet*, que significa de burbuja en inglés– y casi de manera paralela, también John L. Vaught en Hewlett-Packard, que la nombra *thermal* (térmica en español), por tanto se trata de una misma tecnología con dos nombres diferentes.

En 1983 ambos grupos comienzan a colaborar para obtener el fundamento básico para las impresoras de inyección de tinta con tecnología térmica, que impulsó la primera generación de impresoras a bajo coste y la fabricación de cartuchos de tinta desechables con independencia del cabezal de impresión. Como indica Fleming (2002) la primera impresora de este tipo, la *Thinkjet* de Hewlett-Packard, comercializada en 1984, no alcanzó gran reconocimiento ya que entre otras cuestiones, se esperaba de ella una mayor calidad de impresión y un precio más económico, algo que ciertamente no se alcanzó hasta la década siguiente.

En este sistema de cabezales, las gotas se forman a través de la elevación de la temperatura causada por una resistencia eléctrica ubicada junto a cada inyector, que calienta la tinta a temperaturas que rondan entre los 300°C y los 400°C hasta generar una burbuja que al aumentar de tamaño desplaza una porción de tinta hacia el inyector. Cuando esto ocurre, la resistencia deja de calentar la tinta, la burbuja colapsa y la porción de tinta se desplaza fuera del inyector, causando su impacto contra el soporte y generando el llenado del mismo para la próxima gota (Wnek, Andreottola, Doll y Kelly, 2002) (Fig.32). Esta necesidad de calentar la tinta para su expulsión conlleva que este sistema sólo pueda emplear tintas de base acuosa, restringiendo su versatilidad. Además, esta tecnología de cabezales produce un rasgo distintivo visible al microscopio llamado gotas satélite, que no son más que pequeñas gotas de tinta que surgen a partir de la gota principal eyectada y que además nos indican el sentido de la impresión.

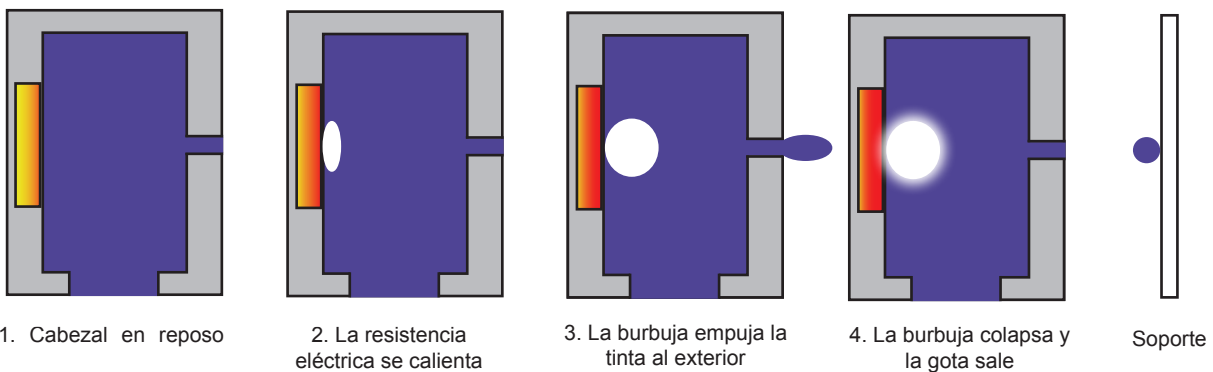


Figura 32. Esquema básico de expulsión de la gota de tinta en una impresora de inyección de tinta mediante el sistema de cabezal térmico o Bubblejet

- Piezoeléctrica

Pese a haberse inventado antes que la tecnología de cabezales térmicos, la tecnología piezoeléctrica como sistema para controlar la expulsión de la gota no prospera hasta más adelante, cuando Epson lanza en 1993 su impresora *Epson Stylus Color 800* y la tecnología piezoeléctrica pasa a ser el sistema de cabezales más popular, superando incluso a la térmica (Jürgens, 2009), entre otras cuestiones, por ofrecer una mayor calidad y definición en la imagen impresa (Tabla 4).

Esta mejora en la calidad ocurre en gran medida por la posibilidad que ofrecen estos cabezales para diseñarlos de manera que permiten generar gotas de tamaño variable desde un mismo inyector. Así en zonas como las carnaciones o tipos de letra muy pequeños se pueden emplear gotas muy pequeñas que mejoran la precisión y por tanto otorgan a la imagen un aspecto más “limpio”, con menos grano; por el contrario, en zonas de color muy densas, permite emplear tamaños de gota mayores, acortando el tiempo de impresión. Cada fabricante establece la cantidad de tipos de gota que pueden expeler los inyectores, pero generalmente rondan entre los 3 y 7 niveles, a mayor variedad mayor calidad de impresión (Edwards, 2008).

El funcionamiento de estos cabezales es más sencillo que en la tecnología de cabezales térmicos, ya que consisten en la emisión de una señal eléctrica que deforma el material piezoeléctrico obligando así a la expulsión de la gota (Fig.33); este material va adosado al depósito de tinta junto con un diafragma para evitar interacciones no deseadas con las tintas. La ubicación del material piezoeléctrico puede variar dando lugar a cuatro diferentes construcciones de cabezal: de presión (*squeeze mode*), de banda (*bend mode*), de inserción (*push mode*) o de corte (*shear mode*) y cada fabricante utiliza el diseño más apropiado para sus impresoras.

Tabla 4. Ventajas e inconvenientes de la tecnología piezoeléctrica y térmica para la fabricación de cabezales para las impresoras de inyección de tinta

	Piezoeléctrica	Térmica
Ventajas	<p>Son más veloces</p> <p>Admite gran variedad de tipos de tinta (base acuosa, eco-solvente, de curado ultravioleta)</p> <p>Menor gasto</p> <p>Tamaño de gota más pequeño (1,5pl)</p> <p>Permiten lanzar gotas de tamaño variable y con precisión desde un mismo cabezal</p> <p>Mayor durabilidad al no calentarse</p>	<p>Cabezales más económicos</p> <p>Mayor número de cabezales por impresora</p>
Inconvenientes	<p>Cabezales más caros de producir</p> <p>Menos cabezales por impresora</p>	<p>Limitado en cuanto a los tipos de tinta (sólo admite tintas de base acuosa)</p> <p>Tamaños de gota mayores (6pl)</p> <p>La distancia entre el cabezal y el soporte afecta a la precisión en la ubicación de la gota</p> <p>Al producir calor, los cabezales se estropean más fácilmente y se tienen que reemplazar más habitualmente</p> <p>Pueden producir gotas satélite</p>

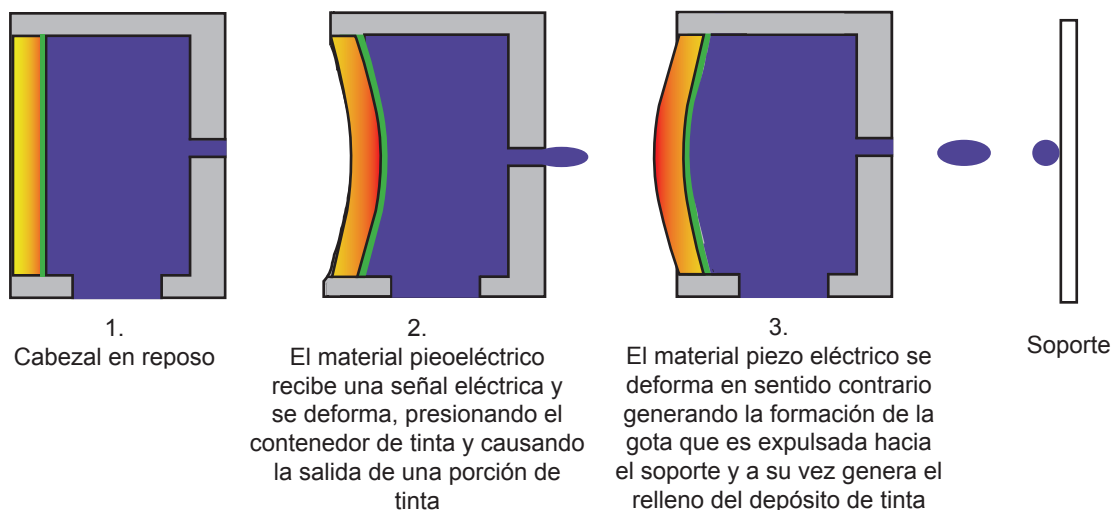


Figura 33. Esquema básico de expulsión de la gota de tinta en una impresora de inyección de tinta mediante el sistema de cabezal piezoeléctrico de banda (Bend mode)

1.3. Térmografía

Se emplea esta denominación para designar las impresoras que imprimen por medio de calor, bien sobre papeles especiales sensibles al aumento de la temperatura –conocida como técnica directa o *Direct Thermal* (D1T1) – o bien mediante las reacciones físico-químicas que se producen en las tintas y que provocan la transferencia de las mismas al soporte (Sublimación de tintes o *Dye sublimation transfer*), para poder así conformar la imagen deseada.

Ya que la técnica directa no emplea tintas para la formación de la imagen, ésta queda fuera del ámbito de estudio de esta tesis, sin embargo, se exponen los principales aspectos de la tecnología ya que no se puede obviar su uso en el panorama artístico. El empleo de esta tecnología se remonta a la década de los sesenta pero su mayor aplicación ocurre en los ochenta cuando comienzan a aparecer los primeros dispositivos de Fax y una variedad de artistas comienzan a mostrar interés sobre las posibilidades que ofrecen como medio de comunicación instantánea. Este tipo de manifestaciones artísticas que emplean impresoras termográficas directas se producen hasta la década de los años noventa, como ejemplifica el caso de la instalación producida en el Centro Cultural de la Villa por Rubén Tortosa bajo el título *La activación de la superficie plana* en 1992 para celebrar la Capitalidad Cultural Europea de Madrid (Tortosa, 2011), sin embargo, la aparición de otras tecnologías más versátiles como la inyección de tinta –para la producción de imágenes impresas– e Internet, base fundamental del Net. Art han dejado de lado su uso como material artístico.

Por otro lado, en los últimos años, la técnica de sublimación de tintes está alcanzando un mayor protagonismo. Esta última década ha repuntado en el mercado como una tecnología apropiada para generar imágenes de la más alta calidad, imitando el tono continuo de la fotografía y por tanto, procurando calidades excelentes de imagen. Por este motivo, pese a la complejidad del proceso en comparación con las demás tecnologías tratadas en este capítulo, en los últimos años su empleo por parte de las y los artistas plásticos ocurre de manera cada vez más habitual, si bien es cierto que aún hay pocos laboratorios dedicados a la producción artística que cuenten con los medios apropiados para llevar a cabo este particular proceso.

1.3.1. Técnica directa

El papel termosensible es el que reacciona al calor generado por el cabezal de impresión, dando lugar al texto o la imagen deseada. Este tipo de dispositivos son posiblemente los más sencillos de todos y fueron los primeros en aparecer en el mercado a principios de la década de 1960. En este caso, el papel, que suele ser de rollo continuo, pasa a través de una serie de resistencias que se ubican de manera fija. Cuando se calientan (entre 60°C y 150°C) crean manchas oscuras en el papel, dando lugar a la imagen o texto. Su resolución depende de la cantidad de resistencias que componen en cabezal y de la velocidad a la que avanza el papel (Webster, 2003).

La impresión térmica monocromática (Fig.34) es la tecnología empleada en los faxes y actualmente también se utiliza para imprimir tickets de compra y similares debido a su bajo coste ya que no hay que emplear tintas, aunque el papel requiere de un diseño específico y complejo. Por contra, como el papel es sensible a la temperatura, este tipo de impresiones no suele ser duradera (Ezcurra y Grávalos, 2012).

En 2008 Zink Holdings LLC crea el sistema térmico directo de impresión a color denominado ZINK (Zero Ink) en el que cristales de tinte se disponen por capas sobre el propio soporte (amarillo, cian y magenta); en función de la temperatura que alcanza el cabezal, los cristales de una capa u otra se activan, dando lugar a una imagen a color de tipo tono continuo (Zink Holdings LLC, 2013). Este tipo de dispositivos suelen fabricarse en formato bolsillo y se emplean habitualmente a nivel doméstico para obtener copias de manera rápida, por ejemplo, de las imágenes tomadas con un teléfono móvil,

por este motivo la gran limitación de estas imágenes es su pequeño formato, equivalente a un A8 (5,2 x 7,4 cm).

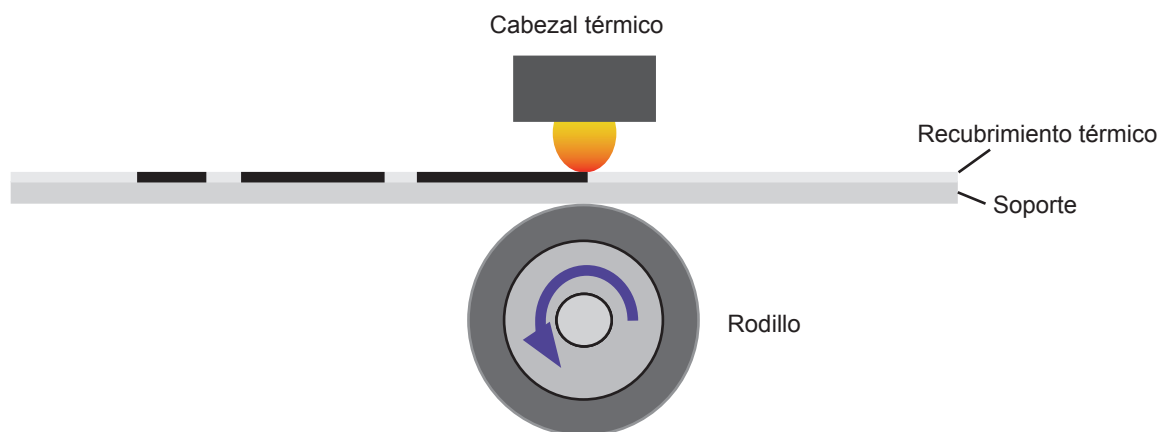


Figura 34. Esquema básico de la impresión térmica directa monocromática

1.3.2. Sublimación de tintes

La obtención de imágenes mediante la sublimación de tintes es similar a la impresión térmica directa, ya que en ambos casos es necesario que las altas temperaturas formen parte del proceso de configuración de la imagen. En este caso, se obtienen impresiones a color rozando el tono continuo, siendo la tecnología con la que mejor calidad de imagen se obtiene.

Como indica Kasper (2002) desde 1982 se conoce la tecnología que hace posible esta forma de producir impresiones, pero no es hasta 1986 cuando se comercializa la primera impresora de este tipo, la *Mavigraph* de Sony, y poco tiempo después otras empresas también comienzan a fabricarlas. Estas primeras impresoras producen las imágenes gracias a unos rollos que llevan impregnados de forma alternativa tintes de color cyan, magenta, amarillo y negro, que por mediación del calor emitido por el cabezal y de acuerdo a la señal electrónica recibida, genera un cambio de estado de los tintes haciendo que éstos se traspasen al soporte de papel y queden embutidos en él de manera permanente para conformar la imagen definitiva (Fig.35). Dependiendo del calor emitido por el cabezal, se pueden obtener diversos niveles de gris por cada punto, de ahí la alta calidad de las impresiones y su comparativa con la fotografía (Webster, 2003). Esta tecnología ampliamente conocida como sublimación (*dye sublimation* en inglés) también se denomina con el acrónimo D2T2, que hace referencia a su nombre completo en inglés *Dye Diffusion Thermal Transfer*.

Esta tecnología se ha empleado en gran medida para la impresión de imágenes fotográficas a nivel doméstico, en parte por la limitación en el tamaño de la impresión, que se ve restringida por el ancho de las cintas que llevan las tintas y el tipo de soportes que admite, normalmente papel tipo Resin Coated (RC).

En esta última década ha surgido un nuevo sistema para la obtención de imágenes impresas mediante la combinación de las tecnologías de inyección de tinta y la difusión de tintes. El principio básico es el mismo que el explicado con anterioridad, pero este nuevo sistema permite superar las limitaciones en cuanto a la variedad de dimensiones, soportes y formas, de manera que en los últimos años han florecido muchos negocios que se dedican a la personalización de toda clase de objetos como tazas, camisetas, carcasas de teléfono móvil, etc. Por otro lado existen en el mercado diversos tipos

de soportes planos metálicos (aluminio), plásticos o maderas naturales y artificiales con recubrimientos transparentes u opacos y que se presentan en mate, satinado o brillo en formatos de hasta 1,25 m de ancho y largo para llevar a cabo la impresión de imágenes con una apariencia sin igual comparada con el resto de las tecnologías tratadas en este capítulo.

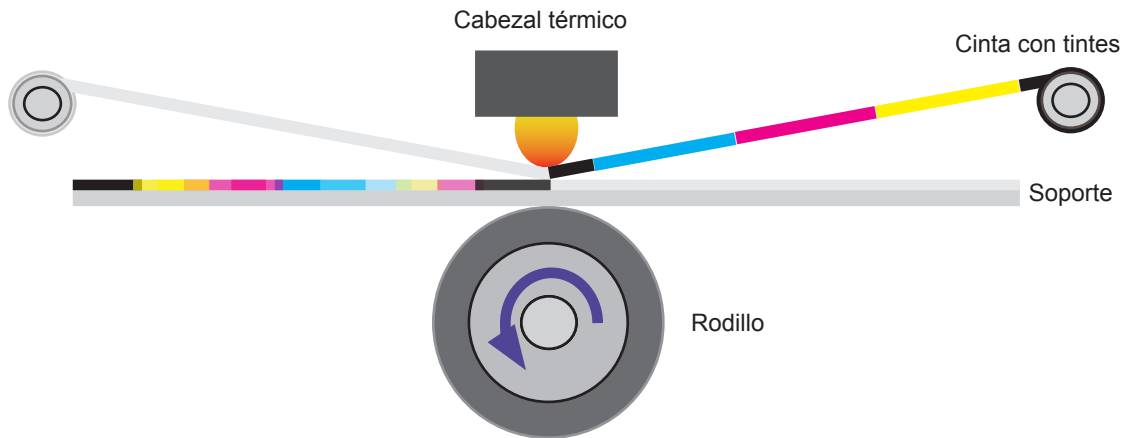


Figura 35. Esquema básico de la termografía por difusión de tintes con cinta

Estos soportes se han dado a conocer y se comercializan por la empresa Universal Woods, Inc. bajo el nombre comercial de Chromaluxe®, cuyo nombre se ha convertido en sinónimo de este sistema, aunque también se vienen utilizando procesos similares para la impresión en textil, área en la que se han centrado otros fabricantes como Roland o HP. El proceso consiste en el uso de un soporte temporal de papel, específico para la difusión de tintes que se imprime en una impresora de inyección con tintas de base acuosa cuyos agentes colorantes son tintes. El soporte temporal, debido a sus características, evita la absorción de la tinta, de manera que la mayor parte de ésta queda en la superficie.

Posteriormente, este papel impreso se coloca cara a cara sobre el soporte definitivo –que ha de llevar un recubrimiento de poliéster– por lo que hay que tener en cuenta que la imagen debe imprimirse siempre en espejo, para que esté en la posición adecuada (especialmente si se incluye texto). Se fija en su perímetro con cinta adhesiva resistente al calor para que la unión de ambos soportes sea lo más estable posible, evitando que queden huecos que funcionen a modo de cámara de aire que puedan perjudicar en el acabado final del trabajo. Después, este sándwich se coloca en una prensa, que presiona el soporte provisional contra el definitivo a la vez que emite una temperatura suficiente, entre los 180°C y 200°C durante unos 3 minutos (dependiendo del soporte definitivo seleccionado) para que la estructura del poliéster se abra y los tintes traspasen a esta capa receptora del soporte definitivo y queden embutidos en él de manera permanente (Fig. 36).

La complejidad de este proceso en comparación con el resto de las tecnologías descritas hace que la difusión de tintes precise de un equipamiento específico y un método de trabajo muy escrupuloso, ya que cualquier fallo en alguna de las fases puede arruinar el resultado final, lo que encarece considerablemente el precio final de la impresión. Uno de los mayores obstáculos de este método consiste en la dificultad que supone obtener una definición nítida perfecta en cuanto a los bordes de texto o imágenes, debido a que una pequeña cámara de aire entre el soporte temporal y el definitivo provoca que los tintes se dispersen con mayor facilidad, afectando a la definición de la imagen. También hay que tener en cuenta que cualquier partícula depositada en el soporte tanto temporal como definitivo, cualquier tipo de marca en el recubrimiento superficial, así como la incorrecta manipulación de los materiales –que pueden dar lugar a dejar la impronta de las huellas dactilares– impide que el proceso se pueda llevar a cabo correctamente.



Figura 36. Proceso de impresión termográfica de sublimación de tintes. a) Eliminación de la película protectora de la superficie del soporte definitivo; b) Colocación cara a cara del soporte definitivo sobre el soporte temporal impreso; c) sujeción de ambos soportes con cinta adhesiva resistente a altas temperaturas; d) Sándwich resultante de la unión de ambos soportes; e) Prensa de calor ejerciendo presión para la correcta transferencia de las tintas; f) soporte temporal con restos de la tinta que no se ha transferido (izquierda) y resultado final de la impresión (derecha)

Por otro lado, también resulta complicado controlar el resultado final de la imagen en cuanto a la consistencia de color, puesto que no es posible controlar que la impresión en el soporte temporal se corresponda colorimétricamente con lo que se quiere obtener, lo que requiere una gran práctica y experiencia por parte del personal que lleva a cabo este tipo de trabajos para prever de alguna manera el resultado final. A esta falta de control en el color también hay que añadir que en aquellos soportes que lleven un recubrimiento blanco, al someterlos a calor, éstos viran de un blanco neutro a otro más cálido, por lo que la imagen en general siempre resultará algo más cálida que la esperada en estos casos.

Tal y como se ha podido vislumbrar, el uso de las tecnologías de impresión digital ha venido acompañando a los artistas casi desde su aparición en el mercado. Hoy día, existe una gran variedad de dispositivos, desde pequeñas impresoras de sobremesa a grandes impresoras que ofrecen la posibilidad de personalización en cada una de las tiradas o ediciones. Cada tecnología, ha tenido su lugar en el arte con más o menos éxito, y en gran medida esta popularidad está directamente relacionada con la versatilidad de los materiales disponibles en cada caso, la calidad que se alcanza con cada una de ellas y el precio final del trabajo realizado, es decir, con las ventajas y desventajas que ofrece cada una de ellas, que se resumen debidamente en la Tabla 5. La investigación predominante sobre algunas de ellas se debe mayoritariamente a su potencial de aplicación, sin embargo, en este trabajo se ha otorgado mayor protagonismo a aquellas que se han venido utilizando o se utilizan de manera generalizada en la creación artística, siendo conscientes de que al cabo de unos años puede que aparezcan otras variables o mejoras tecnológicas más atractivas que hagan desaparecer o caer en el olvido algunas de las mencionadas en este apartado, tal y como ha sucedido anteriormente con variables que han terminado por ubicarse únicamente en el ámbito industrial o han quedado prácticamente en desuso. No obstante, esto no debe corresponder con un desinterés en el estudio y conocimiento de esas variables tecnológicas, puesto que eso implicaría el desconocimiento de los procesos de trabajo utilizados por parte de los y las artistas a lo largo de la historia, lo que a su vez dificultaría su correcta identificación y conservación a futuro.

Tabla 5. Cuadro resumen de las ventajas e inconvenientes de las variables tecnológicas empleadas en la creación artística

	Electrofotografía	Inyección de tinta	Termografía
Ventajas	<p>Proceso rápido</p> <p>La tinta (tónér) es la más económica</p>	<p>Muy versátil: permite imprimir sobre una gran variedad de soportes con diversos tipos de tinta</p> <p>Gran variedad de modelos de impresora que permiten trabajar de manera independiente en un estudio</p>	<p>Las imágenes tienen aspecto de tono continuo, no se aprecian las gotas de tinta</p> <p>Las impresiones se pueden manipular prácticamente al momento</p>
Inconvenientes	<p>Limitación en el tipo de soportes</p> <p>Ofrece una calidad de impresión inferior</p>	<p>Hay que dejar un tiempo para el secado de las tintas antes de su manipulación (en caso de tintas de base acuosa)</p> <p>Mantenimiento asiduo de cabezales para garantizar la calidad de la impresión</p>	<p>Proceso complejo que requiere atenciones especiales</p> <p>Materiales costosos</p> <p>Pocos laboratorios especializados</p>

2. Materiales para la impresión digital

Cada tecnología de impresión digital, debido a su forma específica de generar la imagen, va asociada a unos materiales –tintas, soportes y acabados– determinados. La impresión electrostática se puede considerar la más restrictiva en cuanto a las variables que acepta, ya que sólo admite el tónér, que está conformado principalmente por pigmentos y sustancias termoplásticas, y normalmente sólo permite la impresión sobre soportes de papel y algunos plásticos con restricciones en cuanto a su gramaje y acabado. La difusión de tintes, está limitada a un tipo muy concreto de tintas –tintes en una base acuosa– pero los avances tecnológicos producidos en la última década han favorecido su uso en innumerable cantidad de soportes (metálicos, plásticos, maderas, textiles...) que no necesitan ningún tipo de acabado o manipulación final debido a la forma en la que la tinta queda embebida en el soporte.

La tecnología de inyección de tinta, por el contrario, se vislumbra como la más versátil en todos los sentidos, puesto que permite imprimir sobre una amplísima variedad de soportes de diferente naturaleza y grosor en función de las diferentes formulaciones de tinta que admite, ya que incluye la posibilidad de emplear pigmentos o tintes como sustancias colorantes, así como diversos vehículos de tipo acuoso, solvente o polimérico. Esta diversidad viene dada en gran medida por las investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del diseño de tintas y en el de los recubrimientos aplicados a los soportes receptores de las mismas. Además, los soportes de papel impresos por este medio posibilitan la utilización de técnicas de acabado específicas que otorgan a la imagen una apariencia particular en cada caso.

2.1. Tónér y tintas

Todos los dispositivos de impresión digital detallados en el capítulo anterior poseen un depósito o cartucho en el que se ubica la tinta. La forma en la que esta sustancia colorante llega y se deposita en el soporte ocurre de manera particular en cada caso, determinando así el nombre de cada tecnología.

Estas tecnologías requieren de procesos diferentes en el secado y adhesión de las tintas, y esto condiciona en gran medida la composición y propiedades específicas de dichas tintas.

Debido al funcionamiento y la forma en que las tecnologías electrofotográficas, de inyección de tinta y termográficas hacen uso del tóner y las tintas, sus características en cuanto a la formulación difieren totalmente; el toner consiste en un polvo compuesto por pequeñas partículas que se depositan de manera indirecta sobre el soporte para fundirse sobre él, mientras que las tintas –compuestas de pigmentos o tintes– son productos en su mayoría en estado líquido, más o menos viscoso, que al depositarse directamente sobre el soporte se secan y fijan de manera muy variada. Las propiedades de cada uno de estos medios atiende a necesidades muy específicas, donde la compatibilidad de los componentes empleados en la fabricación de la tinta o tóner, pero también la afinidad de éstos con los materiales que la contienen o que están en contacto con ellas es importante para evitar interacciones no deseadas.

Los tóneres y tintas deben cumplir con requisitos exigentes como una buena saturación y amplia gama de color, estabilidad, precisión en la formación de la gota (en el caso de la inyección de tinta), estabilidad ante los agentes atmosféricos, resistencia a la abrasión, rapidez en el secado o inocuidad para el operador y el medio ambiente, por mencionar alguna de las cuestiones más importantes. Por tanto, el diseño de tintas se trata de una tarea compleja en la que es necesario encontrar soluciones de compromiso entre la formulación ideal, su producción real y las normas y regulaciones que limitan el uso de ciertas sustancias debido a su inestabilidad, el efecto en el medio ambiente o en la salud de los operarios.

En el caso de las tintas las propiedades reológicas son una cuestión importante a tener en cuenta. La viscosidad y la tensión superficial juegan en este sentido un papel importante ya que afectan en el tamaño de gota, su comportamiento durante la expulsión –velocidad de la gota y formación de gotas satélite–, la forma de la misma después de impactar en el soporte y el modo en que se extiende. En general, para la inyección de tinta los fluidos deben tener una baja viscosidad y un comportamiento Newtoniano, es decir, poseer una viscosidad constante; ésta varía en función de la tecnología empleada para la eyección de la tinta, de manera que los cabezales piezoeléctricos necesitan tintas más viscosas (8-15cP) que los cabezales térmicos (menor a 3cP). Debido a esta característica, si el tamaño de los pigmentos empleados en la formulación es grande, éstos pueden llegar a sedimentarse, razón por la que se trata de obtener y emplear tamaños de grano lo más pequeños posible; el pH de la tinta, sobre todo en las de base acuosa, también puede afectar a la obstrucción de los cabezales y sus inyectores. Por otro lado, la tensión superficial es importante para obtener la forma esférica de las gotas de tinta y porque determina el modo en el que se depositan en el soporte; tanto si es muy alta o muy baja, la tensión superficial genera problemas de diversa índole, por eso es necesario controlarla mediante la incorporación de surfactantes o co-solventes en muy baja proporción (Magdassi, 2010; Soleimani-Gorgani, 2016).

Tal y como se ha detallado con anterioridad, el tamaño de las gotas emitidas por las tecnologías de inyección de tinta ha ido disminuyendo a lo largo de los diversos avances tecnológicos con el objetivo de obtener una mejor calidad de impresión, por tanto, la energía necesaria para expulsarlas del cabezal de impresión debe aumentar para poder superar los efectos de la tensión superficial del fluido. También la relación superficie/masa cambia, y por este motivo las gotas desaceleran más rápidamente, reduciendo la distancia de lanzamiento permitida (Hudd, 2010). Todas estas cuestiones afectan tanto al diseño del cabezal de impresión como la formulación de la tinta, mostrando una vez más la complejidad de la formulación de tintas para las tecnologías de impresión digital.

En el mercado es posible encontrar una gran variedad de marcas que comercializan tintas y tóneres; muchos de estos consumibles proceden directamente de los propios fabricantes de impresora, generalmente más caras, pero que se ajustan a las características específicas de sus dispositivos para obtener la mayor calidad posible en la impresión.

Otros productos, los denominados consumibles compatibles o genéricos, ofrecen precios más competitivos, sin embargo, la calidad de su producción no está avalada ni contrastada y generalmente se manufacturan con componentes de peor calidad, lo que conduce en ocasiones a una calidad inferior en la impresión o una menor estabilidad, durabilidad y rendimiento de las tintas.

Debido al secreto empresarial y la rápida evolución del mercado es muy difícil encontrar datos específicos a cerca de la formulación de las tintas, por lo que en esta sección se comentan los aspectos más relevantes que influyen en la posterior conservación de las impresiones.

Teniendo en cuenta las características específicas del tóner empleado en la impresión electrofotográfica y su gran diferencia respecto al resto de las tintas empleadas en la inyección de tinta o en la termografía, esta sección se divide en estos dos apartados para tratar cada uno de ellos de manera más precisa.

2.1.1. Tóner

Se denomina tóner a la sustancia que permite a la tecnología electrofotográfica llevar a cabo la impresión de la imagen o texto deseados en blanco y negro o a color. El tóner utilizado en las fotocopiadoras e impresoras láser/Led empleados como herramienta artística, consiste en un polvo fino que al fundirse sobre el soporte, generalmente papel, forma la composición deseada. También existe lo que se conoce como tóner líquido, usado en la industria gráfica pero con otros fines alejados de la producción artística. Este apartado se centra pues, en el tóner seco, sus componentes principales, sistemas de fabricación y tipos, tal y como se indica en la Fig. 37.

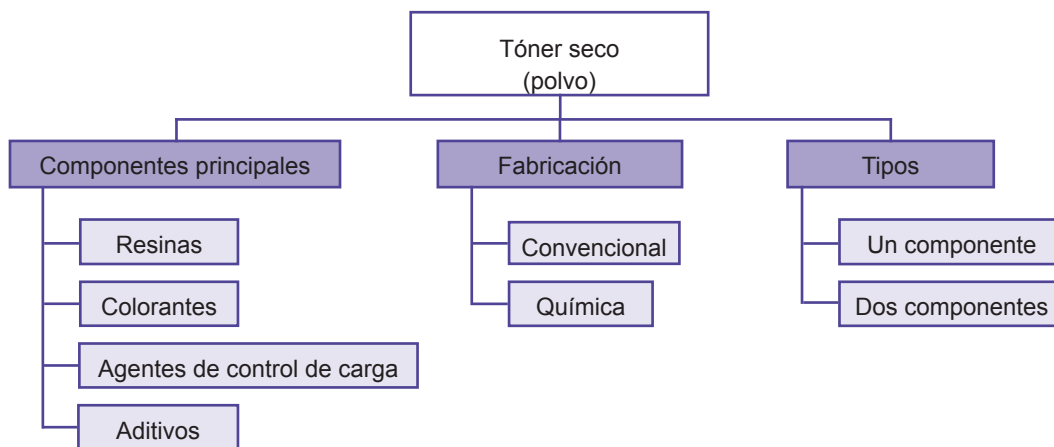


Figura 37. Esquema resumen sobre el tóner seco en función de sus componentes principales, tipo de fabricación y composición

2.1.1.1. Componentes principales

La fórmula del tóner varía en cuanto a la fabricación, en función del tamaño de las partículas colorantes pero también en función del sistema empleado para el revelado y fijación de la imagen, que es una de las cuestiones más importantes a tener en cuenta para su diseño, ya que básicamente, la calidad de la impresión depende de éstas. Por tanto, se trata de un elemento complejo de diseñar que debe mostrar una serie de propiedades como una viscosidad adecuada, capacidad de ser cargada electrostáticamente, propiedades de fusión que permita su adhesión al soporte, color, etcétera (Duke, Noolandi, Thieret, 2002).

El sistema de fusión empleado en la impresora determina la resina polimérica a emplear, cuya función principal es la de aglutinar los colorantes y facilitar su adhesión al soporte, por lo que su correcta elección es fundamental. Otra cuestión importante es conseguir que las partículas de tóner reciban la carga electrostática apropiada, así que en ocasiones, entre los aditivos añadidos a la fórmula, se pueden encontrar agentes para facilitar su control. De forma generalizada, los componentes del tóner son:

- Resinas

Las resinas son las responsables de fijar permanentemente las partículas de tóner al papel después de pasar por el fusor de la impresora, y proveen resistencia y protección ante la abrasión y las condiciones ambientales. Los polímeros empleados habitualmente son poliestirenos, poliésteres, acrílicos y polipropilenos, siendo habitual la combinación de varios para la obtención de las características deseadas para una óptima calidad de impresión. Para el sistema de fusión más habitual, mediante rodillos de calor, el copolímero más empleado es el de estireno y acrilato, aunque también se utiliza el polyester abundantemente, pese a que es más caro, porque tiene una temperatura de fusión más baja (Julien y Gruber, 2002; LaPorte y Stephens, 2012). Su porcentaje en la composición oscila entre el 50 y 60%.

- Colorantes

Los pigmentos normalmente suponen entre un 5 y 15% de la composición del tóner; para el color negro, el negro carbón es el más utilizado, mientras que para el resto de colores se suelen emplear pigmentos orgánicos, que se explican con mayor detalle en el apartado 2.1.2 correspondiente a las tintas.

- Agentes de control de carga

Suelen suponer entre el 2 y 4% del total de la composición y se encargan de almacenar la carga electrostática que permite transportar el tóner al soporte de papel. Cuando los pigmentos no alcanzan un nivel adecuado en los tóneres de un solo componente se añaden sales de amonio cuaternario para mejorar estas propiedades.

- Aditivos

Los aditivos en superficie suelen ser partículas de sílice o titanio que se incorporan a la formulación como agente fluidificante, para mejorar la transferencia del tóner al soporte. También se pueden incorporar surfactantes como el estearato de zinc para facilitar la limpieza del fotoreceptor.

Los aditivos magnéticos como la ferrita o magnetita, se emplean tanto en los tóneres de un solo componente, para permitir su correcto transporte a la imagen latente producida en el fotoreceptor, como en los tóneres de dos componentes. Otros aditivos como ceras o aceites de silicona también suelen estar presentes para evitar la adhesión del tóner a los rodillos de fusión calientes.

2.1.1.2. Fabricación

Existen dos métodos de fabricación en que se mezclan los componentes para la obtención de las partículas de tóner; el método convencional (conocido también como tóner mecánico o tóner molido) y el método químico (*Chemically Prepared Toner, CPT*). El tamaño de estas partículas suele rondar entre las 5 y 10 micras para obtener una buena calidad en el resultado final de la impresión; las partículas grandes hacen que el perímetro de las imágenes aparezcan borrosas, mientras que los tamaños más pequeños pueden convertirse en contaminantes atmosféricos, empeorando la calidad del aire y convirtiéndose en perjudiciales para el operador (Duke, Noolandi y Thieret, 2002; Wang, Wagner y Wall, 2011; Barrese *et al.*, 2014). También es importante que las partículas sean en la medida de lo posible homogéneas y esféricas ya que de esta manera se pueden obtener impresiones más nítidas, mejores transiciones de color y en definitiva, mejores calidades, algo en lo que se diferencian notablemente ambos sistemas de fabricación.

El tóner convencional consiste en la mezcla y fusión de los componentes, su molienda de forma mecánica para la obtención de las partículas, y un cribado de dichos fragmentos para que su granulometría sea la más regular posible –alrededor de 7μ –. Debido a su proceso de fabricación, que además es más sencillo que el del tóner químico, el tamaño de las partículas es ligeramente mayor, y además, su forma irregular repercute en la calidad de la impresión y en el grosor de la tinta depositada sobre el soporte, lo que genera un relieve más acusado entre áreas impresas y sin imprimir, lo que afecta al brillo superficial de las impresiones y su resistencia a la abrasión, pero también a un mayor gasto de tóner (Fig.38).

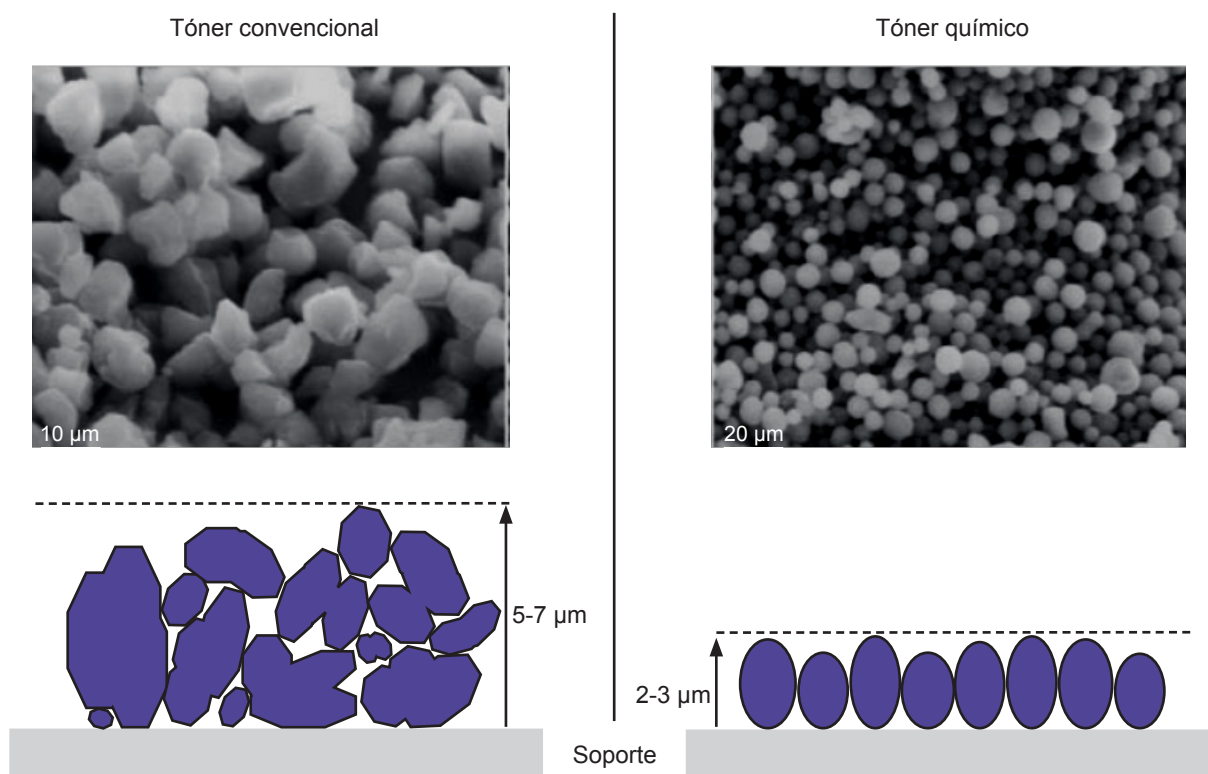


Figura 38. Diferencias entre el tóner convencional y tóner químico. La forma y tamaño de las partículas el tóner condicionan el grosor final de la impresión, afectando a su vez a su calidad y acabado. Imágenes de SEM extraídas de «Analysis techniques used for the forensic examination of writing and printing inks» de G.M. LaPorte y J.C. Stephens, 2012, Forensic Chemistry Handbook, p. 246.© Wiley

El tóner químico es el más habitual hoy en día, debido a que su fabricación permite diseñar y obtener partículas más pequeñas y uniformes, así como la forma más o menos esférica de las partículas, algo que con el método convencional no es posible. De este modo posibilita ajustar con mayor precisión las necesidades de cada fabricante, y además, también procura tóneres con una temperatura de fusión menor, favoreciendo así que los rodillos tengan que alcanzar una temperatura más baja, lo que favorece la reducción del gasto energético de las impresoras. Dentro de este método existen variables como la polimerización en suspensión, agregación de emulsión (*emulsion aggregation*, EA), dispersión solvente y encapsulado, siendo el EA el método más utilizado (Duke, Noolandi, Thieret, 2002; Tyagi, 2003, Xerox, 2013). El mayor problema de este tipo de fabricación parece ser la incorporación del pigmento en el proceso de polimerización debido a que puede interferir en las reacciones ocurridas durante el proceso (Julien y Gruber, 2002). Las ventajas e inconvenientes de cada método de fabricación se resumen en la Tabla 6.

Tabla 6. Resumen de las ventajas e inconvenientes del tóner convencional y químico

	Tóner convencional	Tóner químico
Ventajas	Fabricación más sencilla	Partículas más regulares y menor tamaño Mayor control del proceso de fabricación Obtención de impresiones de mejor calidad Temperatura de fusión menor
Inconvenientes	Partículas irregulares y de mayor tamaño Impresiones de peor calidad Requieren de una temperatura de fusión más elevada La tinta depositada adquiere mayor grosor	La incorporación del pigmento al proceso de polimerización

2.1.1.3. Tipos

Los materiales empleados y los procesos de fabricación dan a su vez lugar a dos tipos de tóner, el de un componente y el de dos componentes.

Los de un componente, se utilizan básicamente en copiadoras e impresoras más pequeñas y económicas y se caracterizan por el hecho de que el tóner mismo es capaz de transportar la carga eléctrica, es decir, ésta viene incorporada en las propias partículas, por lo tanto hay un cartucho para cada color. Dentro de esta categoría hay tóneres que necesitan aditivos para transferirse correctamente durante el proceso de impresión, tanto al tambor fotoreceptor como al soporte. Éstos se conocen como tóneres magnéticos de un componente y normalmente suelen llevar incorporados ferritas o magnetitas, lo que a su vez hace que el tamaño de las partículas aumente. También existen los tóneres denominados electrostáticos, que por sus características no necesitan ningún aditivo, sin embargo, sólo se pueden emplear en impresoras que funcionan a velocidades relativamente bajas, para evitar problemas en el transporte y ubicación del tóner (Kipphan, 2001).

Los tóner de dos componentes se emplean más habitualmente en impresoras más veloces. En este caso existen dos depósitos para el tóner, uno que lleva las partículas de tóner y otro con las partículas encargadas de transportar el tóner (ferritas o magnetitas); ambos se mezclan en el momento de iniciar la impresión, donde las partículas de tóner se adhieren a las partículas de mayor tamaño (alrededor de 80 μm de diámetro) encargadas de transportar éstas hasta el fotoreceptor, y de ahí al soporte. Estas partículas transportadoras vuelven a su receptáculo para ser reutilizadas una vez que han realizado su función, aunque cada cierto tiempo hay que sustituirlas puesto que en gran medida de su estado depende la calidad de las impresiones. Este tipo de tóner es más sencillo de producir sin embargo el diseño de las impresoras que las utilizan son más complejos (Tong y Lin, 1995; Julien y Gruber, 2002).

2.1.2. Tintas

Las tintas consisten en sustancias colorantes dispersas o disueltas en un vehículo que permiten dotar de color a las imágenes impresas. Este vehículo, que en ocasiones lleva sustancias aglutinantes, fija el colorante al soporte y determina el tipo de secado de las tintas. Acorde a las necesidades específicas de cada fabricante, a esta mezcla se le suelen añadir una serie de aditivos para mejorar sus características

en cuanto al secado, viscosidad, tensión superficial, etcétera. Todos y cada uno de estos componentes afectan a las características de la tinta, y por tanto, influyen en cierta medida en la conservación de las impresiones obtenidas. Además, no todos los tipos de tinta son apropiados para todas las variables tecnológicas, a excepción de las tintas de base acuosa; las impresoras de inyección de tinta de tipo continuo básicamente emplean tintas acuosas y solventes, las DOD de cabezal térmico principalmente emplean las de base acuosa pero también pueden emplear algunas tintas solventes (Grant, Bisson, Blake, Fielder, y Silverbrook, 2011) y otras híbridas que combinan las tintas acuosas con las de curado ultravioleta. Los cabezales piezoeléctricos son los más versátiles ya que admiten sin problema cualquier tipo de tinta, mientras que las impresoras termográficas son las más restrictivas y únicamente admiten tintas acuosas (Edison, 2010).

2.1.2.1. Las sustancias colorantes

Los colorantes son sustancias orgánicas e inorgánicas que tiñen el soporte o se depositan en forma de granos sobre él y que al recibir luz dan la sensación visual de color. Estas sustancias pueden ser tintes o pigmentos, y la principal diferencia entre ambos es que mientras los tintes generalmente se disuelven en el aglutinante, los pigmentos no. Además, cada cual aporta diversos matices de color, saturación y luminosidad, lo que afecta a la opacidad, viscosidad y calidad de impresión, así como a su estabilidad en el tiempo. Cabe destacar que colores similares pueden tener una composición química diferente, razón por la que la selección de estas sustancias debe realizarse acorde al uso que se vaya a dar a las tintas de las que forman parte, puesto que se trata de elementos que se emplean en infinidad de sectores, desde la alimentación, pasando por el textil, la fabricación de plásticos o la producción de pinturas y tintas.

La toxicidad de los tintes y pigmentos es una cuestión que ha acaparado interés en los últimos años (Chavan, 2011; Drumond, Augusto, Anastácio, Carvalho, Valnice y Palma, 2013; Chung, 2016) debido al gran impacto que esta industria tiene tanto a nivel medioambiental como para la salud de las personas. En este sentido, asociaciones a nivel internacional como ETAD® (Ecological and Toxicological Association of Dyes and Organic Pigment Manufacturers), llevan desde mediados de la década de los setenta trabajando con los fabricantes de las sustancias colorantes para ofrecer productos más seguros (ETAD, 2019), y más recientemente, en 2007, la Unión Europea crea la regulación REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) con la que controla el uso de los productos químicos perjudiciales empleados en la fabricación industrial (Reglamento (CE) nº 1907/2006) con el fin de impulsar la creación de sustancias menos nocivas.

En el caso de la inyección de tinta, Hofmann (2015) indica que debido a que la industria de la impresión digital supone solamente una pequeña parte del mercado mundial en sustancias colorantes –menos del 10%– no resulta rentable idear pigmentos específicos para estas tecnologías; por el contrario, algunos tintes se diseñan exclusivamente para la inyección de tinta, siendo importante el bajo contenido en sales de estas composiciones, puesto que comprometen su solubilidad y por tanto pueden generar problemas de obstrucción de los inyectores.

Otra diferencia entre ambas sustancias colorantes consiste en que la estructura química de los tintes define las propiedades del color, mientras que en el caso de los pigmentos éstas vienen pautadas también por las características físicas (tamaño) de las partículas que las conforman. Este hecho causa una mayor dispersión de la luz en las tintas compuestas por pigmentos, y por tanto, la sensación de colores menos brillantes, al contrario de lo que ocurre con los tintes, pero también influye en la estabilidad en el tiempo de estas sustancias, siendo más estables, por regla general, los pigmentos (Fig. 39).

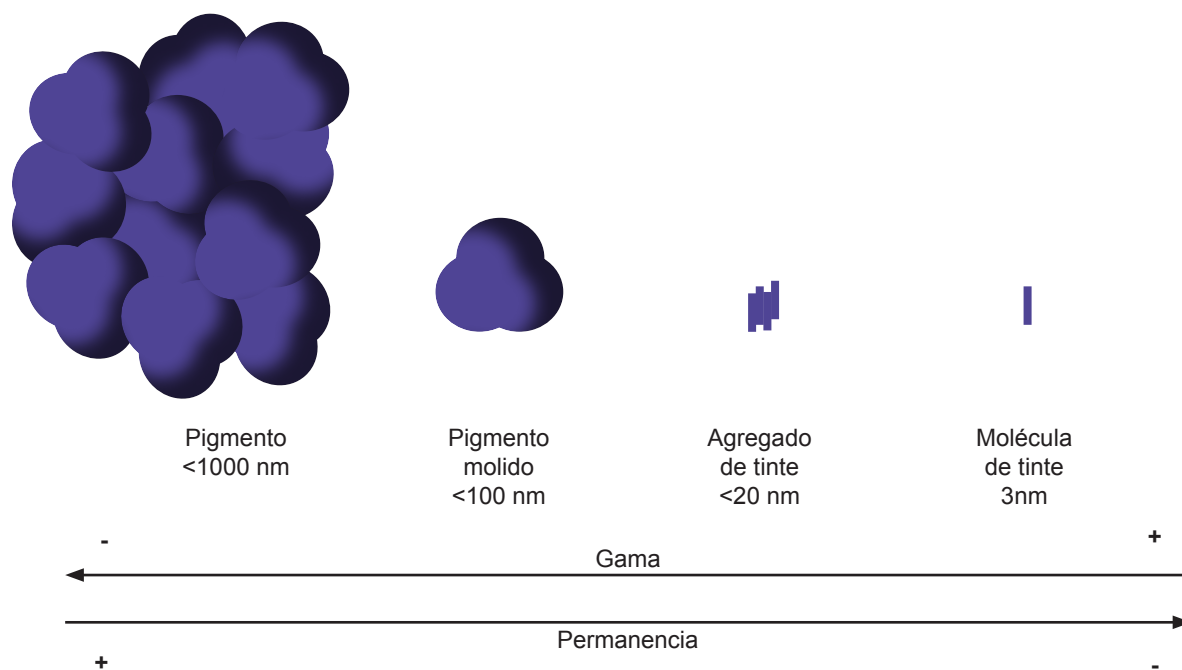


Figura 39. Comparativa entre tinte y pigmento en cuanto al tamaño, lo que influye directamente en la gama disponible así como en su permanencia. Adaptado de «Dyes for ink-jet printing», de M. Fryberg, 2005, *Coloration Technology*, 35 (1), p.1. doi: 10.1111/j.1478-4408.2005.tb00157.x . © Wiley

El Colour Index™, publicado desde 1924 de manera conjunta por la Society of Dyers and Colourists (SDC) del Reino Unido y la American Association of Textile Chemists and Colorists (AATCC) es en la actualidad una base de datos online disponible bajo suscripción que recoge los nombres genéricos, estructuras químicas, detalles sobre la aplicación de los colorantes, así como información sobre las empresas que ofrecen estos tintes y pigmentos. Se trata de una fuente utilizada y aceptada internacionalmente en la que todas las sustancias colorantes se clasifican de manera que poseen un nombre genérico –Colour Index™ Generic Name o CIGN– que viene indicado por su uso, tono y un número de serie que refleja el orden cronológico en el que se ha registrado dicho colorante (por ejemplo, C.I. Pigment Yellow 176 o C.I. Direct Red 122). Cuando la constitución química de un colorante esencial se ha divulgado para su publicación, ésta se clasifica de manera que se le asigna un número de constitución química –Colour Index™ Constitution Number o CIGN– de cinco cifras (Society of Dyers and Colourists y American Association of Textile Chemists and Colorists, 2019).

- Tintes

Se trata de compuestos químicos orgánicos solubles en agua y/o solventes que deben poseer una afinidad específica con el soporte en el que se utilizan. Estas sustancias colorantes se emplean tanto para la impresión de soportes de papel mediante la inyección de tinta, así como para la sublimación directa de diversas fibras textiles o para la impresión de soportes temporales que después se emplean para la sublimación en soportes rígidos. Los tintes pueden ser solubles en medios ácidos, neutros o básicos y absorben la energía a una determinada longitud de onda gracias a la presencia de grupos cromóforos y auxocromos; los primeros son los grupos funcionales de la molécula de tinte encargados de la absorción de la energía recibida en una determinada longitud de onda, es decir, son los encargados del color, mientras que los auxocromos son los grupos funcionales –ácidos o básicos– que desplazan picos de los cromóforos hacia longitudes de onda larga, aumentando su intensidad y permiten la fijación del colorante en el soporte a teñir. Por este motivo, cada tipo de tinte tiene mayor o menor afinidad

con un soporte u otro, por lo que su selección depende en gran medida del soporte que se vaya a utilizar para la impresión. De manera generalizada el proceso de fijación del tinte se produce en varias fases como el transporte, la penetración, la difusión de las moléculas y la interacción del tinte con la superficie a teñir. Este último paso puede dar lugar desde uniones covalentes a interacciones van der Waals, que afectan también a la estabilidad de los colores (Gürses, Açkyldiz, Kübra y Gürses, 2016).

Los tintes ofrecen una mayor gama de colores y tonos, y son más sencillos de producir. Además, el pequeño tamaño de sus moléculas hace que éstas tengan una movilidad y volatilidad mayor, razón por la que se emplean para la sublimación de tintes. Esta cualidad, sin embargo, hace que estos colorantes presenten poca durabilidad y estabilidad ante diferentes factores de deterioro como la luz, humedad y gases contaminantes, tal y como se encuentra recogida en la diversa literatura encontrada al respecto (Martin, 2004; Wilhelm, 2006; Burge, Gordeladze, Bigourdan y Nishimura, 2010; Burge, Gordeladze, Bigourdan y Nishimura, 2011; Burge y Scott, 2012). Esta inestabilidad es conocida ya desde las primeras impresiones realizadas con finalidad artística mediante las impresoras IRIS de inyección de tinta, por lo que estos problemas de durabilidad de la imagen impresa impulsaron la investigación en torno al uso de los pigmentos o la combinación de pigmentos y tintes.

La estabilidad de los tintes a la luz se rige por innumerables factores como la longitud de onda de la radiación incidente, la temperatura y humedad ambiental, tiempo de exposición ante la fuente luminosa, tamaño de partícula de tinte y grado de agregación, unión entre tinte y soporte, presencia de impurezas o estabilidad del compuesto aromático (Chakraborty, 2011). Por tanto, los factores a tener en cuenta para la conservación de las impresiones digitales en las que se hayan empleado tintes son incontables; el control de muchos de estos factores es habitual en cualquier medida de conservación preventiva, pero las características relacionadas con los propios factores intrínsecos, es decir, con aquellas cuestiones que tienen que ver con las propiedades de estas sustancias colorantes, son de difícil control debido al desconocimiento sobre los tintes empleados, que además van evolucionando a medida que el mercado avanza en la búsqueda de mejores resultados en cuanto a permanencia, impacto medio ambiental o coste de producción.

Los tintes orgánicos sintéticos surgen a partir de mediados del siglo XIX, conformando una importante industria química que ha permitido diseñar productos específicos según las necesidades. De este modo, la mayoría de los tintes, con la formulación adecuada pueden emplearse para más de un tipo de aplicación, como ocurre en el caso de los tintes empleados para la inyección de tinta o sublimación (Fryberg, 2005).

No existe un único modo de clasificar los tintes y ésta se puede realizar atendiendo a su estructura química, método de aplicación, color, origen o solubilidad. En cuanto a su estructura química, la mayoría de los tintes empleados en la impresión digital son tintes azo, antraquinonas y ftalocianinas, sin embargo, atendiendo a su solubilidad y compatibilidad y fijación con los soportes, los tipos de tinte más empleados en la impresión digital son los directos, los ácidos, los reactivos y los dispersos.

- Tintes directos

Son los tintes más sencillos y baratos de producir y emplear, y tienen una gran afinidad con los soportes celulósicos. En este caso, los tintes se disuelven en agua y están disponibles en una amplia variedad de tonos que por lo general no suelen presentar colores brillantes. Los grupos más habituales son los azo, estilbenos, ftalocianinas y dioxacinas. Además, sus propiedades en cuanto a su estabilidad al agua o la luz no suelen ser muy buenas (Richards, 2012), razón por la que se han sustituido en algunos casos por los tintes reactivos. Los tintes directos se emplearon para formular las primeras tintas para impresoras como la IRIS.

- Tintes ácidos

Son tintes altamente solubles en agua y se denominan ácidos porque contienen grupos de ácido sulfónico (aniónico) que tienen afinidad con fibras naturales de tipo proteico como la lana y la seda, pero también con la poliamida (nylon) o el polipropileno así como mezclas de éstas fibras con algodón, rayón y poliéster, proporcionando colores brillantes y diferente resistencia a la luz y al agua en función de la estructura química del tinte, que en su mayoría contienen grupos cromóforos azo, antraquinona o trifenilmetano (Gürses, Açıkdiz, Kübra y Gürses, 2016).

- Tintes reactivos

Los tintes reactivos se componen de una serie de sustancias orgánicas altamente coloreadas, que se unen al sustrato por medio de una reacción química formando un enlace covalente entre la molécula del tinte y la fibra celulósica, aunque también se pueden emplear para teñir lana y poliamidas (Lewis, 2011). En general, esta unión le otorga una resistencia bastante elevada al agua, sin embargo, los tintes de este grupo formados por cromóforos azo suelen presentar una menor estabilidad a la luz (Chattopadhyay, 2012).

- Tintes dispersos

Junto con los tintes reactivos se trata del tipo de tinte más empleado en la industria. Suelen contener grupos azo – los más abundantes entre los tintes–, antraquinona y nitro (Gürses, Açıkdiz, Kübra y Gürses, 2016), son insolubles en agua por lo que se emplean en forma de dispersiones acuosas, donde el tamaño de la partícula de tinte debe rondar entre 0,1 y 1µm. El control en el tamaño es importante ya que afecta en la capacidad tintórea, pero también puede generar problemas en cuanto a la obstrucción de los inyectores de las impresoras de inyección de tinta (Clark, 2011). Tienen afinidad con las fibras sintéticas –que son hidrófobas– como el nylon, las fibras acrílicas, y sobre todo con el polyester, que es la fibra que más se utiliza con este tipo de tintes. En la tecnología de inyección de tinta se emplea mucho tanto para obtener textiles impresos como para imprimir en soportes temporales de papel que después se transfieren mediante calor y presión a los soportes definitivos. Una vez que el tinte penetra en el polímero, sus moléculas se fijan por enlaces de hidrógeno y fuerzas de van der Waals (Chattopadhyay, 2012). A este respecto, resulta interesante el texto de Gulrajani (2011), que indica y describe los tintes disponibles más empleados para imprimir sobre textiles directamente mediante la inyección de tinta, así como aquellos utilizados para imprimir sobre el soporte temporal de papel que posteriormente sirve para trasladar al soporte definitivo.

- Pigmentos

Los pigmentos son partículas sólidas orgánicas o inorgánicas insolubles, que se mantienen en suspensión en el vehículo de una tinta sin verse afectados ni física ni químicamente, y que al depositarse sobre un soporte permanecen en su superficie. Pese a que en la mayoría de los casos la estructura química de pigmentos y tintes es similar (Gürses, Açıkdiz, Kübra y Gürses, 2016), su insolubilidad otorga a los pigmentos la capacidad de aplicarse en todo tipo de soportes en función del vehículo en el que vayan dispersos. Además, a diferencia de los tintes, los pigmentos dispersan la luz, por lo tanto son opacos, tienen una banda de absorción amplia y no presentan colores tan puros como los tintes. El mayor tamaño que presentan las partículas de pigmento en comparación con las de los tintes tiene ciertas ventajas, ya que hace que la degradación producida por la luz sea menor; sin embargo, esta característica también los hace más susceptibles de precipitar en los cartuchos de tinta y obstruir los inyectores, y una vez impresos, también los hace más sensibles a la abrasión (Tabla 7). Pese a las innumerables complicaciones que presentan los pigmentos, son las sustancias colorantes más empleadas en la impresión digital debido a su mayor permanencia, mientras que los inconvenientes que presentan se van superando a medida que se investiga sobre ellos y se mejoran sus propiedades

mediante la adición de otra sustancias en la composición de las tintas como dispersantes, o a través del encapsulado, adición de grupos funcionales, tratamiento con diazonio o modificación de cristales en la superficie de los propios pigmentos. Además, para conseguir que los pigmentos adquieran el tamaño apropiado, normalmente se muelen de manera que la partícula de pigmento sea un 1% respecto a los inyectores de las impresoras de inyección de tinta, mientras que en el caso del tóner para la electrofotografía éste no es un problema tan acuciante, de manera que las partículas suelen rondar entre los 6 y 18µm (Hofmann, 2015; LaPorte y Stephens, 2012; Soleimani, 2016).

Tabla 7. Ventajas e inconvenientes sobre el uso pigmentos y tintes

	Tintes	Pigmentos
Ventajas	Formulación sencilla Producen tintas estables Colores brillantes y amplia gama cromática Penetran en los soportes Resistentes a la abrasión	Buena estabilidad a la luz y resistencia al agua No interactúan con el soporte
Inconvenientes	Poca permanencia ante la luz, agua y contaminantes	Formulación compleja Producen suspensiones poco estables que pueden obstruir los inyectores Colores menos brillantes Propensos a la abrasión Pueden sufrir metamerismo y brillo diferencial

Para la impresión digital, tanto en electrofotografía –para la fabricación de tóneres– como en inyección de tinta, se emplean fundamentalmente pigmentos orgánicos de tipo azo, ftalocianinas y quinacridonas –a los que se pueden añadir recubrimientos y otros aditivos para facilitar su control– debido a que ofrecen tonos más vivos que los inorgánicos, pese a que su permanencia es más variable en función del tipo específico de pigmento. Los pigmentos inorgánicos también se utilizan para algunos colores como el negro (negro carbón) o el blanco (dióxido de titanio) debido a que su precio es más bajo y a su excelente estabilidad a la luz, aunque puedan requerir concentraciones más altas para lograr la intensidad de color deseada, y debido a su mayor peso específico, tienen mayor tendencia a sedimentar (Lubbers y Erbeck, 2014). Los pigmentos orgánicos más empleados son (Shaknovich y Belmont, 2010):

- Ftalocianinas de cobre (Pigment Blue 15:3 o 15:4) empleadas para el color cyan. Este pigmento es muy resistente a la luz y resistente a la intemperie, pero debido a su fuerte reflejo en el área de los rojos suele generar bronzing.
- Quinacridonas (Pigment Red 122, (RS) Pigment Violet 19 o Pigment Red 202), utilizadas para el color magenta. La selección de un tipo u otro tiene que ver básicamente con el tono más amarillento que ofrecen unos respecto a otros, lo que afecta a la composición de otros colores compuestos como los rojos o naranjas.

- Azo (Pigment Yellow 74, Pigment Yellow 155, Pigment Yellow 128, Pigment Yellow 220, Pigment Yellow 218 o Pigment Yellow 221), para el diseño de tintas amarillas. En este grupo se concentra la mayor cantidad de variables, y pese a ello no existe un pigmento que cumpla los requisitos necesarios para la tecnología de inyección de tinta; el PY74 es el más empleado debido a su tono neutro, pero tiene poca estabilidad a la luz. El resto de los pigmentos pese a ofrecer mayor permanencia y emplearse para el diseño de tintas para el exterior, tienen otras desventajas que hacen más complejo su uso, como su baja estabilidad coloidal o virado de tono.

2.1.2.2. El vehículo

El vehículo es el elemento de la tinta que disuelve o dispersa el colorante, y que al evaporar, enfriar, polimerizar y/o ser absorbido favorece su adhesión a los soportes, bien sea en superficie o en mayor profundidad, dando lugar a la imagen impresa. La proporción y tipo de vehículo varía en función de la tinta, lo que también confiere a la fórmula diferente viscosidad. Además, diferentes transformaciones físico-químicas hacen que la tinta pase de fluido a sólido en el tiempo requerido en cada caso, lo que determina el lapso de tiempo en el que una superficie impresa puede manipularse, pero también el color final de la impresión y la permanencia de las impresiones, que vienen afectados hasta cierto punto por la interacción con el soporte seleccionado (Tabla 8). Las tintas termográficas empleadas en la sublimación se formulan en base acuosa al igual que las tintas de inyección de tinta más habituales, ya que como se ha mencionado con anterioridad, la impresión del soporte temporal para sublimación se realiza en impresoras de inyección de tinta. Por lo tanto, la diferencia principal entre ambos tipos de tinta radica en que para sublimación se emplean tintes como sustancia colorante en vez de pigmentos.

Tabla 8. Formas de secado de las tintas de inyección de tinta en función del vehículo y tipo de cabezal de impresión compatible en cada caso

Tipo de tinta	Cabezal de impresión	Forma de secado
Base acuosa	Térmica / Piezoeléctrica	Absorción y evaporación
Base solvente	Flujo continuo /Piezoeléctrica	Absorción y evaporación
Curable en UV	Piezoeléctrica	Polimerización
Cambio de fase	Piezoeléctrica	Enfriamiento
Látex	Térmica /Piezoeléctrica	Evaporación y enfriamiento

Normalmente, los diversos tipos de tinta se clasifican acorde al vehículo empleado, que en el caso de la impresión digital, se fundamentan básicamente en cinco tipos: de base acuosa, donde el componente principal es el agua; de base solvente, que se compone principalmente de disolventes orgánicos; curable en UV, cuyo principal componente debe someterse a una reacción polimérica a partir de la radiación ultravioleta; de cambio de fase, cuyo componente se ve afectado por un cambio de estado causado la elevación de la temperatura; y tinta látex, que se compone principalmente de agua y resinas sintéticas.

- Tintas de base acuosa

Las tintas de base acuosa fueron las primeras en ser utilizadas en la impresión de inyección de tinta, y son todavía muy comunes hoy en día. Estas tintas, en comparación con el resto tienen un tiempo de secado bastante lento, puesto que éste se produce en primer lugar mediante la absorción de la tinta en el soporte, que ha de ser poroso, y posteriormente por la evaporación del vehículo –agua y algún cosolvente en menor proporción–. Por otro lado, se las considera como las tintas más ecológicas debido a que apenas tienen compuestos orgánicos volátiles (VOCs).

En cuanto a su permanencia, pese a que existen fórmulas que han mejorado la susceptibilidad de estas tintas al agua y otros factores como la luz, siguen siendo las más perjudicadas por este factor, y por tanto habrá que prestar especial atención a las impresiones realizadas con ellas (Hudd, 2010). El mayor problema que presentan estas tintas cuando están almacenadas en los cartuchos tiene que ver con la evaporación del agua, lo que afecta a su viscosidad, pudiendo ocasionar la obstrucción de los inyectores. Por este motivo, se suelen añadir co-solventes, pero también surfactantes, antiespumantes, biocidas y otras sustancias que varían en proporción entre los fabricantes (Schmid, 2010), aunque aproximadamente la composición genérica podría resumirse en la siguiente Tabla 9.

Tabla 9. Composición general de las tintas de base acuosa

Componente	Función	Porcentaje (%)
Agua desionizada	Vehículo de la tinta	60-90
Co-solvente	Humectante y control de la viscosidad	5-30
Tinte o pigmento	Aporta color	1-10
Surfactante	Reduce la tensión superficial de la tinta y promueve la humectación	0,1-10
Biocida	Previene el crecimiento biológico	0,05-1
Regulador de pH	Controla el pH de la tinta	0,1-0,5
Otros aditivos	Agentes quelantes, antiespumantes, anticorrosivos...	>1

Nota. Adaptado de «Progress and Trends in Ink-jet Printing Technology», de H.P. Le, 1999, *Journal of Imaging Science and Technology*, 42 (1), p.58

- Tintas de base solvente

Estas tintas se componen principalmente de un solvente orgánico volátil o una mezcla de varios, por tanto, el secado se produce por evaporación y no dependen de la porosidad del soporte (Brown, Woudenberg, Larson, Benjamin y Williams, 2014). Estas tintas secan más rápido que las acuosas, pero tanto esta cuestión como su toxicidad estriban en el tipo de solventes empleados. De este modo, distintas casas comerciales clasifican este tipo de tintas en diferentes categorías en función de la toxicidad: solventes, eco-solventes, solventes suaves o biosolventes, con el fin de mostrar la evolución de estas tintas hacia otras formulaciones más ecológicas (Ono, Yagyu y Sawatari, 1997; King, Ling, Wang, y Lu, 2008). Las tintas menos perjudiciales, y a la vez las más empleadas dentro de este grupo son las de tipo eco o suaves, que consisten en una mezcla a medio camino entre las tintas al agua y tintas solventes que emplean sustancias menos agresivas con el medio ambiente como

alcoholes, éteres de glicol y lactatos. Aunque presentan mayor permanencia que las tintas al agua, las versiones menos tóxicas suelen presentar también ciertas debilidades como una menor adhesión, y menor resistencia frente a la humedad y la radiación ultravioleta (Samuel y Edwards, 2010). Hoy en día estas tintas se emplean principalmente con tecnología de inyección de tinta de tipo continuo y su uso se centra más en el ámbito industrial para el marcaje rápido de productos debido a que existen otras posibilidades para el resto de las aplicaciones de la impresión digital.

- Tintas curables en UV

Las impresoras planas de inyección de tinta para curado ultravioleta aparecen en el mercado al comienzo del siglo XXI y debido a que sus tintas permiten imprimir prácticamente sobre cualquier tipo de soportes como plásticos, vidrio, metal, madera, cerámica etcétera, en los últimos años están adquiriendo mayor popularidad en el ámbito artístico y en otros sectores (Hudd, 2010).

Estas tintas presentan ciertas ventajas respecto a las de base acuosa debido a su curado instantáneo –que permite la manipulación inmediata de las impresiones–, pero también respecto a las tintas solventes, ya que no emiten VOCs aunque sí ozono (Edison, 2006), además de que ciertas sustancias de la composición pueden resultar irritantes, siendo necesaria la correcta ventilación del espacio en el que se empleen; para que se produzca el curado de la tinta es necesaria la irradiación continua de luz, por lo que requieren un consumo de energía mayor que el resto de las opciones.

El vehículo de estas tintas habitualmente suele estar compuesto de monómeros –normalmente acrilatos– y en ocasiones oligómeros que permiten la adición de radicales libres para que el curado se lleve a cabo. La selección del monómero determina la velocidad de curado y viscosidad de la tinta así como la durabilidad del film. La formulación también debe incluir una serie de aditivos y una mezcla de fotoiniciadores que absorbe la radiación ultravioleta emitida por las lámparas, originando las reacciones de polimerización (Edison, 2010; Nakano, Oyanugi, 2010) tal y como se muestra en la siguiente Tabla 10.

Tabla 10. Composición general de las tintas curables en UV

Componente	Función	Porcentaje (%)
Oligómero de baja viscosidad	Resistencia y flexibilidad	10
Monómeros (monoacrilatos, diacrilatos y triacrilatos)	Adhesión, viscosidad y velocidad de curado	72
Pigmento	Aporta color	3
Mezcla de fotoiniciadores	Polimerización	12
Aditivos	Ajustan las propiedades de la tinta	3

Nota. Adaptado de «Raw Materials of UV Curable Inks», de I. Hutchinson, 2010, *The Chemistry of Inkjet Inks*, p.198

Como alternativa al curado por radiación ultravioleta existen otras técnicas como la que emplea el haz de electrones (Electron Beam, E-beam o EB) o las lámparas LED, sin embargo, los resultados obtenidos no han alcanzado las mismas prestaciones, lo que no ha ayudado a su repunte. Por otro lado, también han surgido otra serie de investigaciones relacionadas con la generación de tintas de curado ultravioleta de base acuosa (Visconti y Cataneo, 2000), pero tampoco han mostrado tener gran repercusión, al menos en el ámbito de la creación artística.

Debido a los componentes empleados para su formulación, se trata de una tinta de elevado precio, lo que encarece sustancialmente la impresión, sin embargo debido a su naturaleza, se obtienen imágenes muy resistentes siempre y cuando el soporte se mantenga estable, por eso se trata de un tipo de tinta muy empleado para la realizar impresiones que permanecen a la intemperie.

- *Tintas de cambio de fase*

También denominadas tintas sólidas, se trata de sustancias que a temperatura ambiente permanecen en estado sólido. Para obtener la impresión, la propia impresora de inyección de tinta de cabezal piezoeléctrico tiene incorporado un sistema que calienta la tinta en un depósito para que pase a estado líquido y pueda ser expulsada en forma de gotas sobre el soporte, donde vuelve a solidificarse rápidamente por enfriamiento después de que el soporte impreso pase a través de un rodillo fusor que facilita la adhesión de la tinta y generando a su vez una superficie uniforme (Fig.40).

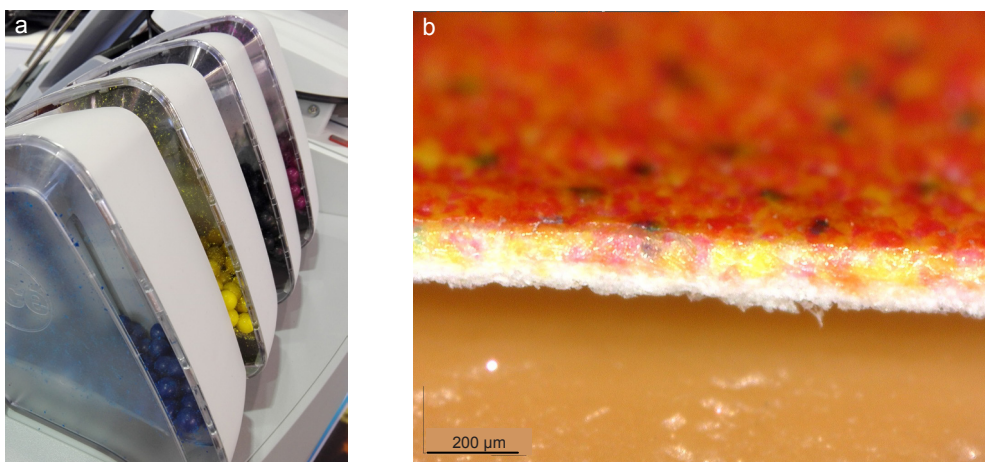


Figura 40. Detalle de los depósitos de tinta de la impresora de cambio de fase Canon Océ ColorWave 3000 Series (a) y microfotografía de una impresión con tintas de cambio de fase que muestra el grosor de la tinta y su gran adhesión y uniformidad al soporte de papel (b)

La proporción de los componentes de la tinta, tal y como indican Pekarovicova, Bhide, Fleming y Pekarovic (2003), resulta muy variable (Tabla 11), pero básicamente se compone de resinas sintéticas –uretanos, poliamidas, acrílicas, poliésteres, poliamidas y otras muchas– que favorecen la adhesión de la tinta al soporte, controlan la viscosidad de la tinta e inhiben la cristalización de las ceras, que restarían transparencia a la tinta; las ceras, principalmente sintéticas como la parafina y cera microcristalina, entre otras, pero también ceras naturales como la cera de abejas, de carnauba o candelilla también forman parte del vehículo, así como otros compuestos de bajo peso molecular como el agua, ácidos grasos y cetonas, y alcoholes cíclicos, aromáticos y aminoalcoholes. A este vehículo, como ocurre con el resto de las tintas, se le suelen añadir innumerables aditivos como plastificantes, antioxidantes, biocidas etcétera, normalmente en pequeñas proporciones, para mejorar las características de la tinta. El uso de este tipo de tinta, a diferencia de las anteriores, no es muy habitual para la impresión artística porque generan puntos de gran tamaño en comparación con las demás, implicando una menor resolución, y además un brillo diferencial entre las zonas impresas y sin imprimir. Pese a que presenta ciertas ventajas por su rápido secado, buena opacidad y ausencia de emisiones de VOCs (Hudd, 2010), debido a su topografía las impresiones pueden sufrir desgastes, abrasiones o aparición de grietas sobre todo en soportes flexibles, razón por las que básicamente se utilizan en entornos de oficina.

Tabla 11. Composición general de las tintas de cambio de fase

Componente	Función	Porcentaje (%)
Mezcla de ceras	Vehículo de la tinta	5-60
Compuestos de bajo peso molecular	Vehículo de la tinta	5-60
Compuestos de alcohol	Vehículo de la tinta	5-60
Tinte o pigmento	Aporta color	0,1-20
Modificador de la viscosidad	Reduce la viscosidad	5-20
Plastificante	Provee flexibilidad	1-15
Antioxidante	Evita la oxidación	1-10
Agentes adherentes	Otorga mayor adhesión	5-20
Biocida	Evita el crecimiento microbiológico	0,01-5

Nota. Adaptado de «Phase Change Inks», de A. Pekarovicova, H. Bhide, P. D. Fleming y J. Pekarovic, 2003, *Journal of Coating Technology*, 75 (936), p.68

Tintas látex

Son el tipo de tinta de creación más reciente y se emplean indistintamente en impresoras de inyección de tinta de cabezales térmicos o piezoeléctricos. Producidas básicamente por HP –desde el 2009 aproximadamente–, y posteriormente también por Mimaki, se presentan como alternativa a las tintas solventes, ya que no son tóxicas y no emiten VOCs. Se trata de una tinta compuesta por agua y resinas sintéticas que al final del proceso de impresión se someten a una temperatura de alrededor de 60°C para favorecer la evaporación del agua y que las resinas termoplásticas encapsulen los pigmentos, de ahí que estas tintas se conozcan también bajo el nombre de tintas de resina. Esta necesidad de calentar la impresión aumenta su coste e impide la impresión de determinados soportes muy finos y/o sensibles al calor, por lo que la gama disponible sobre la que imprimir con este tipo de tinta es más limitada (Butler, Garcia, Stramel, 2012; Caiger, 2016).

2.1.2.3. Los aditivos

Estas sustancias complementarias a los componentes principales de los diversos tipos de tinta permiten regular y controlar importantes características de la misma como la viscosidad, tensión superficial, tiempo de secado, protección ante agentes de deterioro externos etcétera. Dependiendo del tipo de colorante y vehículo seleccionado, los aditivos varían, tal y como se vislumbra en las diversas tablas presentadas en este capítulo, que recogen la composición general de los diversos tipos de tinta más empleados y demandados en la actualidad. La proporción de estas sustancias habitualmente suele ser muy baja, menos del 5% del total de la tinta, para no interferir en las principales características otorgadas por el vehículo o interactuar con los demás componentes de la tinta.

Debido a que cada composición requiere de unos aditivos específicos a una concentración concreta, es muy difícil establecer con exactitud cada uno de ellos. Normalmente, los aditivos se dividen en tres

grandes grupos: aditivos que afectan a las propiedades inertes (por ejemplo, surfactantes), sustancias añadidas para mejorar las propiedades, como los biocidas o promotores de la adhesión, y aditivos para evitar propiedades indeseadas como por ejemplo los antiespumantes o agentes quelantes. Los surfactantes, facilitan el control de la tensión superficial de las tintas y favorecen la dispersión de los pigmentos; añadiendo estas sustancias se evitan problemas como la floculación, aglomeración o agregación de partículas de pigmento en las tintas de impresión. Los promotores de la adhesión facilitan la unión entre el soporte y la tinta, por tanto afectan a la resistencia que tendrá la superficie impresa a ser rayada, mientras que los biocidas y fungicidas evitan el crecimiento microbiológico, algo a tener en cuenta sobre todo en las tintas de base acuosa. Los antiespumantes aparecen sobre todo en formulaciones de base acuosa y solvente, debido a que evitan la modificación de la viscosidad, mientras que los agentes quelantes evitan la obstrucción de los inyectores de tinta (Zhud y Tiberg, 2003; Magdassi, 2010; Zolek-Tryznowska, 2016).

2.2. Soportes

En la actualidad existe una amplísima variedad de soportes para impresión, desde los tradicionales papeles hechos a mano, pasando por los papeles de fabricación industrial, hasta otro tipo de materiales como plásticos, metales o textiles.

En concordancia con las tecnologías, y los tóner y tintas disponibles en cada caso, la diversidad de los soportes varía ampliamente. En la electrofotografía básicamente se emplean papeles convencionales, y en algunos casos hojas de plástico tipo acetato; en las tecnologías termográficas de uso artístico actual suelen emplearse diversos tipos de textil y soportes rígidos, cuya composición debe contener un elevado porcentaje de poliéster; la inyección de tinta, debido a la diversidad de tintas que admite, es la que posibilita la impresión en más soportes, desde una amplia variedad de papeles, pasando por lienzos y textiles, hasta diversos soportes rígidos, éstos últimos, gracias a las tintas de curado UV. Además esta versatilidad también afecta al grosor de los materiales, que en el caso de la inyección de tinta por curado ultravioleta puede llegar a ser de hasta 15 centímetros.

Cada uno de estos materiales presenta unas características particulares que inevitablemente afectan al resultado final de la impresión, pero también a su estabilidad y permanencia debido a las interacciones producidas entre las tintas y el tipo de soporte.

Teniendo en cuenta la tradición artística previa a la impresión digital, el papel sigue siendo el soporte por excelencia, a juzgar por la innumerable variedad disponible y las diferentes casas comerciales que han adaptado su producción básicamente a la tecnología de inyección de tinta. Este hecho también ha generado una gran cantidad de literatura en torno a este soporte y sus variantes, tal y como se recoge a continuación.

2.2.1. Papel

El papel, es una estructura reticular que se forma mediante puentes de hidrógeno por el entrelazado y la cohesión natural de las fibras después de estar suspendidas en agua. Estas fibras pueden tener su origen en especies vegetales madereras, como el abeto o el pino, muy habituales en la fabricación del papel industrial, o no madereras como el algodón o el lino, por citar algunas. Estas últimas fibras suelen dar lugar a papeles de alta calidad debido a su alto contenido en alfacelulosa y fibras largas, razón por la que se suelen emplear para la producción de papeles de calidad, entre ellos, los papeles de calidad artística.

Los diversos tipos de papel tienen características y cualidades específicas en función del tipo de fibras empleadas, la presencia o no de recubrimientos, y su composición. Estas materias primas condicionan el acabado de una impresión en cuanto a su gramaje, rugosidad, blancura, brillo, opacidad o pH. Para asegurar el control de dichos parámetros, existen innumerables ensayos normalizados

relacionados con las características físicas e imprimibilidad (Fernández, 2008) (Fig.41).



Figura 41. Diferentes tipos de ensayo realizados para asegurar la calidad del papel durante la producción: (a) imprimibilidad; (b) ceras de Dennison; (c) Cobb

Los soportes empleados para la electrofotografía normalmente consisten en papeles convencionales empleados para la escritura y otros usos cotidianos y se componen de fibras procedentes de especies madereras a las que se les aplican encolantes internos como el dímero de alquil ceteno (AKD) o anhídrido alquenil succínico (ASA) para evitar la dispersión de las tintas utilizadas para escribir, dibujar o imprimir sobre ellas. En este caso, se trata de uno de los papeles más sencillos de fabricar pero también uno de los que menor calidad de impresión ofrece para obtener imágenes cuando se emplean tintas acuosas, ya que entre otras cuestiones, se trata de papeles con un gramaje relativamente bajo, de alrededor de 80g/m² y el encolado no suele ser suficiente para facilitar la separación entre el vehículo y las tintas, que idealmente deben permanecer en superficie, lo que genera una absorción de la tinta demasiado rápida produciendo ondulaciones del soporte y poca definición de la imagen.

Debido a la forma en que la electrofotografía funde el tóner para la formación de la imagen o texto, y las propias características del tóner seco, hacen que la impresión sea de alguna manera independiente del soporte sobre el que se realiza, aunque existen estudios que indican que los soportes de alto brillo y poca rugosidad muestran unos resultados peores en cuanto a la densidad óptica de las imágenes (Ataeefard, 2015), lo que puede indicar el motivo por el que es habitual emplear papeles convencionales en estos casos, ya que muestran una rugosidad mayor.

Sin embargo, las tintas empleadas en la inyección de tinta, sobre todo las acuosas, tienen una baja viscosidad, lo que facilitan la humectación, penetración y expansión en este tipo de soportes, causando una baja calidad de la imagen en cuanto a nitidez, contraste, ruido y reproducción tonal (Carreira, Agbezuge y Gooray, 1996; Lee, Fass, Winslow, 1996). El colorante necesita quedar rápidamente inmovilizado en superficie y separado del vehículo. Si la tinta es absorbida en el papel con demasiada rapidez puede resultar en los defectos anteriormente mencionados y si por el contrario no se absorbe con la suficiente rapidez puede generar difusión lateral, produciendo sangrado y mala definición. Estos requisitos que pueden parecer contradictorios conllevan una solución de compromiso a la que se llega mediante la manipulación de las características de absorción y porosidad de los papeles, mediante el uso de aprestos y recubrimientos. De este modo, la interacción entre soporte y tinta, es una de las cuestiones más importantes a tener en cuenta a la hora de obtener impresiones de buena calidad, razón por la que existen varias publicaciones al respecto (Lavery y Provost, 1999; Yang, Fogden, Pauler, Sävborg y Kruse, 2005; Desie y Van Roost, 2006). Estos estudios realizados a partir de la expansión de la tecnología de inyección de tinta en el ámbito cotidiano han llevado a la optimización del papel y los recubrimientos añadidos a estos soportes con la finalidad de obtener los mejores resultados, sobre todo de cara a su uso artístico.

La dificultad de diseñar los recubrimientos parte principalmente de la necesidad de gestionar la cantidad de agua presente en las tintas de base acuosa, la más empleada para imprimir sobre los soportes de papel. También se considera importante la correcta adhesión de los agentes colorantes, para que se favorezca su difusión de manera uniforme en sentido lateral y obtener así una buena definición de los puntos que conforman las imágenes; además, un soporte más liso permite conseguir colores más densos y brillantes, por tanto, una buena y rápida absorción de la tinta es imprescindible para obtener impresiones de buena calidad (Cawthorne, Joyce y Fleming, 2003; Gong, Fleming y Sönmez, 2010).

Los soportes de papel diseñados específicamente para su uso con la tecnología de inyección de tinta están formados por diversas capas y recubrimientos compuestos por una variedad de materiales que otorgan a la superficie unas cualidades únicas en cuanto a velocidad de absorción de las tintas y su secado superficial, blancura, opacidad, estabilidad dimensional y resistencia (Gigac, Stankovská, Letko, Opálená, 2014). Todos estos soportes celulósicos tienen como base un sustrato de papel fabricado comúnmente de pasta química y encolado con AKD o ASA, al que se le añaden recubrimientos denominados capas receptoras de tinta (ink receiving layers, o IRL) e incluso otro tipo de capas de tipo resinoso –como en el caso del papel Resin Coated (RC)–, con la intención de tapar las fibras celulósicas mediante el relleno de las irregularidades de su superficie y de este modo, obtener una superficie más lisa. La composición de estas IRL depende de las características buscadas para un determinado papel, pero como norma general suelen consistir en pigmentos inorgánicos, aglutinantes y aditivos (Tabla 12).

Tabla 12. Productos empleados para el diseño de IRLs y su función principal

Componente	Función	Sustancias más empleadas
Pigmentos	Aportan color a la mezcla	Carbonato cálcico (precipitado o molido) Caolín Talco Yeso
	Crean el sistema poroso para la absorción de la tinta	Trihidrato de alúmina Dióxido de titanio Sílice (sílice pirogénica) Sulfato de bario
Aglutinantes	Distribuyen y adhieren los pigmentos de manera uniforme	Almidones Proteínas (Gelatinas) Alcohol polivinílico Carboximetilcelulosa Emulsiones solubles en álcali Látex
Aditivos	Otorgan cualidades específicas	Componentes catiónicos o aniónicos Reticuladores Surfactantes Espesantes Dispersantes Antiespumantes Antioxidantes Blanqueantes ópticos Etc.

Los pigmentos más habituales para cubrir el papel son el carbonato cálcico, precipitado o molido, el caolín, el talco, yeso, trihidrato de alúmina, dióxido de titanio (TiO_2), sílice y sulfato de bario, que suelen conformar la mayor parte del recubrimiento, alcanzando entre el 80-95% de su composición (Kogler, Gliese, Auhorn, 2006). El sílice, concretamente el sílice pirogénico, es el más utilizado debido a que sus características en relación a la absorción de tinta y apariencia óptica se ajustan bien a las necesidades requeridas por los IRL para la inyección de tinta (Hladnik, 2004; Gong, Fleming y Sönmez, 2010), sin embargo, su elevado precio ha llevado a investigar en torno a otras formas diferentes a las tradicionales para obtener este producto de manera más económica (Lamminmäki, Kenttä, Rautkoski, Bachér, Teir, Kettle y Sarlin, 2013). En otras ocasiones, se ha optado por utilizar arcillas como el caolín u otros productos como la zeolita y el carbonato cálcico, que parece dar buenos resultados (Cawthorne, Joyce y Fleming, 2003; Gigac y Stankovska, 2016).

Los aglutinantes, de los que existe gran variedad (Fig. 42) suelen estar presentes en una proporción que oscila entre el 5% y el 20%. El más empleado es el alcohol polivinílico (PVOH) debido a su solubilidad en agua y gran poder aglutinante, que depende también de su grado de hidrólisis; una hidrólisis parcial y alto peso molecular del PVOH permite obtener mejores resultados en cuanto a gama de color y definición (Lamminmaki, Kettle, Puukko y Gane, 2011; Özcan y Zelzele, 2017), si bien es cierto que también se han realizado ensayos con mezclas de aglutinantes, que parecen mejorar varios aspectos de la impresión (Zhang, Liu, Cao, Li y Jing, 2015).

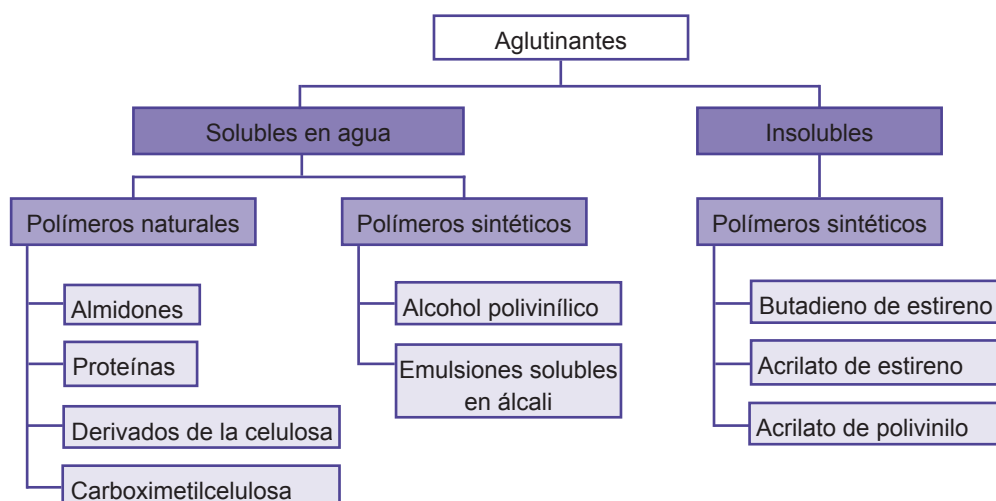


Figura 42. Tipos de aglutinante empleados para los recubrimientos de papel. Adaptado de «The Effect of Binder Type on the Physical Properties of Coated Paper» de A. Özcan y Ö.B. Zelzele, 2017, MSU J. of Sci 5 (1), p.400. doi: 10.18586/msufbd.322353

La incorporación de aditivos se realiza en bajas proporciones que suelen variar, con el fin de mejorar la fijación del colorante en el soporte, controlar su ubicación en el recubrimiento u optimizar las propiedades de absorción de las diversas capas del IRL, así como mejorar sus propiedades reológicas. Existe una gran cantidad de aditivos, pero entre los más empleados están los componentes catiónicos o aniónicos, los reticuladores, surfactantes, espesantes, dispersantes, antiespumantes, antioxidantes y blanqueantes ópticos (Optical Brightening Agents, OBAs), también denominados en la literatura como Optical Fluorescent Agents (FWA). Estos últimos no están siempre presentes en la composición, sin embargo, se trata de unos agentes que influyen claramente en la apariencia de las impresiones, y también en su conservación. De hecho, algunos estudios revelan que la presencia de OBAs tienen relación con una reducción en la gama de colores que un soporte de papel puede reproducir (Chovancova-Lovell, Fleming y Carlick, 2006).

Los OBAs de origen natural se conocen desde 1929, pero no es hasta 1940 cuando se consiguen sintetizar químicamente, lo que provoca un uso cada vez más extendido de estas sustancias en ámbitos como la industria textil, la industria papelera, la industria de los plásticos y también la fotografía. Tal y como indican Messier, Baas, Tafilowski y Varga (2005) el uso de OBAs en los soportes fotográficos se produce poco tiempo después de su síntesis química, de manera que papeles fotográficos a partir de 1955 ya presentan estos aditivos para mejorar las características de la imagen, y es en la década de los sesenta cuando su uso crece significativamente, para repuntar de nuevo en los ochenta. Hoy en día, el empleo de OBAs para la producción de papeles para la impresión con tecnología de inyección de tinta es bastante común ya que mejora la apariencia de los soportes, haciéndolos más blancos y luminosos, lo que aporta mayor viveza a los colores. Estos productos absorben la luz correspondiente a la región ultravioleta del espectro electromagnético (entre 240 y 380nm) y la reflejan en longitudes de onda entre 430 y 460nm, mostrando un pico característico en 457nm (Auhorn, 2006). Como resultado, el tono amarillento del soporte se ve compensado por un reflejo azulado, lo que el ojo humano percibe como una superficie más blanca.

Zollinger (1991) clasifica los agentes blanqueantes ópticos en seis grupos principales, algunos de los cuales como la cumarina ya no se emplean, y otros tienen usos específicos. Actualmente, los más utilizados son los basados en estilbeno, abarcando el 80% del mercado. Éstos se consideran químicamente similares a los tintes directos aniónicos, ya que entre otras cuestiones, contienen uno o más grupos sulfónicos ($-SO_3H$), por tanto su resistencia a la luz es similar a la de otros tintes, por lo que suelen ser susceptibles a la degradación (Murray, 1991). Estos grupos sulfónicos otorgan solubilidad a los OBAs, de manera que a mayor cantidad de grupos sulfónicos, mayor será la solubilidad, sin embargo, su afinidad con las fibras de celulosa se ve reducida proporcionalmente. Habitualmente los disulfonados y tetrasulfonados –y en ocasiones hexasulfonados– son los más empleados, pero la selección de uno u otro depende del tipo de aplicación. Algunos autores (Murray, 1991) indican que es preferible utilizar aquellos OBAs con menor cantidad de grupos sulfónicos para que mantengan su afinidad con las fibras y después aumentar su solubilidad mediante la introducción de grupos amino, alquilamino, hidroxil Alcoxi u otros. Por el contrario, estudios más recientes (Shi, Liu, Ni, Yuan, Zou, y Zhou, 2012) indican que los tetrasulfonados son los más empleados debido a su bajo coste, afinidad con las fibras y buena solubilidad, que permiten ser aplicados de más formas que los otros tipos, tanto en los recubrimientos como en la pasta.

Hay varios parámetros que intervienen en la efectividad de los OBAs: la presencia de lignina y su estructura, el tipo de OBAs empleado y su proporción (Liu, Shi, Wang, Wu y Ni, 2014). En cuanto a la composición del papel sobre el que se aplican, los OBAs suelen cumplir mejor su función en pastas previamente blanqueadas, en las que contienen carbonato cálcico o trihidrato de aluminio, así como sobre aquellos papeles cuyo pH es superior a 6. También la selección del aglutinante empleado para el recubrimiento es importante, ya que las uniones de hidrógeno y van der Waals formadas entre éste y los OBAs pueden prolongar la estabilidad de estos aditivos. Por el contrario, en las pastas mecánicas o químicas sin blanquear la función de los OBAs se ve reducida, al igual que en aquellas que contienen lignina, puesto que esta sustancia tiene la capacidad de absorber luz ultravioleta, impidiendo a los aditivos absorber la cantidad necesaria para su fluorescencia. Cuando se aplican en superficie o como parte de un recubrimiento, también hay productos que impiden su correcto funcionamiento; el TiO_2 , empleado en los papeles de tipo baritado o incluso en los RC, tiene la capacidad de absorber la luz ultravioleta, por tanto de alguna manera compite con los estilbenos impidiendo su correcto funcionamiento. Cuando se emplea TiO_2 en altas concentraciones, no es recomendable incorporar OBAs ya que éstos se degradarán por los radicales libres generados por el TiO_2 en presencia de luz (Wagnerm, 1999; Auhorn, 2006). No todos los fabricantes indican con claridad la presencia o no de estos aditivos, sin embargo son fáciles de detectar empleando una lámpara de Wood; cuanto mayor sea el contenido de estos agentes blanqueantes más fluorescente aparecerá el soporte, mientras que si no los contienen el soporte aparecerá oscuro (Fig. 43).

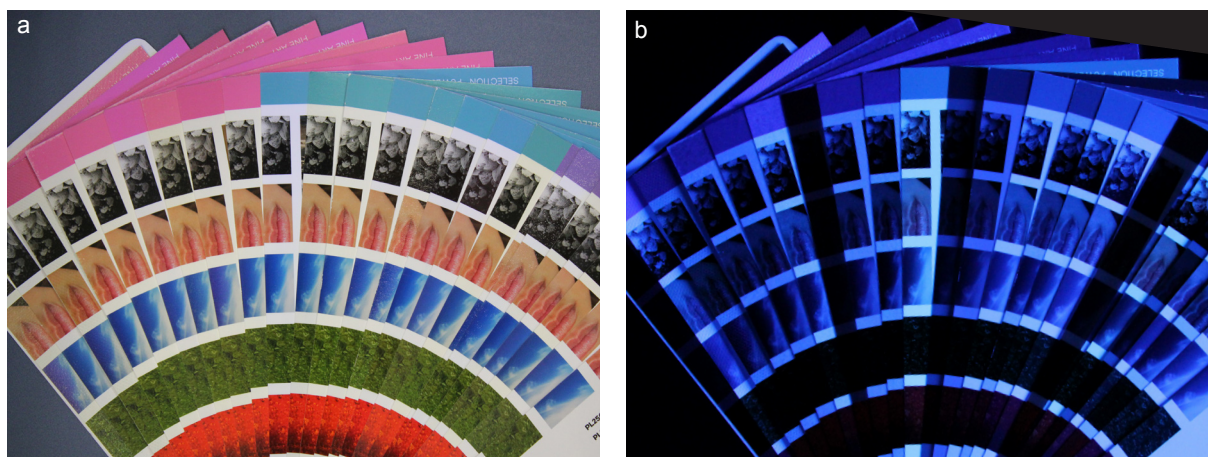


Figura 43. Muestras de diversos tipos de papel para la impresión mediante la inyección de tinta: (a) luz natural, y (b) luz UV. Los soportes más brillantes bajo la luz ultravioleta indican mayor presencia de OBAs, mientras que los que aparecen en negro carecen de estos aditivos

La función principal de los IRL consiste en separar el agente colorante del vehículo lo antes posible, de manera que el primero quede lo más superficial posible, mientras que el vehículo penetra hacia las fibras del papel, mientras evapora sin llegar a ellas (Hladnik, 2004); los recubrimientos con poros menores a $0,1\mu\text{m}$ absorben la tinta lentamente, mientras que tamaños mayores entre $0,1$ y $1\mu\text{m}$ pueden ocasionar una mayor penetración de la tinta en el recubrimiento, reduciendo así la densidad óptica de la imagen. Por tanto, el ángulo de contacto entre la tinta y el recubrimiento, y la porosidad de éste último son cuestiones importantes a tener en cuenta en la fabricación de papeles para inyección de tinta de cara a obtener un rápido secado que garantice la obtención de colores nítidos, intensos y con gran definición, evitando la difusión y penetración de los colorantes (Yuan, Sargeant, Rundus, Jones y Nguyen, 1999; Bugner, 2002; Gigac, Stankovská, Opálená y Pažitný, 2016). Esta complejidad en el diseño es el motivo principal del elevado precio del papel para la impresión por inyección de tinta en comparación con otros tipos de uso cotidiano.

Los papeles de tipo artístico, empleados habitualmente en técnicas más o menos tradicionales como la acuarela o el grabado, han evolucionado para adaptarse a la impresión mediante tecnología de inyección de tinta gracias a que en la superficie se aplican IRL mates, que a su vez mantienen la apariencia típica de este tipo de papeles (Fig. 44a). Estos recubrimientos normalmente consisten en carbonato cálcico precipitado aglutinado en alcohol polivinílico y/o almidón al que se pueden añadir agentes matificantes como el sílice o la alúmina en un segundo paso del proceso. Estos recubrimientos suelen ser muy sutiles ya que oscilan entre 1 y $5\mu\text{m}$ para no interferir en las cualidades ópticas y táctiles de estos papeles, que se suelen caracterizar por una mayor o menor rugosidad de la superficie (Jürgens, 2009; Hofmann, 2015).

Muchos molinos papeleros de gran tradición en Europa como St Cuthberts Mill, en Somerset, Reino Unido (St Cuthberts Mill, 2019), Hahnemühle, en Solling, Alemania (Hahnemühle, 2019), o Canson en Annonay, Francia (Canson, 2019) se han adaptado a la producción de soportes de inyección de tinta (Fig. 45), de manera que ofrecen una interesante selección de papeles que abarcan una amplia paleta de posibilidades para la producción artística y que rondan entre gramajes de 100 g/m^2 a 350 g/m^2 .

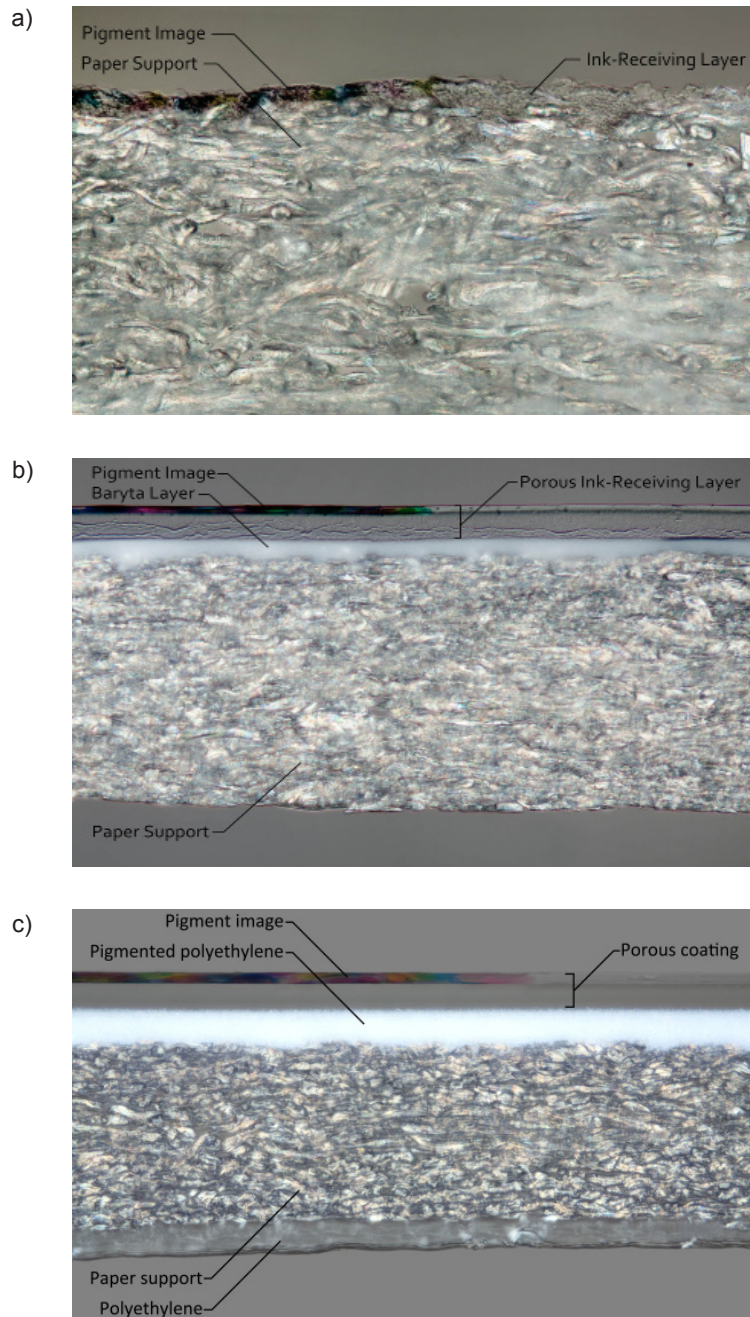


Figura 44. Estratigrafías que muestran de manera genérica las diferentes estructuras que componen los soportes de papel con IRL poroso empleados para la impresión con inyección de tinta: (a) Papel de tipo artístico mate; (b) papel baritado brillo; (c) papel RC Brillo. Extraído de Graphics Atlas, Guided Tour, Image Permanence Institute (IPI) ©



Figura 45. Proceso de trabajo en el molino papelerero de StCuthberts Mill en Somerset, Reino Unido: a) Preparación de la pasta papelerera; b) Malla cilíndrica empleada para la formación del papel; c) Proceso de formación de la hoja; d) Enrollado del papel en bobinas; e) Corte manual de las hojas y estampado del sello en seco; f) Embolsado y etiquetado de los papeles para su distribución

Los papeles japoneses también se han adaptado a la impresión por inyección de tinta, ofreciendo resultados completamente diferentes al resto y conservando el proceso de fabricación acorde a la tradición. Estos soportes se ofrecen en una gran variedad de fibras y grosores (desde 25g/m^2 a 250g/m^2), pero aquellos que presentan gramajes menores y aportan mayor translucidez y delicadeza a la impresión final son los que presentan mayor atractivo, aunque dificultan el control de la impresión en cuanto a la gestión del color debido a la falta de uniformidad del papel, y también su posterior manipulación debido a su delicadeza. En la isla japonesa de Shikoku, de gran tradición papelerera, Awagami Factory[®] es uno de los ejemplos más representativos (Awagami Factory, 2019).

El resto de los tipos de papel empleados hoy en día para la creación artística provienen básicamente de las estructuras multicapa ideadas para el revelado de fotografías. Los papeles baritados (Fig. 44b) –también conocidos como *fiber based*, FB– o los Resin Coated (RC) (Fig. 44c), que comenzaron a utilizarse a mediados del siglo XIX y a finales de los años sesenta del siglo XX respectivamente, han pasado de llevar emulsiones fotosensibles a recubrimientos IRL específicos para la inyección de tinta (al igual que los papeles artísticos), de manera que se pueden seguir produciendo imágenes con una apariencia física muy similar a la de la fotografía, aunque su composición y su observación bajo magnificación difieran notablemente.

El papel RC, ideado inicialmente para obtener copias más resistentes al procesamiento en húmedo, proporciona una forma de construir el soporte en la que se obtienen superficies de acabado brillo y gran estabilidad dimensional. Para ello al papel de base se le añade una película plástica, generalmente polietileno (PE) o polipropileno (PP), tanto por el reverso como por el anverso que después estará en contacto con el IRL, de manera que el soporte celulósico queda encapsulado.

A este polietileno se le suele añadir TiO_2 para crear una superficie extremadamente plana y blanca, y aunque hace unos años estos papeles se craquelaban por la acción de los rayos ultravioleta, ese problema ya no es habitual gracias a las nuevas formulaciones (Bugner, 2002; Hofmann, 2015).

Básicamente los IRL aplicados a los papeles –y otros soportes– ideados específicamente para la inyección de tinta se pueden dividir en dos grandes grupos: Poliméricos y porosos. Aunque ambos IRL admiten tanto las tintas compuestas por tintes como por pigmentos, los poliméricos, tienen una mayor afinidad con las primeras ya que estos colorantes se difunden en el polímero, quedando embutidos en él. Los recubrimientos porosos, creados con posterioridad, presentan mayor afinidad con las tintas a base de pigmento porque pese a que estas partículas permanecen igualmente en la superficie de un IRL u otro, la estructura porosa les otorga una mejor fijación (Gigac, Stankovská, Letko, Opálená, 2014). En cuanto a los acabados, los IRL poliméricos suelen presentar acabados brillo, mientras que los porosos suelen ser mate, aunque existen diversos métodos para modificar estas superficies y ofrecer más variables en cada caso (Bugner, 2002).

- Recubrimientos (IRL) poliméricos

Para crear estos recubrimientos, además del PVOH, en ocasiones suelen emplearse mezclas de los diversos aglutinantes solubles en agua mencionados con anterioridad, o incluso se construyen superficies multicapa. En el momento en que estas superficies reciben las tintas de base acuosa, éstas las absorben, el vehículo se difunde en la estructura polimérica y aumenta su volumen, razón por la que en inglés se conocen como recubrimientos *swellable*. Los colorantes –normalmente tintes– que van junto con el vehículo, forman uniones de hidrógeno o interacciones aniónicas con los grupos químicos del PVOH, por lo que al evaporar el agua quedan embutidos en la estructura polimérica en el instante en el que el recubrimiento retorna a su estado original, protegiendo los colorantes de la abrasión y los gases contaminantes de la atmósfera (Lamminmaki, Kettle, Puukko y Gane, 2011). Debido a la forma de recibir la tinta, estos IRL tienen mayor compatibilidad con los tintes, ya que los pigmentos no pueden penetrar en el recubrimiento y quedan en superficie, alterando la apariencia superficial de la impresión.

Debido a las sustancias empleadas en su construcción, estos IRL suelen presentar un acabado brillo, aunque esta cualidad depende en cierto modo del grosor del recubrimiento, que suele oscilar entre los 10 y 15 μm y del tipo de papel empleado como base. Para modificar estas características superficiales se pueden añadir agentes matificantes como el sílice y esferas compuestas por polímeros en bajas proporciones, lo que aumenta la rugosidad superficial, dando lugar a soportes satinados y mate (Bugner, 2002).

Ya que el secado de estas superficies ocurre mediante absorción y difusión de la tinta, el grosor de estos IRL es menor que en los porosos, el proceso suele ser lento, y generalmente viene afectado por las condiciones ambientales del lugar (Yuan, Sargeant, Rundus, Jones and Nuyen, 1999; Yip, Lubinsky, Perchak y Ng, 2002); si el entorno es húmedo, los polímeros seguirán absorbiendo esa humedad y por tanto, la superficie permanecerá pegajosa al tacto debido a su composición, lo que favorecerá la adhesión de partículas presentes en el ambiente, que pueden arruinar la impresión. Estos problemas han llevado a muchos fabricantes a desarrollar sus papeles con recubrimientos porosos, por lo que este tipo de IRL no suele ser habitual hoy en día (Image Permanence Institute, 2009).

- Recubrimientos porosos

Estos recubrimientos consisten básicamente en un pigmento inorgánico y un aglutinante (normalmente PVOH) que permite su fijación al soporte de papel. El tipo de pigmento, su tamaño, forma y porosidad junto con la cantidad y tipo de aglutinante utilizado afecta considerablemente a la estructura porosa de estos recubrimientos (Lamminmäki, Kettle, Puuko, Ridgway, Cane, 2009). Además, si la proporción de aglutinante es demasiado alta, éste rellena los espacios intersticiales de los poros, limitando la capacidad de absorción del IRL, mientras que una cantidad insuficiente de aglutinante causa una falta

de cohesión de las partículas, y por tanto, una superficie pulverulenta que evita la correcta fijación de los colorantes (Kasahara, 1999). El grosor de estos recubrimientos también resulta ser otro factor importante, puesto que si es demasiado fino la humedad generada por el vehículo llega a las fibras del papel, ocasionando su ondulación como en los papeles sin recubrimiento, por ese motivo suelen rondar entre los 30 y 50µm (Bugner, 2002).

Atendiendo al tamaño de los poros, estos IRL se clasifican en macroporosos, microporosos y nanoporosos. Los más recientes, los nanoporosos, rondan entre 20 y 30 nm y como se ha indicado anteriormente, permiten controlar mejor la absorción de la tinta evitando una reducción en la densidad óptica de la imagen impresa. Además, cuanto más pequeño sea el poro, más brillo tendrá la superficie, sin embargo, esta cualidad difícilmente alcanza el brillo de los papeles con recubrimientos poliméricos o sublimación de tintes, y además son más caras de producir (Image Permanence Institute, 2009; Hofmann, 2015).

A diferencia de los recubrimientos poliméricos, la absorción de la tinta se produce mediante las fuerzas capilares producidas por el sistema poroso creado por los pigmentos que componen el IRL, por lo que el secado de estas superficies puede llegar a ser hasta cuatro veces más rápida ((Yip, Lubinsky, Perchak y Ng, 2002), otorgando una gran nitidez a las impresiones y facilitando su uso en impresoras cada vez más veloces sin generar problemas de desplazamiento de tintas. Como contrapartida, las características de estos IRL, otorgan una mayor capacidad de absorber partículas contaminantes presentes en el aire, por tanto, los colorantes depositados en ellos serán más susceptibles de verse deteriorados por la oxidación producida por este factor (Wnek, Andreottola, Doll, y Kelly, 2002), así como por la radiación solar y las abrasiones producidas en la superficie, ya que los pigmentos y tintes en estos soportes, quedan desprotegidos de la intemperie. Para evitar estas alteraciones existen varias soluciones, como la incorporación de aditivos a los recubrimientos, o añadir materiales post-impresión a las superficies impresas; estos últimos se detallan en el próximo capítulo.

Todas estas posibilidades para generar soportes de papel y el gran nicho de mercado que suponen, ha hecho que los propios fabricantes de impresoras –Epson y HP, entre otros (Epson, 2019; HP, 2019)– se hayan sumado a la venta de soportes específicos para sus dispositivos, que en principio están diseñados para ofrecer la mayor compatibilidad posible entre dispositivo, tinta y soporte, y de alguna manera garantizar la estabilidad de las imágenes en el tiempo. Otras empresas, como la alemana Tecco® (Tecco, 2019) también ha acondicionado parte de su producción a la tecnología de inyección de tinta, y la empresa española Delex (Delex, 2019), además de suministrar las marcas mencionadas, comercializa igualmente sus propios papeles. También es habitual que además de papel, estas empresas hayan diseñado lienzos con IRL, ya que de alguna manera permiten dar otra dimensión a la tradición de la pintura de caballete, así como realizar reproducciones de obras ya reconocidas.

2.2.2. Otros soportes

Si bien es cierto que gran parte de las impresiones digitales que conforman las colecciones de Museos, Instituciones y colecciones particulares están realizadas sobre soportes de papel, cada vez es más popular el uso de otros soportes gracias a los avances tecnológicos producidos en la industria, dotando a las impresiones de características únicas.

Actualmente, existen facilidades para imprimir directamente sobre una gran variedad de soportes y materiales laminados como el aluminio, vidrio, madera, plásticos, cerámica, piedra, textiles... e incluso sobre soportes orgánicos como plumas, por lo que estos objetos formarán parte de colecciones, si no lo han hecho ya, y como tales habrán de conservarse y quizá con el tiempo restaurarse. Estas posibilidades permiten a los artistas una cada vez mayor libertad expresiva y experimental, en parte gracias a las tecnologías de inyección de tinta que emplean tintas de curado ultravioleta, pero también por el desarrollo de la sublimación de tintes.

Gracias al curado ultravioleta, se pueden obtener superficies con diferentes texturas y relieve, que en algunas publicaciones se han denominado como impresiones 2.5D, para indicar que éstas se encuentran a medio camino entre las impresiones planas en dos dimensiones y las impresiones en 3D (Parraman y Ortiz-Segovia, 2016). Técnicas similares se han empleado para la reproducción de obras expuestas en Museos para facilitar la accesibilidad y difusión de pinturas, haciéndolas accesibles para personas con discapacidad visual, como la exposición “Hoy toca el Prado” celebrada en 2015 en el Museo del Prado y llevada a cabo por la empresa Estudios Durero (Estudios Durero, 2015), que después se ha empleado en otros museos estatales e internacionales.

Por otra parte, hoy día, la sublimación de tintes, tal y como se ha mencionado en capítulos anteriores, permite imprimir sobre una gran cantidad de soportes textiles, ampliamente utilizados en la industria de la moda y que empresas como Epson tratan de promocionar desde 2012 con su Epson Digital Couture Project (Fig. 46) en el que diseñadores de diversos países son seleccionados para el evento. Sin embargo, aunque en el panorama artístico contemporáneo hay artistas que emplean estos materiales para sus obras, aún sigue siendo más habitual el uso de materiales rígidos (Fig. 47) que permiten un amplio abanico de posibilidades de uso con diferentes acabados como el mate, satinado y brillo, que muestran el color natural del soporte o que presentan recubrimientos blancos para facilitar una impresión sin interferencias.



Figura 46. Ejemplo de algunos diseños presentados en la Epson Digital Couture Project de 2016. Extraído de «Epson Digital Couture» de j-NO, Flickr. Licencia CC BY-NC-ND 2.0



Figura 47. Muestra de la amplia gama de soportes rígidos disponibles para la sublimación de tintes. Desde paneles de alta densidad (HDF) y media densidad (MDF), tableros de aglomerado, madera de arce, materiales plásticos con fibra de vidrio, hasta paneles de aluminio y acero

Los soportes empleados para ambas tecnologías pueden ser similares, pero la diferencia principal radica en que mientras que los soportes para la sublimación de tintes precisan de un recubrimiento de poliéster, o que los tejidos contengan un alto contenido en este polímero para que los tintes penetren y se difundan en él, los soportes para la inyección de tinta mediante curado ultravioleta no tienen que cumplir características especiales. Detallar con exactitud el amplio mercado de soportes existentes, sus acabados y grosores disponibles resulta algo casi inabarcable debido a que la mayoría de estos materiales provienen del ámbito industrial o de la construcción, sin embargo, de manera generalizada, se pueden agrupar de la siguiente manera:

- *Papeles sintéticos*. Desde comienzos de la década de 1980 se han venido desarrollando diversos papeles sintéticos llamados así por ser producidos con materiales de origen no celulósico y cuya apariencia puede variar desde un aspecto más plástico a otros más semejantes al papel; se caracterizan por ser bastante resistentes al desgarro, al agua y a la mayoría de disolventes. En esta categoría encontramos el *Teslin* (Teslin sheet), *Dura-Lite DLI*, *Polyart*, *Tyvek*...
- *Textiles*. Además de los lienzos mencionados junto con los soportes de papel, la impresión de textiles forma parte ineludible de la industria de la moda. Entre ellos, es habitual emplear fibras de poliéster, lycra, microfibra, chifón, seda fría, neopreno, etcétera.
- *Plásticos*. Quizá son los materiales más habituales hoy en día y pueden emplearse en hojas finas y flexibles pero también a modo de materiales rígidos. Generalmente suelen consistir en láminas de poliéster (PET), polietileno (PE), policloruro de vinilo (PVC), polipropileno (PP) policarbonato (PC) o polimetilmetacrilato (PMMA) disponibles en una amplia gama de grosores y colores, translúcidos u opacos (Fig.48a).
- *Metales*. Se trata de láminas de metal como el aluminio, acero o cobre que se suelen emplear para la impresión directa dejando el acabado de estas superficies como fondo de las imágenes para otorgar características ópticas o táctiles particulares.
- *Materiales compuestos*. En este apartado de incluyen una variedad de materiales que suelen ir conformados por un núcleo de espuma de poliuretano o polietileno de mayor o menor densidad que va recubierto a ambos lados con otro material. Junto con los plásticos se trata del grupo de materiales más empleados en la actualidad, ya que tienen la ventaja de conformar soportes más o menos rígidos y con poco peso. Los más habituales son el cartón pluma (Fig. 48b) y el aluminio compuesto (Dibond®) (Fig. 48c).

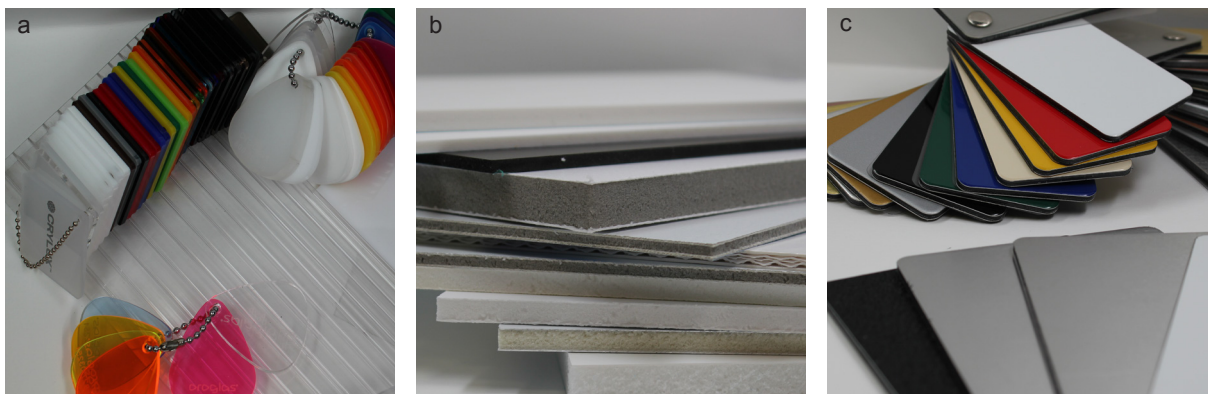


Figura 48. Muestra de la amplia gama de materiales disponibles para la impresión digital mediante tintas de curado UV: a) surtido de materiales plásticos; b) cartón pluma de diversos grosores y densidades; c) variedad de soportes de aluminio compuesto

Además, mediante la manipulación de estos soportes con el empleo de cortadoras CNC se pueden generar obras artísticas con formas más o menos intrincadas que otorgan mayor complejidad a las piezas en cuanto a su manipulación, exhibición y almacenaje tal y como se muestra en la Fig.49.



Figura 49. Ejemplos de obras realizadas con soportes alternativos al papel: (a) Plástico efecto espejo en la obra *El cuerpo como espejo* de Adriana Cora (detalle); (b) Vinilos adhesivos en *Graphobios* de Marcela Caballero; (c) Dibond® en *Biathlon-in-print* de Marina Mangubi (detalle)

Si a esto se suma que una gran variedad de artistas, en su afán por experimentar nuevas opciones, preparan sus propios soportes para imprimir, como en el caso del artista e investigador vasco Julián Irujo, que investigó sobre diversas técnicas para transferir la imagen impresa mediante tecnologías de inyección de tinta a otros soportes (Anthonisen, Maguregui y Artetxe, 2014), o como la artista holandesa Anouk Kruithof que imprime sobre láminas de látex o plásticos que cuelga de la pared o coloca sobre diversas estructuras (Fig. 50), se puede afirmar que el uso de las tecnologías de impresión digital supone una gran diversidad en cuanto a materiales empleados que plantea varias interrogantes en relación a su conservación material y conceptual.

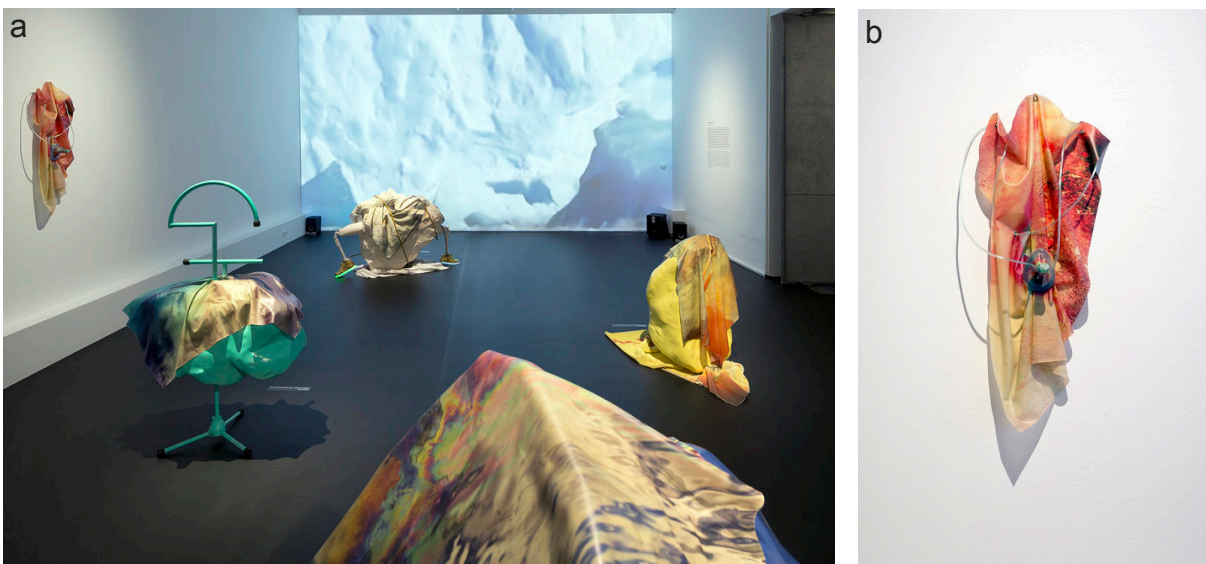


Figura 50. Obras de Anouk Kruithof. a) Vista general de la instalación en la exhibición *¡Aguas!* organizada en el museo FOAM Amsterdam en 2017; b) detalle de una de las esculturas expuestas en la pared titulada *Petriified Sensitivities 11*. Extraído de C. van der Kooy. Recuperado de <https://www.anoukkruihof.nl/aguas>

2.3. Acabados y tipos de montaje

La variedad expuesta en el apartado anterior, facilita la presentación de las imágenes impresas de innumerables formas, que dependen en parte de tendencias o modas acontecidas en cada época. En la actualidad la limitación en las variables expositivas depende primordialmente de los y las artistas, sin embargo, el uso de impresiones de gran formato parece ser una tendencia. Las formas de exponer dichas obras también varían en función del uso que se haga de los diferentes productos y materiales disponibles para modificar la superficie de las obras así como para otorgar rigidez a las mismas, evitando de este modo formas de presentación tradicionales como el enmarcado.

Estos procesos de post-impresión suelen conformar un todo con la obra de manera permanente e irreversible, por tanto, conocer la selección de los materiales y métodos de aplicación, resulta esencial para averiguar la interacción entre el soporte impreso y estos materiales añadidos. El deterioro de estos materiales puede tener consecuencias directas para la estabilidad de las obras, lo que remarca una vez más la complejidad de las obras de arte impresas con dispositivos electrónicos y los nuevos retos que suponen para restauradores y conservadores.

En función de la finalidad de los materiales añadidos y su ubicación, éstos se diferencian entre acabados y tipos de montaje. Los primeros se emplean para cubrir la superficie impresa y otorgar así una protección extra a la imagen ante factores externos como la humedad, luz, contaminantes atmosféricos, abrasión o huellas dactilares, pero también con la intención de modificar las características superficiales y corregir el brillo diferencial, eliminar reflejos o mejorar la intensidad y profundidad de los colores que conforman la imagen. Por otro lado, los diversos tipos de montaje consisten en adherir un material rígido a la obra con el fin de facilitar su exhibición, almacenaje y manipulación. De este modo se evita la necesidad de enmarcar o utilizar otros sistemas que confieren gran peso a las obras, a la vez que se reduce el coste de producción (Pénichon y Jürgens, 2001).

Teniendo en cuenta todo esto, hoy en día es posible encontrar obras que se presentan tal y como se obtienen de la impresora, con algún tipo de material añadido en la superficie impresa (face mounting) o en el reverso, o con materiales a ambos lados de la impresión, conformando un sándwich denominado encapsulado (Fig. 51).

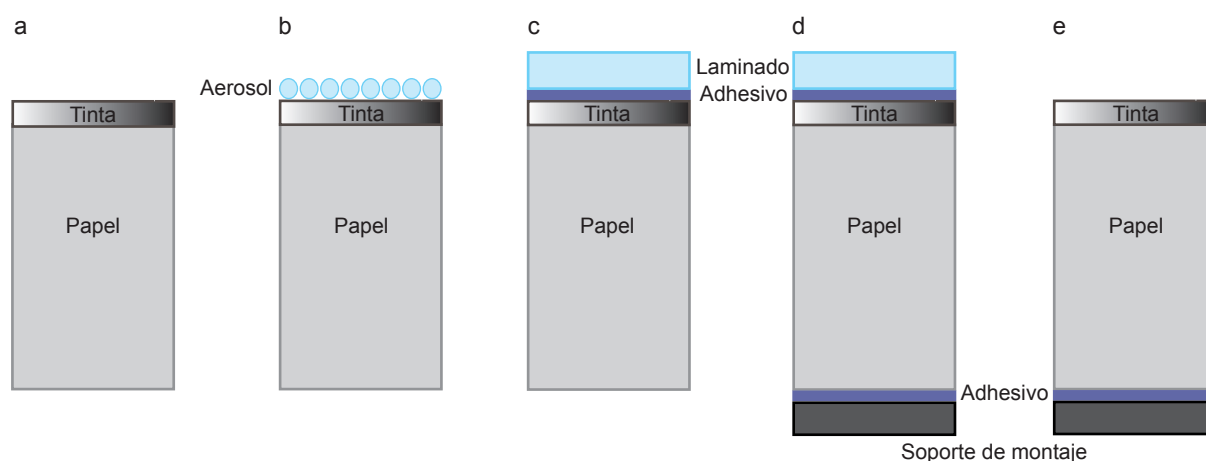


Figura 51. Variables más comunes en los sistemas de acabado y montaje empleados para la impresión digital: (a) Impresión obtenida de la impresora; (b) Impresión capa de protección superficial en forma de espray; (c) Impresión con montaje en la superficie (*Face-mounting*); (d) Impresión encapsulada; (e) Soporte de papel impreso montado sobre un soporte rígido

2.3.1. Acabados

Los acabados son aquellas sustancias que se aplican directamente sobre la superficie impresa con el fin de modificar su aspecto en cuanto brillo y textura o bien para propiciar una protección a aquellas superficies que, por su configuración, resulten más propensas a sufrir deterioros. Entre los acabados es posible encontrar una serie de productos de diverso origen que hace compleja la tarea de detallar todas las variables. Por este motivo, en este apartado se reflejan los métodos más habituales que parecen llevarse a cabo en laboratorios de impresión especializados.

Las características ideales que deben cumplir estos productos son la trabajabilidad, es decir, que sean fáciles de aplicar, la estabilidad química, que no se degraden o causen alteraciones cromáticas en el tiempo como amarilleamientos, y un precio asequible. Algunos de estos productos apenas han sido estudiados, por lo que la literatura sobre el tema es escasa.

- Barnices

Se trata de la manera más económica de proteger y/o modificar la superficie de una impresión. De gran tradición en la pintura y dibujo pero también en la industria fotográfica desde la década de los 50, los barnices, sean en líquido o en aerosol, se aplican a la superficie de las impresiones digitales con el mismo fin protector.

Este tipo de productos, denominados también laminados líquidos, consisten habitualmente en resinas sintéticas –acrílicas, de uretano o mezcla de ambos– disueltas en un solvente más o menos volátil, acompañado de aditivos que actúan a modo de filtros UV; al secar o evaporar quedan transparentes y bien adheridas a la superficie, actuando de barrera con el entorno que rodea a la pieza (Weaver, 2005). Esta capa puede aportar brillo o bien hacer la superficie más mate, en cualquier caso, el brillo diferencial que aparece en algunos sistemas de impresión desaparece en gran medida, dependiendo del grosor con el que se aplique y de la capacidad de absorción del soporte (Jürgens, 2009). A este respecto cabe indicar que una aplicación irregular o defectuosa puede generar zonas diferenciales en la superficie de la impresión por tanto no sólo su acabado sino su interacción con los agentes extrínsecos de deterioro también será diferente.

Normalmente los barnices líquidos suelen tener una base acuosa y se emplean para proteger los lienzos impresos mediante su aplicación con rodillo, pistola de pulverización o brocha, mientras que los que se presentan en aerosol llevan solventes volátiles y se utilizan con más frecuencia para los soportes de papel. Algunas impresoras de inyección con tintas curables en UV permiten la aplicación de películas de curado UV transparentes a modo de barniz brillo o mate sobre superficies enteras o seleccionando zonas concretas de la imagen, favoreciendo así una aplicación más precisa y uniforme del producto, sin embargo, su precio se eleva considerablemente debido al coste del equipo, por este motivo, hoy en día este tipo de acabados sólo se emplea para aquellos soportes que se imprimen mediante dispositivos de inyección de tinta de curado UV, y su fin es más bien estético que de protección (Fig.52).

Hay varias marcas, como Hanhnmühle, Clearjet o Premier Art, que ponen a disposición productos específicos para la protección de impresiones realizadas mediante inyección de tinta, pero existen otros muchos materiales habituales en la práctica artística que están disponibles en tiendas especializadas en Bellas Artes y que pueden ser susceptibles de ser empleados, pese a no ser específicos para las impresiones digitales.

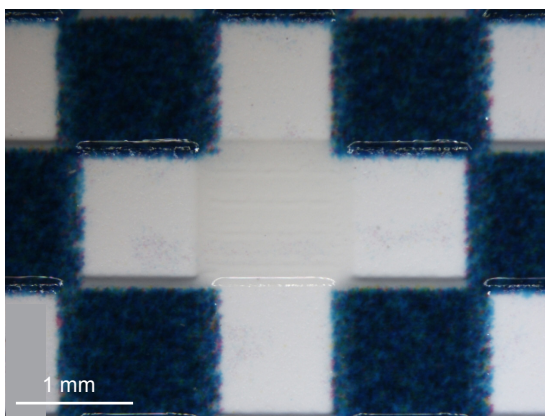


Figura 52. Soporte de PVC impreso con tintas curables en UV y barniz brillo aplicado selectivamente en forma de damero

- Laminados

Consisten en películas plásticas que llevan adhesivo en una de sus caras y que se colocan en la superficie de la imagen impresa con el fin de protegerla del entorno que lo circunda (contaminantes atmosféricos, agentes químicos, huellas dactilares, humedad, hongos, rayos UV, abrasiones...) o respondiendo a meros fines estéticos. Es muy común encontrar obras contemporáneas de gran formato con estas aplicaciones, ya que facilitan el montaje de las obras sobre otros soportes, aumentan la resistencia y rigidez de las impresiones y evitan en cierta manera las ondulaciones y dobleces del papel, que es el soporte habitual sometido a este tipo de acabado. El grosor de los laminados varía entre las 50 y 80µm y se comercializan en acabado brillo, satinado y mate (Fig. 53); también existen laminados que confieren texturas de imitación de piel, textil o arena que suelen tener un grosor mayor (100 µm), sin embargo, estos no suelen emplearse para la creación artística. El plástico que conforma estos laminados suelen ser PVC, pero también se comercializan en menor grado laminados de polipropileno o fluoruro de polivinilo –conocido como Tedlar®– diseñado especialmente para la protección de imágenes que pueden estar sometidas a condiciones adversas, tanto en el interior como en el exterior (DuPont, 2019).

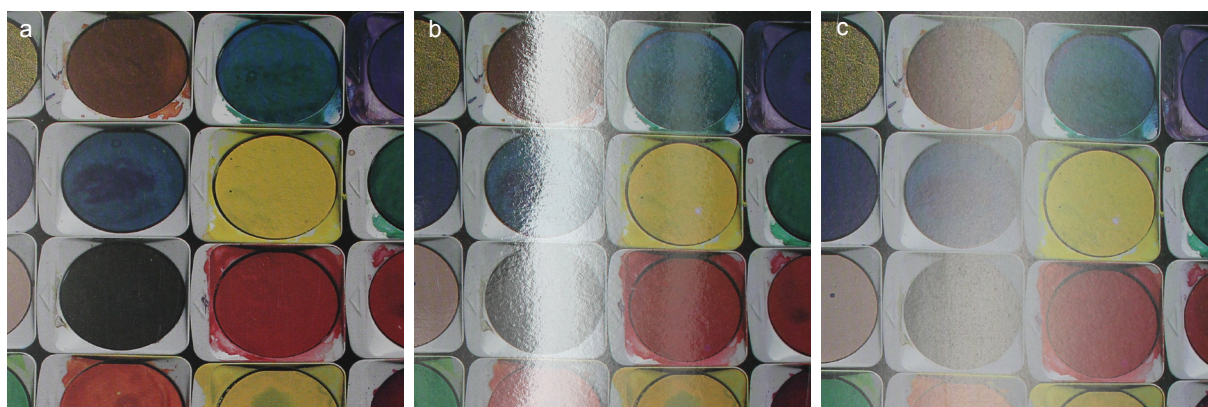


Figura 53. Modificación de la superficie por la aplicación de laminados. a) Impresión al descubierto; b) Impresión con laminado brillo, y c) Impresión con laminado mate

Dependiendo del modo de aplicación, existen los laminados en frío, laminados térmicos o los que emplean una combinación de temperatura y presión. Como consecuencia del tipo de aplicación, los adhesivos varían en cada caso para facilitar el proceso y obtener un buen resultado (Pénichon y Jürgens, 2005):

- *Laminado en frío.* Consiste en adherir el laminado empleando únicamente la presión constante ejercida por unos rodillos por los que pasa la impresión junto con el laminado. Este tipo de laminados funcionan con adhesivos sensibles a la presión, denominados bajo el acrónimo PSA (Pressure Sensitive Adhesive), siendo el acrílico el más habitual. Este sistema es el más habitual ya que resulta compatible con casi todos los soportes y tintas, y además permite emplear el equipo para montar las impresiones a soportes rígidos (J. Canal, comunicación personal, 19 julio 2017).
- *Laminado térmico.* En este caso la adhesión del laminado se produce por el calor emitido por las superficies que entran en contacto con la impresión y el plástico, sean estos rodillos o laminadoras planas. La temperatura empleada puede oscilar entre 80°C y 115°C, dependiendo de la T_g del adhesivo empleado, que normalmente suele ser polietileno, mientras que el plástico más habitual es el polyester por ser termoestable. A diferencia del laminado en frío, este tipo es más restrictivo en cuanto a la compatibilidad con ciertos soportes y tintas (Fig.54).
- *Laminado por temperatura y presión.* Requieren una menor temperatura para adherir el laminado (76-90°C) debido a que el proceso se completa mediante la presión ejercida por los rodillos de la laminadora, lo que encarece el coste del equipo, que puede llegar a ser más caro que el empleado para el laminado térmico.

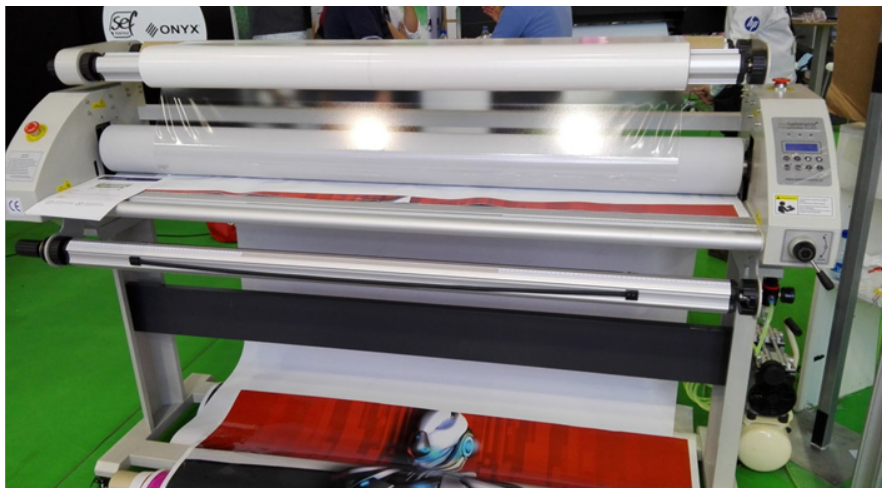


Figura 54. Proceso de laminación de una impresión digital en una laminadora térmica

2.3.2. Tipos de montaje

En la mayoría de los casos, la forma en la que una obra contemporánea se expone ante el observador resulta determinante para transmitir el mensaje concebido por el artista (Fig.55). El uso de los grandes formatos empleados en la fotografía se ha trasladado también a las impresiones digitales, por tanto algunas de las técnicas empleadas, provienen de experiencia previas, como el encapsulado, técnica muy empleada ya desde la década de los ochenta para el montaje de fotografías cromogénicas, como ocurre en el caso de las muchas obras realizadas por los artistas de la Escuela de Düsseldorf.

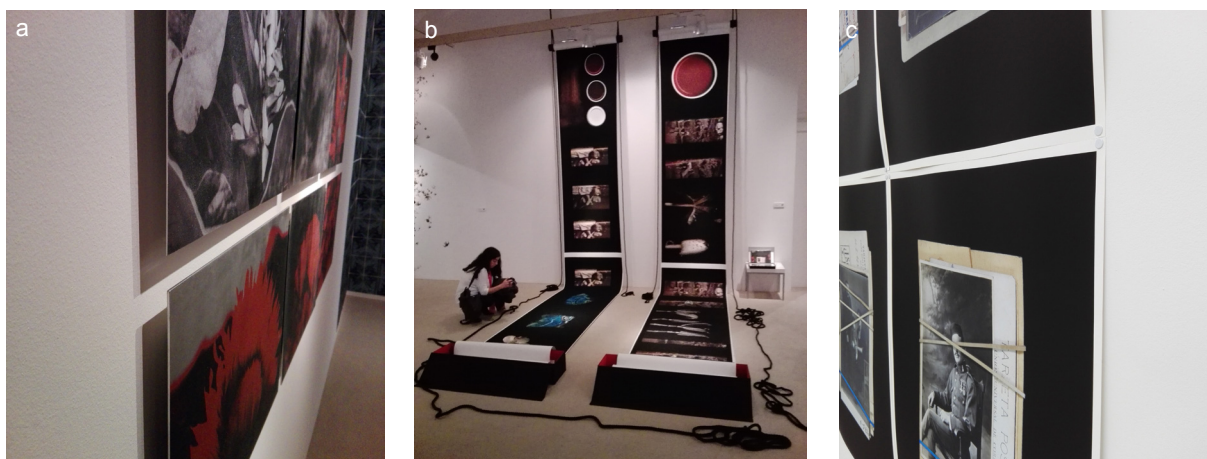


Figura 55. Diferentes tipos de montaje empleados en exhibiciones: (a) Mirta Gendin Real I-Real (detalle), aluminio impreso (2017); (b) Anita Jensen Folding and unfolding the scrolls of life between times and places, rollos de papel continuo impresos mediante inyección de tinta y suspendidos de techo a suelo (2017); (c) Judith Martinez Estrada, El apartamento: lugar, procedencia e identidad, impresión de inyección de tinta directamente sujeto a la pared mediante chinchetas (2018)

Si bien es cierto que la impresión directa sobre soportes rígidos ha simplificado en algunos casos la forma de exhibir las obras, los sistemas de montaje han sido habituales y continúan siéndolo sobre todo en el caso de los soportes de papel, que son adheridos a materiales rígidos de distinto grosor, empleando para ello diversos métodos. Existen pocas publicaciones sobre los materiales empleados para llevar a cabo los montajes de las obras impresas de gran formato; un estudio realizado por Pénichon (2004) hacía hincapié en la importancia de conocer los materiales de montaje más empleados, de cara a comprender tendencias de uso entre los y las artistas y conocer las características de estos materiales desde la visión de la conservación-restauración. En dicha publicación, se mencionan algunos materiales empleados como por ejemplo los tableros de madera, materiales compuestos como los tableros espumados y de aluminio, y paneles plásticos (PVC, PMMA y PC), que en gran medida hoy día también se emplean para la impresión directa mediante tintas de curado UV tal y como se ha comentado con anterioridad.

Tras la consulta realizada a varios laboratorios de impresión para la elaboración de este apartado, se ha podido comprobar que algunos de estos materiales han quedado obsoletos debido a su peso (como es el caso de los tableros de madera), optando por opciones más ligeras y con mayor estabilidad. Los materiales plásticos, debido a su transparencia, son los más empleados para colocar sobre la superficie impresa, mientras que por el reverso la variedad puede ser algo mayor.

- Face mounting

Consiste en aplicar un soporte rígido, transparente, con brillo y de mayor o menor grosor sobre la superficie impresa con el fin de protegerla de los agentes externos pero que a su vez permite obtener una mayor saturación y profundidad a los colores que conforman la imagen. El soporte rígido consiste normalmente en una plancha de PMMA, aunque últimamente también se opta por la utilización del PET, que con menor grosor surte el mismo efecto. El adhesivo empleado originariamente es la silicona, pero también se emplean PSA porque el proceso es más limpio, económico y sencillo de realizar.

La imagen, el adhesivo y el PMMA pasan a formar un todo donde la superficie del plástico se convierte en la superficie de la obra, mientras que por el reverso el soporte de papel queda al descubierto, convirtiéndose en una zona más susceptible de deterioro. Por tanto, la mayor desventaja de este sistema de montaje es que cualquier tipo de problema o deterioro ocasionado tanto por el

anverso como por el reverso produce daños irreversibles que requieren la reproducción de la obra (Arenas y Fernández-Villa, 2018). De los dos tipos de adhesivo disponibles para montar una fotografía a una plancha acrílica transparente, el sistema a base de silicona conocido como Diasec® , ideado inicialmente para soportes fotosensibles RC, sólo es recomendable en papeles mate y de tipo artístico de impresiones de inyección de tinta, puesto que favorecen la adhesión de los estratos añadidos; en caso de emplearlo sobre otros soportes de acabado brillo o satinado, es recomendable laminarlos previamente para evitar problemas de adhesión. Por el contrario, los adhesivos PSA, más económicos y fáciles de producir, son apropiados para los soportes de papel brillo o satinado empleados para la inyección de tinta (Smith, 2012).

- **Diasec®**

Se trata de una forma de montar y presentar imágenes fotográficas ideado por el químico Heinz Sovilla-Brulhart que en 1971 patentó bajo el nombre de Diasec®. La invención consiste en aplicar un adhesivo de silicona en un extremo del soporte de PMMA y colocar el lado impreso del soporte de papel contra éste, de manera que al hacerlo pasar entre unos rodillos que ejercen presión, la silicona se va extendiendo uniformemente a lo largo de la superficie a la vez que la imagen se adhiere (Pénichon y Jürgens, 2005).

Esta forma de montaje adquirió gran popularidad, pero los estudios que disponían la licencia para emplear este método eran y siguen siendo muy pocos ya que en la actualidad sólo 20 laboratorios de todo el mundo la tienen (Diasec, 2019). Por este motivo, numerosos estudios de montaje comenzaron a ofrecer prácticamente el mismo proceso bajo diferentes nombres, y seguramente, empleando diferentes productos para su realización, razón por la que el nombre Diasec ha pasado a ser el nombre genérico de una forma de montar imágenes producidas en papel, pero sin conservar las garantías ofrecidas por los establecimientos autorizados para el proceso original.

- **Montajes con adhesivos sensibles a la presión (PSA)**

Normalmente consisten en soportes transparentes como PMMA o PET que en una de sus caras suelen llevar aplicado un film adhesivo. Para realizar el montaje se elimina el protector de la cara que lleva el adhesivo y sobre éste se coloca la imagen; todo ello se hace pasar entre dos cilindros a alta presión de manera que todos los elementos quedan perfectamente adheridos. Si no se ejerce la presión necesaria para esta unión, con el tiempo pueden aparecer desperfectos en la imagen que comprometen su apariencia estética, sin embargo, este proceso es más económico que el Diasec®, razón por la que goza de popularidad.

- Encapsulado

Consiste en crear una especie de sándwich en el que la obra queda totalmente aislada del entorno que le rodea mediante la adhesión de un metacrilato en el lado impreso y un soporte rígido en el reverso. Este tipo de montaje evita en gran medida los deterioros que puedan ocasionarse por el reverso de la obra como ocurre en el caso de los *face-mounting*, por lo que suelen ser montajes habituales en las obras contemporáneas.

Las superficies impresas y laminadas con traseras rígidas también pueden considerarse dentro de esta categoría, puesto que la imagen queda igualmente protegida por ambos lados, aunque el grosor del material en el anverso sea mucho más fino. Los materiales disponibles para las traseras son muy variados, entre los que destacan las planchas de cartón pluma, PVC, PMMA, aluminio o Dibond®, por lo que su selección viene determinada básicamente por las dimensiones de la obra o tipo de protección aplicado en el anverso, que requiere una trasera más o menos rígida, y el precio del material.

Otra ventaja que presentan los encapsulados es que el soporte rígido adherido al reverso permite sujetar las piezas directamente a la pared mediante perfiles de aluminio u otros materiales, permitiendo además una mayor facilidad de manejo y almacenaje de las obras.

- Montaje a un soporte rígido por el reverso

Se trata de adherir un soporte rígido por el reverso, mientras que el anverso queda al descubierto. Los materiales más comunes empleados por los y las artistas son los mismos mencionados en el anterior apartado. Estos montajes resultan interesantes cuando la textura del soporte impreso es parte significativa de la obra, sin embargo, deja la superficie completamente expuesta, haciéndola más susceptible al deterioro. El proceso de montaje se realiza igual que en los anteriores sistemas, mediante la presión ejercida por unos rodillos, que aseguran la unión entre los soportes (Fig. 56).

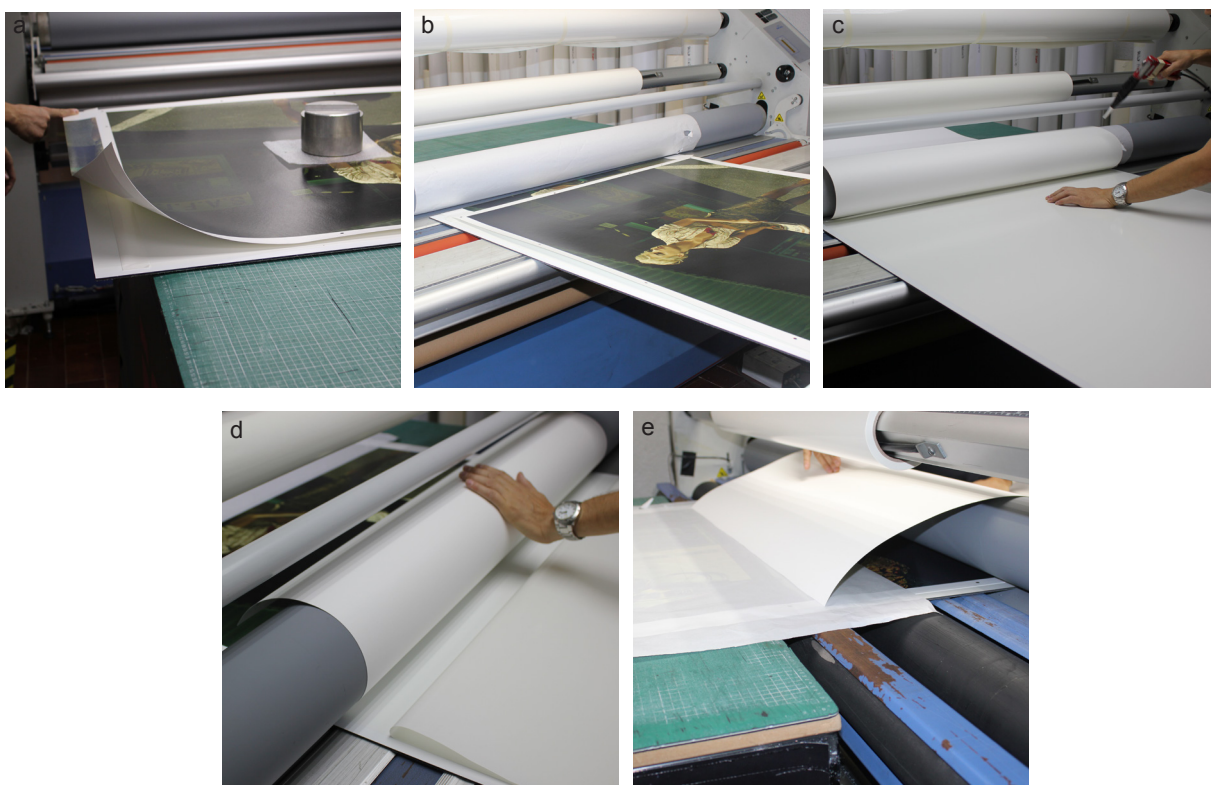


Figura 56. Proceso de montaje de una impresión a un soporte rígido: (a) Colocar la impresión sobre el soporte y despegar unos centímetros el film protector del PSA para fijar un extremo de la impresión y evitar que el papel se mueva o tuerza durante el proceso; (b) disponer los materiales unidos por un lateral bajo el rodillo que ejerce presión para la adhesión; (c) girar la imagen sobre el rodillo para controlar mejor el proceso y poder eliminar posibles restos de polvo y partículas con una pistola de aire comprimido para evitar protuberancias indeseadas y defectos en la adhesión; (d) Retirar el film protector del adhesivo a medida que el rodillo mueve el montaje para que la impresión se fije; (e) la imagen impresa queda adherida al soporte

The image features a background of scattered Scrabble tiles on a dark grey surface. A horizontal purple band is overlaid across the middle of the image. The tiles are white with blue letters and numbers. Some visible tiles include 'A', 'O', 'I', 'T', 'E', 'Y', 'C', 'E', 'R', 'P', 'Q', 'L', 'A', 'I', 'R', 'U', 'F', 'C', 'Z', 'N', 'M', 'H', 'G', 'S', 'B', 'K', 'X', 'J', 'V', 'W', 'P', 'Q', 'R', 'S', 'T', 'U', 'V', 'W', 'X', 'Y', 'Z', '1', '2', '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9', '10'.

CAPÍTULO 5. NECESIDAD DE UNA TERMINOLOGÍA APROPIADA PARA LAS IMPRESIONES DIGITALES

La puesta en valor de las obras de arte suele iniciarse por su correcta documentación, derivada de un interés hacia el conocimiento de las particularidades de cada una de ellas, tanto en lo relativo a cuestiones materiales y técnicas como conceptuales, que ayudan a crear un panorama general sobre la época y situación en las que se crearon. En el arte contemporáneo la incorporación de materiales de diversa índole, la aparición y uso de nuevos avances tecnológicos e incluso el uso de no-materiales ha caracterizado momentos históricos, períodos creativos de los artistas etcétera.

Uno de los desarrollos tecnológicos más importantes que mayores cambios ha suscitado a partir de la segunda mitad del siglo XX, y continúa creciendo en la actualidad, es el uso de las tecnologías digitales. Como se describe en el capítulo 2, éstas han ejercido una gran influencia en la sociedad, y como parte de ella, también en la propia creación artística. Además, la gran explosión de lo digital no ocurre hasta prácticamente el cambio de siglo, por tanto, el recorrido artístico de estos materiales y formas de creación puede considerarse aún joven aunque muy heterogéneo.

Esta situación, ha suscitado entre los conservadores de arte una necesidad urgente de acercarse a las tecnologías y generar nuevos métodos para su conservación, con el fin intentar evitar la obsolescencia tecnológica de muchas de las obras de arte generadas con estos medios, que impediría su correcta exhibición (García, 2010). Sin embargo, las obras artísticas realizadas mediante dispositivos de impresión electrónica, que tienen un resultado material tangible similar al de cualquier fotografía u obra gráfica, parecen haber quedado en tierra de nadie. Estos procesos de impresión, como se ha podido comprobar en anteriores capítulos, también evolucionan, al igual que lo hacen los materiales implicados, pero curiosamente la atención hacia estas obras ha pasado bastante desapercibida en pro de otras formas de arte digital, es decir, la materialidad de estas obras y la reflexión hacia ellas parece no haber suscitado demasiado interés.

La variedad de resultados finales de las impresiones digitales permiten su aplicación en distintas disciplinas y desde puntos de vista muy diferentes, sin embargo, como indica Jürgens (2009), su conservación no supone una especialidad en sí misma dentro de la conservación de Bienes Culturales, y básicamente esta función recae en los conservadores de obra sobre papel o fotografía, aunque si se revisan algunas publicaciones relacionadas con estas especialidades, las alusiones a las tecnologías de impresión digital pasan totalmente desapercibidas.

Por otro lado, la idea o creencia preconcebida de que las impresiones digitales pueden considerarse piezas múltiples y por tanto, carentes de valor como pieza única debido a su supuesta facilidad de reproducción, algo de lo que Benjamin ya hablaba en su conocida obra *La obra de arte en la era de la reproducción técnica* (Benjamin, 2010), tampoco ha ayudado a suscitar el interés necesario para la puesta en valor y conservación de estas formas de producción artística tan empleadas entre los artistas contemporáneos. Se podría incluso llegar a decir, que esta cuestión afecta a las impresiones digitales aún en mayor medida que a las técnicas de stampa o la fotografía, que en este sentido parecen haber encontrado cierta credibilidad con el paso de los años. Esta falta de atención a los procesos empleados para la producción de obras generadas por medios de impresión digital se refleja claramente en la falta de especificidad respecto a la terminología empleada para su correcta identificación y catalogación, que deriva en escasos estudios sobre su conservación.

El uso de una terminología apropiada reivindica la especificidad en la forma de crear arte vinculada a un determinado contexto temporal, lo que supone una puesta en valor de los modos de trabajo de un amplio grupo de artistas contemporáneos. Tal y como Herráez (2017) menciona en el Plan Nacional de Conservación Preventiva, la ausencia de la información básica para la identificación y documentación de los bienes culturales está considerada como uno de los indicadores de riesgo para el establecimiento de un plan que asegure la conservación a largo plazo de las piezas artísticas. Por ello resulta imprescindible consensuar una terminología apropiada y un protocolo de identificación entre los diversos entes que conforman el panorama artístico: artistas, estudios de impresión e instituciones que albergan dicha obra.

1. Problemática de los conceptos actuales

A lo largo de la historia innumerable cantidad de artistas se ha servido de las tecnologías de producción múltiple para llevar a cabo sus creaciones. La xilografía, el aguafuerte o la litografía, han sido y son técnicas de estampación ampliamente utilizadas; pese a que la forma de designar estas obras de arte está muy establecida, la inconsistencia de términos en muchas instituciones sigue siendo un problema, razón por la que han surgido guías para la correcta denominación de este tipo de obras (Ash, Homolka y Lussier, 2014). Por otro lado, las técnicas fotomecánicas –que consisten en la combinación de fotografía y técnica de estampación– facilitaron la impresión de imágenes fotográficas sobre papel durante los siglos XIX y XX, permitiendo la difusión masiva de las imágenes fotográficas; estos medios se utilizaron, y actualmente continúan empleándose, para la realización de grandes tiradas como periódicos, revistas o libros.

Con la irrupción de las tecnologías de impresión digital ya no es necesario el uso de matrices para generar múltiples, la información se almacena electrónicamente a la espera de su impresión cuando ésta sea necesaria, de manera que se pueden realizar trabajos únicos, series limitadas o ilimitadas en función de las necesidades de cada uno de los usuarios. Ya no existe dependencia de una matriz física que se estropea con el uso o se destruye al finalizar la tirada, por tanto, se abren nuevas formas de trabajo pero también nuevas interrogantes sobre las obras artísticas generadas con estos medios.

Todo este abanico de posibilidades en cuanto a la serialidad de las impresiones, así como la diversificación en cuanto al tipo de trabajos posibles de producir con las tecnologías de impresión digital ha sido revisada con mayor o menor profundidad por varios autores (Insúa, 2001; Alcalá y Ariza, 2004; Castro, 2005; Macías, 2015) sobre todo desde el punto de vista de la estampa.

La vertiginosa evolución tecnológica acontecida en los últimos 25 años apenas ha dado tiempo a reflexionar sobre la conservación de las obras impresas mediante tecnologías digitales. Uno de los temas que surge a raíz de esta rápida evolución es la inexistencia de una clara definición en la terminología a emplear; los procesos de impresión se clasifican y nombran de muy diversa forma, o en el peor de los casos, ni siquiera se mencionan, como se puede observar en las cartelas de multitud de obras que forman parte de exposiciones, ferias de arte y catálogos de artistas (Fig.62).

En este sentido, en 2008 el IPI llevó a cabo una encuesta en la que se resaltaba que si bien la mayoría de las instituciones participantes poseía impresiones digitales en sus colecciones, sólo unos pocos profesionales se sentían capaces de identificarlas correctamente, y por tanto tampoco tenían procedimientos claros para cuidar de dichas obras (Burge, Nishimura y Estrada, 2008, 2009).

En el cuestionario, Burge, Nishimura y Estrada (2009) incluyeron la siguiente definición sobre el término impresión digital: “A digital print is any print (photograph or document) that was created by an electronic printing device where the information regarding dye, ink, or toner placement on the paper originated from a digital file” (p.6). Pese a que gran parte de los encuestados (75%) aceptaba esta definición como correcta, en la mayoría de los casos las y los participantes hicieron llegar algunas puntualizaciones que verdaderamente demostraban ciertas discrepancias con la propuesta sugerida, indicando una vez más la falta de consenso real a la hora de establecer una terminología clara.

Al haber transcurrido algunos años desde esta iniciativa del IPI, esta definición ha ido modificándose y adaptándose manera que en la actualidad, en el contexto del proyecto Digital Print Preservation Portal (DP3) se presenta una descripción del término diferente en la que se incluyen no sólo las tecnologías de impresión de no-impacto sino que contempla otras tecnologías de generación de imágenes como la exposición de papeles de haluros de plata mediante su exposición a luz LED, sin embargo se sigue limitando el uso de los soportes al papel (Image Permanence Institute, 2007).

<p>Medium: Digital print with acrylic print on canvas Dimensions: Support: 3460 x 4157 mm Reference: TO7627</p>	<p>Medium: Giclée Dimensions: 19 3/8 x 27 7/8" (49.2 x 70.80 cm) Object number: 372.2017 Department: Architecture and Design</p>	
<p>Medium: Digital print on paper Dimensions: Image: 400 x 400 mm Reference: P79812</p>	<p>Date: 2000 Medium: Pigment print Accession Number: 2001.769h</p>	<p>Date: 1997 Medium: Iris print Accession Number: 1999.64</p>
<p>Técnica: Impresión Ultrachrome, marco y cristal Mirogard Dimensiones: 145 x 100 cm Fecha: 2011</p>	<p>Medium: Ink on giclee print on photo paper Dimensions: Unconfirmed, each: 412 x 224 mm Reference: X72016</p>	
<p>Tipo de Fondo: Arte, artes decorativas Nº Inventario/Siglas: 08/22 Objeto: Fotografía Fecha: 2007 Técnica: Fotografía digital Materia y/o soporte: Papel</p>	<p>Tipo de Fondo/Colección: Arte, artes decorativas Nº Inventario/Siglas: 55 Objeto: Estampa Técnica: Fotografía digital; Impresión digital; técnica mixta Materia/ Soporte: Papel Dimensiones: A 41 cm An 60 cm Fecha: 2001</p>	
<p>Medium: Matted archival pigment print in artist's frame Dimensions: overall (frame): 18 11/16 x 24 5/8 x 1 3/8" (47.5 x 62.5 x 3.5 cm) Object number: 697.2015 Department: Drawings and Prints</p>	<p>Date: 2004 Medium: Ink jet (Iris) print Accession Number: 2004.364</p>	

Figura 62. Ejemplos tomados de diversas bases de datos de varias instituciones que albergan impresiones digitales, que muestra la disparidad de criterios a la hora de denominar este tipo de obra

Estos procesos de exposición de soportes fotosensibles se alejan considerablemente, tanto desde el punto de vista material como procesual, de las impresiones obtenidas mediante los dispositivos de impresión digital, ya que la imagen no se obtiene mediante gotas de tinta sino por reacciones fotoquímicas del soporte, al igual que en la fotografía tradicional. Por este motivo, numerosas publicaciones engloban éstos últimos procesos dentro de las técnicas fotográficas y no en impresión, entre las que curiosamente se encuentra el portal Graphics Atlas (Image Permanence Institute, 2009), también del IPI, que en la categoría de *digital* únicamente considera la electrofotografía, inyección de tinta y termografía. Estas discrepancias denotan, por tanto, una falta de acuerdo aún a día de hoy, dejando patente que se trata de una cuestión sensible, sobre todo desde el punto de vista de la conservación.

Por otra parte, hoy en día existen nuevas tecnologías y aproximaciones a la impresión digital que requieren de una redefinición del concepto. Por lo general en la propuestas planteadas sólo se consideran las fotografías o documentos impresos sobre papel, dejando fuera todas aquellas piezas realizadas con clara intención pictórica, escultórica o instalaciones, y excluyendo otros soportes que no sean papel, cuando gracias a la tecnología de inyección con tintas de curado ultravioleta o a la sublimación, han surgido otras muchas opciones. Tampoco tiene en consideración los materiales que por diversos motivos se añaden en el proceso de post-impresión y que pasan a formar un todo con la impresión. Por este motivo, la definición renovada para un contexto artístico podría ser algo así como:

Una impresión digital es cualquier objeto impreso por un dispositivo de impresión electrónico a partir de un archivo digital que indica la ubicación de la tinta o tóner sobre un soporte rígido o flexible, y que puede llevar o no otra serie de materiales añadidos tanto en su superficie como en su reverso para otorgar acabados especiales a la impresión.

Pese a que en la actualidad el término *impresión digital* se ha convertido en un estándar de facto para designar aquellas obras impresas mediante tecnologías electrónicas, siendo el motivo por el que se emplea en este trabajo, el término deriva de la traducción literal del inglés *digital print*, donde *print* se utiliza para denominar diferentes tipos de producción artística como las originadas por las técnicas de estampación, fotografía o impresión digital, *print*, *photographic print*, *digital print*. En función del área de conocimiento desde el que se aborda el estudio de las impresiones digitales se han empleado también otras formas de designarlas, aunque hoy en día hayan quedado en desuso; desde el punto de vista de la fotografía el término empleado en las publicaciones de algunos autores de relevancia como Lavédrine, Monod y Gandolfo (2003) sería *computer output print*, mientras que desde el ámbito de la estampa se proponía *computer printmaking* (Noble, 1997) e incluso Jürgens (1999) hablaba sobre *hard copy*.

Para algunos conservadores el término *impresión digital* utilizado para las obras generadas con dispositivos electrónicos sigue sin ser del todo definitorio ya que el término “digital” muestra dos acepciones que nada tienen que ver con el tema a tratar: por un lado se define como algo que hace referencia a los dedos, y por otro a los números (dígitos). Acorde a la segunda acepción, la forma de procesar la información en un ordenador se basa en un sistema binario de 0 y 1, pero realmente la electrónica es la que genera las imágenes y textos, razón por la que hay quienes defienden que en el lenguaje técnico-científico a emplear entre profesionales del ámbito artístico, sería conveniente hablar de impresión electrónica o imagen electrónica. Por otro lado, al igual que cuando se habla de obras pictóricas, escultóricas o de dibujo se trata de concretar la técnica específica empleada como óleo sobre lienzo, hierro o grafito sobre papel, se debería aspirar a establecer esos mismos niveles de precisión en la identificación de las impresiones digitales, tal y como ya se apuntaba en las *Jornadas de Conservación de Patrimonio Fotográfico* celebradas en Madrid (Maynés, 2012).

A esto se suma la reticencia que muchos artistas, galeristas y demás profesionales del arte muestran a la hora de aceptar y emplear el término de *impresión digital* debido al uso extendido que se hace de él en cualquier ámbito de la vida cotidiana, así como por las connotaciones negativas que ha tenido a lo largo de la historia. Por este motivo se han ideado una serie de términos y neologismos para distinguir las impresiones de uso cotidiano carentes de valor artístico de aquellas que sí lo tienen, o quizá también para no mostrar tan abiertamente el origen de las obras generadas mediante dispositivos electrónicos.

Debido a que las primeras formulaciones de tinta para producir impresiones digitales se basaban en tintes y no ofrecían buenos resultados en cuanto a su estabilidad y permanencia (Wilhelm, 2006), el intento de ocultar el proceso de creación se hizo algo habitual para evitar reticencias en la compra de obras de arte producidas mediante estos dispositivos. A comienzos de la década de los 90, Jack Duganne de Nash Editions acuña el término *giclée* –del francés *gicler*– para designar obras impresas mediante las impresoras IRIS de inyección de tinta y diferenciarlas de las impresiones sin ninguna finalidad artística (Johnson, 2005). Este término que pretendía ser sinónimo de calidad ha llegado hasta nuestros días, sin embargo, su concepto inicial se fue desdibujando hasta el punto que hoy día se emplea para designar cualquier tipo de imagen impresa con inyección de tinta, sea ésta una obra original o una reproducción, que supuestamente cumple con unos requisitos de calidad pero que no define ni el proceso ni los materiales empleados.

Otro de los conceptos ampliamente utilizados para designar las impresiones digitales en un intento de avalar su calidad y ofrecer cierta garantía sobre su permanencia en el tiempo es la inclusión de término “archivo” o *archival* (en inglés) en la información sobre la técnica de impresión, como *archival pigment print* o *archival print*. Este término se emplea para designar los soportes de papel libres de ácido realizados a base de fibras de algodón por ser conocidos por su mayor estabilidad ante los agentes de deterioro en comparación con otros tipos de papel. Sin embargo, es muy difícil encontrar información precisa sobre las características de los soportes de papel comercializados para la impresión digital.

Además, la estabilidad de las impresiones también depende de otros factores como son el tipo de tintas utilizadas, de si llevan o no otros materiales añadidos, del sistema de almacenaje utilizado y el tipo de montaje empleado para su exhibición, así como toda una serie de condiciones ambientales que rodean a la obra, por tanto, desde hace algunos años el término “archivo” no es recomendable para designar este tipo de obras (Sheppard, 2005), aunque es posible seguir encontrándolo en algunos casos ya que varios laboratorios de impresión continúan empleando este concepto como signo de calidad.

A este tipo de términos cabe añadir los sellos de calidad que algunas empresas ofrecen, como es el caso de Digigraphie® de Epson. Este sello, que existe desde el 2003, sólo lo pueden adquirir los laboratorios de impresión y artistas que se comprometen a trabajar con una serie concreta de impresoras y tintas de Epson, así como unos soportes específicos de la propia Epson, Hahnemühle o Canson®, para garantizar la calidad y estabilidad de las impresiones (Epson Europe, 2020). En este sentido, cabe destacar que el nombre de estos sellos de calidad tampoco resulta lo suficientemente claro o descriptivo desde el punto de vista de la conservación, ya que al igual que ha ocurrido en el pasado con otras marcas comerciales, éstas pueden desaparecer del mercado antes o después, y al cabo de unos años, puede ser muy difícil comprender el significado de estas marcas o las características de este tipo de impresiones. Lo mismo ocurre con los nombres comerciales que han pasado a describir formas concretas de presentar y exhibir las imágenes impresas, como es el caso de Diasec®, realmente se trata de una marca registrada que describe un proceso que se empleaba básicamente para los montajes de procesos fotográficos de revelado digital, pero que hoy día se utilizan también para la impresión digital, por lo que no determina el tipo de tecnología empleada para la impresión, ni las tintas, ni el tipo de soporte empleado.

Por último cabe destacar que además de todas estas variables, existen otras confusiones terminológicas derivadas del tipo de imagen producida mediante la impresión digital, es decir, en ocasiones los objetos se clasifican por lo que parecen y no por lo que realmente son (Fig.63). Esto ocurre asiduamente con las obras de carácter fotográfico; la imagen conceptualmente puede ser una fotografía, pero el proceso de obtención de la misma puede no ser fotográfico, y en vez de emplear materiales fotosensibles y reactivos, lo que genera la imagen es un dispositivo electrónico a través de gotas de tinta. En el libro de Lavédrine, Monod y Gandolfo (2003) esta diferenciación se indica claramente ya que las impresiones digitales se presentan como una categoría fuera de la fotografía, lo que indica que si bien este tipo de impresiones pueden tener un trasfondo conceptual en lo fotográfico, materialmente nada tienen que ver.

Esta diferenciación curiosamente no ocurre tan a menudo con otras aproximaciones a la impresión digital como la estampa o pintura, pero lo que si remarca una vez más es la necesidad de establecer claramente la materialidad de las obras impresas con tecnología digital en pro de su conservación. A todo esto cabe añadir el concepto *técnica mixta*, tan difundido para designar todo tipo de obras que aúnan varias técnicas en una misma obra y que también afecta a las impresiones digitales que se combinan con técnicas como por ejemplo la pintura, dibujo o estampa, aumentando aún más la confusión existente.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, es posible realizar una categorización de la variedad terminológica empleada para clasificar y denominar las impresiones digitales con independencia de los materiales constituyentes de las obras. Estas variables se agrupan en cuatro apartados:

1. Conceptos generalistas; *impresión, impresión digital*
2. Nombres comerciales; *Diasec, Digigraphie, Ultrachrome*
3. Términos confusos; *giclée, archival print, archival pigment print*
4. Términos incorrectos; *fotografía, tinta sobre papel, pigmento sobre papel, pigment print*

Como se ha mencionado con anterioridad, ninguna de estas fórmulas describe claramente el objeto artístico, ya que no indican ni la técnica ni los materiales empleados. Esto no sólo denota una falta de criterios objetivos para la sistematización de la identificación, sino que genera una falta de comprensión y confusión sobre las técnicas empleadas, que posiblemente tiene su reflejo en la conservación de este tipo de obras de arte.



Figura 63. Ejemplos tomados del International Digital Miniature Print Portfolio de 2002 (CFPR): a) imagen fotográfica, b) dibujo a pastel, y c) serigrafía. Como se aprecia en las ventanas de detalle, todas las imágenes se han producido con tecnología de inyección de tinta, haciendo constar una vez más la importancia en la correcta identificación de este tipo de obras

2. Propuesta de una nueva terminología

Una de las principales dificultades para la identificación y empleo de una correcta terminología radica en la evolución y uso de las tecnologías, las tintas y los soportes. Conocer el orden cronológico en el que aparecieron y saber cuándo se emplearon más habitualmente puede ayudar a determinar con mayor precisión las técnicas empleadas en cada obra de arte; algunos sistemas como el láser se desarrollaron antes de que su uso se extendiera al mundo digital, por lo que el resultado de la obra impresa por uno u otro sistema apenas podrá distinguirse si no se conocen más datos sobre la obra, como por ejemplo la fecha de creación. La inyección de tinta y la sublimación son tecnologías algo más nuevas, sin embargo las tintas y soportes empleados han ido evolucionando a lo largo del tiempo (Fig. 64).

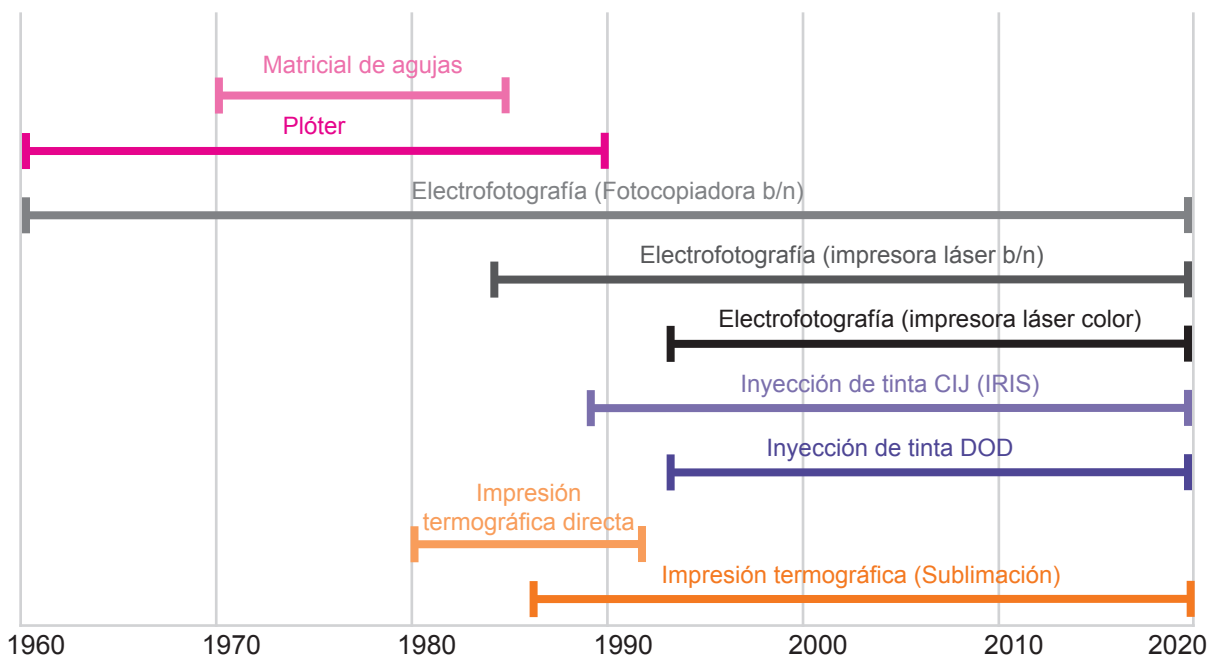


Figura 64. Línea del tiempo que resume los períodos de utilización de las diversas tecnologías de impresión digital para la generación de obras de arte. Los tramos indicados en cada caso abarcan la tecnología en general, sin embargo hay que tener en cuenta la evolución de algunas de ellas, que ha conllevado ciertas variables en el proceso y en los materiales empleados

Con el fin de subsanar los problemas ocasionados por la disparidad de términos empleados a lo largo de los años en el ámbito de la creación artística para designar las obras impresas con tecnología de impresión digital, han aparecido algunas sugerencias y propuestas que implican la recolección de información sobre dichas impresiones. Jürgens (2009) es uno de los primeros en atender a estas cuestiones en su conocido libro *The Digital Print. A complete Guide to processes, Identification and Preservation*, donde incluye una propuesta de ficha técnica a cumplimentar cuando se produce la obra o entra a formar parte de alguna colección. Ese mismo año el American Institute for Conservation (AIC) desarrolla el *Photographic Information Record* (American Institute for Conservation, 2009) para recopilar datos sobre las obras impresas mediante una serie de preguntas diseñadas a modo de cuestionario que se ha traducido a varios idiomas con la intención de convertirse en un formulario estándar a nivel internacional.

Sin embargo, en ocasiones es habitual enfrentarse a situaciones en las que la recopilación de la información es compleja; hay artistas que transfieren la impresión de sus trabajos a laboratorios especializados y en ocasiones se produce una pérdida de control en cuanto a la producción. Puede que el o la artista desconozca el nombre de los materiales empleados, y a menudo la información facilitada por el laboratorio de impresión sea más acorde a los términos empleados en su jerga o a los nombres comerciales de los materiales utilizados.

Por este motivo, la forma más sencilla de evitar confusiones terminológicas consiste en la correcta identificación de las impresiones por parte los conservadores cuando la obra pasa a formar parte de una colección. El primer paso se fundamenta en intentar averiguar los materiales que las componen mediante el análisis organoléptico que no precisa de toma de muestras, con la ayuda de lupas o microscopios en caso de que fuera necesario. Con este tipo de herramientas de magnificación es posible realizar un análisis más exhaustivo de las características observadas a simple vista, de manera que permitan ratificar algunas cuestiones como son: si la textura del soporte queda visible u oculta bajo un recubrimiento, dónde se deposita la tinta (Fig.65) –sobre el soporte o en el soporte, en

el IRL o sobre el IRL– y la forma en que lo hace, pero también si se han aplicado capas protectoras a la superficie. Todo ello puede detectarse mediante el uso de polarizadores incorporados al microscopio o lupa, lo que permite acertar con mayor precisión sobre las características principales de aquellas impresiones que en principio puedan generar dudas.

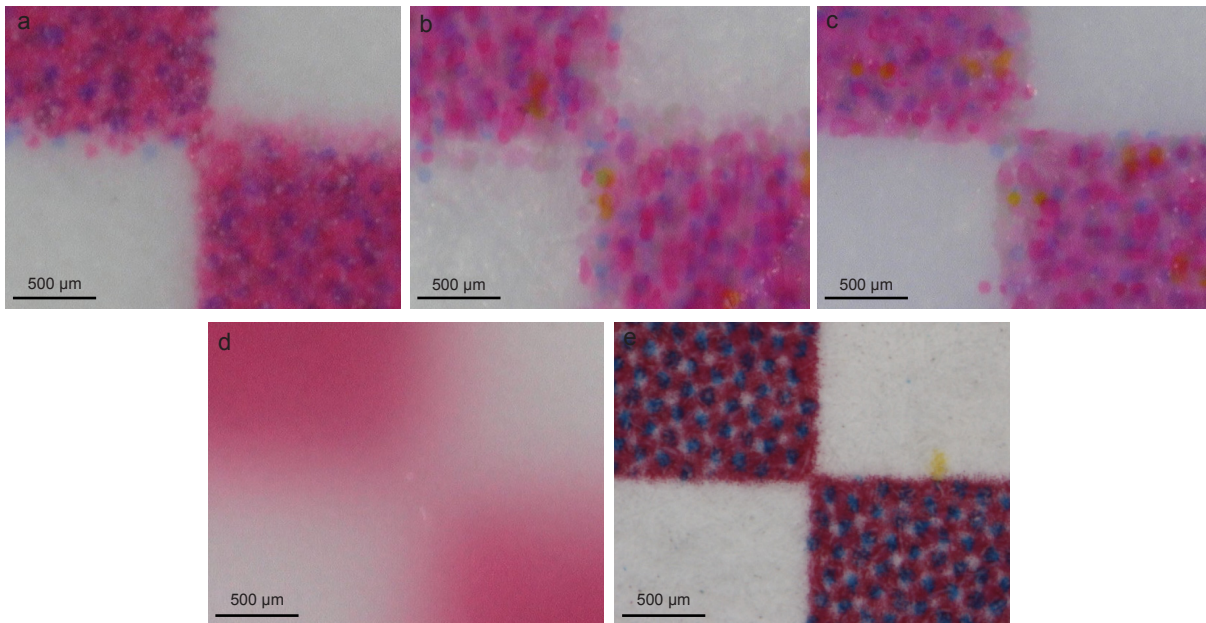


Figura 65. Imágenes de magnificación que muestran de manera generalizada el lugar en el que se depositan las tintas y la forma en que lo hacen en función de las tecnologías de impresión digital: a) Inyección de tinta sobre papel artístico mate; b) Inyección de tinta sobre papel baritado; c) Inyección de tinta sobre papel RC; d) Sublimación de tintas sobre aluminio con acabado de color blanco; e) Electrofotografía de tóner seco sobre papel común. Mientras a, b, c y d quedan más o menos inmersas en las IRL, la muestra d se percibe con total nitidez, indicando que las tintas quedan depositadas en la superficie del soporte

Este proceso, que requiere un previo conocimiento de aspectos teóricos básicos, se puede dividir en tres fases principales:

1. El análisis de las características superficiales de la impresión. Mediante el empleo de diversas fuentes de iluminación y su orientación en diversos ángulos se pueden determinar características relativas a la textura de la superficie impresa, su relieve, la uniformidad del brillo superficial y la calidad y definición de la imagen.

Las impresiones electrofotográficas se caracterizan por un sutil brillo diferencial entre las zonas impresas y sin imprimir debido a la composición del tóner –resinas termoplásticas–; también suelen mostrar una trama regular característica en comparación con otras tecnologías, un punteado en zonas no impresas causado por restos de tóner que no se fijan debidamente en el proceso de impresión y que manchan la superficie, así como por una serie de marcas de seguridad que son distintivas de cada modelo de impresora (Fig. 66 a, b y c). Por otro lado, las impresiones termográficas de sublimación muestran una gran calidad con transiciones de color suaves debido a la composición de las tintas; en este caso, la apariencia puede variar en función del soporte empleado para la impresión, que pueden ser desde textiles a soportes rígidos de diversa naturaleza, que pueden mostrar su apariencia natural o llevar recubrimientos de color blanco para evitar interferencias con las imagen impresa (Fig. 66 d, e y f).

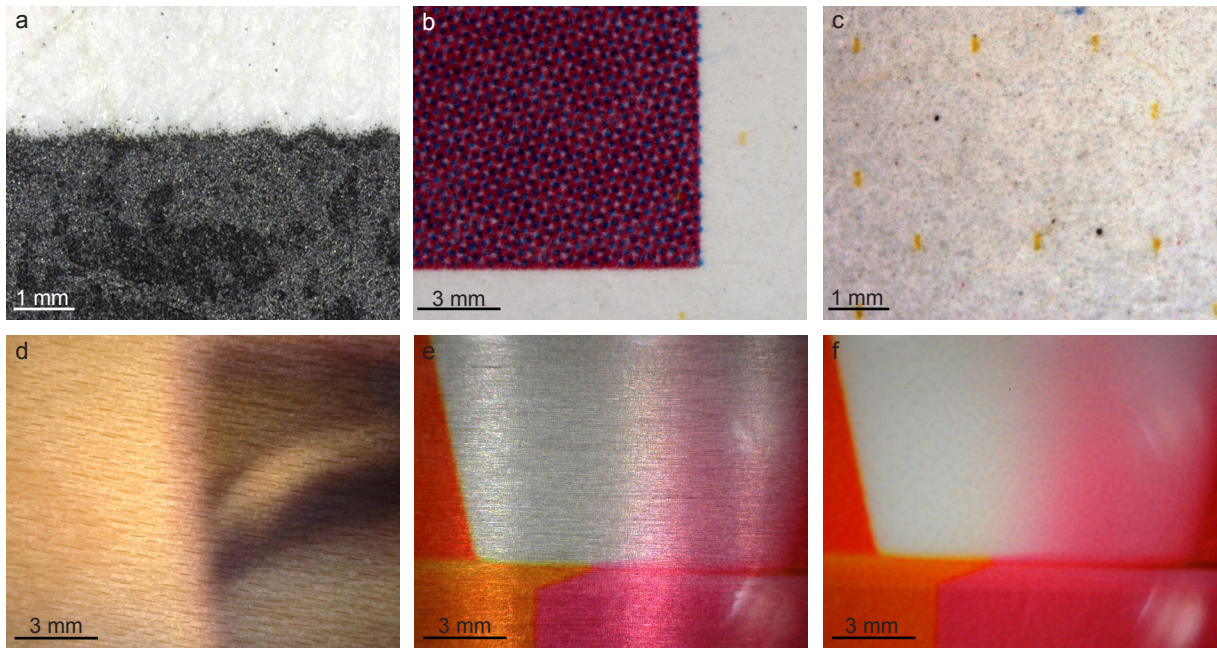


Figura 66. Características distintivas de las impresiones electrofotográficas: a) Brillo diferencial causado entre las zonas impresas y sin imprimir; b) Trama característica; c) Marcas de seguridad distintivas (color amarillo) y punteado causado por restos de tóner; y características distintivas de las impresiones termográficas de sublimación: d) Impresión realizada sobre madera de arce; e) Impresión realizada sobre soporte de aluminio; f) Impresión realizada sobre soporte de aluminio con recubrimiento blanco

En cuanto a la inyección de tinta, tal y como se ha mencionado en anteriores capítulos, el tipo de tintas y los soportes son más variados, por tanto, el resultado final de la impresión también se verá diferente. Los soportes de papel tipo artístico se caracterizan por superficies mate, con tonos que oscilan del blanco al beige, con mayor o menor textura y aspecto aterciopelado, por el contrario, los papeles RC tienen una superficie blanca lisa de aspecto plástico. Estas características de los soportes de papel afectan al aspecto que muestran las tintas de base acuosa, que varía considerablemente en cuanto a su densidad de color y en la definición de los bordes entre las zonas impresas y sin imprimir (Fig. 67 a, b, c y d); en función de la apariencia de las tintas también se puede estimar si la impresión ha sido producida con tintes o pigmentos (Fig. 68).

El tipo de tintas empleadas también afecta considerablemente al resultado final, de manera que, mediante el uso de tintas de curado ultravioleta, se pueden observar diferencias de brillo entre las zonas impresas y las que no lo están, así como cierto relieve creado por la tinta sobre la superficie, que difiere notablemente de las tintas de base acuosa (Fig. 67 e, f, g y h). Además de estas diferencias detectables con herramientas de magnificación, también es posible especular sobre el tipo de tintas empleado analizando la obra más a *grosso modo*, de manera que, si sólo se observa un único soporte rígido y la obra de arte ha sido creada a partir del año 2000, posiblemente la pieza haya sido impresa mediante tecnología de inyección de tinta con tintas UV; si su fecha es anterior, seguramente haya sido impresa con tintas de tipo solvente.

En ocasiones es posible encontrar impresiones con acabados especiales que modifican de alguna manera su aspecto general, mostrando un acabado uniforme independientemente de la combinación tinta/soporte empleado, por lo que habrá que recurrir a otras formas de observar la impresión para tratar de averiguar los materiales que la componen, como por ejemplo la observación de su perímetro y/o reverso. Estas modificaciones, que también pueden detectarse con facilidad mediante la magnificación, pueden consistir entre otros, en la aplicación de films plásticos en los soportes de papel, como son los

laminados (Fig. 69 a y b) y la aplicación de capas de brillo mediante las impresoras diseñadas para el curado ultravioleta de las tintas, que pueden variar en su grosor y textura (Fig.69 c y d).

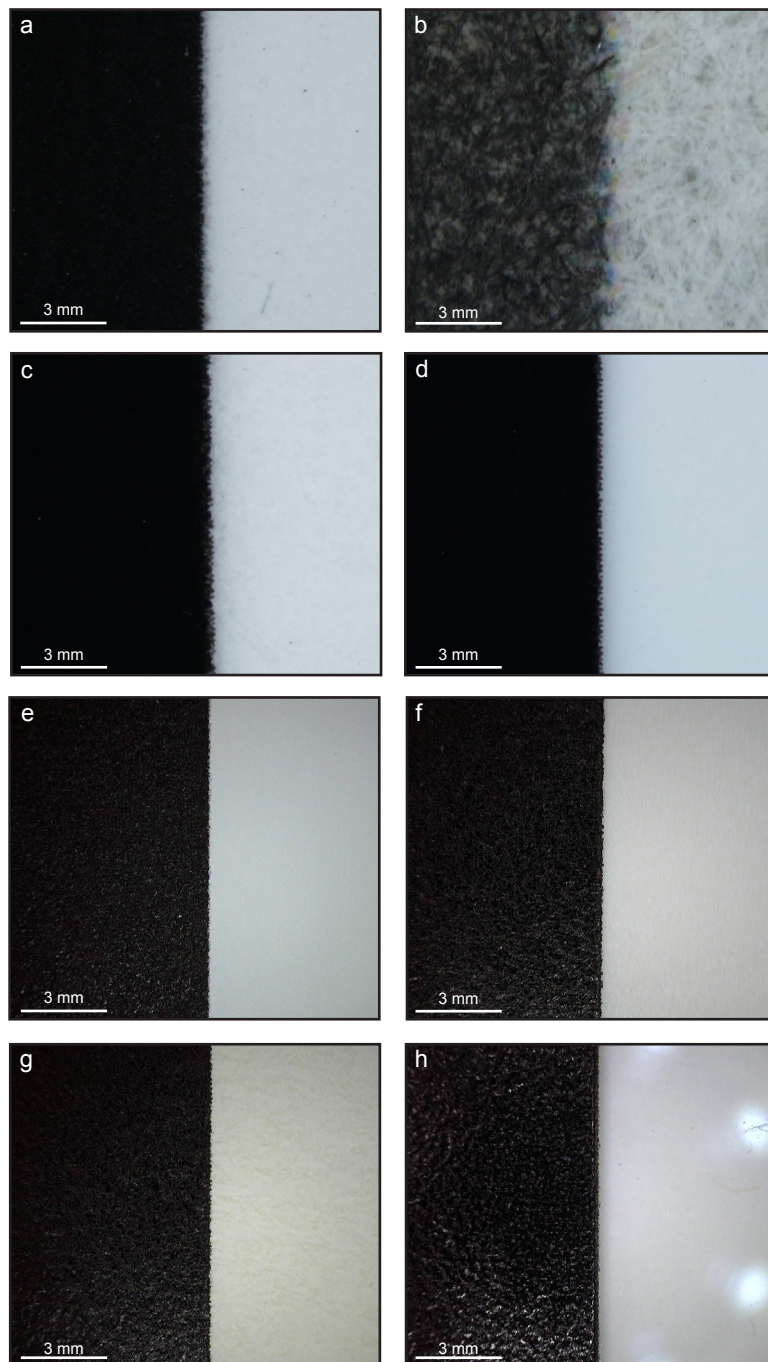


Figura 67. Algunos soportes para impresión por inyección de tinta bajo magnificación al microscopio. La mancha negra muestra la zona impresa y la zona blanca la zona no impresa: (a) Papel de tipo artístico; (b) Papel japonés; (c) Papel baritado; (d) Papel RC; (e) Dibond; (f) PVC; (g) Cartón pluma; (h) PMMA. Se aprecia la diferencia de blancura, acabado y textura entre soportes. Mientras que en (a), (b), (c) y (d), impresos con tintas pigmentadas de base acuosa, la apariencia varía en función del soporte (veáse el borde entre la zona impresa y sin imprimir), las muestras (e), (f), (g) y (h) realizadas con tintas de curado ultravioleta, muestran una apariencia similar independientemente del soporte, siendo un rasgo característico de este tipo de tintas

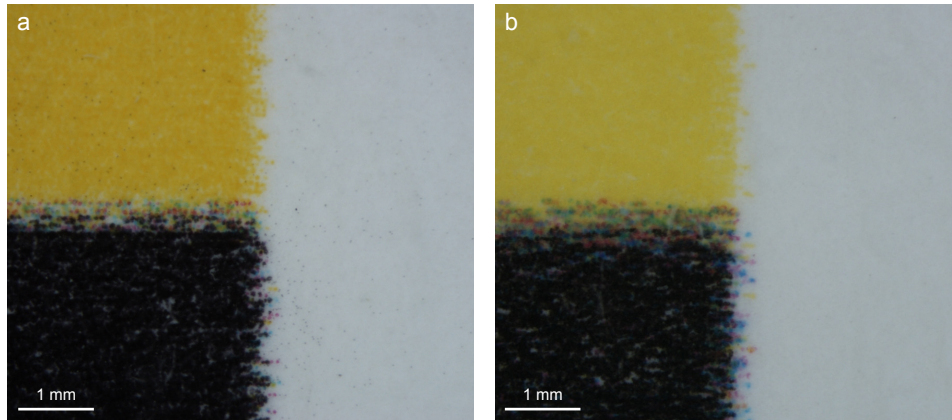


Figura 68. Diferencias entre tintas de base acuosa basadas en pigmentos (a) o tintes (b). Se percibe una clara diferencia en la intensidad del color y definición del punto debido a la mayor penetración de los tintes en el soporte tanto en sentido vertical como horizontal

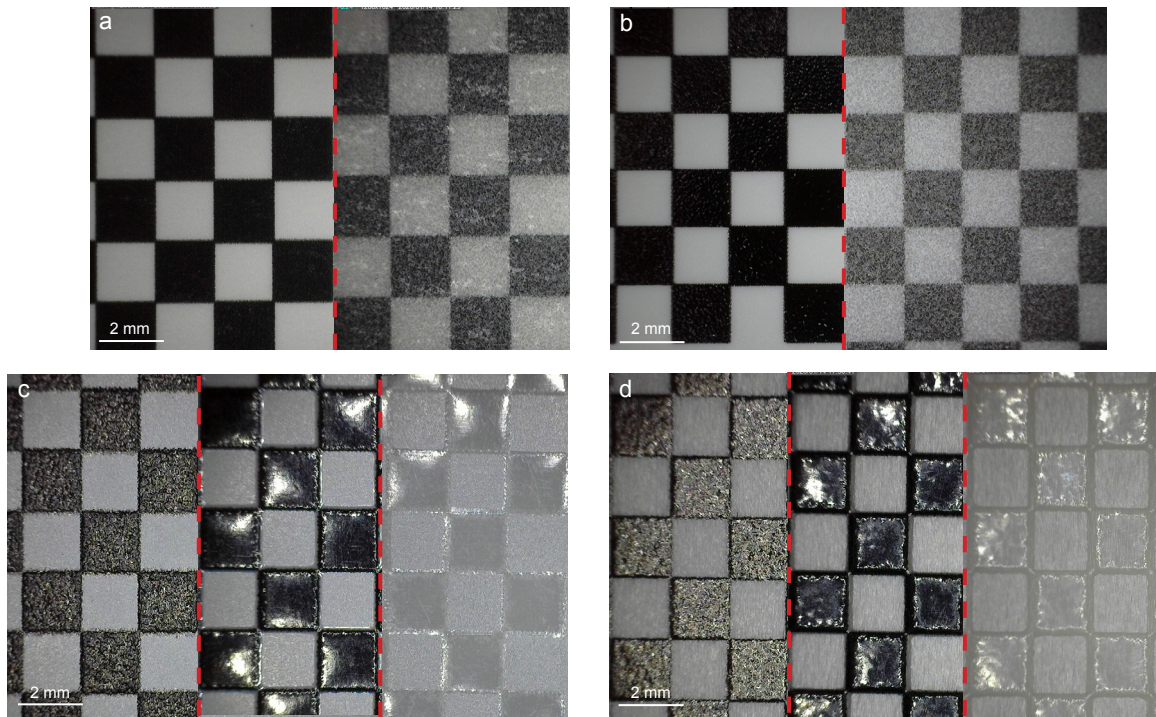


Figura 69. Algunos acabados especiales aplicados a las impresiones digitales: a) Papel de tipo artístico sin laminar (izquierda) y laminado PSA mate (derecha); b) Papel RC sin laminar (izquierda) y laminado PSA mate (derecha); c) Dibond impreso con tintas curables en ultravioleta (izquierda), tinta y una capa impresa de barniz brillo (centro) e impresión de una capa de barniz brillo directamente sobre el soporte (derecha); d) PVC impreso con tintas curable en ultravioleta (izquierda), tinta más cinco capas de barniz brillo impresas (centro) e impresión de cinco capas de barniz brillo directamente sobre el soporte

2. La observación del canto de las piezas. Sirve de complemento a la anterior inspección ya que permite detectar si la impresión está compuesta por una capa (soporte impreso), por dos (soporte impreso y montaje), tres (impresión, montaje y acabado) o más capas, confirmando o desechando algunas sospechas ya anotadas en la fase anterior (Fig. 70). Prestar atención al perímetro de las impresiones, y especialmente a las esquinas, también puede resultar de interés, debido a que éstas suelen ser una de las zonas más susceptibles de sufrir deterioros, dejando a la vista los

diferentes materiales que pueden componer las impresiones, o incluso su proceso de impresión (Fig.71). En este punto puede resultar interesante la ayuda de un microscopio o lupa para la detección de los diferentes materiales con mayor detalle.

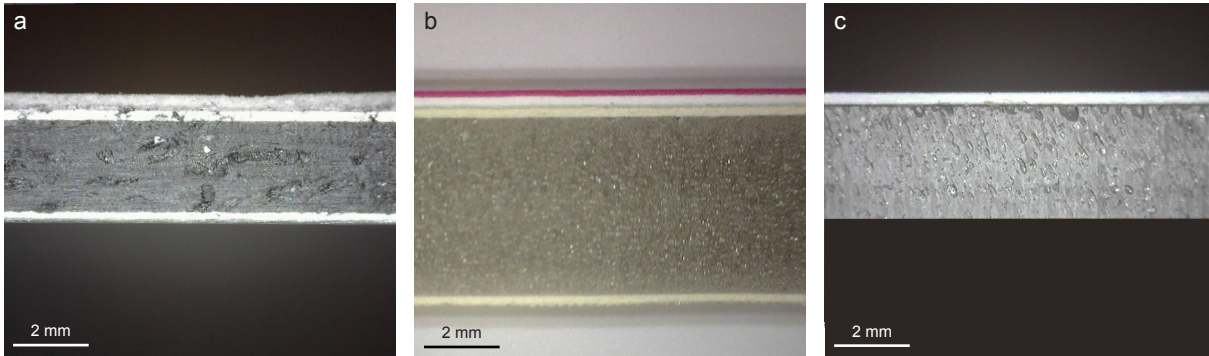


Figura 70. Corte transversal de impresiones realizadas en papel artístico montadas sobre diversos soportes mediante adhesivos PSA: (a) Dibond®; (b) Cartón pluma; (c) PMMA

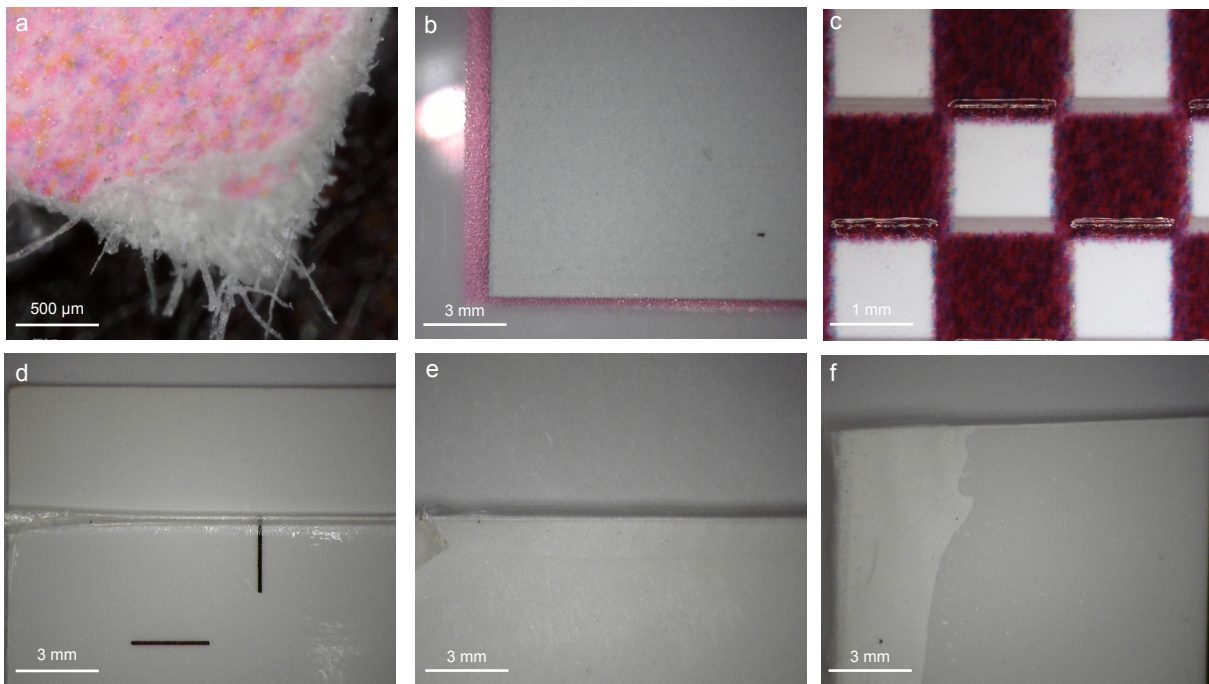


Figura 71. Deterioros o pequeños fallos de producción pueden dar información sobre los materiales que componen las obras: (a) Esquina deteriorada de un papel de tipo artístico que muestra su estructura de fibras de celulosa y un IRL mate que recibe las tintas en su superficie; (b) Reverso de una impresión realizada con tintas de curado ultravioleta sobre soporte de PMMA. El error de registro producido entre la tinta rosa y blanca muestra que el proceso de impresión ha sido realizado en dos pasos: primero la impresión a color y después la impresión con tinta blanca. Esto otorga opacidad a la imagen impresa para que los colores tengan mayor viveza mientras el perímetro permanece transparente; (c) Error de registro de la capa de brillo aplicada sobre la impresión. La exactitud de las líneas denota que la obra ha sido impresa con tintas de curado ultravioleta y que en un segundo paso se le ha aplicado un barniz brillo del mismo modo. El hecho de desplazar mínimamente la impresión para realizar este segundo paso genera habitualmente el tipo de imprecisiones mostradas en b y c; (d), e) y f) Deterioros ocasionados en los extremos de las impresiones que están laminadas

3. En el caso de proseguir con dudas respecto a la identificación, es recomendable tratar de comparar los datos y las imágenes tomadas con la información ofrecida en las principales fuentes como el DP3 o *Graphics Atlas*. También existe un banco de imágenes online creado por Jürgens (2019) donde se puede observar infinidad de muestras impresas mediante una gran cantidad de variables tecnológicas sobre diferentes materiales y tipos de tinta que ayudan a identificar con mayor certeza las impresiones.

Con la información obtenida, se puede desarrollar un esquema de los materiales constituyentes de cada obra, que servirá para conocer su proceso de producción y también para denominarlo de acuerdo a una nomenclatura precisa y exenta de nombres comerciales.

Como se ha mencionado con anterioridad, a la hora de conservar impresiones digitales resulta esencial conocer los diversos tipos de tecnología existentes, sus características y el tipo de tintas y soportes disponibles en cada caso para así poder crear definiciones más claras y concisas, y establecer las características diferenciadoras. Esta precisión, obviamente, debe tener su reflejo en la catalogación de las obras, que a su vez determina la información de las cartelas que aparecen en las exhibiciones junto con las obras, y que ayudará al visitante a comprender la riqueza existente en el ámbito de la impresión digital, generando una vez más información importante para su puesta en valor.

Aunque al personal encargado de la conservación de las obras le interese obtener todos los datos posibles sobre una determinada pieza, la información que acompaña a las impresiones digitales en una exposición no tiene por qué ser tan extensa, por no resultar de relevancia para la gran mayoría del público. Por este motivo, y cumpliendo con la función didáctica de museos e instituciones, sería suficiente con que tal y como se muestra en la siguiente Tabla. 13, la información básica se redujera a los dos primeros términos (nombre genérico y tecnología de impresión), pudiendo ser ampliada en función de las necesidades para ofrecer datos más específicos.

Tabla 13. Esquema de la información sobre los materiales de una impresión digital (de general a precisa)

Nombre genérico	Tecnología de impresión (proceso)	Soporte	Acabado	Tipo de montaje
Impresión digital	Inyección de tinta Sublimación de tintes Electrofotografía	Papel: - Artístico - Microporoso - Polimérico - RC	Laminado Barnizado	Encapsulado
		Textil: - Lienzo - Seda - Poliéster		
		Plástico: - PMMA - PVC	Pintado	Enmarcado
		Metal: - Aluminio	Cortado	...
		Materiales compuestos: - Cartón pluma - Paneles de aluminio compuesto	...	

CAPÍTULO 6. CONSIDERACIONES SOBRE LA CONSERVACIÓN DE OBRAS IMPRESAS POR MEDIOS DIGITALES



Acorde a las teorías contemporáneas de conservación y restauración, la diversidad tecnológica y material relativa a la impresión digital acarrea varios problemas específicos para su conservación derivados de la amplia posibilidad de combinación de los mismos, pero también debido a la forma en la que las artistas y los artistas plásticos entienden su obra.

Las teorías de Althöfer iniciadas en la década de los sesenta y de gran importancia para el arte contemporáneo a partir de la siguiente década reivindican un cambio de paradigma respecto a la teoría brandiana sobre la restauración de las obras de arte, si bien es cierto que ambos aluden a lo importante que es atender a las cuestiones particulares de cada obra de manera individualizada (Santabárbara, 2016).

Brandi considera imprescindibles cuestiones como la mínima intervención sobre la obra, la reversibilidad de las intervenciones realizadas –cuestión superada por la idea de retratabilidad planteada ya en 1987 (Appelbaum, 1987)– y discernibilidad como principios básicos para el respeto a la obra, y conseguir así recuperar su estado auténtico. Por tanto, se puede decir que, de alguna manera, se marcan unas guías sobre lo aceptable e inaceptable en la conservación, para poder así evitar la arbitrariedad y/o subjetividad en la toma de decisiones a la hora de conservar una obra.

Sin embargo, como indica Barassi (2009) la idea de que los y las artistas conciben sus obras como objetos perennes cambia a partir del siglo XX, de manera que algunas de las ideas de Brandi dejan de ser compatibles con el arte moderno y contemporáneo. La incorporación de todo tipo de materiales procedentes de la industria para la creación artística, cuya estabilidad en el tiempo no es conocida, ha supuesto un rápido envejecimiento de las obras de arte, que desde el punto de vista de la restauración, supone un gran problema. Tal y como indica Schinzel (2003), la nueva visión ofrecida por el arte moderno y contemporáneo, en el que además la sola intención artística puede elevar un objeto común a categoría de obra de arte (como por ejemplo el caso del consabido urinario de Duchamp), hace replantear cuestiones como la originalidad y autenticidad, la necesidad de que los tratamientos sean “reversibles”, así como la idea de la perdurabilidad de la obra; todo ello conlleva a entender las obras de arte contemporáneas como objetos complejos en cuya restauración no sólo hay que atender a los aspectos matéricos de la obra, sino que el concepto que se quiere transmitir a través de esos materiales también juega un papel indiscutible (Tabla.14). Por este motivo, Althöfer (2003) dice que “la correcta interpretación de la obra es requisito indispensable para su correcta restauración. Es, además, la principal fuente de información sobre el tipo de objeto y sobre la intención artística” (p.12). Debido a la corta distancia temporal que puede existir entre la creación de la obra y su restauración, la documentación de la obra se convierte en vital en la conservación de arte contemporáneo para poder realizar una correcta toma de decisiones, que se basa fundamentalmente en cuatro pilares que en mayor o menor medida han sido debatidos y en algunos casos puestos en duda, como son: la objetividad, la autenticidad, la intención del artista y la mínima intervención.

Tabla 14. Comparativa de las teorías tradicionales y contemporáneas de la conservación

	Conservación tradicional	Conservación contemporánea
Finalidad	Conservar la forma original de la obra	Conservar la intención del artista
Criterios	Mínima intervención, reversibilidad y discernibilidad	Depende de cada obra mediante consenso de grupos multidisciplinares
Atención a	Valor histórico y artístico de la obra	Contexto y los valores de la obra

Nota. Adaptado de “Collaboration with Stakeholders for Conservation of Contemporary Art”, H.H.Kwon y G.S. Lee, 2016, *Journal of Conservation Science*, 36 (1), p. 38. © The Korean Society of Conservation Science for Cultural Heritage

Autores como Muñoz-Viñas (2003) indican que la autenticidad de un objeto no es única, es decir, que existen varias formas de entender este concepto: lo auténtico como estado original; lo auténtico como estado prístino; lo auténtico como estado pretendido por el autor; y lo auténtico como estado actual. Esta diversidad de interpretación varía en función de las personas y por tanto, afectará a la forma de acometer la restauración de una obra. Por este motivo, la restauración en sí misma no puede considerarse un hecho totalmente objetivo, ya que de alguna manera se ve influenciado por las personas, el momento y el lugar en el que se acomete.

Estas cuestiones han llevado al campo de la restauración del arte contemporáneo a dar gran importancia al trabajo multidisciplinar a la hora de tomar decisiones, puesto que, cuantos más puntos de vista se obtengan sobre un caso, mayor discusión habrá y por tanto más posibilidades de encontrar la opción más apropiada en ese momento preciso. En este sentido, la figura del artista es una de las que más protagonismo ha adquirido, debido en parte a las leyes de Propiedad Intelectual que protegen sus derechos morales como personas autoras (RDLeg. 1/1996, de 12 de abril), y cuyos efectos en restauración explican varios autores (Macarrón, 2008; Rotaecche, 2016). Esta situación ha conllevado a pasar por alto uno de los preceptos más enraizados en la restauración de obras de arte tradicionales como es la mínima intervención, de manera que se permite la sustitución de elementos e incluso la realización de réplicas de las obras de arte.

En este sentido, en algunas publicaciones se defiende que el concepto *intención del artista*, muy arraigado y común en la conservación del arte contemporáneo, es una idea no sobrada de imprecisiones. La intención del o de la artista puede verse modificada con el paso del tiempo, debido a la distancia entre el momento de creación de la obra y su restauración, debido a la evolución de algunas cuestiones técnicas que las nuevas posibilidades pueden ofrecer y que son distintas a las disponibles en el momento de la creación primigenia, o debido al incremento del valor de su obra en el mercado; además, la forma de obtener esta información –comúnmente mediante entrevistas- también puede afectar a las respuestas obtenidas por parte de una variedad de artistas (Gordon y Hermens, 2013; Wharton, 2016). Por consiguiente, es muy difícil establecer cuál es el estado auténtico de la obra, y acotar qué es lo que debe conservarse, tal y como se ha indicado con anterioridad. Por este motivo, algunos autores y autoras (Van de Vall, Hölling, Scholte y Stigter, 2011) indican que la conservación de arte contemporáneo debería ser algo que gestionara el cambio producido en las obras más que centrarse en preservar los objetos originales, de manera que el modo de documentar estas variaciones pasa a ser una cuestión importante para evitar la modificación de la identidad de la obra. Esto que denominan el enfoque biográfico (*biographical approach*), permite identificar y comparar las diversas fases y puntos de inflexión que componen una obra a lo largo de su propio recorrido, que a su vez vienen afectadas, entre otras cuestiones, por el flujo variable de intención del artista y las decisiones relativas a la conservación de las mismas.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, y contextualizándolo en el objeto de estudio de esta tesis, a continuación se tratan tres aspectos básicos para el correcto entendimiento de las obras de arte impresas mediante dispositivos electrónicos: las investigaciones realizadas hasta el momento respecto a la estabilidad y permanencia material de las impresiones, la documentación como recurso esencial para la conservación, así como el concepto de reproducción como propuesta de restauración, un asunto muy discutido en los últimos años, y que choca con la teoría de Brandi, pero que entronca directamente con las teorías contemporáneas, donde la opinión del artista y los aspectos materiales de la obra se conjugan para preservar los “estados auténticos” de la obra.

1. Investigaciones realizadas hasta el momento

Tal y como se ha mostrado en capítulos anteriores, el uso generalizado de las diversas tecnologías de impresión digital en el ámbito artístico se centra básicamente en los últimos 30 años, por tanto la

preocupación y el estudio sobre la conservación de este tipo de materiales es aún más reciente si cabe.

A comienzos de la década del 2000 comienza a surgir un especial interés por la conservación de las impresiones producidas mediante tecnologías electrónicas. Concretamente, en el año 2000 se celebra el *1st International Conference on Preservation and Conservation Issues related to Digital Printing* en Londres, Reino Unido. En él una variedad de investigadores y profesionales de diversas disciplinas relacionadas con la impresión digital plantean la necesidad de analizar los problemas que afectan a la longevidad de estos objetos, puesto que ya se conoce que las tintas empleadas son inestables y que aún así cada vez son más los artistas que utilizan estos medios de creación. La conferencia, que se sigue celebrando durante otras tres ediciones más (en 2003, 2006 y 2010), cambia su nombre a partir del segundo año, para pasar a denominarse *International Conference on Preservation and Conservation Issues Related to Digital Printing and Digital Photography*; es decir, se incluye el término *Digital Photography al título*, generando dos ámbitos diferenciados en relación a las diferentes aproximaciones desde el ámbito artístico. A su vez, también se detecta que los temas tratados, y por tanto los intereses y preocupaciones de las personas participantes, van virando sobre todo hacia cuestiones específicas como la mejora en la permanencia de las imágenes frente a agentes de deterioro extrínsecos como los contaminantes atmosféricos, la luz y la humedad relativa, o la creación de recubrimientos para los soportes de papel.

A la par de la primera edición de estas conferencias también comienzan a surgir proyectos de investigación que derivan en tesis doctorales que tratan el tema de la estabilidad de las impresiones como *The preservation and conservation of ink jet and electrophotographic printed materials* (Glynn, 2001), donde entre otras cuestiones, la autora hace una interesante revisión sobre las investigaciones realizadas hasta el momento en cuanto a la estabilidad de las impresiones electrofotográficas y de inyección de tinta, llevado a cabo en diversos centros e instituciones.

A partir de aquí, pese a que otros centros elaboran proyectos puntuales con mayor o menor repercusión, básicamente dos instituciones toman las riendas de la investigación en torno a la conservación y permanencia de las impresiones digitales. Por un lado el IPI, centro dependiente de la Universidad de Rochester, a través del proyecto Digital Print Preservation Portal (DP3) iniciado en 2007 (Image Permanence Institute, 2007) y por otra, centros privados como el WIR, creado en 1995 y especializado en realizar ensayos relacionados con el envejecimiento acelerado por luz (Wilhelm, 2002).

La práctica totalidad de las publicaciones encontradas sobre investigaciones llevadas a cabo en los últimos años se centra fundamentalmente en el estudio de las impresiones de inyección de tinta sobre diversos soportes de papel, mientras que la electrofotografía prácticamente deja de aparecer en este tipo de estudios y la impresión termográfica sólo aparece en algunos casos puntuales, tal y como se detalla más adelante. La principal razón que justifica este hecho es que, como se ha indicado en anteriores capítulos, la inyección de tinta toma un protagonismo preponderante sobre todo a partir del comienzo del nuevo milenio, suscitando mayor interés respecto a su conservación. Mientras, la electrofotografía queda relegada a trabajos de impresión en entornos de oficina y trabajos de índole administrativo, y entre las variables termográficas, la impresión directa apenas tiene repercusión, y la sublimación de tintes se centra –hasta la llegada de nuevas técnicas que permiten el uso de soportes rígidos y flexibles de gran tamaño– en la impresión rápida de fotografías domésticas.

Bugner (2002) clasifica la permanencia de las impresiones atendiendo a dos aspectos diferenciados; por un lado, se refiere a la estabilidad de la imagen para designar aquellos cambios producidos en la propia imagen impresa, y por otro lado, emplea el término durabilidad de la impresión para referirse a la resistencia física de la impresión. Así, los factores relacionados con la primera casuística tienen que ver con la luz, temperatura y humedad y calidad del aire, mientras que los factores que intervienen en la durabilidad pueden variar en función del uso de la impresión (Fig. 72).

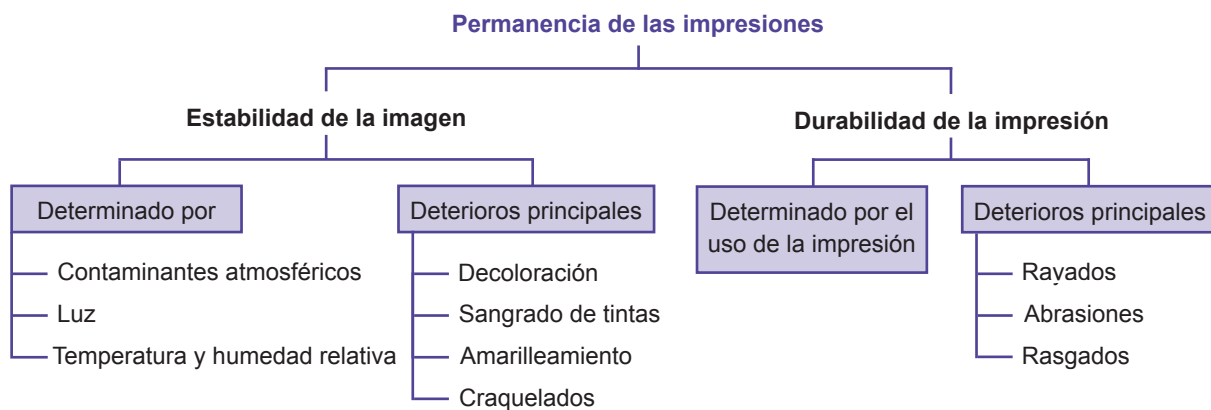


Figura 72. Esquema sobre las causas que afectan a la estabilidad de la imagen y a la durabilidad de la impresión y los deterioros principales en cada caso

Entre los factores más estudiados hasta el momento respecto a la estabilidad de la imagen están los contaminantes atmosféricos, la luz y la humedad relativa, mientras que las cuestiones relativas a la durabilidad de la impresión no han sido tan investigadas, destacando sobre todo cuestiones relacionadas con la abrasión y rayado. La mayor parte de las investigaciones realizadas se han llevado a cabo mediante ensayos de envejecimiento acelerado, que tratan de establecer mediante comparativa de diversas combinaciones de soporte/tinta, la susceptibilidad de los materiales implicados en cada caso. En este sentido, cabe señalar que debido a que el principio de reciprocidad no suele cumplirse siempre con estos ensayos, suelen generar problemas a la hora de establecer con especificidad la longevidad de los materiales testados. Además, estos ensayos de envejecimiento acelerado suelen atender a un único agente de deterioro para determinar con claridad la forma que tienen de interactuar con determinados materiales, sin embargo, esta forma de deterioro aislada no existe en la realidad, puesto que los diversos factores siempre intervienen de manera conjunta, actuando en algunos casos, unos como catalizadores de otros (Burge, Venosa, Salesin, Adelstein y Reilly, 2007).

1.1. Estabilidad de la imagen

- Contaminantes atmosféricos

Existe una amplia bibliografía sobre el efecto de los contaminantes atmosféricos en el Patrimonio, centrada sobre todo en los efectos que tiene sobre los objetos o edificios ubicados en el exterior. Sin embargo, la contaminación atmosférica también ejerce su efecto sobre las obras de arte almacenadas o expuestas en el interior de museos u otros espacios expositivos. Estos contaminantes se filtran del exterior al interior a través de sistemas de ventilación o se producen directamente en el interior, debido a la actividad humana o debido a ciertos materiales que forman parte del edificio, de las infraestructuras del mismo o de las propias obras de arte (como ocurre en el caso de los VOCs que emiten algunas obras realizadas con plásticos), por lo que se trata de una cuestión importante a estudiar (Blades, Oreszczyń, Bordass y Cassar, 2000).

Los contaminantes más perjudiciales y habituales son aquellos que proceden del uso de los combustibles fósiles como son el dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y ozono (O₃), así como las partículas en suspensión (Hamilton y Crabbe, 2009). Cuando reaccionan con los materiales que componen las obras, generan una serie de deterioros particulares en función de su naturaleza, es decir, un mismo contaminante no reaccionará igual ante un material pétreo que ante un soporte plástico, metálico o celulósico, por tanto los deterioros presentes en estos materiales también serán específicos en cada caso.

Pese a que existen diversas medidas para monitorizar y controlar los agentes contaminantes (Grøntoft y Marincas, 2018; Karaka, 2015; Lopez-Aparicio, Grøntoft y Dahlin, 2010), resulta muy difícil conocer las concentraciones con precisión, puesto que se trata de un asunto muy dependiente de cuestiones como los niveles de contaminación en el exterior, las estaciones del año, momento del día o la ubicación de los sistemas de monitorización, así como por el propio uso de un espacio expositivo (Adelstein, Zinn y Reilly, 2003; Canosa y Norrehed, 2019).

Los principales estudios llevados a cabo en lo que a las impresiones digitales se refiere se han centrado en analizar el efecto de dos de los contaminantes más agresivos procedentes del exterior, y que se encuentran con mayor asiduidad en interiores: el ozono y el dióxido de nitrógeno, siendo el primero el más perjudicial.

El principal deterioro que causan estos contaminantes atmosféricos es la decoloración o desvanecimiento de las tintas, aunque también puede generar amarilleamiento en los soportes de papel y craquelados en los IRL poliméricos y en algunos casos concretos pueden ser causantes del sangrado de tintas (Burge, Gordeladze, Bigourdan y Nishimura, 2010; Burge, Gordeladze, Bigourdan y Nishimura, 2011). En general las investigaciones realizadas indican que las impresiones de inyección de tinta a base de tintes realizadas sobre soportes microporosos o mate son las más afectadas, precisamente por su cualidad porosa, que permite una mayor facilidad en la penetración de los contaminantes; mientras, los soportes con IRLs poliméricos resisten mejor (Saitmacher, Geisenberger, Macholdt y Menzel, 2003).

Las impresiones de inyección de tinta realizadas con tintas pigmentadas no están exentas de sufrir los efectos de los contaminantes, aunque su resistencia sea mayor, especialmente en el color negro (Burge, Gordeladze, Bigourdan y Nishimura, 2011), y se ha detectado la influencia directa que ejerce el tipo, e incluso marca, de papel empleado como soporte de la imagen. Por el contrario, la electrofotografía y la sublimación de tintes realizada sobre soporte de papel parecen resistir mejor el efecto producido por el ozono, entre cuyas razones principales se encuentran la propia naturaleza del tóner, y en el caso de la sublimación, el recubrimiento especial del soporte, que protege a los tintes de la acción de los contaminantes (Burge, Gordeladze, Bigourdan y Nishimura, 2010).

En algunas publicaciones se han estudiado el efecto a largo plazo que tienen estos contaminantes atmosféricos sobre las impresiones cuando, pasado un tiempo de la exposición a estos gases, las impresiones permanecen almacenadas. Gordeladze, Burge, Gamm (2012) –citando los estudios de Comstock y McCarthy (2008)– indican que el efecto acumulativo a la exposición del O_3 tiene mayor efecto en el amarilleamiento del papel que la propia concentración de este contaminante, pese a que los primeros resultados obtenidos en el estudio llevado a cabo por estos autores parece que el NO_2 es la principal causa de este deterioro en el papel. Esta cuestión plantea la necesidad de estudios que contemplen ciclos de envejecimiento con fases de reposo, ya que de los resultados obtenidos de estos ensayos podrían diseñarse las estrategias más apropiadas para el control ambiental de los espacios que contienen impresiones digitales.

La forma en que las impresiones digitales se presentan o almacenan juega un papel importante en su estabilidad respecto a los contaminantes, sin embargo este aspecto apenas ha sido estudiado. La concentración del O_3 parece jugar un papel importante cuando las impresiones llevan aplicado algún tipo de barniz en aerosol, de manera que en condiciones de baja concentración de ozono la aplicación de un barniz parece proteger las impresiones, mostrando una mayor resistencia al desvanecimiento del color de su superficie. Sin embargo, a altas concentraciones de contaminante esta protección parece ser insuficiente (Berger y Wilhelm, 2004). Teniendo en cuenta que los contaminantes inducen deterioro químico y que las reacciones químicas se ralentizan a temperaturas bajas, hay trabajos que demuestran que almacenar las obras a temperaturas frescas o frías (entre $0^{\circ}C$ y $12^{\circ}C$) puede ralentizar el deterioro producido, sobre todo en casos en los que el NO_2 ha producido un amarilleamiento en los soportes, mientras que los efectos del ozono son más difíciles de mitigar (Burge, Gordeladze, Nishimura y Bigourdan, 2013). Debido al elevado coste que supone el mantenimiento de espacios de

almacenaje con estas temperaturas, una forma más sencilla de mitigar los deterioros consiste en cubrir las superficies con materiales “barrera” inertes como el film de polyester, tal y como Burge y Lerwill (2015) probaron. Por contra, esta solución puede convertirse en compleja en algunas obras de gran formato, que además también puede suponer la inclusión de una superficie potencialmente abrasiva dependiendo de los materiales empleados para la ejecución de las impresiones, pudiendo alterar en este sentido, la durabilidad de la impresión.

- Luz

Son de sobra conocidos los efectos de la luz sobre las obras de arte por lo que los niveles de iluminación habituales para la exhibición de las obras de arte, en función de la sensibilidad de los materiales, suele alcanzar niveles máximos de entre 50 y 100 luxes, evitando en la medida de lo posible la radiación en el espectro de los ultravioleta (Schaeffer, 2001). Los principales estudios encaminados hacia el conocimiento de la estabilidad de las impresiones digitales a la luz, sin embargo, son más escasos y se han fundamentado básicamente en ensayos de envejecimiento acelerado mediante lámparas fluorescentes o de arco de xenón. Este último es el tipo de iluminación más empleado por ser el que más se ajusta a la luz diurna y algunos autores como Venosa, Burge y Nishimura (2011) además han demostrado que puede ser la más perjudicial para las impresiones digitales.

La estabilidad a la luz no sólo viene determinada por el tipo de colorante (pigmento o tinte) empleado en la tinta, sino también por las cualidades y proporción del vehículo de la tinta, que ofrece mayor o menor protección a la sustancia colorante, las propiedades del soporte, que pueden generar un amarilleamiento del mismo, el tipo de luz, el tiempo de exposición y su intensidad, así como por las condiciones atmosféricas que rodean a las impresiones (Aydemir, Yenidoğan, 2018; Rasmusson, Chovancova, Fleming y Pekarovicova, 2005; Rice y Fleming, 2007). De este modo, estudios previos muestran que mientras las impresiones electrofotográficas son las más estables independientemente del soporte de papel utilizado, las impresiones realizadas con tecnología de inyección de tinta dependen más de esta variable (Havlínová, Jančovičová, Čeppan y Hanus, 2008).

Por otro lado, en cuanto al tipo de tintas, por las características mencionadas en el apartado 2.1. Tóner y tintas, los tintes son mucho más susceptibles a la acción de la luz, sin embargo, los pigmentos, especialmente los orgánicos, también pueden mostrar diferentes grados de resistencia a la luz dependiendo de su composición; tal y como indican Aydemir y Yenidoğan (2018), los pigmentos orgánicos rojos o amarillos son mucho más sensibles que otros colores, porque entre otras cuestiones, son capaces de absorber luz de mayor energía, mientras que los pigmentos inorgánicos como el negro carbón son mucho más estables.

Ensayos llevados a cabo por Fricker, Hodgson y Sandy (2010), indican que la composición del vehículo de la tinta afecta a la estabilidad de las impresiones. Pequeñas cantidades de co-solventes presentes en las tintas de base acuosa afectan a la evaporación y tiempo de secado de las tintas; este hecho suscita, tal y como se corrobora en publicaciones previas (Steiger y Brugger, 1999), que las tintas acuosas formuladas con tintes vean afectada su estabilidad a la luz debido a que la agregación de las moléculas de tinte tarda más en producirse. Además, Wilhelm (2002) también determinó que las condiciones en la que se produce el secado de las impresiones también pueden afectar a la estabilidad a la luz, de manera que un secado de la superficie impresa por contacto ayuda a eliminar los co-solventes de la superficie, y por consiguiente, favorece la resistencia ante los efectos ocasionados por la luz.

Como es de sobra conocido, los rayos ultravioleta afectan negativamente a las obras de arte en general, y entre ellas, también a las impresiones digitales, sin embargo, en algunos casos en los que los soportes –mayoritariamente de papel– contienen OBAs, este tipo de radiación resulta indispensable para que estas sustancias hagan su labor y den una apariencia más blanca a la impresión. A este respecto, se presenta una clara disyuntiva entre mostrar la obra tal y como ha sido concebida, o

protegerla con algún sistema que bloquee la radiación ultravioleta para proteger la estabilidad de la imagen. Las investigaciones sobre esta cuestión no se han desarrollado en profundidad en lo que a las impresiones digitales se refiere, pero en los ensayos llevados a cabo en el IPI por Venosa, Burge y Nishimura (2016) se pudo constatar que, al igual que otro tipo de obras de arte, la imagen obtenida con tecnologías digitales resiste mejor los efectos de la luz si se protege enmarcada mediante un vidrio con filtro ultravioleta, pero también, aunque en menor medida, con un vidrio corriente. Sin embargo, curiosamente en ninguno de los casos se consigue preservar los OBAs, mostrando la extrema fragilidad de estos aditivos blanqueantes, que llegan a desintegrarse por completo, e indicando además, que la acción de otras radiaciones del espectro sobre las obras impresas también afecta a la estabilidad de la imagen. En cuanto a los soportes, los papeles porosos se conservan mejor bajo un vidrio con filtro UV, los soportes con recubrimientos brillo amarillean más si están protegidos de esta manera que si están expuestos y los soportes con acabado mate no presentan diferencias entre un modo u otro de exposición. En un contexto similar, las impresiones laminadas o con *face-mounting* parecen incrementar la estabilidad de los colores (Blaschke-Walther y Dobruskin, 2015), revelando una vez más las particularidades y diferencias que presentan las impresiones digitales en función del soporte o tipo de montaje utilizado, incluso dentro de una misma categoría como es la impresión de inyección de tinta.

- Temperatura y humedad relativa

Junto con las cuestiones tratadas anteriormente, el seguimiento y control de las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa (HR) se halla entre las cuestiones más importantes a tener en cuenta en los museos y entornos que albergan obras de arte. Por norma general, se establecen unas condiciones de $50 \pm 5\%$ de HR y $20 \pm 2^\circ\text{C}$ para los espacios museísticos, unos parámetros que parecen ofrecer estabilidad a un amplio rango de materiales de diverso origen. Sin embargo, como indica Kirby (2014) generar un entorno con estos valores tan estrictos puede suponer una gran dificultad en algunos casos, además de un considerable gasto energético y por consiguiente, un gran impacto en la huella de carbono, por lo que desde hace algunos años se ha comenzado a plantear el hecho de flexibilizar estas condiciones tan restrictivas, extendiendo la HR estable entre 40–60% y la posibilidad de establecer la temperatura en una horquilla entre los 16 y 25°C .

Debido a que el control de la humedad relativa resulta vital para garantizar la estabilidad de los materiales higroscópicos, se trata de una cuestión que ha suscitado interés en relación a las impresiones digitales, dando lugar a numerosas publicaciones. Los primeros estudios comienzan a llevarse a cabo ya en el año 2000, impulsados posiblemente por el conocimiento previo de que las tintas que se empleaban para la impresión de inyección de tinta estaban formuladas a base de tintes, colorantes conocidos por su solubilidad en agua. Los primeros test llevados a cabo por McCormick–Goodhart y Wilhelm (2000, 2001, 2003, 2005) y otros posteriores (Salesin, Burge, Nishimura y Gordeladze, 2010) indican que una HR alta afecta a la migración de los colorantes tanto en sentido vertical como horizontal, generando cambios en la intensidad del color, y virados de color en algunos casos, así como una pérdida de definición en la imagen. También se demuestran dos cuestiones importantes; por un lado, que los resultados obtenidos en la evaluación del color se deben al tiempo transcurrido desde que se realiza la impresión y a la HR del lugar en el que se realiza dicha inspección, y por otro, que pese a que las tintas de inyección de tinta basadas en pigmentos presentan una mayor estabilidad que las basadas en tintes, las combinaciones de impresora/tinta/soporte pueden influenciar enormemente los resultados. La susceptibilidad de los tintes en estos primeros test demuestran que las impresiones basadas en tintes muestran signos de sangrado de las tintas a partir de valores del 60% de HR, siendo especialmente sensible el color magenta, por ello los autores hacen hincapié en la necesidad de desarrollar materiales que muestren mayor compatibilidad entre sí, otorgando más estabilidad a este tipo de impresiones.

Trabajos posteriores (Fricker, Hodgson, Townsend y Woods, 2012), han demostrado que los soportes sobre los que se realizan las impresiones así como las variaciones en la composición de las tintas inducen modificaciones en la estabilidad frente a valores de HR elevados, de en torno al 80%, y además bastante rápido, puesto que las modificaciones más acusadas se detectan en la primera semana del ensayo. De este modo, pese a que se vuelve a indicar la mayor susceptibilidad de los tintes frente a los pigmentos, la combinación de los tintes con los soportes poliméricos parece ser la más delicada de todas, debido a que la T_g del recubrimiento se sobrepasa en un entorno con estos parámetros de humedad combinados con temperaturas en torno a los 40°C, reblandeciendo esta película y generando cambios en la imagen, además de poder ser susceptibles, en caso de que varias impresiones se almacenen apiladas, de adherirse entre ellas, causando daños irreparables. Los soportes microporosos parecen ofrecer una mejor estabilidad, pese a que los tintes vuelven a ser muy susceptibles también en esta combinación, mientras que papeles de tipo convencional o de tipo “archivo” parecen ofrecer mejores resultados, especialmente en las tintas a base de pigmentos, donde apenas se detectan cambios en los valores colorimétricos.

Otros autores y autoras se han centrado en estudiar el efecto de la humedad en las impresiones cuando éstas acaban sumergidas en agua por causas fortuitas como inundaciones (Burge y Scott, 2012). En este caso, únicamente se han estudiado los efectos del agua limpia sobre obras almacenadas individualmente sin ningún tipo de protección, dejando de lado otras variables que no han sido estudiadas como puede ser la estabilidad y resistencia a otro tipo de agua o la forma en que están almacenadas las obras y el tipo de materiales empleados para ello. Una vez más los datos corroboran los estudios previamente señalados, con la diferencia de que los deterioros producidos son más acusados. Por un lado, llega a suponer la total destrucción de las impresiones realizadas sobre soportes poliméricos, debido a la completa desintegración de la IRL al sumergirse en agua durante un período de 24 horas, y por otro lado, también se ha llegado a comprobar que la distorsión planar afecta prácticamente a todo tipo de impresiones, exceptuando los soportes RC, por lo que las técnicas disponibles para aplanar soportes deben ajustarse a las características precisas de cada tipo de combinación tinta/soporte.

La forma de atajar el futuro biodeterioro producido por los hongos y mohos aparecidos debido a estas altas concentraciones de humedad, así como mitigar en la medida de lo posible otros deterioros como el sangrado de tintas, consiste en tratar de secar cuanto antes las obras. Para ello existen diversas técnicas sencillas como el secado al aire, secado por contacto mediante materiales absorbentes u otras más complejas como secado por congelación al vacío (*freeze-drying*) que consiste en eliminar la humedad de las obras previamente congeladas mediante la sublimación, y que es muy útil cuando hace falta secar grandes cantidades de obras, como por ejemplo, como consecuencia de una inundación. En los ensayos realizados por Jürgens y Schempp (2010) se detecta que salvo excepciones puntuales como en el caso de los soportes poliméricos, que se vuelven más opacos y pueden presentar delaminaciones parciales, las impresiones digitales podrían ser sometidas a tratamiento de urgencia como el secado por congelación, puesto que no se detectan deterioros mayores a los ya ocasionados por el efecto del agua, si bien es preferible seguir utilizando los sistemas tradicionales por cuestiones relacionadas con la sencillez del método y mayor control en la aparición de deterioros inesperados, por particularidades técnicas que puedan presentar las impresiones. Estudios posteriores sobre la idoneidad de emplear temperaturas bajo cero para prolongar la conservación de las impresiones digitales indican que se trata de una práctica viable para prolongar la permanencia de las imágenes, puesto que además, no se han detectado deterioros causados por este tipo de almacenaje, sin embargo, su coste energético y económico vuelve a ser un gran impedimento que únicamente debe relegarse a casos particulares (Barker y Burge, 2016).

1.2. Durabilidad de las impresiones

Los ensayos realizados para conocer la durabilidad de las impresiones digitales son mucho más escasos que los llevados a cabo para conocer la estabilidad de las imágenes, y la mayoría se ha centrado en la abrasión, por eso, en este apartado se hace especial hincapié en él, si bien, otros deterioros como el rayado apenas han sido estudiados, pese a que se indica que la resistencia de las impresiones digitales a la abrasión y el rayado no tienen porqué ir relacionados (Salesin y Burge, 2011); la diferencia principal entre uno y otro deterioro radica en las dimensiones del objeto que produce el deterioro, si se trata de un elemento fino y más o menos puntiagudo, se produce un rayado, mientras que si la superficie de contacto es mayor, al deterioro se le denomina abrasión. Teniendo en cuenta la información recabada, se observa la necesidad de más estudios que ayuden a esclarecer cuestiones que aún no han sido tratadas con la profundidad necesaria.

- Abrasión

Es un tipo de deterioro que se debe a diversas acciones llevadas a cabo durante el propio uso y manejo de las obras, así como por la forma en la que se almacenan. En el trabajo llevado a cabo por Nishimura, Salesin, Adelstein y Burge, (2009) se indica que la abrasión se puede manifestar de tres maneras diferentes: como pérdida de densidad en el color, como cambios en el brillo superficial de las impresiones y como manchas o borrones que se trasladan a otras zonas más claras de la impresión. A este respecto, comprobaron que las impresiones electrofotográficas a color son las más resistentes por el hecho de que el colorante queda mezclado y protegido por el polímero termoplástico que forma parte de la composición del tóner. Sin embargo, en el resto de tecnologías de impresión, los resultados son variables debido a las numerosas combinaciones tinta/soporte posibles.

De este modo, los soportes de papel con recubrimientos poliméricos se ven afectados al estar en contacto con algunos materiales, pero los soportes porosos son los que muestran una mayor susceptibilidad. Además, cuando las impresiones se realizan mediante tintas pigmentadas, el mayor tamaño de las partículas de pigmento en comparación con las moléculas de tinte, hacen que éstas queden más expuestas a la fricción con otros materiales, y por tanto sean las más perjudicadas por la abrasión; por otro lado, las impresiones electrofotográficas en blanco y negro son más susceptibles a la abrasión que las realizadas a color, y las impresiones de sublimación de tintes sobre soportes de papel apenas se ven afectadas por la abrasión, debido principalmente, a que los tintes quedan embebidos en el recubrimiento especialmente diseñado para ello (Burge, Venosa, Salesin, Adelstein y Reilly, 2007; Salesin y Burge, 2013). En este sentido, el material que se pone en contacto directo con las superficies impresas, juegan un papel protagonista en el grado de abrasión producido; entre los materiales testados hasta el momento el polyester es el que mejores resultados parece dar, coincidiendo con los métodos de protección habituales empleados para otro tipo de obras sobre papel más tradicionales. Sin embargo, se ha comprobado que el propio reverso de las impresiones resulta ser el material más abrasivo, indicando que hay que prestar especial atención a no almacenar varias obras apiladas en contacto directo (Nishimura, Salesin, Adelstein y Burge, 2009).

La abrasión puede pulir la superficie impresa y producir un aumento de brillo, o como ocurre en el caso de los soportes poliméricos, una reducción del brillo debido a que la rugosidad de la superficie aumenta (Salesin, Scott, Nishimura, Adelstein, Reilly y Burge, 2008). Pese a que estos cambios no parecen ser lo suficientemente importantes como para afectar a una inspección visual, cabe tener en cuenta que si estas acciones ocurren en repetidas ocasiones, el acabado de las impresiones puede verse comprometido, algo a evitar desde el punto de vista de la conservación.

La exposición a la luz parece jugar un papel determinante en la resistencia de las impresiones digitales a la abrasión. Estudios como los llevados a cabo por Venosa, Burge y Salesin, (2016) indican que la exposición a la radiación ultravioleta aumenta la susceptibilidad de los soportes de papel frente a la

abrasión y el craquelado de los IRL, aumentando su fragilidad. Esto no implica que un desvanecimiento de color de la imagen deba interpretarse como indicativo de la fragilidad ante acciones mecánicas, puesto que, tal y como se ha indicado, es posible que las impresiones digitales presenten abrasiones o craquelados aunque visualmente no se perciban cambios en la intensidad de la imagen.

La inmensa mayoría de las cuestiones tratadas sobre la estabilidad y durabilidad se ha centrado básicamente en las impresiones digitales realizadas con tecnología de inyección de tinta sobre diferentes tipos de soportes de papel. Sin embargo, la evolución de los materiales y nuevas formulaciones de tintas como las de curado ultravioleta han favorecido la impresión directa sobre materiales rígidos, que aún no han sido objeto de estudio, al menos, desde la perspectiva de la conservación de bienes culturales; tampoco se ha investigado sobre las impresiones de sublimación de tintes realizadas en soportes rígidos.

Además, respecto a los sistemas de montaje, la única cuestión tratada se ha centrado en las obras enmarcadas, concretamente en la necesidad o no del empleo de vidrio con filtro ultravioleta. La forma de presentar las obras ha ido variando con los años y ya no es necesario enmarcar las obras para poder exhibirlas; en este sentido, el efecto que pueden ocasionar la incorporación de laminados y el montaje de los soportes de papel a otros materiales secundarios utilizados para otorgar rigidez, han sido escasamente investigados en relación a las impresiones digitales, ya que la mayoría de los estudios se centran en las impresiones cromogénicas (Pénichon, Jürgens y Murray, 2002; Zorn y Dobruskin, 2011), que no se consideran parte de las tecnologías de impresión digital, por tratarse de un revelado de la imagen producido por la fotosensibilidad del soporte.

2. La documentación como recurso esencial para la conservación

El código ético del ICOM (2004) establece que, “la misión de un museo consiste en adquirir, preservar y poner en valor sus colecciones para contribuir a la salvaguarda del patrimonio natural, cultural y científico” (p.8), por ello la documentación tanto escrita como gráfica de las obras conforma un eje fundamental para este tipo de instituciones ya que permite planificar las acciones encaminadas hacia su salvaguarda. La documentación, por lo tanto, se trata de una actividad esencial –tal y como se indica en muchas de las cartas para la conservación del patrimonio– para la protección pero también para la investigación, conservación, puesta en valor y difusión del patrimonio, que además posibilita la correcta clasificación, orden y almacenaje de los bienes (LeBlanc y Eppich, 2005). En este sentido, el Plan Nacional del Patrimonio Fotográfico (Carrión, 2015) agrupa las tareas necesarias que han de llevarse a cabo para alcanzar este fin en tres ejes principales como son la conservación, la gestión y la difusión (Fig.73). Esta documentación se recopila de manera diversa en función de los objetivos perseguidos y puede provenir de información preexistente o ser de nueva creación, con el fin último de alcanzar una idea precisa de las obras que conforman las colecciones de museos e instituciones (Fernández y Arenillas, 2017). Para ello la planificación y gestión de la documentación reviste una gran importancia y debe responder a preguntas esenciales como ¿qué documentar?, ¿para qué documentar?, ¿qué es necesario hacer?, ¿cómo se puede hacer? Las acciones a realizar después de este análisis dependen en gran medida de los recursos de personal y económicos de cada institución por lo que la documentación recopilada y su difusión variará en función de los presupuestos disponibles para dicho fin (Hedstrom y Lee, 2002).

La complejidad del arte contemporáneo, que se ve claramente reflejada en la dualidad material-inmaterial de las obras, hace que la tarea de conservar estas creaciones también se haya vuelto más compleja, y del mismo modo, el propio proceso de documentación de este tipo de obras, entre las que se encuentran las impresiones digitales. Tal y como indican Szmelter (2012) e Hiiop (2012) ninguna obra de arte contemporánea puede sobrevivir correctamente sin una documentación apropiada para cada caso, por tanto, se podría considerar que la conservación de las creaciones artísticas actuales se lleva

a cabo en gran medida a través de la propia documentación (*conservation through documentation*). La falta de rigor en este proceso puede llevar a la malinterpretación de los datos, y por tanto, a una conservación fallida de la obra de arte, razón por la que el trabajo multidisciplinar se convierte casi en requisito indispensable, tal y como se refleja con detalle en el siguiente apartado de este capítulo.

El momento en el que las obras ingresan en los fondos de las instituciones es cuando recopilar la información pertinente resulta más sencillo; ésta debe ir archivada en un repositorio de manera sistematizada, para que, a medida que pasa el tiempo, la nueva documentación asociada a la misma se pueda ir incorporando automáticamente y pueda ir conformando la historia de la obra. Esta cuestión se aborda de manera muy diversa en diferentes instituciones, ya que la dificultad principal radica en que los diferentes departamentos de un museo generan su propia documentación acorde a sus necesidades y ésta no siempre está disponible para otras secciones de la institución por el tipo de sistemas de archivo empleados. Con el fin de buscar soluciones viables que den mayor visibilidad y uso a toda esta documentación generada, el uso de plataformas wiki –donde los usuarios modifican el contenido y estructura de forma colaborativa– parece ser una forma viable para gestionar la información, requiriendo, eso sí, nuevos modos de trabajo en el entorno museístico (Barok, Noordegraaf, y de Vries, 2019).



Figura 73. Pasos para la correcta protección y valorización del patrimonio fundamentada en tres ejes principales (conservar, gestionar y difundir) que deben sistematizarse y funcionar de manera cooperativa para el cumplimiento del objetivo marcado. Extraído de «Plan Nacional de Conservación del Patrimonio Fotográfico» de A. Carrión (Coord.), 2015, p. 113. © Secretaría general técnica, Ministerio de Educación Cultura y Deporte

Pese a que cada tipo de obra, en función de su complejidad, requiere unas especificidades en cuanto a su documentación, existen ciertas cuestiones básicas que deben formar parte en la práctica totalidad de los casos, incluidas las propias impresiones digitales, como son: los antecedentes históricos de la obra –su origen, exhibiciones en las que se ha expuesto, intervenciones de conservación anteriores–, composición material de la obra y las partes que la componen, el significado de la obra y los materiales que van asociados a dicho mensaje, estado de conservación, información gráfica y fotográfica de la obra, e información del o de la artista. Todo ello permite interpretar las obras de manera adecuada también de cara a su exhibición, sobre todo en casos complejos como las instalaciones.

Entre la variada información que compone la documentación de las obras de arte, la fotografía ha sido desde su invención, y es a día de hoy mediante la tecnología digital, una de las herramientas más importantes. Como indican Dugo y Rubio (2017) su uso para registrar obras de arte se remonta al siglo XIX, y desde los primeros años del siglo XX surgen en España varias normas que expresan la importancia de utilizar la fotografía para identificar y localizar los bienes. La enorme pérdida patrimonial ocasionada tras la Segunda Guerra Mundial recalca una vez más la importancia del registro fotográfico como herramienta de documentación y es entonces cuando se desarrollan las primeras estrategias para este tipo de trabajo (Heydenreich, 2011). Desde la invención de la fotografía digital y su incorporación como instrumento para la documentación, esta nueva herramienta ha permitido realizar un mayor uso de las imágenes obtenidas. Hoy día las imágenes fotográficas de las colecciones que se albergan en instituciones museísticas se emplean para diversos propósitos como:

1. *Representación icónica*; en los catálogos online de muchas instituciones como medio de divulgación de las colecciones.
2. *Elemento publicitario o de promoción*; a través de catálogos, carteles publicitarios, objetos de uso cotidiano que se pueden adquirir en las tiendas de los museos (pósteres, fulares, tazas o cuadernos).
3. *Dato o evidencia*; para la diagnosis de la obra desde el punto de vista de la conservación o como modelo para la realización de reproducciones.

Cada una de estas finalidades conlleva, por su uso asociado, una serie de requisitos y características particulares de la imagen. Las exigencias en cuanto a su capacidad de reproducir el objeto fotografiado con mayor o menor fidelidad varían notablemente, de manera que mientras que para la representación icónica basta con que la obra sea reconocible, en el segundo caso –elemento publicitario o promoción–, se busca más obtener una imagen atractiva de la obra que se asocie con la imagen real. En sintonía con lo que indica Saunders (2006), cuando se trata de una imagen fotográfica con finalidad de dato o evidencia, la correspondencia con el objeto tiene que ser lo más fiel posible para poder capturar certeramente todos los detalles que van a ser fundamentales de cara a la conservación a largo plazo de las obras, y por tanto, debe cumplir ciertos requisitos en cuanto a su calidad y precisión.

En relación a todo esto, el modelo FUN de Yendrijkovskijh (citado en MacDonald y Jacobson, 2014; Pereira, 2013) establece tres parámetros para determinar la calidad de las imágenes: Fidelidad, Utilidad y Naturalidad. La fidelidad se refiere al nivel de coincidencia entre la imagen original y la reproducida; la utilidad describe la idoneidad de la imagen reproducida para un fin específico; y la naturalidad tiene que ver con el grado de coincidencia percibida entre una imagen reproducida y el recuerdo que el observador tiene de esa imagen.

Para cumplir con la fidelidad requerida en el campo de la conservación, es necesario utilizar métodos de control que validen la imagen reproducida respecto al objeto original, y esto requiere de modos de trabajo muy diferentes a los empleados previamente en la documentación fotográfica. Aunque existe consenso sobre la información básica que debe recopilarse para una correcta conservación de las obras, la forma de realizar el registro fotográfico para que, por ejemplo, pueda tomarse como evidencia de las transformaciones surgidas en las impresiones digitales con el devenir de los años mediante el uso de unos métodos validados, parece no ocupar un gran espacio en las publicaciones sobre la conservación de arte en general, aunque es posible encontrar interesantes publicaciones sobre este ámbito a partir de mediados de los noventa y sobre todo a partir del nuevo milenio.

El primer uso de la fotografía digital como herramienta científica para la documentación de obras de arte ocurre de manera muy temprana a finales de la década de los ochenta gracias al

proyecto europeo VASARI (Visual Arts: Systems for Archiving and Retrieval of Images) entre 1989 y 1992 mediante el que se documentan pinturas de las colecciones de la National Gallery de Londres obteniendo imágenes de alta calidad y precisión colorimétrica. Este proyecto deriva en colaboraciones con otras instituciones y también en investigaciones posteriores como el proyecto MARC (Methodology for Art Reproduction in Color) llevado a cabo entre 1993 a 1996, que se centra en la calidad de impresión de las capturas fotográficas, o los proyectos VISEUM y ACOHIR en 1996, que consisten en incorporar estas imágenes de calidad en la web, y en obtener reproducciones 3D en alta resolución de objetos museísticos, respectivamente (Martinez, Cupitt, Saunders y Pillay, 2002; Saunders y Cupitt, 1993; Saunders, Cupitt y Padfield, 2014).

Estas primeras investigaciones en torno a la forma de documentar obras de arte a través de la fotografía digital ha ido desarrollándose para ampliar la información que puede ser esencial para su conservación y complementar de la mejor manera posible los datos recogidos en los informes elaborados por el personal encargado de la conservación. De este modo, hoy día también es posible encontrar documentación elaborada con técnicas de escáner 3D que dan datos de precisión sobre la obra y su relación con el espacio que le rodea, tal y como se recoge, por ejemplo, en el monográfico titulado *Imaging in Conservation* de la revista *Conservation Perspectives* de la Getty Conservation Institute (VV.AA., 2017). Extrapolado a la conservación de arte contemporáneo, y en concreto a las impresiones digitales, esta documentación mediante tecnología 3D, junto con otras técnicas resulta también algo muy interesante sobre todo para las instalaciones artísticas, como indica Trevisan (2013).

Además, la documentación mediante el empleo de tecnologías digitales ofrece la posibilidad de almacenar toda la información sobre las obras –sea escrita o audiovisual– de manera conjunta permanentemente, y facilita la accesibilidad e intercambio de la misma, de forma más rápida y sencilla. Sin embargo, el archivo de toda esta información requiere de unos sistemas de almacenaje enormes que pueden ocasionar un gran coste económico, debido básicamente, al peso que alcanzan los documentos audiovisuales de gran calidad y por la necesidad de contar con personal especializado para realizar este tipo de tareas.

Con todo ello, es importante, como se apuntaba con anterioridad, establecer cuáles son las necesidades a cubrir por cada institución, y planificar la creación de una documentación fotográfica capaz de satisfacer la totalidad de las necesidades con la menor inversión posible. Instituciones con mayor presupuesto tendrán la posibilidad de adquirir y emplear cámaras fotográficas, ordenadores y otros equipos sofisticados y potentes que soporten toda esa carga de imágenes, mientras que otras (la gran mayoría) dispondrán de cámaras más sencillas y menos recursos para la gestión de esos datos. En cualquier caso, la calibración y caracterización de los dispositivos a emplear es una condición imprescindible para obtener imágenes de calidad que representen con la mayor fidelidad posible la obra a documentar. Como indica Pereira (2018),

si la digitalización del patrimonio cultural es abordada como una estrategia para su preservación, estamos hablando de un nivel de responsabilidad técnico, equiparable a cualquier otra intervención sobre el patrimonio cultural. Es decir, debe ser acometido dentro de unas garantías y unas reglas que aseguren la correcta preservación digital y comprensión del artefacto o documento digitalizado en un tiempo futuro (p.65)

Teniendo en cuenta la gran repercusión de lo digital en la sociedad, al comienzo del milenio empiezan a surgir cartas y documentos que hacen alusión a todo este patrimonio digital y a la preservación del mismo. Ya en 2002 surgen las primeras Directrices para Proyectos de Digitalización de Colecciones y Fondos de Dominio Público, en particular para aquellos custodiados en bibliotecas y archivos. Estas directrices son resultado del trabajo de un grupo de expertos de IFLA (International Federation of Library Associations and Institutions) e ICA (International Council on Archives) invitados a elaborarlas

por la UNESCO (Ministerio de Cultura, 2002). En dicho documento, la digitalización se valora como una cuestión positiva que mejora el acceso a materiales susceptibles de ser investigados y difundidos a la sociedad, y se hace especial hincapié en la importancia que adquiere la planificación del proceso para sacar el máximo partido al trabajo realizado. A su vez, se advierte de la dificultad existente en establecer un conjunto único de recomendaciones ya que cada institución debe satisfacer necesidades muy diversas, y además se reconoce como una actividad adaptable a los cambios tecnológicos que van modificando constantemente los procesos y formas de trabajar.

Al año siguiente, la UNESCO desarrolla la Carta para la Preservación del Patrimonio Digital (UNESCO, 2003) que incluye como patrimonio digital a las obras gráficas y fotografías documentales, y las copias digitales realizadas a partir de originales no digitales. En esta carta además, se destaca que “la autenticidad es una cuestión fundamental cuando los objetos digitales se utilizan como pruebas” (p.25) y se indica que si la identidad e integridad del material digital se pierde, éste deja de tener valor. Por ello, se expresa la necesidad de tomar medidas que evalúen, y garanticen la conservación de esta característica tan importante de las obras.

Tomando esta línea, Geffert (2009) indica que es responsabilidad de los museos e instituciones culturales mostrar representaciones adecuadas de las colecciones, pero que esta tarea no está exenta de problemáticas a solventar, lo que hace necesario incorporar unos claros estándares al respecto. Esta idea viene refrendada en el Plan Nacional de Conservación de Patrimonio Fotográfico de 2015 (Carrión, 2015), en la que, entre otras cuestiones, se concluye que “los criterios utilizados en los trabajos de digitalización han sido y siguen siendo absolutamente dispares, desde el seguimiento escrupuloso de normativas internacionales al uso indiscriminado de escáneres sin atención a pautas de calidad” (p.90).

Con el fin de tratar de establecer cierto orden a este respecto, varios autores (Berns, 2016; Frey y Reilly, 2006; MacDonald y Jacobson, 2014) describen los atributos a los que se debe atender de cara a obtener una imagen representativa que pueda cumplir con su función de evidencia. En el ámbito de la conservación de arte contemporáneo, en caso de tener que optar por estrategias de conservación como la reproducción, una práctica cada vez más habitual en el caso de las impresiones digitales, tal y como se detalla en el subsiguiente apartado, estos atributos que se detallan a continuación, resultan de gran importancia:

- Reproducción tonal

Es la cualidad más importante a tener en cuenta para la evaluación de calidad de una imagen ya que es la que otorga la mayor cantidad de información. El tono transmite la luminancia de la escena original, es decir, recoge las gradaciones que se dan entre las zonas más claras (los blancos o altas luces) y las zonas más oscuras (los negros o bajas luces), por tanto se trata de recoger la escena en el canal acromático. El contraste se define como la variación tonal relativa entre dos o más partes de una imagen.

- Nitidez

Es la claridad de los detalles y definición en los bordes de una imagen, por tanto está relacionada con el contraste; a mayor contraste mayor nitidez, pero demasiado contraste genera una pérdida de detalles. Los cambios en la nitidez también pueden cambiar el tono aparente y las características de color de una imagen.

- Ruido

Es la alteración arbitraria de brillo y color en una imagen, por tanto afecta a la uniformidad de la imagen. Ocurre en el sensor de la cámara fotográfica, cuando suceden fluctuaciones de energía no deseadas en la señal.

- Reproducción del color

Si bien la reproducción tonal se encarga de recoger la escena en el canal acromático, la reproducción del color lo hace en el canal cromático, es decir, recoge el croma y tono (hue) de la escena, por tanto ambos canales están estrechamente relacionados para la obtención de una reproducción de color fidedigna. La gama de colores a reproducir depende del dispositivo empleado tanto para la toma de la imagen como para su reproducción. Cuando la reflectancia espectral de la obra y la de la toma fotográfica es idéntica, la fidelidad del color y su comportamiento ante diversos tipos de iluminación será equivalente, sin embargo, esto requiere el uso de cámaras multispectrales que no están a disposición de cualquier institución. La mayoría de las cámaras digitales permiten la reproducción colorimétrica del color y por eso pueden variar en su fidelidad respecto al original. En función de las exigencias establecidas para esa imagen, acorde a los tres propósitos ya mencionados, estas fotografías pueden ser válidas o no desde el punto de vista de la conservación.

Para elaborar un proceso de trabajo consistente que otorgue a la imagen fotográfica realizada de una alta fidelidad respecto a la obra documentada, y que pueda tener esta condición de evidencia, a juicio de Robledano (2014) es necesario cumplir con tres requisitos básicos: utilizar dispositivos de captura que recojan la mayor cantidad posible de datos sobre el objeto a representar, que la calidad de la captura fotográfica se pueda documentar para conocer la fidelidad de la imagen respecto al objeto en cuestión, y que la calidad obtenida se pueda controlar. Para cumplir con estas exigencias es imprescindible llevar a cabo lo que se conoce como gestión de color, cuyo objetivo radica en mantener la consistencia de color de la imagen tomada, independientemente de los diferentes dispositivos por los que vaya a tener salida, sea ésta un monitor o una impresora (Green, 2014; Santos, 2014).

Este apartado de la tesis no pretende explicar la manera de realizar un proceso de gestión de color, ya que para ello existe numerosa bibliografía que detalla en profundidad todas las cuestiones a tener en cuenta (Artigas, Capilla y Pujol, 2002; Berns, 2016; Homann, 2009; Pereira, 2013), pero sí pretende apuntar brevemente sobre la complejidad, importancia y nivel de especialización que requiere la documentación fotográfica del patrimonio para que ésta sirva a modo de testigo comparable de los cambios cromáticos que puedan darse en las obras de arte, entre las que se incluyen las impresiones digitales.

La importancia de mantener la consistencia de color parte de que cada dispositivo designa unos valores en el modelo RGB diferentes para un mismo color, es decir, cada dispositivo interpreta el color de diferente manera generando una discordancia entre los distintos dispositivos, de modo que el color de una misma imagen fotográfica se ve diferente en cada uno de ellos. Para ello, en 1993, con el fin de crear, promover y alentar la estandarización, un grupo de fabricantes de dispositivos y aplicaciones relacionados con la reproducción del color crean el denominado International Color Consortium®, y conciben lo que se conoce como perfiles ICC (International Color Consortium, 2020). Estos perfiles traducen los datos de color producidos en un dispositivo de entrada, como por ejemplo una cámara o escáner, y los de un dispositivo de salida como un monitor o impresora –todos ellos englobados en espacios de color dependientes del dispositivo– a un espacio independiente como CIEXYZ o CIELAB, para que la correspondencia de color sea la adecuada; todo esto ocurre a través del PCS (*Profile Connection Space* o espacio de conexión de perfil) y el CMM (*Colour Management Module* o Módulo de gestión de color) que todos los ordenadores tienen (Fig.74). Además, la gestión de color permite incorporar a la imagen un archivo que contiene toda la información sobre el flujo de trabajo seguido en forma de metadatos, que permite contextualizar el trabajo llevado a cabo en un espacio de color específico y con unos parámetros concretos, y por ello tener validez como evidencia.

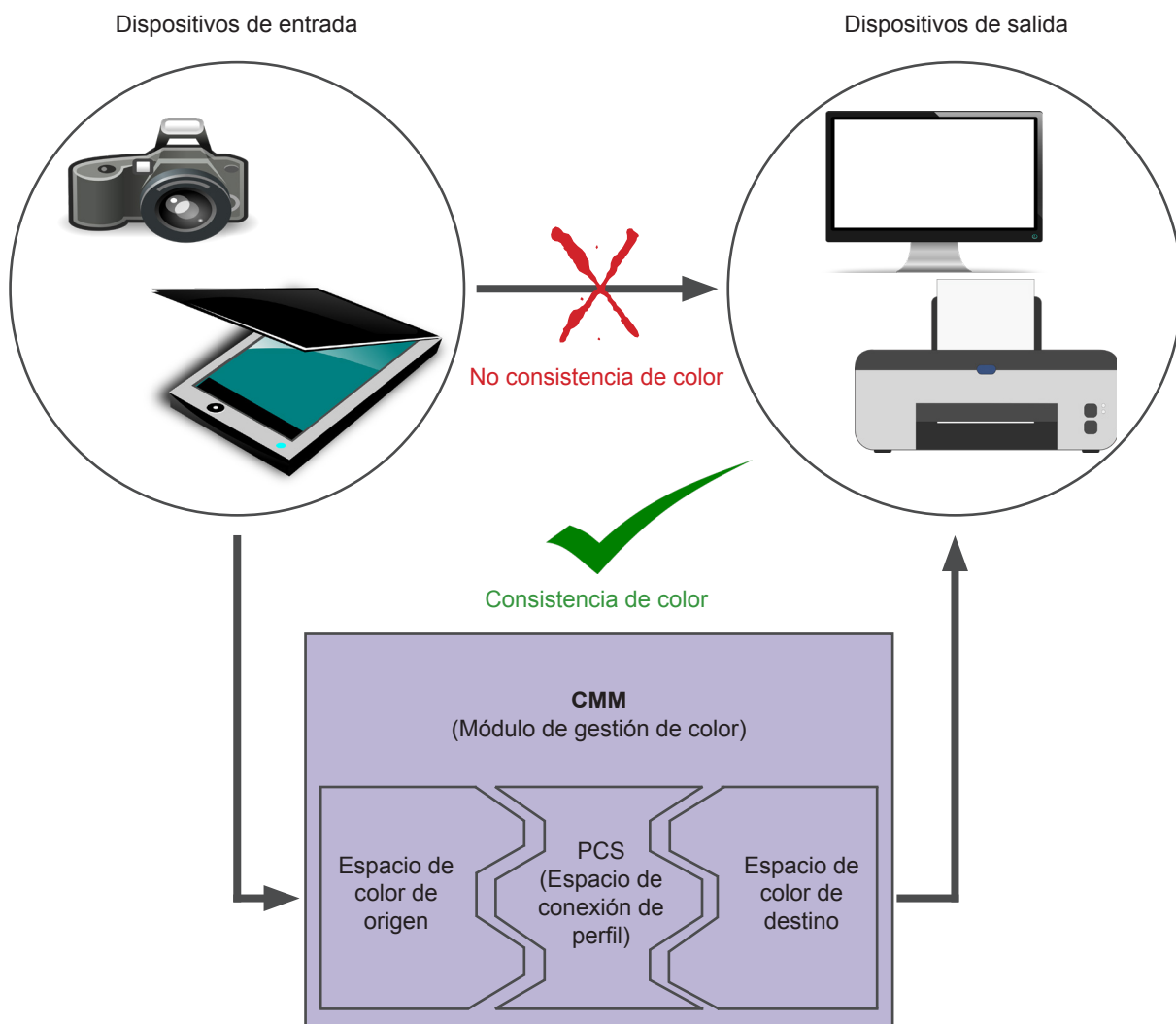


Figura 74. Esquema comparativo entre la forma de trabajo habitual, en la que no se obtiene una consistencia del color entre los dispositivos de entrada y salida, y la obtención de imágenes correctas colorimétricamente mediante la gestión de color

Pese a que en la teoría parece una tarea sencilla de realizar, todos los dispositivos empleados en el proceso deben calibrarse y perfilarse cada cierto tiempo para asegurar un correcto proceso de trabajo. También hay que tener en cuenta que todos los dispositivos empleados en este proceso tienen una capacidad de reproducir el color más reducida que la que puede percibir el ojo humano (diagrama de cromaticidad CIE o CIExy), es decir, recogen menos colores que los que el ojo humano es capaz de percibir tal y como se detalla en la Fig. 75. En este sentido, el espacio Adobe RGB ha pasado a ser un estándar de facto, mientras que el sRGB, utilizado al principio, ha quedado relegado por ser un espacio muy reducido, por lo que se emplea para las imágenes que se suben a internet; el espacio ProPhoto RGB, por el contrario, es el más amplio de todos, y el que las cámaras profesionales de gama superior pueden reproducir para trabajos de gran calidad realizados hasta a 32 bits, por tanto es el más apropiado para la documentación de obras de arte. Sin embargo, hay que tener en cuenta que de nada sirve hacer fotografías extraordinarias si después no se pueden utilizar los colores del espacio seleccionado; las imágenes en estos espacios de color tan grandes, ofrecen muy buena calidad, pero cuando tienen que imprimirse, la gama de colores que una impresora y soporte determinados pueden

reproducir, al menos a día de hoy, es mucho más limitada. Esto produce una serie de recortes en la representación del color de la imagen impresa que hace que la gama cromática se vea reducida en algunas zonas (Berns, 2016).

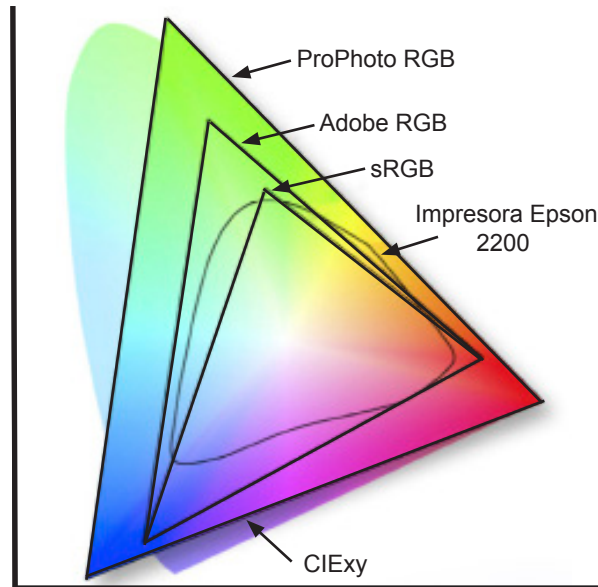


Figura 75. Comparativa de cromaticidades en el espacio CIExy. ProPhoto RGB abarca casi la totalidad del espacio, seguido de Adobe RGB y sRGB. La impresora Epson 2200 muestra una menor capacidad para representar el color, lo que puede traducirse en problemas de fidelidad el objeto fotografiado. Adaptado de J. Schewe, Wikimedia Commons. Licencia CC BY 2.5

En estos casos es necesario emplear lo que se denominan propósitos de conversión para que esos colores que tienen gamas discordantes puedan entrar en la gama que el dispositivo de salida tiene, realizando algunas interpolaciones que pueden modificar de alguna manera el resultado final. Existen cuatro propósitos de conversión (perceptual, saturación, relativo colorimétrico y absoluto colorimétrico) y cada uno de ellos ajusta los colores de una manera diferente, por tanto, en función del objetivo planteado y de la imagen a tratar será más conveniente utilizar uno u otro; para las imágenes fotográficas suelen emplearse con mayor asiduidad el propósito perceptual, que conserva la relación de todos los colores de la imagen pero reduce su gama, y el propósito relativo colorimétrico, en el que solamente se sustituyen los colores que quedan fuera de la gama del dispositivo de salida (Westland, 2009; Williams y Stelmach, 2010) (Fig.76).

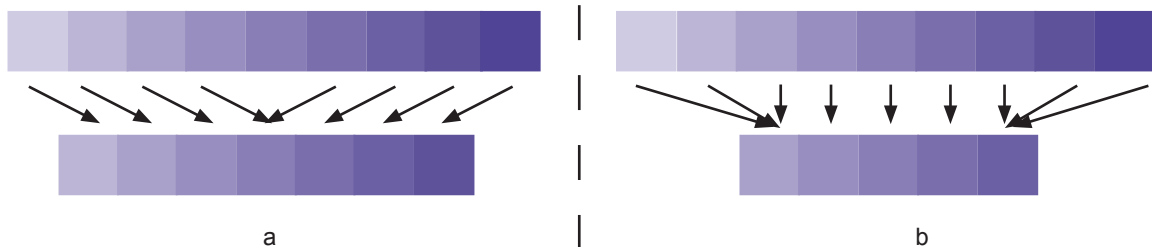


Figura 76. Propósitos de conversión más habituales empleados para trabajos fotográficos: a) Propósito perceptual; b) propósito relativo colorimétrico

Con toda esta información en mente, surge una cuestión obvia, ¿cómo se sabe que los colores de la imagen fotográfica se corresponden bien con el objeto fotografiado?

Debido a que el color de un objeto depende directamente de las condiciones de iluminación que le rodean, es necesario conocer de antemano esas condiciones, así como emplear un elemento cuyos valores colorimétricos se conozcan de antemano para valorar objetivamente la fidelidad de la imagen fotográfica. En este sentido, las cartas de color resultan indispensables para una captura acertada aunque la exactitud absoluta no esté asegurada. Existen varios tipos de cartas, siendo la ColorChecker de X-Rite una de las más populares para las capturas fotográficas (Frey, 2011; Pereira 2013). Estas cartas de color, que se fotografían junto al objeto a documentar se componen de una serie de parches neutros en escala de grises, colores primarios CMYK y RGB, así como tonos que imitan carnaciones y otros colores naturales. Conociendo los valores específicos de estos parches, se puede ajustar la reproducción tonal y colorimétrica de la fotografía tomada, obteniendo una imagen fotográfica lo más cercana posible colorimétricamente al objeto real.

Además de los parámetros ya mencionados, también hay que tener en consideración la resolución y profundidad de bits de la imagen, que indican el nivel de detalle necesario y la capacidad de reproducir los colores de la escena original, respectivamente (Saunders, 2006). Como parecen indicar la mayoría de los autores citados en este apartado, no hay unas directrices claras sobre los procesos de trabajo a seguir para la correcta documentación fotográfica del patrimonio, si bien, desde hace algunos años existen guías o recomendaciones establecidos a nivel internacional que se han convertido en referencias seguidas por muchos profesionales de cara a tratar de obtener una imagen fotográfica lo más representativa posible del original en cuanto al color. En estas guías, más que explicar el proceso de trabajo, se establecen unas recomendaciones sobre los equipos a emplear, sus características, las tolerancias respecto a las diferencias de color entre la fotografía y el objeto capturado, así como el tipo de archivos a conservar, profundidad de bits recomendadas etcétera. Las guías más conocidas y empleadas a día de hoy son Preservation Imaging Guidelines Image Quality, creada dentro del programa Metamorfoze, que surge en Holanda en 1997 (Dormolen, 2012), y la Technical Guidelines for Digitizing Cultural Heritage Materials: Creation of Raster Image Master Files creado en Estados Unidos por la Federal Agencies Digitization Initiative (FADGI) - Still Image Working Group (Williams y Stelmach, 2010).

El objetivo principal de ambos documentos consiste en desarrollar pautas para la digitalización de objetos como manuscritos, archivos, libros, periódicos y revistas, fotografías, pinturas y dibujos que se encuentran en las instituciones de patrimonio cultural. Para ello se establece como una cuestión necesaria describir los parámetros técnicos y de calidad a seguir de cara a describir y evaluar la imagen digital acorde al propósito de su uso.

Pese a algunas variaciones, en los dos documentos se considera necesario el uso de las cartas de color para generar un archivo máster (o *preservation master*) que debe permanecer inalterable a largo plazo conservando todas las características esenciales del objeto representado, y que a su vez permita comprobar la validez del proceso llevado a cabo. Se recomienda que estos archivos máster se realicen a 8 o 16 bits de profundidad por canal y se archiven en formato TIFF, por ser un formato que no ocasiona pérdidas de información aunque produce archivos muy grandes, razón por la que los 8 bits por canal es la profundidad más habitual.

La guía del programa Metamorfoze establece tres niveles de calidad que van relacionadas con los objetos a digitalizar, de manera que en el nivel más estricto (denominado *metamorfoze*) se sitúan aquellos originales que se consideran obras de arte; el segundo nivel (*metamorfoze light*) está pensado para objetos en los que la exactitud en el color quizá no es tan necesario como pueden ser los libros, revistas, periódicos, etcétera; y *metamorfoze extra light* para la digitalización de documentos menos exigentes. En el nivel más alto se recomienda emplear el espacio de color eciRGBv2, mientras que en el resto de niveles de calidad, así como en las guías de la FADGI se recomienda el espacio Adobe RGB, que es el de uso más extendido actualmente.

Partiendo del archivo máster, se pueden generar otros archivos adecuados para diversos propósitos, en los que la impresión de la imagen o su publicación en internet sean de utilidad. Como la selección de los formatos afecta directamente a la calidad de la imagen digital así como a la gestión a largo plazo de la misma, en estas guías se proponen el empleo de formatos bien establecidos a modo de copias de servicio como:

- RAW: Se trata del archivo que contiene toda la información captada por el sensor de la cámara o escáner sin procesar, por lo que se suele equiparar con el negativo de la fotografía química. Cada dispositivo tiene su propio formato RAW, sin embargo es interesante almacenarlo porque constituye un elemento inalterable de la toma realizada.
- JPEG: Es un formato que comprime de forma variable el archivo, por tanto puede suponer pérdidas en la calidad de la imagen, pero a cambio, reduce el tamaño del archivo manteniendo una visualización aceptable para publicar en internet cuando la exigencia respecto a la calidad de la imagen no tiene que ser alta, como por ejemplo como imagen identificativa en bases de datos.
- PDF: Es el tipo de archivo que se solicita habitualmente cuando es necesario imprimir las imágenes.

Teniendo en cuenta todo esto, y considerando algunas formas de proceder en distintas instituciones internacionales de reconocido prestigio como la British Library y el Victoria & Albert Museum de Londres (Smith, 2014; Stevenson, 2014) así como instituciones nacionales como la Biblioteca Nacional de Madrid (Biblioteca Nacional de España, 2015), parece ser que el sistema aceptado para guardar las imágenes fotográficas de los objetos artísticos sería realizar las tomas en RAW, y una vez realizado el procesado y gestión de color guardarlo en TIFF (8 bits por canal) y en JPEG para el uso cotidiano de la imagen. En el caso de la British Library, utilizan tres tamaños diferentes de este último formato a modo de copias de servicio, el de menor tamaño para miniaturas (que a veces también pueden ser formatos GIF o PNG), y otros dos JPEG, uno de baja resolución y otro de alta resolución, para otros propósitos en los que la calidad tenga que ser algo superior. Pese a que en ninguna de las recomendaciones de las guías mencionadas ni en las citadas instituciones se indica, conservar el archivo RAW puede ser una buena opción para conservar la integridad de la toma, aunque el hecho de tratarse de un archivo pesado que multiplicado por el gran número de archivos que pueden formar parte de una colección, hacen que conservar este formato no siempre sea posible.

3. La conservación de arte contemporáneo. La reproducción como propuesta de restauración

Considerando el gran cambio producido en los principios de la conservación de bienes culturales debido a la nueva perspectiva material y conceptual ofrecida por el arte contemporáneo, las actuaciones para su prolongación en el tiempo también han variado hacia propuestas que anteriormente podrían considerarse como “intervencionistas”. Estos nuevos tratamientos de conservación pueden abarcar situaciones tan dispares como la no intervención –que puede conllevar la desaparición del objeto artístico–, de manera que únicamente permanece la documentación generada al respecto, hasta sustitución de elementos que componen la obra o incluso la reproducción íntegra de la misma. Estas decisiones tan variadas vienen fundamentadas en la documentación recopilada de cada una de las obras, que se analiza escrupulosamente para tomar las medidas más acertadas en cada caso para ese tiempo y lugar.

Como ya se apuntaba en el anterior apartado, la documentación se compone tanto de información técnico-material de la obra, como de su historia de exhibiciones y de otras cuestiones relacionadas con la intención del o de la artista y demás profesionales involucrados en una institución cultural.

Si bien la documentación fotográfica es uno de los ejes primordiales que favorece la toma de decisiones, los derechos de propiedad intelectual, que protegen los derechos de autoría, hacen que la opinión de la o del artista sea otra cuestión importante a valorar en la conservación de arte contemporáneo. Este último aspecto junto al trabajo en equipos multidisciplinares, es una de las características más distintivas de la conservación de obras contemporáneas, además de una práctica habitual en la mayor parte de museos e instituciones, pero que en ocasiones también plantea disyuntivas en cuanto a la toma de decisiones, que se irán desgranando en este apartado.

La gran mayoría de las obras contemporáneas ponen en duda muchos de los conceptos que anteriormente servían claramente para diferenciar una obra de arte de un objeto cotidiano: el trabajo manual con unos materiales concretos generaban obras únicas e irrepetibles que retenían esa aura que les otorgaba su estatus como obra artística.

Con el cambio de mentalidad ocurrido sobre todo a partir de la década de los sesenta, en la que aparecen movimientos artísticos como el arte conceptual, el arte generado por computadoras y otros elementos electrónicos (*media art*) o las performances, así como un mayor uso de nuevos materiales no pensados en un principio para uso artístico, se generan nuevas problemáticas a abordar por el personal encargado de la conservación de este tipo de obras. Los objetos en muchas ocasiones ya no los fabrican los y las artistas, y los materiales seleccionados tampoco contienen ningún rasgo o marca distintiva que indique que se tratan de objetos artísticos. Todo ello conlleva una alteración en los valores de unicidad y autenticidad –entendiendo como auténtico lo originado por el artista– que rompe de manera casi abrupta una forma de trabajar en la conservación de estas obras; el objeto artístico ya no se compone sólo del objeto en sí mismo y en algunas ocasiones éste ni siquiera es único, sino que también lleva implícitos una serie de valores y mensajes asociados a los materiales, que son los que otorgan al objeto de valor y significado como obra de arte (Beerens, 2016; Dominguez y Silva, 2013).

Como ejemplo del cambio de percepción producido sobre las creaciones contemporáneas es interesante mencionar el caso de los controvertidos artistas británicos Gilbert y George, que en mayo de 2007, con motivo de su retrospectiva *Gilbert and George: Major exhibition* celebrado en la Tate de Londres decidieron posibilitar a través de las webs de The Guardian y BBC News la descarga de su obra *Planned*, compuesta por nueve paneles, de manera ilimitada durante 48 horas para que cualquiera pudiera imprimirla en cualquier dimensión, ensamblar los paneles y obtener una obra de arte, rompiendo así las normas de unicidad y valor del arte y su mercado, incorporando al público en el proceso de producción y distribución (BBC News, 2007 y The Guardian, 2007).

Relacionados con estas nuevas ideas en el arte contemporáneo, surgen también varias exhibiciones de interés como la organizada ese mismo año en el Centro-Museo Vasco de Arte Contemporáneo Artium de Vitoria. La exposición, titulada *Objeto de Réplica* se centra en reflexionar sobre la reproductibilidad de la obra de arte, y cómo su unicidad como valor sagrado puede perder sentido mientras que el ámbito museístico sigue de alguna manera habituado a custodiar obras únicas e irrepetibles; en relación a esto también se abordan otros temas claramente conectados con la reproductibilidad de las obras, como son la autoría y sus derechos asociados, los conceptos original y copia o cómo abordar la conservación de este tipo de obras (Castillejo, 2010). Más adelante, en 2012, la exposición denominada *Made to last: the conservation of art* celebrada en la National Exhibitions Touring Support Victoria (NETS Victoria), en Australia, reflexiona y muestra al público la disparidad del arte contemporáneo y cómo se aborda esto desde el ámbito de la conservación, en el que los y las artistas se convierten en una fuente de información crucial. En esta muestra se trata de presentar al público la complejidad de la conservación del arte contemporáneo, y la idea de que no existe una

solución única para cada caso debido a la disparidad de factores que pueden influir en el proceso de selección de las estrategias más adecuadas, donde la documentación se convierte en una parte importante del proceso (National Exhibitions Touring Support Victoria, 2012).

La identificación y reconocimiento de los valores implícitos a cada obra resultan indispensables para la correcta comprensión de las obras contemporáneas, y por tanto, para su correcta conservación. Como indican Mason y Avrami (2000), si bien la preocupación inicial de la conservación se centraba en cómo preservar la obra de arte, a partir de mediados de los años noventa se empiezan a plantear otras cuestiones apenas estudiadas sobre la conservación, como qué es lo que se conserva y por qué. En este sentido cabe destacar el Documento de Nara de 1994 (Lemaire, R. y Stovel, H., 1994), una importante contribución al respecto de estas reflexiones, donde en los apartados 9,10 y 11 se indica que:

9. La conservación del patrimonio cultural en todas sus formas y períodos históricos está arraigado en los valores atribuidos al patrimonio cultural. Nuestra habilidad en entender estos valores depende, en parte, en el grado de credibilidad o veracidad de las fuentes de información sobre estos valores. El conocimiento y comprensión de estas fuentes de información, en relación a las características y significados originales del patrimonio cultural, es un requisito básico para evaluar todos los aspectos de su autenticidad.

10. La autenticidad, considerada de esta manera y afirmado en la Carta de Venecia, aparece como el factor esencial en el momento de la calificación de valores culturales. La comprensión de la autenticidad juega un papel fundamental en todos los estudios científicos del patrimonio cultural, en la planificación de la conservación y la restauración, así como en los procedimientos de registro de la Convención de Patrimonio Mundial y otros inventarios de patrimonio cultural.

11. Todos los juicios sobre los valores atribuidos a las propiedades culturales así como a la credibilidad de las fuentes de información relacionadas, pueden variar de cultura a cultura, e incluso dentro de la misma. Por tanto, no es posible basar los juicios de valor y autenticidad en criterios fijos. Por el contrario, el respeto debido a todas las culturas exige que las propiedades del patrimonio deban tenerse en consideración y juzgarse dentro de los contextos culturales a los que pertenecen (p.1-2)

Por tanto, la respuesta a las interrogantes sobre qué es lo que se conserva y por qué, tendrá respuestas muy variadas y subjetivas, que dependen de quién responde a ellas, pero también al contexto espacio-cultural-temporal en el que se aborden. Asimismo, los valores –entendidos como características específicas– de las obras de arte como pueden ser los valores histórico-artísticos, valores sociales y cívicos, valores espirituales, simbólicos o identitarios, valores económicos etcétera, también se asimilan como subjetivos y cambiantes en función del contexto en el que se analicen. Es decir, los valores sirven para interpretar y evaluar los objetos, por consiguiente, fomentan el análisis de las decisiones a tomar sobre qué conservar en cada objeto artístico y cómo hacerlo, con el fin de alcanzar un estado auténtico de la obra (Jadzinska, 2012).

En palabras de Van Saaze (2013), cuando se habla de autenticidad en conservación, ésta se refiere a que la obra de arte mantiene sus características originales, lo que evoca directamente a unos materiales concretos y unas decisiones específicas tomadas por el artista o la artista, y por tanto se asocia a un valor económico superior que lo diferencia claramente de una copia. Esta idea, por consiguiente, hace suponer que tanto los aspectos matéricos de la obra como la intención de la o del artista están ligados entre sí, conformando un conjunto de valores importantes para la correcta

interpretación de las obras. En el arte contemporáneo los valores asociados a una obra de arte son más variados, más difíciles de determinar y suelen estar menos establecidos que en el arte tradicional, pero los aspectos matéricos siguen ocupando un lugar importante, y sobre todo, la intención artística, ha pasado a ser uno de los valores esenciales para la conservación del arte actual.

En este sentido, la intención de cada artista como medio de interpretación de las obras de cara a preservar sus aspectos esenciales también ha sido estudiado desde el ámbito filosófico, suscitando dos corrientes claramente opuestas: el intencionalismo, que sostiene que la intención artística indica la única manera posible de interpretar la obra, y que este significado pretendido por el o la artista está o viene implícito en el propio objeto, y por otro lado los anti-intencionalistas, que siguiendo el texto de referencia de Wimsatt y Beardsley (1946), indican que la intención autoral es irrelevante para la interpretación de la obra, puesto que el significado de la misma cambia incluso para los propios autores y autoras. En el intencionalismo han ido surgiendo otras versiones más moderadas como el intencionalismo hipotético y el intencionalismo moderado que apelan a que la interpretación de las obras no solo viene fundamentada por su creador o creadora, sino también por el contexto específico que le rodea, con ciertas diferencias entre ambas teorías sobre el tipo de información que es admisible interpretar. En palabras de Castro (2008) el intencionalismo moderado implica que:

cuando buscamos las intenciones autorales es necesario que complementemos la lectura del texto con la información relativa al contexto de su producción, incluyendo el conocimiento de quién era el autor, sus circunstancias históricas, su obra completa y el género en el que trabajaba. Evidentemente, el acceso a esta información no sustituye la lectura del texto o la audición/contemplación de la obra, sino que nos da el trasfondo necesario para comprender sus elecciones semánticas y estructurales contextualmente (p.154)

Por tanto, llevando el intencionalismo moderado al ámbito de la conservación de arte contemporáneo, cuando se emplea el término “intención del artista” más que la intención, lo que se pretende es conocer lo que cada artista dice y piensa sobre su obra. A partir de ahí ha de valorarse en el contexto actual, teniendo en cuenta que la visión que tiene sobre su propia obra puede verse modificada con el paso del tiempo y por diversos factores como su trayectoria personal y profesional, su repercusión artística, la evolución en los materiales empleados, nuevas búsquedas conceptuales, nuevas posibilidades materiales y tecnológicas, etcétera, ideas que también recoge el texto de Dykstra (1996). Todo ello contribuye a que se generen modificaciones respecto a la interpretación de la obra, algo que irremediamente afecta a la conservación y a la idea tradicional de autenticidad.

Hoy en día la entrevista a los y las artistas constituye una práctica común en la conservación de arte contemporáneo (tema que se trata con mayor extensión en el capítulo 7), que permite comprender mediante la información recabada cómo cada artista, como individuo, tiene unas concepciones muy diversas e incluso diferentes entre las obras de su propia trayectoria, también respecto a otras y otros artistas – de la misma época e incluso movimiento artístico–, y las medidas de conservación a considerar. Esta disparidad se ilustra claramente en los ejemplos mostrados entre otros, por Davenport (1995) y Davies y Heuman (2004) que tratan las variadas formas de trabajar de las personas encargadas de la conservación de obras contemporáneas junto con artistas plásticos de diversa índole, mostrando de alguna manera las razones de tener que aplicar acciones conservativas particulares en cada caso. Por otro lado, este conocimiento de la obra a través de sus creadores y creadoras permite intercambiar cuestiones clave para la conservación, haciendo respetar de este modo los derechos de autoría, recogidos en las leyes de propiedad intelectual y otras regulaciones que les amparan ya desde el Convenio de Berna de 1886 y que ha ido modificándose hasta el año 1979 (Convenio de Berna, 1979). Estas normativas dan prioridad a considerar la intención de las personas autoras de cara a la

preservación de sus obras para las generaciones futuras, por lo tanto, en caso de necesitarlo, es deber del personal encomendado a la conservación de éstas realizar las consultas pertinentes siempre que sea posible (Kowalski, 2012). En la ley de propiedad intelectual española (RDLeg. 1/1996, de 12 de abril), la protección de los derechos morales, que son aquellos que protegen la identidad y reputación del creador de la obra, viene claramente recogida:

El artista intérprete o ejecutante goza del derecho irrenunciable e inalienable al reconocimiento de su nombre sobre sus interpretaciones o ejecuciones, excepto cuando la omisión venga dictada por la manera de utilizarlas, y a oponerse a toda deformación, modificación, mutilación o cualquier atentado sobre su actuación que lesione su prestigio o reputación (artículo 113)

Por lo tanto, la consulta al o a la artista resulta indispensable antes de acometer cualquier tipo de decisión tomada para la conservación de la obra que pueda suponer alguna modificación de la misma. Esto puede originar en algunas ocasiones ciertos conflictos y dificultar la realización de muchas de las propuestas planteadas por los conservadores y conservadoras, ya que como Stigter (2004) concluye, la participación de las y los artistas en la conservación de su propia obra puede ser útil, pero sus opiniones evolucionan de manera que cualquier solución que puedan plantear tenderá a adaptarse a sus ideas actuales y éstas pueden diferir de la intención original. Siguiendo esta línea Van Saaze (2013) indica que ciertos profesionales de la conservación a veces expresan su reticencia a involucrar directamente a los y las artistas cuando surgen dilemas en la conservación por temor a que quieran cambiar el objeto artístico, ya que ¿Hasta qué punto se les permite alterar su obra después de que el museo la haya adquirido?, ¿En qué medida puede modificarse una obra antes de convertirse en otra? Claramente, no existe una única respuesta ni entre las personas responsables de salvaguardar las obras ni entre la comunidad artística.

Esta necesidad de ajustar las actuaciones de conservación a casos con problemáticas muy dispares ha suscitado que varios autores (Ashley-Smith, 2017; Wharton, 2018) reconozcan que los códigos de ética existentes no siempre tienen éxito a la hora de proporcionar orientación para cuestiones complejas y no ofrecen bases claras para orientar la toma de decisiones, debido básicamente a que se trata de directrices que abarcan un amplio rango de tipologías artísticas. De ahí su reflexión sobre la necesidad de generar lo que denominan códigos éticos a medida, que sirvan para ajustarse a las necesidades del arte actual. Para ello proponen que en vez de adecuarse a dichas directrices preestablecidas para tomar decisiones específicas, el análisis de casos de estudio encontrados en la literatura puede ofrecer una mayor orientación en la toma de decisiones en casos concretos.

Con el fin de tratar de dar soluciones a estas problemáticas, en 1999, la Dutch Foundation for the Conservation of Contemporary Art (SBMK) crea el modelo que se ha convertido en la base para la toma de decisiones para la conservación de arte moderno y contemporáneo debido a su sencillez y por el hecho de plantear cuestiones que invitan a la reflexión antes de pasar a la acción (Foundation for the Conservation of Modern Art, 1999). Este modelo establece una serie de apartados que deben ir analizándose paso por paso y de este modo ir descubriendo los aspectos que requieren de una especial atención para seleccionar una estrategia de conservación lo más adecuada posible.

Una de las cuestiones más importantes que tienen reflejo en este modelo, es la necesidad de crear grupos de trabajo multidisciplinares que establezcan diversos puntos de vista sobre la obra y así determinar cuáles son los valores que determinan la autenticidad de la misma. Este grupo de profesionales interesados en la conservación de la obra (*stakeholders*) son quienes atribuyen valor a un objeto o colección y, al compartirlo, permiten al personal responsable de la conservación mantener el valor social y cultural de la obra. El equipo en su conjunto toma las decisiones sobre las estrategias a abordar para la perdurabilidad de la misma, por tanto, en función de quiénes participen, las decisiones

tomadas variarán en cada caso (Henderson y Nakamoto, 2016; Kwon y Lee, 2020).

Este grupo se conforma acorde a las características y casuísticas particulares, puede ser variable y el número de miembros puede ser más o menos numeroso en función de la complejidad de la obra, su significado histórico-artístico o las necesidades de actuación previstas en un principio. El o la conservadora siempre ha de estar presente, y es habitual que otro tipo profesionales del ámbito museístico como son las personas que dirigen los museos, comisarios y comisarias y las y los historiadores del arte puedan contribuir a una comprensión más profunda de la obra y su repercusión. Los y las científicas e incluso las empresas fabricantes de los materiales empleados también han de ser tenidos en cuenta en la mayoría de los casos como parte implicada en la toma de decisiones, puesto que pueden aportar un conocimiento exhaustivo de los materiales y las técnicas empleadas; en el caso de obras que emplean elementos electrónicos u otro tipo de dispositivos, la inclusión de personal técnico e informático especialista puede ser una buena fuente de información para la toma de decisiones, puesto que conocen la forma de poder abordar las propuestas realizadas por el resto de profesionales, y contribuyen a estudiar la viabilidad y factibilidad de las diferentes opciones. Cada artista es una fuente importante para discutir sobre los aspectos esenciales de su obra, y es quien puede autorizar o aceptar los pequeños cambios y transformaciones que puedan darse tras la deliberación; las personas que asisten a los y las artistas en su trabajo también son una buena fuente y además pueden ser importantes, por ejemplo, en el caso de que la persona para la que trabajan fallezca, puesto que conocen bien los procesos de creación y pueden tener una menor dificultad a la hora de tomar distancia respecto a la obra, proporcionando una visión más objetiva (Sommermeyer, 2011).

Debido a los cambios acontecidos en el propio ámbito del arte contemporáneo, este modelo inicial compuesto por 7 etapas (Registro de datos, Condición, Significado, Discrepancia, Opciones de conservación, Consideración y Tratamiento propuesto) ha sido modificado 20 años después de su creación, mostrando una vez más que la conservación de las obras contemporáneas debe ajustarse constantemente a los cambios que se producen en las propias formas de creación. El nuevo modelo (Fig.77), publicado en mayo de 2019, mantiene una estructura similar al anterior, al que se le han añadido otras dos etapas más (Punto de partida y Aplicación y evaluación) al inicio y al final del diagrama respectivamente, para que de ese modo se puedan mejorar los aspectos a tener en cuenta como la complejidad y trayectoria evolutiva de muchas obras contemporáneas, el reconocimiento de que las decisiones tomadas pueden afectar en la conservación de las obras, la ampliación del alcance de las características intangibles de la obra, y dinámica y subjetividad de la toma de decisiones (Cologne Institute of Conservation Sciences [TH Köln]. (2019).

La primera etapa, denominada "Punto de partida" (*Point of Departure*) e incorporada como novedad al diagrama de flujo, se divide en tres subapartados que permiten una mejor contextualización de la necesidad detectada, en la que se describen: el objetivo inicial que establece la necesidad de la toma de decisiones respecto a la obra, el contexto en el que se realiza dicha toma de decisiones y las partes interesadas (*stakeholders*) que van a formar parte de ella, determinando el tipo de vinculación con la obra. A su vez, en este apartado también se debe indicar la manera en la que se va a tomar la decisión, si es por consenso, por mayoría, decisión individual, etcétera, ofreciendo por tanto, un amplio abanico de posibilidades a la hora de tomar decisiones. Una idea similar, anterior a este modelo, la materializa Marchesi (2017) a modo de tabla, que permite documentar de forma sistemática los participantes en la toma de decisiones debido a la influencia que tiene este grupo seleccionado en la decisión final. De este modo, se indica la necesidad de establecer quiénes son las personas participantes por derecho o por fuerza, como funcionariado público, propietarios y propietarias y, en cierta medida, personal experto invitado a participar en el proceso, y aquellos grupos que tienen intereses en el proceso en cuestión pero poca o ninguna influencia en el mismo, así como los motivos de su participación y el tipo de participación esperada y la que realmente se ha llevado a cabo. De este modo, la aceptación de las medidas tomadas y cooperación sobre la misma se verán incrementadas. Además, con esta

primera fase, se registran con mayor especificidad las cuestiones básicas que han motivado la toma de decisiones y la forma en la que se va a actuar en dicho proceso, facilitando la comprensión de las acciones tomadas en un futuro y permitiendo una mejor trazabilidad de la biografía de la obra, lo que supone una gran mejora respecto al anterior modelo.

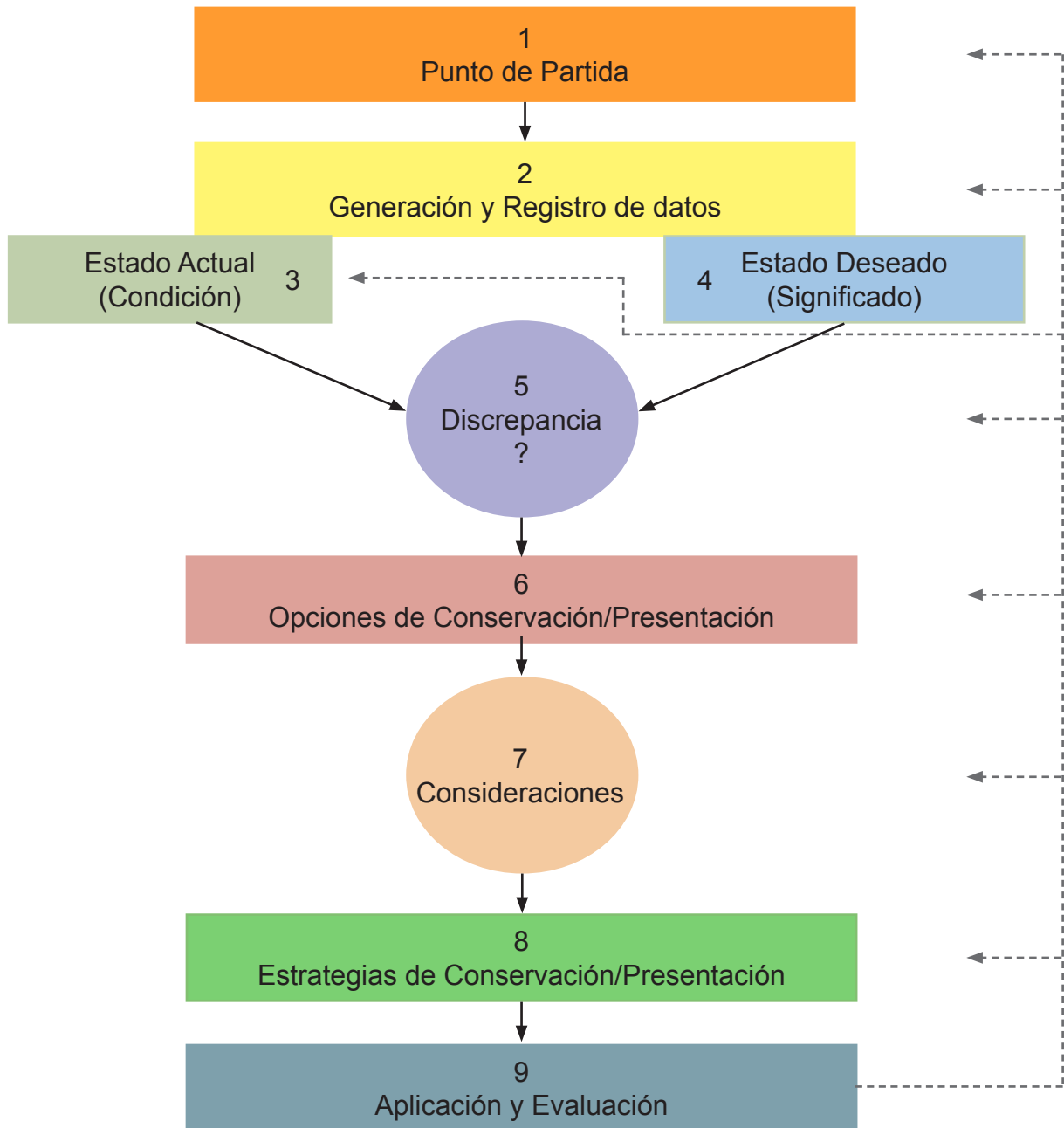


Figura 77. Diagrama actualizado del modelo de toma de decisiones para la conservación y presentación de arte contemporáneo. Traducido de Cologne Institute of Conservation Sciences [TH Köln] (2019)

En las tres etapas siguientes –generación y registro de datos, estado actual (condición) y estado deseado (significado) – se desarrolla una comprensión profunda de la obra de arte, mediante la generación y registro de datos, y la descripción de su estado actual y el que se desea, así como los aspectos materiales e inmateriales que la componen. Toda esta información ayuda a determinar si existe alguna discrepancia entre el estado actual y el deseado de la obra (etapa 5) para así poder especificar los problemas que pudieran surgir en referencia a su conservación y/o presentación. En la etapa 6 (Opciones de conservación y presentación) se elaboran las propuestas para la conservación/presentación de la obra, que luego han de sopesarse y evaluarse en la siguiente etapa 7 (Consideraciones), mientras que en la penúltima fase, se acuerda y se documenta la decisión tomada de entre las propuestas realizadas.

Finalmente, en la etapa 9 “Aplicación y evaluación” (*Implementation and Assessment*), incorporada también en la última versión del modelo, se aborda la aplicación de la estrategia seleccionada, mediante el análisis de dos aspectos: el control del efecto de la estrategia de conservación implementada y la evaluación de los resultados obtenidos en la resolución de las discrepancias identificadas. De este modo el modelo permite a los y las participantes en la toma de decisiones detectar la efectividad de la decisión tomada así como ayudar en la detección precoz de futuras discrepancias.

Este modelo, a diferencia del anterior, permite llevar a cabo un proceso más dinámico, en el que se tiene en cuenta el carácter cambiante de muchas de las cuestiones tratadas en el proceso. De ahí que a fin de revisar los datos recopilados con anterioridad o incorporar nuevos datos de los que se carecía en su momento, se pueda retroceder en el diagrama, lo que puede suponer tener que supervisar de nuevo las fases posteriores de cara a tomar una decisión lo mejor informada posible.

El interés de multitud de artistas por mantener su obra en un estado prístino, así como el cambio de mentalidad desde la conservación de bienes culturales ha supuesto que la reproducción de las obras sea una práctica aceptada por museos e instituciones, sin embargo, ¿qué cuestiones han de tenerse en cuenta para llevar a cabo este tipo de estrategias de conservación?, ¿cómo han de valorarse dichas cuestiones?, ¿quién debe atender a estos aspectos?

Cuando las características que presenta la obra no cumplen correctamente con su función, y debido a la imposibilidad o dificultad de acometer otras soluciones que puedan garantizar el restablecimiento de las mismas, una de las tomas de decisión cada vez más habituales en la conservación de arte contemporáneo es la reproducción, tal y como se ha mencionado con anterioridad. Al contrario de lo que se podría pensar inicialmente, la reproducción es un proceso complejo que requiere tener en cuenta la opinión de cada artista, atender a las características específicas de la obra a reproducir, así como tratar de obtener una buena calidad en el resultado final acorde tanto a los aspectos conceptuales como los estéticos.

Con el fin de prolongar la permanencia en el tiempo de las obras fotográficas contemporáneas Marchesi (2017) menciona que en algunos museos tienen la política de adquirir dos copias de la misma edición a modo de medida de conservación: una se almacena permanentemente a modo de referencia, mientras que la otra copia se utiliza a modo de copia de exhibición, que es la que se exponen a los diversos factores de alteración. Sin embargo, esta decisión no es útil para aquellos casos en los que existe un solo ejemplar de la obra y tampoco evita tener que tomar otras decisiones a futuro en el caso de las ediciones limitadas, ya que el deterioro del ejemplar expuesto terminará por obligar a tomar soluciones como la reproducción para poder mantener la obra de arte en el tiempo.

Autores como Latour y Lowe (2011) realizan una interesante reflexión sobre la reproducción de obras de arte comparándolas con obras de tipo performativo como el teatro, la música o la danza; cuando una obra teatral, composición musical o coreografía se reproduce bajo diversas direcciones, con diferentes músicos, actores o bailarines, en épocas y lugares del mundo distintos, la obra en cuestión no es, con toda probabilidad, exactamente igual a la que el autor ideó, sino que se trata de

una interpretación que mantiene intactas una serie características esenciales, sin embargo, esto no crea ningún tipo de reticencia sobre el público que disfruta de dicha obra por el hecho de tratarse de una reproducción. Por otro lado, el deterioro y su apreciación en una obra de arte, que es la que suele motivar la reproducción de la misma, es un asunto subjetivo puesto que no todos los deterioros del objeto afectan de igual manera a la obra, ni todas las personas interesadas en su conservación entienden éstos de la misma forma, de modo que lo que para unas puede tratarse de deterioros que disturbaban totalmente, para otras se trata de pequeños cambios que no impiden la lectura de la obra. Por lo tanto, para que la reproducción que sustituya a la obra sea lo más ajustada posible, resulta importante, tal y como se indicaba en el anterior apartado, realizar una buena documentación fotográfica que permita capturar con el mayor rigor las cualidades de la obra, pero además, cabe analizar qué aspectos de la misma son los considerados constituyentes, es decir, los que deben mantenerse obligatoriamente para garantizar la perdurabilidad de la obra, como son sus dimensiones o la forma de presentación; por otro lado, los aspectos contingentes, que son aquellos que aun siendo importantes, pueden ser reemplazados sin causar perjuicio alguno a la obra de arte, como pueden llegar a ser algunos materiales y técnicas, también deben identificarse con exactitud, para poder encontrar sustitutos que se ajusten lo más fielmente posible a la obra que va a reemplazar (Marchesi, 2017). Esta división entre los diferentes aspectos y su importancia para la correcta visualización e interpretación de la obra no es siempre clara, ya que al igual que los valores, la apreciación de éstos varía una vez más en función del equipo implicado en la conservación, sean conservadores y conservadoras, artistas, comisarios y comisarias o cualquiera de los miembros ya mencionados, por lo tanto, la forma de proceder a la hora de identificar estos aspectos constituyentes y contingentes sigue el mismo modelo explicado con anterioridad, si bien es cierto que en caso de que la o el artista, por el motivo que fuera, no participe, podría plantear alguna controversia sobre si esta estrategia podría denominarse reproducción o por el contrario debería hablarse de imitación o emulación, ya que las decisiones tomadas en este caso se basan fundamentalmente en la documentación recopilada por los diversos agentes participantes, tal y como sucede en el estudio de las obras de Lucio Fontana realizado por Pugliese, Ferriani y Ratti (2016).

Para Luber y Sommermeyer (2011) las claves para llevar a cabo esta tarea se concentran en tres ámbitos que tienen directamente que ver con los aspectos contingentes y constituyentes, como son la disponibilidad de las técnicas empleadas, disponibilidad de los mismos materiales empleados y el conocimiento suficiente sobre el concepto, mensaje, o significado de la obra. En muchos casos las técnicas y materiales empleados en un caso concreto revisten de importancia, mientras que en otros casos los y las artistas únicamente buscan que la apariencia se mantenga, por lo que en el caso de no encontrar los mismos materiales y técnicas, emplear otros que cumplan la misma función puede ser suficiente. Esta casuística se da en muchos casos de artistas que debido a la susceptibilidad ante el desvanecimiento de los colores de la fotografía cromogénica que han venido utilizando a lo largo de su carrera para crear sus obras de arte, han aceptado la realización de las reproducciones de las obras deterioradas con tecnologías de inyección de tinta, como ocurre en el caso de las obras de Rineke Dijkstra (Visser, 2018). Ante esta situación, y la dificultad cada vez mayor de encontrar laboratorios que sigan realizando este tipo de fotografías, en los últimos años la artista holandesa se ha decantado por producir su obra con tecnologías de inyección de tinta.

En la obra *C'est moi qui fait la musique* del artista Ger van Elk se muestra cómo los avances tecnológicos permiten llevar a cabo tareas que antes requerían de una gran destreza manual para la creación de ciertas ideas, y cómo en el momento de su reproducción se han empleado estos avances para realizar una versión de la obra ajustada a estas nuevas posibilidades, sin tratar de imitar la apariencia de la primera versión. Además, a petición del artista tanto la obra primigenia como la nueva versión se siguen manteniendo y exponiendo conjuntamente, una sobre la otra, reforzando la idea de que se trata de la misma obra, que va evolucionando (Stigter, 2016).

Acordar los términos en los que se realiza la reproducción también puede llegar a ser complejo y un proceso largo en ocasiones, debido a desacuerdos entre las diversas partes que deben acordar las decisiones. Esta situación se ejemplifica en *Virtues and Vices (for Giotto)* del artista americano John Baldessari analizado por Marchesi (2014), en la que desde el principio el artista se muestra dispuesto a generar una nueva copia, pero son las personas responsables del museo las que en desacuerdo con las propuestas del artista, debido a los cambios sustanciales que suponen en cuanto a su materialidad y por temor a que dichas decisiones pudieran afectar a la obra, deciden llevar a cabo otras acciones que a su parecer afectan menos a los valores de la misma.

En cualquier caso, la reproducción hace replantear algunos temas respecto al conocimiento, evolución y empleo de materiales entre las y los artistas contemporáneos, desde el punto de vista de la conservación. Es decir, si por ejemplo, las fotografías cromogénicas se sustituyen por inyección de tinta, y las primeras impresiones de inyección de tinta como las impresiones IRIS –muy poco estables– se reproducen mediante otras tecnologías más actuales, se puede producir una discordancia entre la fecha de creación de la obra y su correspondencia material y tecnológica. De este modo, si la documentación sobre estos procesos no se realiza correctamente ni se difunde, puede perderse el conocimiento de gran parte de las tecnologías, materiales y procesos empleados en las prácticas artísticas contemporáneas, sobre todo en aquellas en las que la cambiante tecnología tiene directa relación en su ejecución, como ocurre en el caso de las impresiones digitales. Todo esto además, también tiene otra consecuencia en las cartelas que acompañan a las obras de arte en una exhibición, puesto que no parece haber una forma de proceder clara sobre la información que debe aparecer en éstas; ¿se presenta únicamente la información relativa a la primera versión de la obra, a la de su reproducción o a la de ambas? Esta es una cuestión interesante sobre la que reflexionar de cara a futuros trabajos.

A 3D grid of cubes, each with a different height, creating a textured surface. The color of the cubes transitions from a deep purple on the left to a bright yellow on the right. A semi-transparent horizontal band is overlaid across the middle of the image, containing the chapter title.

**CHAPTER 7. RESULTS, DISCUSSION AND CONCLUSIONS OF THE
PERFORMED RESEARCH**

1. The artist interview as a tool for a better understanding of materials and technologies used in the artistic practice

Designing a good interview is a difficult and complex task, because besides technical and material information recording, the conceptual meanings ascribed to the materials and the attitude of the artists towards managing the change of their works is highly important to accomplish appropriate conservation actions (Beerkens, 2012). In addition, the content of the interview will be different depending on the purposes to be achieved, but the way to disseminate it will also depend on the type of audience targeted such as conservators, art historians or general audience (Cotte, Tse e Inglis, 2016).

Obtaining information about artists' materials and working methods by using interviews began back in the late 1930s when the Committee of Paintings of the Community of Amsterdam sent a questionnaire to artists who sold their paintings to the Stedelijk Museum, in order to gain technical information helpful for designing conservation strategies prior to their application (Hummelen y Scholte, 2012). Since then, several approaches have emerged especially from the 1970s onwards. In 1977 Heinz Althöfer, in the symposium *Restaurierung moderner Kunst* held in Düsseldorf, expressed the need to count on the artist to get knowledge about the works of art to make more informed conservation decisions. The following years various meetings covered this topic internationally, such as the *International Symposium on the Conservation of Contemporary Art* at National Gallery of Canada in Ottawa from the 7th to 12th of July of 1980. In Spain, in 1987 the GETCRAC (Grupo Español de Trabajo sobre Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo) group was created and they designed a questionnaire for artists with the aim of collecting a whole series of data on works of art, but also to find out the criteria of the artists themselves in relation to the conservation and restoration of their production (Ruiz de Arcaute, 2019). All this activity derived in the early nineties in several projects that made it possible to consult video recordings of interviews with all kinds of artists. One of the first initiatives is the ADP (Artist Documentation Program), created in 1990 by Carol Mancusi-Ungaro at the Menil Museum in Houston (Texas) thanks to a grant from The Andrew W. Mellon Foundation and which is still active today and open for free consultation (Menil Foundation, 2020). In 1997 at the international symposium *Modern Art, who Cares?* held in Amsterdam the importance of the subject came to the forefront definitely (Hummelen, & Sillé, 1999) and consequently, many other activities regarding the artist interview started raising. In 1999 the Cultural Heritage Agency of the Netherlands created the International Network for the Conservation of Contemporary Art (INCCA), one of the pioneers promoting and valuing the research in contemporary art, which has a particular focus on the significance of the interview as a tool to obtain reliable information from artists and their associates to help in decision-making regarding conservation treatments (Cultural Heritage Agency of the Netherlands, 2019). In the United States the non profit organisation Voices in Contemporary Art (VoCA) formed a network devoted to the documentation of artist intent through interviews and advocating that understanding its importance can help guarantee the future conservation and presentation of the artworks (VoCa, 2020).

At a national level there are several platforms and media that serve to promote the interviews conducted with artists, both emerging and renowned, either in video format or through written media. Some arise from the hands of museums and cultural and art centres, such as the Colección Arxiu Balears of the Es Baluard Museum in Palma de Mallorca, started in 2013 (Fundación Es Baluard Museu d'Art Modern i Contemporani de Palma, 2020). The CDAN (Centro de Arte y Naturaleza) in Huesca (Centro de Arte y Naturaleza, 2020) and the CA2M (Centro de Arte Dos de Mayo) in Madrid (Centro de Arte dos de mayo, 2020) also provide interesting information through their Youtube channels, whereas the BilbaoArte centre in Bilbao makes the interviews with the artists who have been awarded residency grants in the foundation available through its web (BilbaoArte, 2020). There are also magazines and other initiatives that provide conversations with artists, such as the PAC (Plataforma de Arte Contemporáneo) which has a section dedicated to interviews (Plataforma de Arte

Contemporáneo, 2020), or the online magazine *Nosotros* which appeared in 2010 (Nosotros, 2020). Other initiatives at private level such as the Artists Database created by the curator Ruth del Fresno focuses on interviewing emerging artists, as does her doctoral thesis entitled *La entrevista al artista emergente como modo de conservación preventiva. Estudio aplicado a los proyectos Perspectives Art Inflammation and Me y Perspectives, Art Liver Diseases and Me*, providing interesting information (Del Fresno, 2017; Del Fresno, 2019).

Public initiatives dependent on the Ministerio de Cultura y Deporte of the Spanish Government also promote the interview with artists through various projects since 2012, such as *Oral Memories*, centred in Spanish emerging and mid-career artists with a short video format where each of the artists exposes their aesthetic-conceptual approaches accompanied by complementary information (Ministerio de Cultura y Deporte, 2020) and *La voz de la imagen*, which focuses on Spanish photographers (Ministerio de Cultura y Deporte, 2020). In addition, in 2017, as part of the *Plan Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural del Siglo XX*, Santos (2018) started a valuable project to analyse the state of the records of interviews with contemporary artists in museums, foundations and institutions at state level. Its final report entitled *Análisis del estado actual de los registros de entrevistas a artistas contemporáneos* was extended for two more years to gather detailed information on the volume and location of this type of documentation, as well as giving notice of the support in which it is stored, in order to gain visibility for consultation and study purposes (Santos, 2019).

As mentioned in Chapter I, three main causes favoured the accessibility of the artists to computers since the 1980s: the decrease in the price of computer technology, the development of new computer-aided drawing software and the widespread availability of printing devices. These circumstances made possible an easier way for artists to work, running their projects separately from scientist and calculation or university centres. By the 1990's the accessibility to digital cameras and scanners, the development of new materials that provided better image quality and the advent of new mounting techniques, favoured the extensive adoption of digital printing among artists (Lieser, 2010).

Nowadays, the combinations of technology and materials used seem to be endless in the artistic practice since different approaches to their use have come from several disciplines of art including painting, sculpture, printmaking, photography, installation and so on. This suggests that artists work closely with printing laboratories in order to obtain the best results, but also that when traditional and digital techniques are mixed up to create an art piece (Albrecht, 2009; Candiani, 2018) the complexity of the artworks increase, affecting also the data recording accuracy for conservation purposes.

Within this complex context, one way to obtain precise information about the supply and demand concerning digital art printing is by conducting questionnaires to both printing laboratories and contemporary artists; the former can offer more precise technical knowledge about the printing methods and materials employed, while the latter give qualitative information about how contemporary artists currently use digital printing and their options about issues regarding their future conservation.

1.1. Objective

A series of surveys to artists and printing studios have been conducted in Spain and the UK. Both countries have had distinct political background and cultural developments regarding the use and promotion of digital technologies in art, as seen in Chapter I. Therefore, apart from providing specific results concerning each one of them, this work will help understanding whether the present technological globalisation has had any effect on the material preferences of artists in both countries, given their different cultural circumstances, allowing the detection of distinguishable specific features, if any.

1.2. Experimental design

A balanced selection of printing laboratories and artists was made in order to obtain the most representative results across the digital fine art printing scene. Sending questionnaires to laboratories was particularly interesting because, at present, they offer a wide range of printing possibilities, materials and finishes that artists could not possibly do alone in their studios. Professional labs can advise artists about the best solutions to achieve the desired results. As such, lab personnel are able to offer precise information about the most requested material combinations.

Some difficulties were found in this process with the artists themselves. Firstly, the selected artists aimed to represent a diverse range of backgrounds and disciplines - photography, printmaking, painting, installation, and illustration - and also different levels of experience with digital printing devices. However, it was hard to find detailed information about the techniques employed even among young and mid-career artists, because the information gathered in their own web pages and various museums, galleries and other institutions was, not quite clear or detailed enough. This lack of information complicated the selection process for the artists, regardless of age, national or international reputation.

Secondly, there was difficult field work required in identifying the relevant print labs. For this survey the focus was set on those laboratories collaborating with artists on a regular basis or frequently producing fine art printing. While a few of the labs contacted said they worked exclusively with artists (35%), the majority primarily did work for advertising and signage, collaborating with artists to lesser extent (65%) and therefore some felt reluctant to participate in the survey.

Each potential respondent was contacted with a set of online questions by using Google Forms App. The questionnaires were made up of multiple-choice questions with more than one option and either long or short answers allowable: there were 13 questions designed for the printing labs and 23 questions for artists (Fig. 78).

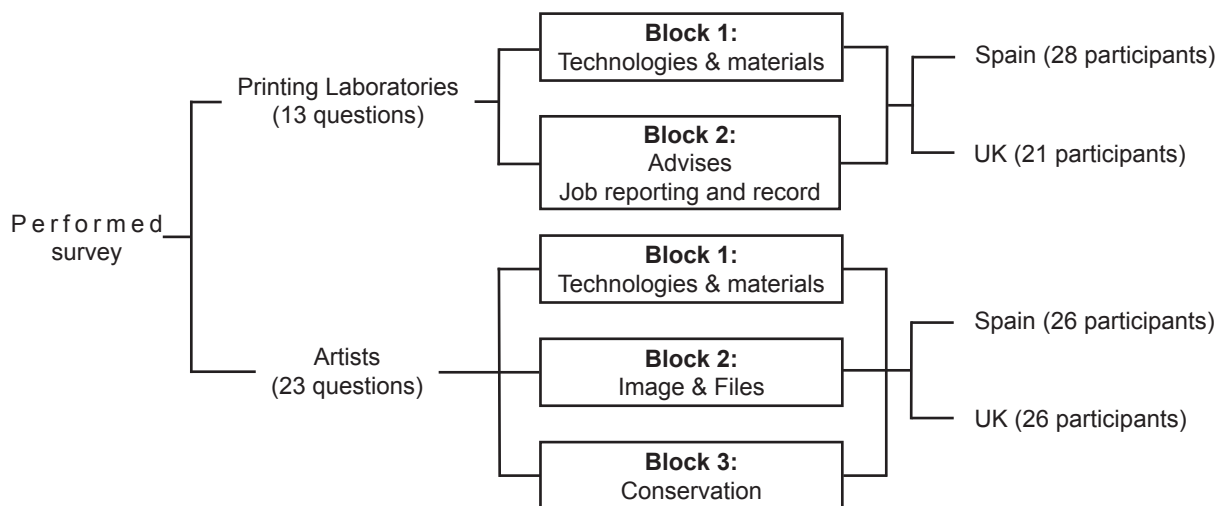


Figura 78. Explanatory diagram of the experimental research carried out

For the labs, the questionnaire was composed of fewer questions than for the artists as specific conservation issues did not apply. The topics covered were divided into two main blocks; the first comprised questions related to the technologies and materials offered, such as '*What kind of technologies do you work with?*', '*Which are the most requested substrates?*', '*Which are the most employed supporting materials?*' or '*Do you apply any product to protect the printed surface?*' The second block paid attention to the advice

given to artists, as well as details of job reports and records, with questions such as: *'Do you advise the client with regard to the best technology/materials combination?', 'Do you report to the client about the employed materials and their characteristics?', 'Do you provide to the client conservation guidelines for the printed artworks?' or 'Do you archive information about the printed works and the materials employed for them?'*

On the other hand, questions for artists covered more topics and were divided into three blocks; one block of questions about the technologies and materials employed with similar questions as those designed for the labs but also with questions about the particular processes used, such as *'Do you mix printed images with other painting techniques?'* The second block was related to issues regarding colour management and file storage, such as *'Do you consider colour management as an important part of your work?' or 'What kind of files do you archive once you print your artworks?'* The third block addressed topics related to conservation, such as the terminology employed to name these artworks, their opinion about deterioration and reproduction, and questions like *'When do you determine that your digitally printed artwork has deteriorated too much so that it should not be displayed?', 'Would you accept the re-edition/reproduction of your digitally printed artworks as a restoration proposal?' and 'What aspects do you think that should be taken into account for the re-edition/reproduction process?'* (See Appendix I).

As noted, several questions in the survey allowed for more than one answer, so the information shown in the results exceed 100% in some cases. In order to guarantee the personal data protection respondents are not identified.

1.2. Results and discussion

In all 75 labs (35 from Spain and 40 from the UK) and 81 artists (35 from Spain and 46 from the UK) were contacted. Among them 49 printing labs (28 from Spain and 21 from the UK) and 52 artists (26 from each country) responded, resulting in a response rate of 80% and 53% respectively among printing labs, and 74% and 56.5% from the surveyed artists. The collected data have been classified according to the results obtained relating technologies and materials, and conservation issues.

1.2.1. On technologies and materials

Most of the artists from both countries in the survey bring their projects to printing laboratories since the range of possibilities with respect to printers, materials and, finishing and mounting techniques offer better quality and results than their own studios. Moreover, 70% of the Spanish and 40% of the UK artists always work with the same lab, while only around 10% of the respondents print their works in their own studios on a regular basis.

As expected, results show that inkjet is the preferred technology, and all the printing laboratories use it to perform a wide variety of jobs. In this regard, apart from using water-based inks (the most common ink), 60.7% of Spanish labs and 33.3% of the UK labs also use other ink types such as UV-curable, latex or eco-solvent inks, which allow for a wider variety of supporting materials and prove that inkjet is the most versatile technology in the current market (Fig.79a). While the popularity of inkjet technology is evident, it is followed by thermal (sublimation) technology, which it is offered by 25% of the laboratories consulted in Spain, but only by the 5% of those in the UK. Electrophotography was not mentioned by any lab, probably because the way it creates an image –by fusing toner– limits the image quality and range of substrates, relegating it to the level of office work.

The differences observed between UK and Spain in relation to ink and technology preferences, and specially regarding inkjet printing, could be related to the fact that the consulted Spanish labs perform advertising campaigns and other photographic jobs to greater degree than the British. Even if

the questionnaire was explicitly designed for fine art printing jobs, some survey respondents could give a more generalized overview than others about the jobs performed in their laboratories. Nevertheless, the results obtained in this regard in the questionnaires made to the artists corroborate the congruence and representativeness of these data, although sometimes there is a lack of precision in the artists' responses, as occurs when they had to differentiate between pigment and dye water-based inks (Fig.79b).

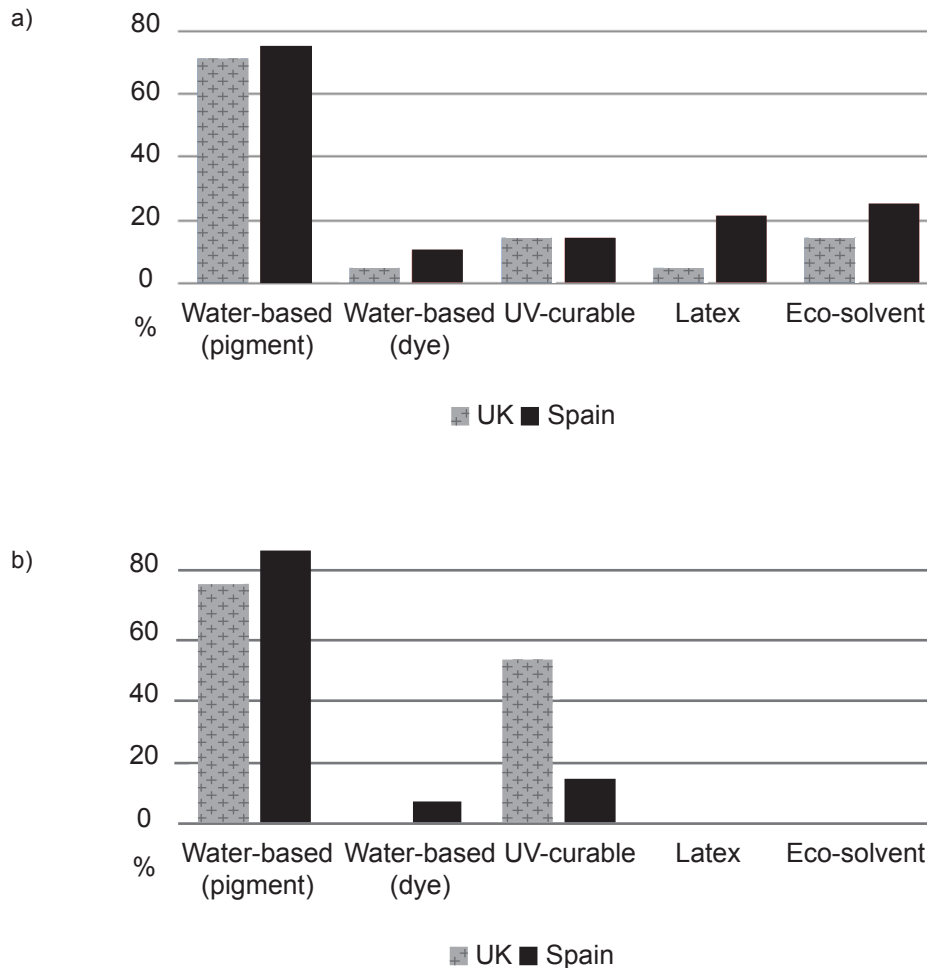


Figure 79. Inkjet ink types usually employed in digital print laboratories in Spain and the UK (a) and ink types employed by artists (b). Note that in general more than one type of ink is employed either by laboratories or artists

Paper is the most requested choice as printing substrate: Fine Art papers (FA) are the most frequently used by artists in both countries (92% in UK and 76.9% in Spain), probably thanks to their traditional use in the arts but also because of the variety in textures, tone, finish and thickness, which makes them a general preference in both countries. Resin Coated (RC) papers are much more appreciated by Spanish artists, being used by the 69.3% of the artists in Spain, while only the 8% of UK artists use them.

On the other hand, direct printing onto rigid substrates is becoming increasingly popular because the UV curable inks it employs are substrate independent which enables printing onto almost any kind of material. Its use is not yet widespread due to the high price of the equipment and inks required, such that only big laboratories can afford it. Data collected from laboratories point out a trend in rigid support preferences, which appear to be in the following order: foam Board, Dibond® and PVC (*Polyvinyl chloride*).

However, this trend somehow differs when focusing on the artists' responses, where Dibond® seems the most demanded, since the 34.6% of the Spanish and 20% of UK artists make use of it, followed by foam board, which could suggest a lack of precision in the responses given by some laboratories regarding fine art printing.

Differences between early career and more experienced artists appear when looking at material choice; foam board is one of the cheapest materials, and hence, a reason for its widespread use among young artists, despite of its susceptibility to degradation due to its composition, which means it should not be recommended on conservation grounds. Conversely, Dibond® is more expensive but it offers more stability, rigidity, ease of storage and handling (Penichon, 2004), so it is usually demanded by the more experienced artists, even though young artists also make use of it. Regarding other substrates, severe differences have been found between the two countries, as shown in Fig.80.

Mounting paper substrates is a common practice to provide rigidity and a way of displaying artworks without framing (Fig.81a). Mounts can be applied to the printed surface –face-mounted– where a translucent material such as PMMA ((Poly(methyl methacrylate)) is adhered, but mounts are also applied to the reverse of the print with other materials or from both sides of the image to encapsulate it. Although Spanish artists seem to be more prone to use Dibond® (43%), for reverse mounting, in general framing is still the preferred way to display digital prints, especially in the UK, as the artists' responses clearly indicate (Fig.81b). Other materials such as MDF (Medium-Density Fibreboard) are rarely employed due to its higher weight, and displaying the artworks as light boxes or in artists' books only appears to have been used by surveyed UK artists, suggesting differences between both countries.

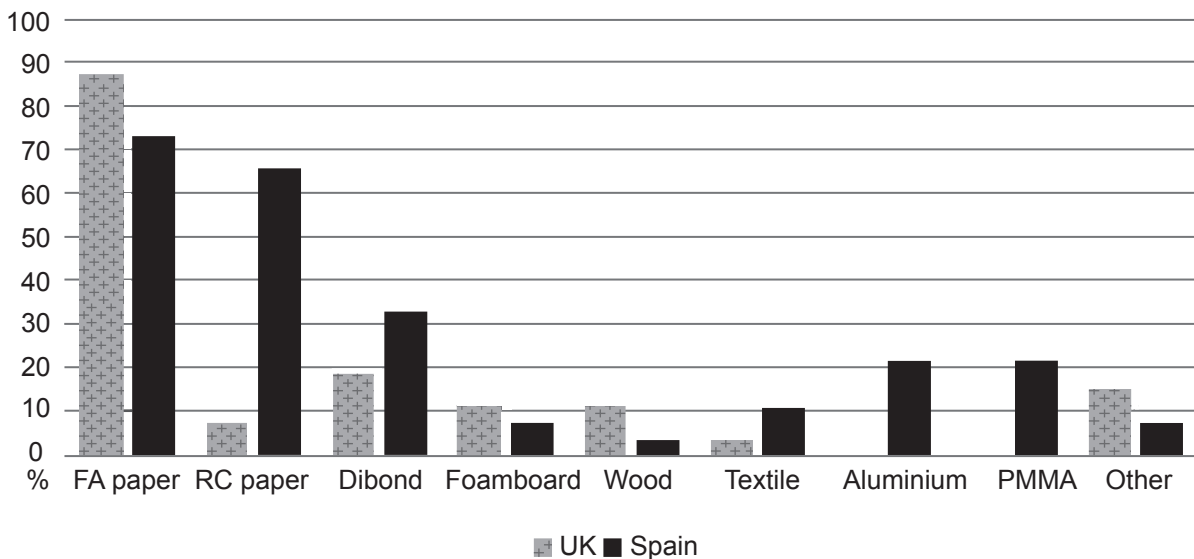


Figure 80. Substrates usually employed by artists for digital printing artworks. Substrate choice often depends on the desired finish

It is worth mentioning that 68% of the Spanish and 84% of the UK artists mix digitally printed images with other techniques (Fig. 82), adding complexity to these artworks and making them possibly more susceptible to deterioration. Regarding the type of mixed media used, in general while acrylic paint and inks prevail, it is possible to see a tendency to use a wide variety of processes, which indicates that many works have particularities that should be taken into account in order to conserve them appropriately in the future.

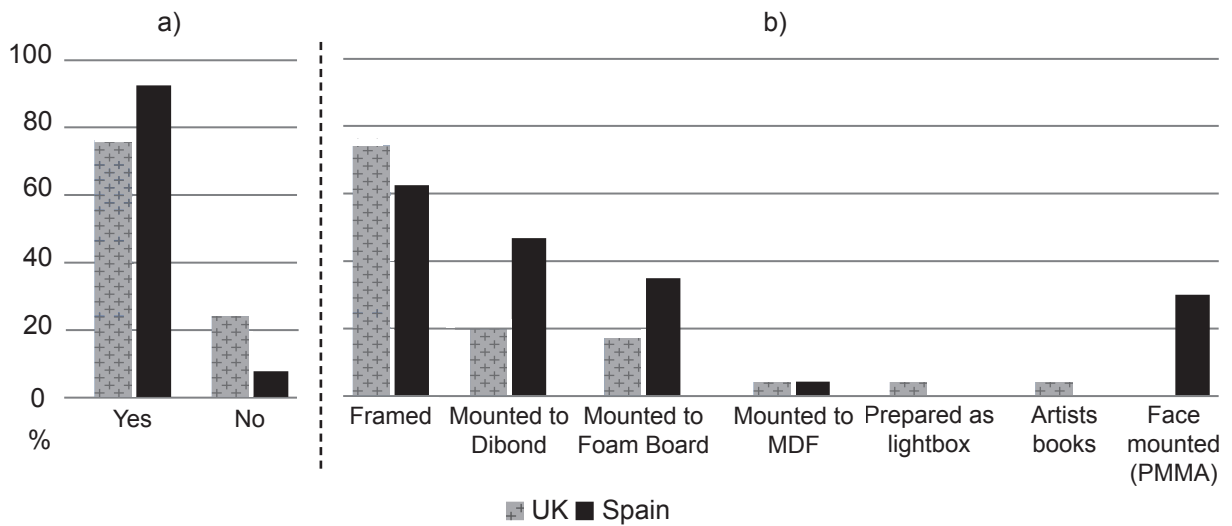


Figure 81. Survey results regarding mounting: (a) percentage of artists that mount or frame their works; (b) display techniques used by artists. Note that artists use varied exhibition systems depending on the artwork

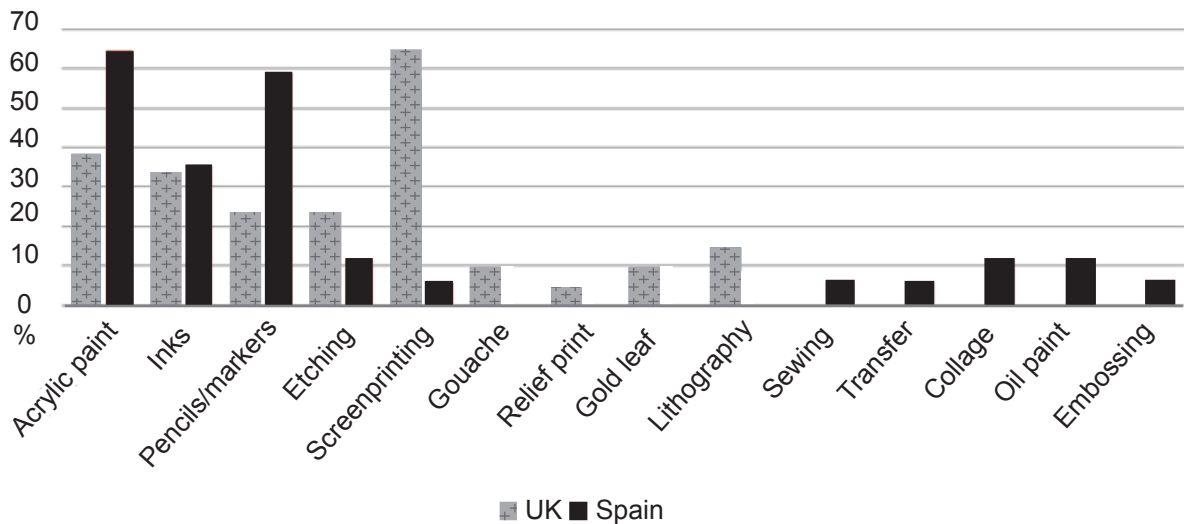


Figure 82. Materials and processes employed by artists who mix digital prints with other more conventional techniques

Half of the artists in both countries report applying protective layers to the surface to either protect the surface against external damage, enhance the colour or even the gloss all over the surface. However, according to the print labs, only a surprising 20% of the prints produced by them receive some kind of protective layer. The mismatch in the responses could be attributed to the difference in the way this final step is understood by the labs and the artists: artists consider framing a protective layer, beyond a displaying system, and usually print labs do not perform this kind of work (Fig.83). It is also possible to note that in the case of lamination there is a difference in the understanding of the technical specification; while print labs specify what kind of lamination techniques have been employed –normally pressure- or heat-activated– artists only mention the term lamination, which as in the case of the ink specification, somehow shows the loss of technical information, which has an impact in the future conservation of these artworks. Pressure-activated lamination is carried out by around 50% of the labs in both countries, while artists often prefer to use protective spray coatings, due to the ease of both acquisition and application by themselves.

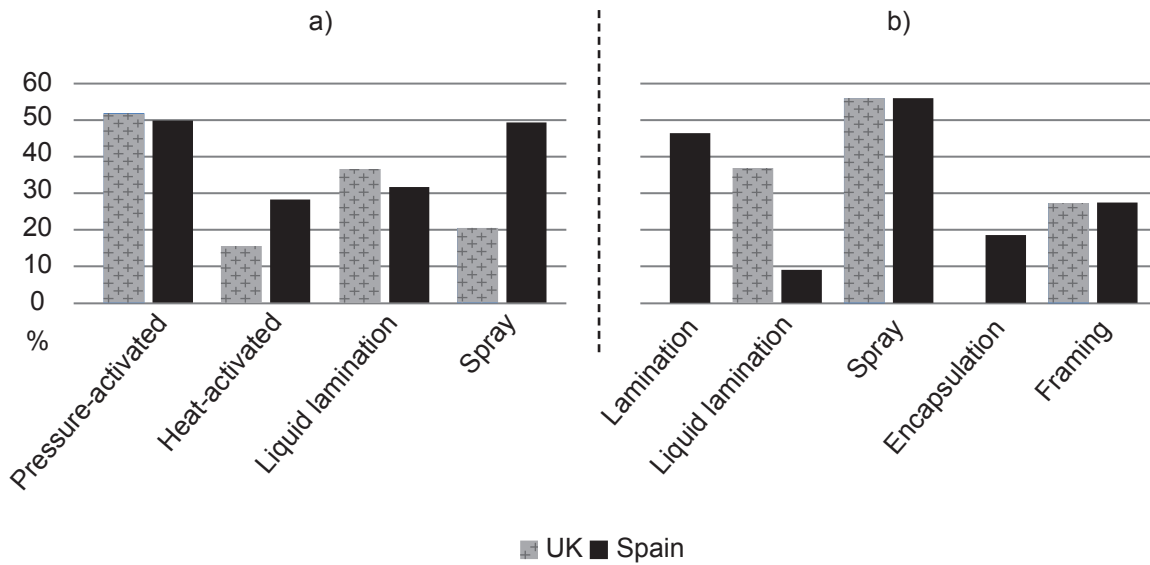


Figure 83. Protective techniques employed by print labs (a) and artists (b). Note that in all cases labs offer more than one technique, while artists select one or another depending on desired finish

1.2.2. On conservation issues

More than 30% of the consulted artists only perform limited edition series or unique and limited editions. In other words, artists tend to execute more exclusive works in order to maintain the artistic value of the print, despite the reproduction possibilities offered by the digital technologies. However, data show that in the UK artists tend to print copies on demand in addition to unique or limited series more frequently than in Spain.

The fact that the majority of the surveyed artists consider the print itself as the artwork reinforces these results. Only 34.6% of the Spanish artists and 20% in the UK consider both the print and the digital file part of their artwork. Moreover, while some artists always archive their digital files as Tiffs (24% of the British and 30.7% of the Spanish), Jpeg (28% of the British and 11.5% of the Spanish) or in both formats, the majority only archive Raw or software dependent files such as Adobe Photoshop's .psd. Each format has its own specificity based on the differences on image compression or image processing stage so, the image accuracy with respect to the artist's original idea could be different depending on the archived file, something which is important to understand when reproduction is considered as a conservation strategy.

For artists employing digital printing technologies colour accuracy also seems to be an important concern; the question 'Do you consider colour management as an important part of your work?' received 80% positive responses, but around 30% of them entrust colour management to the laboratories expertise (Fig.84), which might be the reason why some artists always work with the same print labs. Additionally, according to professionals working in certified Spanish print labs who work with artists on a regular basis, artists have on average, minimal or no knowledge of colour management and the most common errors are those related to the use of unprofiled, low gamut monitors, the misuse of colour profiles, the use of wrong colour models or poor management of file resolution, as reported in a previous study (Adrio, 2016). Moreover, the majority of the surveyed labs archive information of the printed works and 40% in the UK and 60.7% in Spain inform their clients about the materials and techniques employed for each print work. This is an important aspect to bear in mind in order to collect first-hand knowledge and information about the printing process for an artwork, suggesting that identifying the lab in which the print was made could be an interesting part of the registration process when a work enters a collection, especially given that some businesses disappear over time.

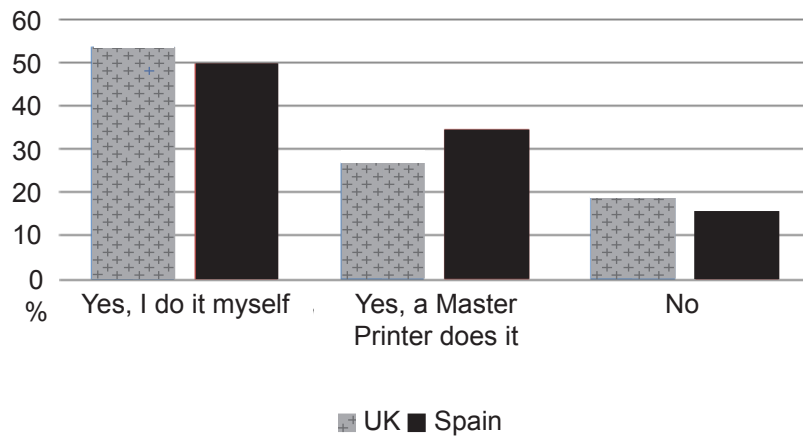


Figure 84. Percentage of the artists performing colour management of their artworks

In addition, 37% of the UK and 47% of the Spanish laboratories provide their clients with conservation guidelines related to storage conditions, mounting and framing, handling instructions and longevity as based on manufacturers advice related to image permanence regarding light, temperature and humidity. There is some differences between both countries, with UK labs paying more attention to mounting and framing advice, while the Spanish more often address issues such as the longevity of the materials. (Fig.85).

It is interesting to note how such advice can have an impact on the artists' views on conservation as shown in their responses to the question of how they determine that their works have deteriorated. Some stated more or less precise reasons such as *'when it is faded or damaged'* or *'when there is a surface scratch or other damage to the surface or substrate'*, but others express more subjective ideas such as *'when the print is not perfect any more'*, *'when it becomes hard to enjoy'*, *'if it is not as I want'* and *'when it is evident that the materials or the properties of the materials do not allow to see the work with the same quality as at the time it was produced'*. This makes it a difficult task for conservators to determine what deterioration is acceptable if they only follow an artist's statements.

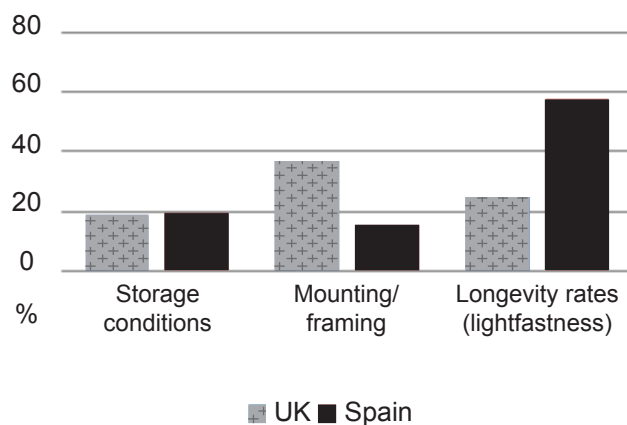


Figure 85. Conservation advice offered by print laboratories with regard to digital prints

In general all the artists agree that alteration to surface aspects such as colour and gloss, or scratching and scuffing seem to be the most important reasons to determine that the work is damaged and unsuitable for display. Where 19.2% of the Spanish and 28% of the UK artists asserted things such as *'I do not expect this to happen as I use archival pigment inks'* or *'I trust the stability of paper, but accidents may happen'*, they demonstrate how the information provided by the manufacturers influence their material selection, even when the permanence of such media has not been fully tested (Sheppard, 2005).

In this regard, 80% of the respondents would accept an artwork's reedition or reproduction as a restoration process while the remaining 20% did not have a concrete answer. Around 4% in each country felt reluctant to reproduce their work because of the complexity involved or because of sentiments such as *'I think artists prints require very limited editions, otherwise what determines it's not commercial print?'* Of those willing to make reprints the majority would provide the file from which to print the new copy (73% in Spain and 56% in the UK), and some expressed that they would print it themselves, thereby preventing conservators and other stakeholders collaborating in the process. For 46% of the Spanish artists and 28% of UK artists the characteristics of the new print should match the old by using the same technology, printer, settings and materials, even if some of them are aware that this could become more difficult as time goes by. Conscious of such problems, almost 12% of the artists think they should supervise the process to control the new print and that in order to preserve the new edition, previous copies should be destroyed. Such statements raise questions in cases where an artist passes away and leaves no clear instructions about the reproduction process, but these issues, while very interesting, are outside the scope of this research.

When asking if, in their opinion, the market value of the reproduced artwork would be affected, 61.5% of the Spanish artists and 44% of the UK artists assumed that it would not. However 16% of the respondents from both countries were unsure about this issue, which suggests a potential cause as to why some artists have doubts about reproduction and do not accept it as an appropriate conservation action.

1.3. Conclusions

Printing laboratories have a prominent role in artistic creation regarding digital printing. In addition, artists usually resort to using the same laboratories, turning them into interesting sources for reliable data about the materials and processes used in the artworks.

As for approximately 25% of the artists both the print and the file are part of the artwork, it is necessary to consider not only to the conservation of the print, but also of the data, in order to preserve the artwork as a whole.

Clear distinctions between young and experienced artists have been shown regarding the choice of materials. While young artists make selections based on economy, experienced artists, especially those who are internationally recognised, care more about the quality of the materials used. However, some trends appear to be common to both; inkjet water-based (pigment) printing on fine art paper is the most preferred combination among artists in both countries, followed by RC papers. Printing on rigid substrates with UV-curable inks seems to be increasingly accepted and it can be reasonably expected to have a greater presence in museums and collections in the coming years. With regard to the differences between countries, not many are discernible and in general they are more related to slight variations in the percentages, showing that choices have more to do with the particular working methods of artists than any particular cultural history or development.

It is interesting to note how the technical and material specifications and their terminology get blurred as long as the artworks change hands from the print lab production to the artists themselves. This slide in definition can become more pronounced if the work enters the art market, and is passed

through galleries, making the correct identification of the materials that compose the artwork even more difficult and therefore, the application of adequate preservation strategies trickier.

All this raises the need for further research regarding the ageing processes that such complex artworks could undergo, especially in relation to colour changes and other surface alterations, in order to establish appropriate conservation measures for them.

In this context, some artists understand that while reproduction appears to be a good option as a conservation strategy –as long as the new print meets the expectations in terms of material similarity to the original work, especially in relation to surface appearance– the preservation of many original features is a very complicated issue. Nevertheless there are still some artists reluctant to accept the reproduction of their works maybe fearing the work could lose its value in the market.

2. Light induced ageing on digitally printed materials

2.1. Objective

The aim of this experimental section is to analyse how different digitally printed paper and rigid materials perform to light accelerated ageing test. The behaviour of the different printing materials, according to their characteristics, and the effect of this behaviour on the stability of the CMYK colour prints is assessed.

2.2. Experimental design

Material selection for this experimental research has been made according to the information gathered from the interviews performed to artists and labs, and the literature review. Seven different ink/substrates combinations were selected: Foam Board, ACM, PMMA and PVC directly printed using a UV-flat printer, Aluminium printed by thermal (dye sublimation) process and Fine Art (FA) paper and RC paper substrates by using water-based pigmented inks. FA paper and RC paper samples have been printed twice, so one set of samples remains as it is while the other is laminated with a pressure-sensitive adhesive (PSA) matte PVC plastic material. Each ink/substrate combination sample measures 70 x 150 mm and contains CMYK colour patches plus a blank square framing a specific area of unprinted substrate. Samples were left to dry after printing for two weeks in the dark at room temperature. After that, they were subjected to 1344 hours (8 weeks) of xenon-arc lighting, to simulate daylight through a window glass, in a Solarbox1500 chamber under controlled temperature and humidity (23°C ±2 and 50% ±3) according to ISO 18937:2014, and UV window glass filter at 310 nm. Previous studies on the effects of light on digital prints (Venosa, Burge and Nishimura, 2015) suggest that an assessment of OBA loss over time would be necessary to determine at which point OBAs lose their functionality. Taking this into account, in this accelerated aging test the duration of the test has been extended from 6 to 8 weeks, and weekly reflectance measurements have been taken to know more precisely at which point the loss of OBAs starts to be detectable. Results of accelerated lightfastness test were reported in terms of colour change and reflectance of the substrates. All the methodological aspects are explained in detail in Chapter 3. In order to reduce the number of samples to be handled during the experiment, no mounted specimens were tested at this point.

2.3. Results and discussion

The results obtained from these tests are evaluated in relation to the behaviour of the substrates on the one hand, and taking into account the stability of the printed colour patches on the other hand.

2.3.1. Substrates

The presence of Optical Brightening Agents (OBAs) in some of the studied substrates is an important issue to bear in mind while performing and evaluating light stability accelerated ageing tests. Usually material suppliers do not clearly state their presence nor their composition, but they are easy to detect by using a UV light source (black light); substrates with OBAs show bright fluorescence under UV light whereas materials not containing them will not exhibit any fluorescence. Homann (2009) explains that it is also possible to detect if paper substrates contain OBAs or not, based on the colorimetric values measured with a spectrophotometer: typical values for OBAs free papers range between $-1 < b^* < 1$, whereas the bigger the negative value in b^* , more OBAs the paper has. When the content in OBAs results in $b^* < -3$, colour management becomes more complicated, so this is an issue to be considered not only in terms of changes in the appearance of the print, but also in terms of its reproduction. In the materials tested in this case, only RC paper ($b^* = -14.59$) and PVC ($b^* = -5.3$) contain these substances (Fig.86).

Colour changes in some materials are directly affected by the presence of OBAs; PVC substrate (Figure 87a) shows the biggest reflectance change in the 430-460nm wavelength range, the blue region in which usually OBAs play their role, giving the optical sensation of brighter or whiter surfaces. The biggest loss occurs at the sixth week, where the reflectance is reduced $64\% \pm 4$ on average respect to the initial rates. By the end of the test, this material loses an average of $73.7\% \pm 4$ of its reflectance in this region, inducing a big colour change ($\Delta E = 40,25$) in the surface, turning it yellower ($\Delta b^* = 35,8$), as seen in Figure 87b.

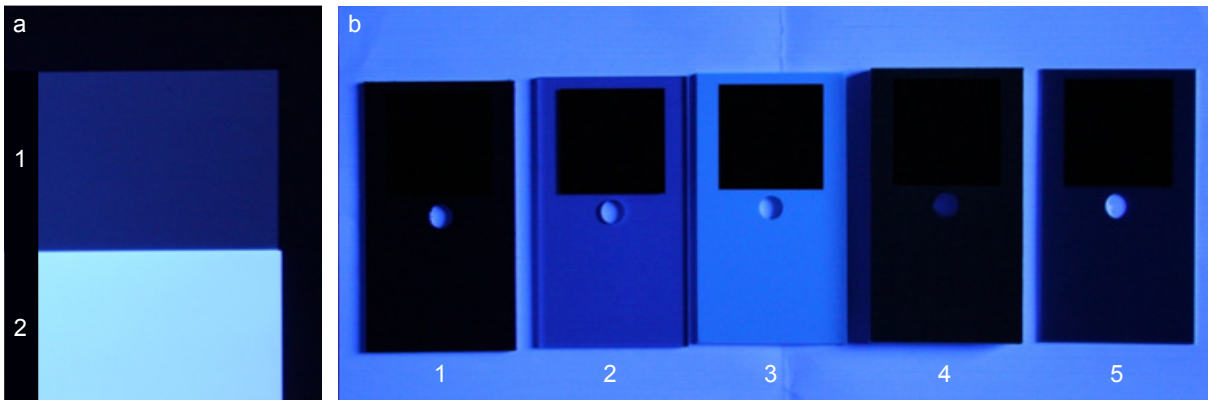


Figure 86. Tested samples under UV light. Paper substrates (a): 1) Fine Art; 2) RC. Rigid Substrate (b): 1) ACM; 2) PMMA; 3) PVC; 4) Foam Board; 5) Aluminium

RC paper proves to be more stable in this sense, since the reflectance in the OBAs active region at the end of the test decreases only by $22\% \pm 5$ on average. This deterioration of OBAs occurs mainly during the first week of the test performance, as shown in Figure 88a, which has a direct effect in the changes regarding colour perception at early stages (Fig.88c), showing a $\Delta E = 5.94$ after only one week of accelerated ageing, and reaching $\Delta E = 11.31$ at the end of the study.

Comparing these results with those obtained with the RC laminated paper, it is possible to distinguish that the laminate somehow reduces the initial brightening effect of OBAs in approximately 12% because it filters UV light inhibiting the real function of this additive, which raises the question of whether or not it is appropriate to laminate this type of paper support. Furthermore, despite the slower reflectance decrease in the blue region for the laminated sample, which takes place at an average of

1,5% per week, it ends up reaching almost equal reflectance percentages and similar b^* values than non laminated paper (Figure 88b and 88c). Similar results were obtained in previous works when testing UV blocking glass or UV coatings on digital prints, indicating that these materials slow down OBAs degradation but do not prevent it, in part because other wavelengths than UV interfere in the process (Chovancova-Lovell, Fleming and Carlick, 2006; Venosa, Burge and Nishimura, 2011). However, when assessing the overall colour change, RC paper shows a higher overall change ($\Delta E=11.31$) than the laminated sample ($\Delta E=6.42$), indicating that laminates perform long term protection of colours from fading, and therefore, plays an important role even though it may initially cause a loss in lightness.

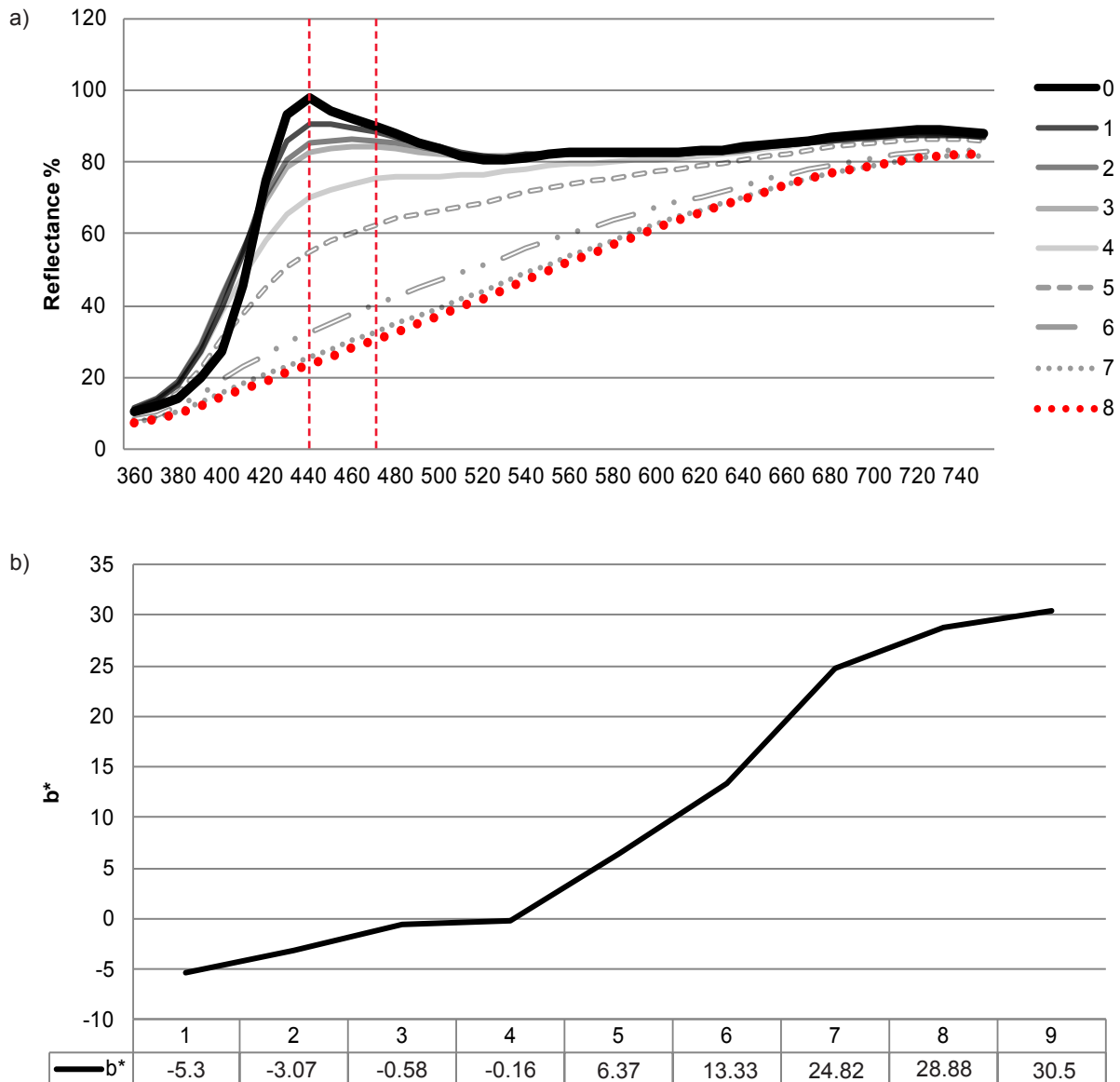


Figure 87. Evolution of the spectral data (a) and b^* values of the PVC support during the eight weeks of the light-fastness test (b). Red vertical dashed lines indicate the visible wavelength range in which the OBAs produce their brightening effect

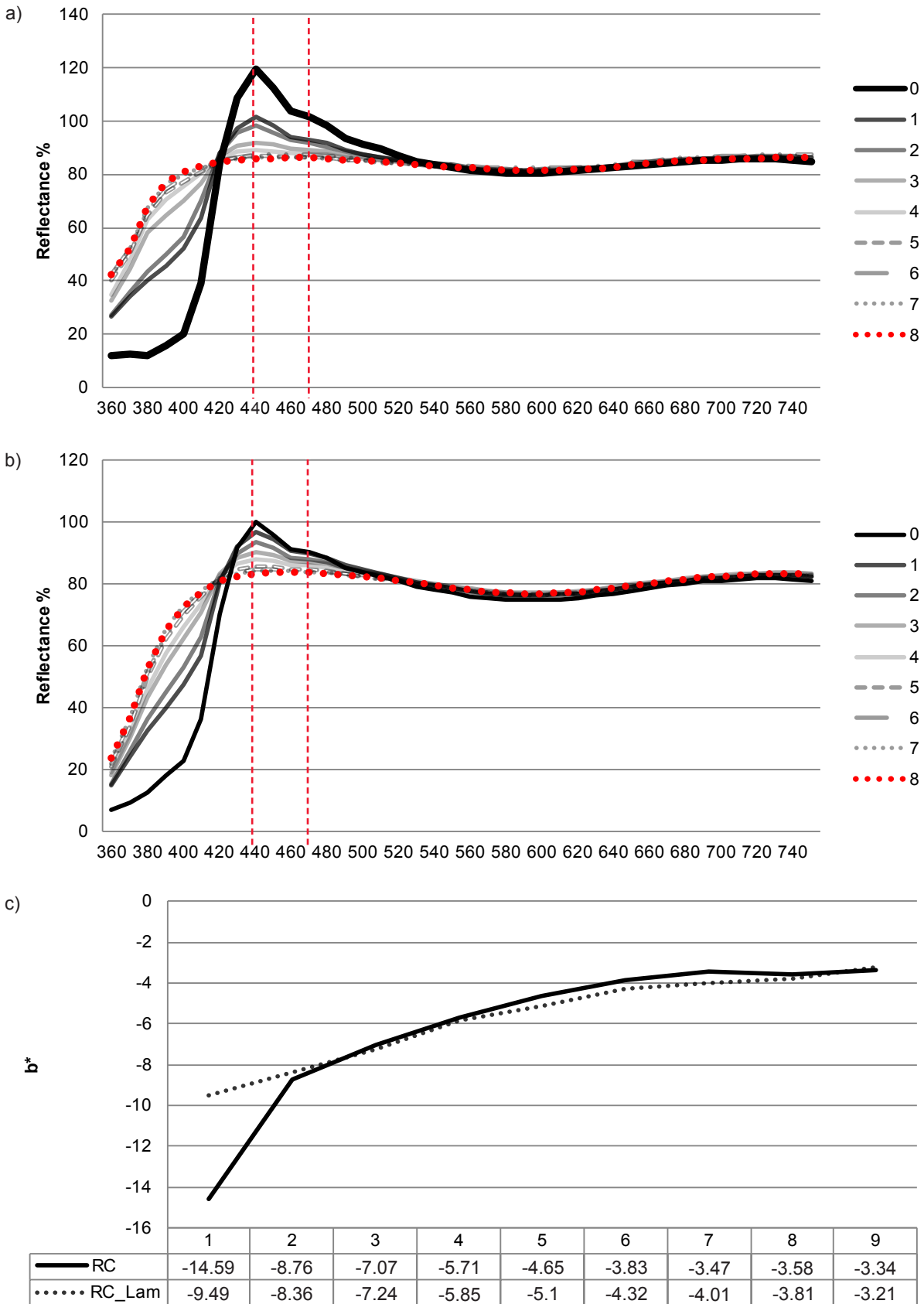


Figure 88. Evolution of the spectral data of the RC paper (a) and the same paper substrate laminated (b) over the light stability test during 8 weeks. Red vertical dashed lines indicate the wavelength in which the OBAs produce their brightening effect.(c) Changes occurred in the laminated and non-laminated RC substrate regarding b* parameter

In paper substrates not containing OBAs, such as the selected FA paper, overall changes remain imperceptible throughout the test ($\Delta E=1.66$) whereas the same laminated sample suffers bigger variations increasing overall change 3.8 times ($\Delta E=6.28$) towards a bluer surface (b^* axis) while the rest of the parameters remain stable (Fig.89).

This suggests that the lamination material itself turns bluer due to its UV light protective substance in composition. In fact, both laminated paper substrates, show almost the same change degree in Δb^* (RC=6.28 and FA= 6.14), but the shift takes place in the opposite way according to the specific composition of the paper substrates. FA does not contain OBAs so, as lamination material turns bluer, so does the substrate. On the contrary, RC paper yellows as long as OBAs are destroyed; when RC is laminated, OBAs destruction diminishes but it is not possible to clearly determine whether yellowness in laminated RC paper reduces due to the protection offered by the lamination material or due to the bluish tone this material seems to take during light exposure.

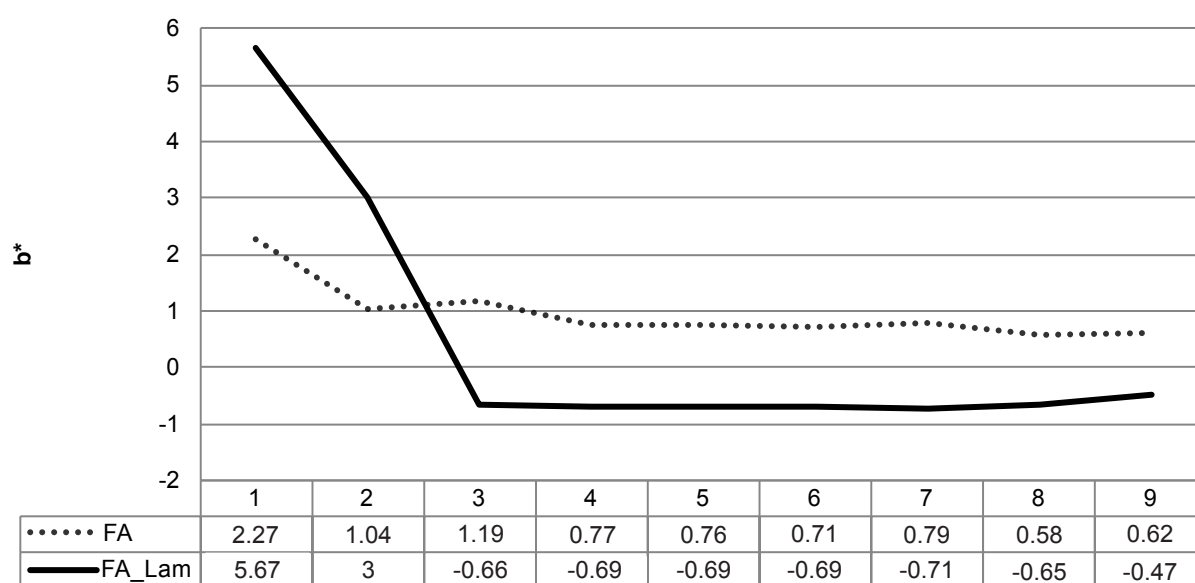


Figure 89. Differences registered in b^* values between FA paper and laminated FA paper

PVC and polyurethane (PUR), which began to be produced after the Second World War, are widely employed today in all kind of objects, however, and along with the observations made during this test, they are identified among the most unstable plastic materials in museum collections (Shashoua, 2008).

Foam boards have a core composed of polyurethane, which has low light stability. It is mainly deteriorated during UV exposure, causing photo-oxidation that changes its colour and turns the polyurethane foam brittle and crumbling (van Oosten, 2011) (Fig.90). However, despite the strong degradation of the core, the surface does not reflect this change thanks to the paper layers that avoid colour interferences between the foam core and paper surface. In this way, surface overall change in b^* axis is not significant, with $\Delta b^* = -1.18$ after eight weeks of accelerated aging, causing an imperceptible global change of $\Delta E=2.26$.

It is worth mentioning that in general, most supports remain stable except for those containing OBAs in their composition or laminated ones. After test performance ACM and aluminium substrates continue invariable, with overall colour changes (ΔE) of 0.85 and 0.73 respectively, proving to be the most stable to light induced degradation.

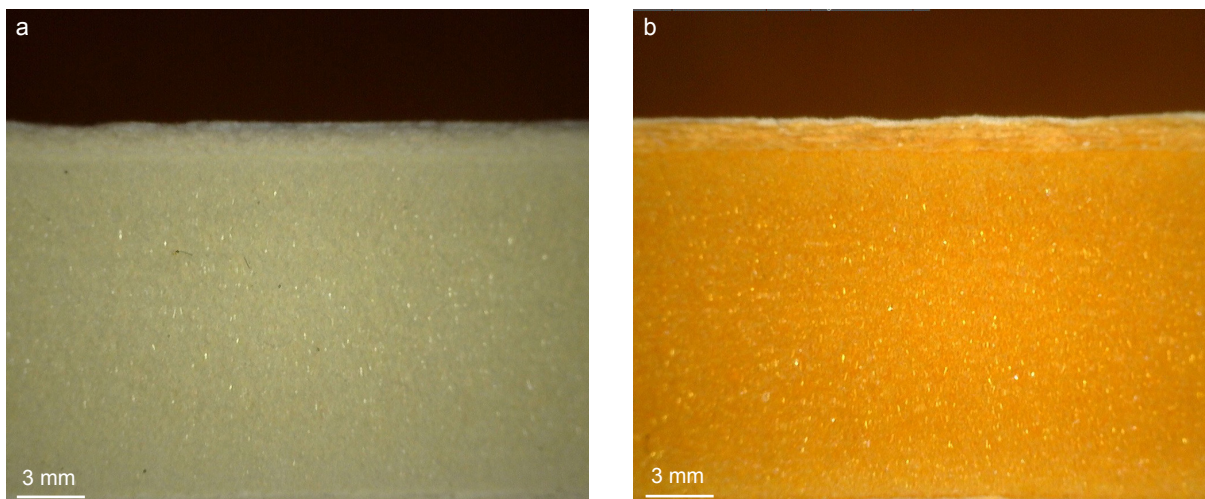


Figure 90. Foam Board before (left) and after (right) 8 weeks to xenon-arc light exposure

2.3.2. Printed colour patches

Yellow is the less lightfast colour in almost all the ink/substrate combinations tested (Table 15); this is in line with the information found in literature, which indicates that even the widely employed pigment (PY74) has little light stability (Shaknovich y Belmont, 2010). These results have also been confirmed in previous experimental studies by Venosa, Burge and Nishimura (2016). Overall, the yellow colour suffers the biggest shift when applied on substrates receiving the ink on paper, such as foam board, FA and RC, which makes them especially vulnerable to light (Fig.91). Among them, FA and RC paper substrates are the most prone to colour change because of the employed ink type (water-based ink), exhibiting ΔE values of 55.67 for RC paper and 80.66 for FA. However, the actual colour change produced on the yellow patch printed on RC could be obscured as this support tends to yellow, so in reality, the overall colour change of the patch would be even greater than what the actual spectrophotometric measurements indicate. On Foam Board, the colour shift on the yellow patch exceeds the acceptable colour change ($\Delta E=3$) by a factor of eight, clearly showing the weakness of the colorant on this specific substrate, while the rest of the colours show lower alteration.

Table 15. Overall colour change (ΔE) of the colour patches in each tested substrates after 8 weeks of light accelerated ageing test

	FA	FA (Lam.)	RC	RC (Lam.)	Foam board	PMMA	PVC	ACM	Aluminium
C	16.9	13.91	9.94	4.96	5.11	7.86	15.64	5.66	12.85
M	17.13	6.6	22.16	6.98	2.5	4.35	27.32	5.21	12.49
Y	80.66	11.89	55.67	17.62	39.4	10.36	5.88	10.5	16.99
K	0.37	0.92	2.32	1.38	5.82	7.99	8.85	5.9	22.7

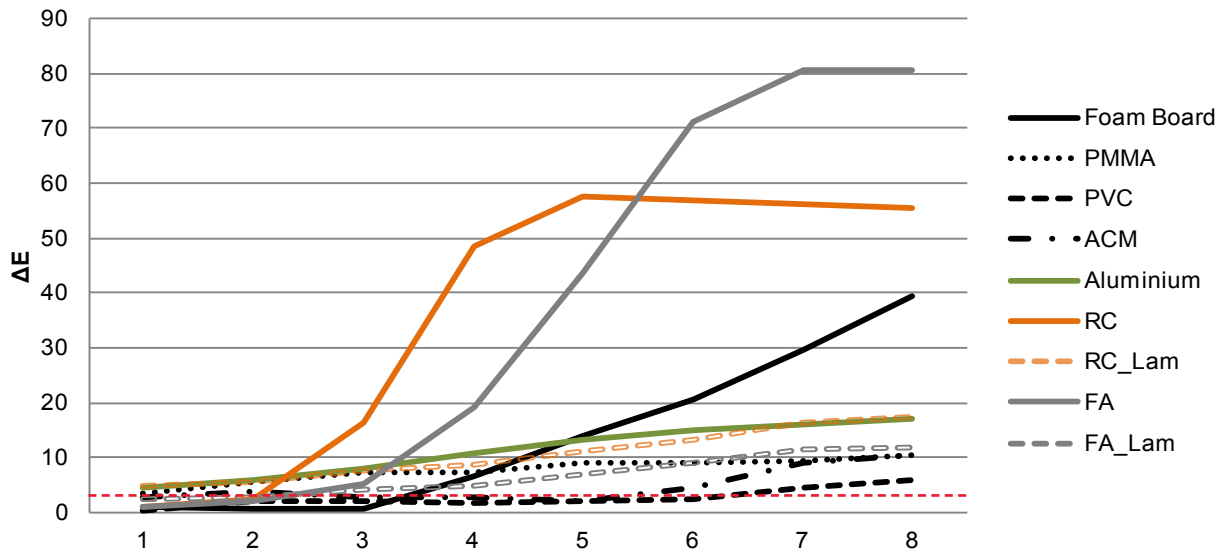


Figure 91. Overall colour change (ΔE) of the yellow patches in tested materials. Red dashed line indicates the point at which changes start to be perceptible by the human eye ($\Delta E=3$)

In the yellow patches the main alteration occurs in b^* (Fig. 92), with an almost complete colour loss in all non laminated paper substrates, showing Δb^* values of -55.16 for RC and -79.85 for FA, and considerably lower values for laminated supports with a $\Delta b^*=-17.04$ for laminated RC and $\Delta b^*=-10.82$ for laminated FA paper, presenting once again strong difference between laminated and non-laminated substrates, indicating that UV lamination protects colours from fading.

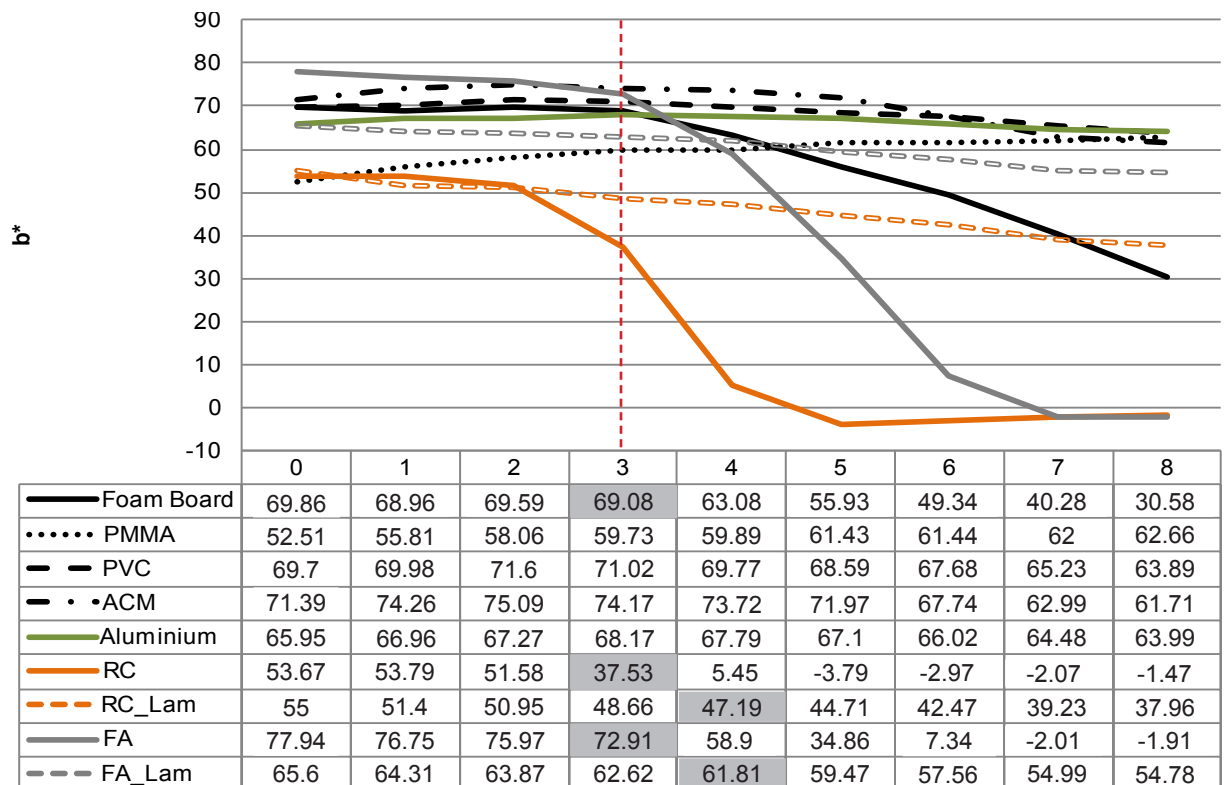


Figure 92. Colour changes occurred in b^* axis in yellow patches of all tested materials. Highlighted numbers and the red vertical dashed line, indicate the moment when colour change begins to be noticeable

There are some exceptions to the instability of the yellow colour. Laminated FA, PVC and Aluminium show greater colour deviations for other ink colours rather than yellow. Cyan colour in laminated FA double the colour change occurred in yellow patch, but this result could be more attributed to the aforementioned tendency of lamination material to become bluer under light exposure than a real colour alteration of the colour patch.

In the case of the Foam Board, strong changes occur ($\Delta b^* = -39.28$) that also affect in the same rate to Chroma (C^*), giving as a result a duller colour. In contrast, the yellow patch printed on PMMA is the only one that has increased in b^* , probably due to the yellowing of the support itself, as most of the plastics tend to do.

Colour changes in RC, FA and Foam Board yellow ink/support combinations reach significant levels from the third to the fourth week on. For the rest of the combinations, except for aluminium as will be explained later, the alterations occur progressively and in a more subtle way, with a weekly change average of $\Delta b^* < 1$, until the end of the ageing test, indicating that UV curable inks show higher stability.

Therefore, lamination enhances the cyan colour patch, giving as a result, a higher Chroma. In PVC cyan and magenta are clearly the most altered colours, probably because the support itself yellows considerably, causing an interference in the tone of these colour patches, while the yellow patch shows a much smaller change for the same reason.

In the case of the aluminium support, black is the most light sensitive colour, followed by yellow. The black colour undergoes the greatest change as it turns brownish due to an overall change in all the measured parameters; it becomes lighter and the chroma increases between yellow and red axes, mainly from the fourth week on (Fig. 93). Although it is not easy to find exact data regarding ink compositions, some authors indicate that due to the difficulty in obtaining neutral black hues, the composition of this ink colour is usually made up of a mixture of blue, red and yellow or orange dyes (Aspland, 1993; Akkurt, Benli, Balbasi and Alicilar, 2008; Fryberg, 2005; Gulrajani, 2011). Because of that mixture catalytic fading can occur when one of the dyes in the mixture transfers the absorbed energy to another dye at a lower energy level, and this dye in turn is then subjected to singlet oxygen-induced fading at an accelerated rate (Fryberg, 2005). This could be the reason why the black patch on aluminium has been highly affected, on the contrary to what happens with the rest of the samples, such as paper substrates printed with water-based pigment inks. In the substrates with water based inks black colour exhibits the best light fastness with $\Delta E < 2$ in all cases, being not perceptible for the human eye; moreover, in the Fine art paper this change does not reach $\Delta E = 1$. This strong light fastness has to do directly with the composition of the ink, since the pigment usually employed is carbon black, known for its permanence against light. On the contrary, rigid substrates (foam board, PVC, PMMA and ACM) show higher ΔE values for the black patches, even if carbon black is the usual pigment employed in UV curable ink formulations. This could be possibly explained due to the interactions happening between the ink composition, that is, the vehicle and the pigment type employed for the ink production, and the specific characteristics of the rigid substrates. In this way, bigger changes take place in plastic substrates, which as previously mentioned, are known to be among the most instable materials.

Cyan and magenta also become much lighter at the end of the test performance in the aluminium support, showing ΔL^* values of 12.6 and 11.67 respectively, which are similar to the values exhibited by the yellow patch ($\Delta L^* = 10.33$). These coincidences in lightness variations possibly lie on the fact that dye-based inks for thermal (sublimation) technologies are embedded in a polyester layer, which somehow protects the dyes regardless their nature or mixing (Gürses, Açıkdiz, Kübra, Gürses, 2016) avoiding chromatic alterations to some extent, but inevitably destroying them in terms of luminosity, as data regarding L^* axis indicate.

In the case of the colour patches printed on FA and RC, magenta and cyan are also very vulnerable, reaching the magenta a $\Delta E = 22.16$ in the RC paper. The composition of the pigments is crucial here, as magenta is usually composed of quinacridone organic pigments, which are relatively

weak, whereas for cyan phtalocyanine blue is employed for most of the manufacturers, a pigment which may turn its colour to a redish hue due to the bronzing effect caused by the copper used in its fabrication (Magdassi,2010).

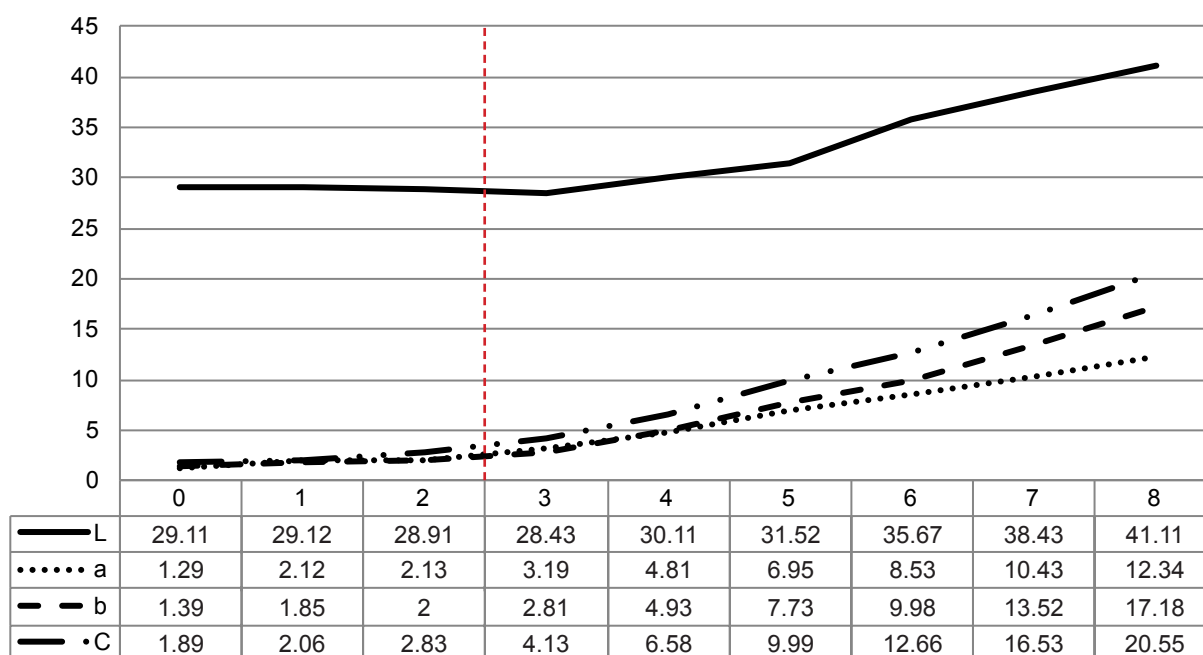


Figure 93. Colour changes occurred in aluminium black patch. Dashed red line indicates the point in which colour change starts being noticeable ($\Delta E=3$)

2.4. Conclusions

The presence of Optical Brightening Agents (OBAs) despite offering greater whiteness to the substrates, they lose effectiveness over time even when they are protected with some kind of UV filtered material such as the PSA lamination foil employed in this test.

Due to the difficulty to control the material selection that artists make, which is usually motivated by aesthetic or economical reasons, artworks containing these substances should be especially controlled regarding light exposure, in order to avoid as far as possible a generalized and irreversible chromatic alteration of the work. In turn, the control of the lighting prevents the activation of the OBAs, so the artwork could not be completely enjoyed, raising an interesting debate to explore further.

Surface protection materials, such as laminates, seem to act as a barrier against the deterioration caused by light, and even if not completely blocking its effect, they do slow down and reduce the colour fading. On the other hand, the lamination foil used in this test may have been affected by light becoming bluer, which would eventually affect the appearance of the print. In order to assert this question, further research on the effect of laminates and other protective materials that are applied directly to the surface of the prints is found necessary.

Although most of the substrates (except PVC and RC due to its OBAs content) remain colorimetrically stable throughout the tests, the printed colour patches undergo important alterations depending on the type of colorants, ink compositions and the synergies produced between ink and support. Thus, the same pigment used to produce different types of inks for printing on different substrates shows different stability, indicating that it is essential to assess the stability of each specific ink-substrate combination; example of this, is the case of the carbon black pigment employed to produce water-based

and UV-curable inks. Whereas in the case of dye-based inks embedded in the polyester layer of an aluminium substrate, differences in ink behaviour have more to do with colorant composition or mixture rather than with interactions between ink and substrate.

Printed paper substrates, regardless of their OBAs content, are by far the most susceptible to chromatic changes even if lamination seems to offer some protection in this sense. These are followed by prints made on aluminium and PVC, so they require more attention regarding their exposure to light. The rest of the tested printed substrates exhibit a much better light stability, being ACM the most stable throughout the 8 weeks of testing, an generating therefore fewer problems and needs regarding its exhibition in a museum context.

Despite the higher resistance of rigid substrates to light fading, PVC and Foam Board are affected to a greater extent. Both, composed of plastics, show poor stability over time, so in case they are employed as printing substrates, the artworks will be irremediably affected. In the case of Foam Board, it will crumble and lose resistance so extreme attention should be paid to it during handling, as any incident may deteriorate the print irreversibly. PVC modifies the overall tone of the work, generating unwanted colour tacks that may affect the message of the work of art.

3. Abrasion resistance of digitally printed materials

3.1. Objective

The main goal of this experimental test is to analyse the behaviour of digitally printed paper and rigid materials to surface abrasion, as this is one of the main problems faced by the artworks produced by means of digital printing devices. This damage can occur during exhibition, but mainly during the process of mounting, storage and handling and not only produces marks on the surface, but also colour and gloss changes due to smudging and scuffing, so the printed surface could vary enormously, probably distorting the artists' intention. Differences in the sensitivity of the tested substrates to two kind of protective materials usually employed for conservation purposes (polyester sheet and non-woven material) could provide further insights in the selection of the most appropriate material in each case. Furthermore, the difference in price between the two protective materials could also be taken into account for their better use and a greater cost control within a museum context.

3.2. Experimental design

Seven materials were selected according to the results obtained in the survey explained in section 1 of Chapter 7: Foam Board, ACM, PMMA, PVC, Aluminium, Fine Art (FA) paper and RC paper; the first four materials have been directly printed using a UV-flat printer, aluminium was printed by thermal (dye sublimation) process and paper substrates by using water-based pigmented inks. In order to give some extra protection to the surface of paper substrates against abrasion and other external agents, sometimes pressure-sensitive adhesive (PSA) laminates are applied. For this research a set of samples of both, FA and RC papers, have been laminated with a matte PVC.

Each sample was designed with a circular shape of 120 mm of diameter, to fit the abrasion tester, and separately printed with each of the CMYK colour patches, plus a blank (W) sample to check the differences between printed and non printed materials; the patches, located on one side of the circular samples measure 35x35 mm (Fig. 85). A polyester sheet of 75 microns, usually employed for photograph enclosures, and a non-woven synthetic polypropylene fabric laminated with polyethylene (15 gsm), usually employed for packing artworks were tested as receptor materials in the abrasion test.

Abrasion was produced using an appropriate tester at 60 cycles/minute for a duration of 40 cycles per sample. The test produced abrasion by means of a rotating pair of wheels (500g load)

covered with the receptor materials and rotating onto the specimens.

According to ISO 18947:2013(E) colour and gloss measurements of the specimens were made before and after the abrasion test. Measurements were carried out on the colour patches and on the adjacent white areas, and in order to complete the surface assessment also Optical microscopy and AFM were employed. AFM is an extremely accurate tool for measuring surface roughness of the materials at nanometric scale. Because gloss and surface roughness are inversely proportional, AFM is thought to be an interesting complementary tool to understand the changes occurred regarding gloss measurements. All the methodological aspects are explained in detail in Chapter 3.

3.3. Results and discussion

Since abrasion affects a number of issues relating both colour and gloss of printed surfaces, the results have been divided according to these two main blocks.

3.3.1. Colour change

All the non printed substrates tested show negligible colour changes ($\Delta E < 1$), and they can be thus considered abrasion resistant. Among them, rigid supports behave similarly when abraded with one or another receptor material, however, paper substrates are more affected by non-woven, doubling the colour change produced by polyester. This is in line with previous research carried out by Nishimura, Salesin, Adelstein and Burge (2009) where polyester seemed to be the less abrasive material for paper substrates.

When analysing the abrasion resistance of printed substrates, clear differences appear on the colour patches. Water-based pigmented inks printed on FA proved to be by far the most susceptible among all studied combinations. Magenta suffers the biggest colour change ($\Delta E = 11.32$), followed by cyan ($\Delta E = 6.78$) and black ($\Delta E = 5.45$), when abraded with non-woven receptor material (Fig.94a). The same trend is observed when the polyester sheet is used as the receptor material, even if colour after abrasion is on average reduced by 50% (Fig.94b). Noticeable differences also occur regarding luminosity (L^*) in FA, mainly because of the colour transfer to the non-woven receptor material, reaching up to a $\Delta L^* = 19.66$ for the magenta colour, a $\Delta L^* = 13.71$ for the cyan and a $\Delta L^* = 5.54$ for the black (Fig. 95); this increase in L^* consequently shows a decrease in Chroma, giving as a result a lighter colour.

Additionally, smudging and colour transfer only occurs in the case of paper substrates, where the ink is directly bond to the paper, unlike rigid substrates where the UV-inks form a polymeric surface that is much more resistant to abrasion and, therefore, to smudging and colour transfer. While abrasion with the polyester sheet do not induce significant colour changes in the white areas adjacent to the abraded colour patches ($\Delta E \leq 0.2$), non-woven material causes a higher smudge only on the yellow colour patch, generating a total colour change (ΔE) close to 10 in the white adjacent area, mainly induced by differences in b^* and C^* values as shown in Figure 96. The rest of colours do not smudge to adjacent areas.

Colour patches printed on RC paper showed in general a higher abrasion resistance than FA, with much lower colour changes ($\Delta E < 1$), probably due to its structure where PE layer(s) somehow protects the inks from being abraded. In this way, the changes observed in RC regarding smudging and colour transfer for the yellow colour are slightly more pronounced in FA. In the rest of the colour patches, the increase in a^* or b^* values do not happen, where $a^* < 1$ and $b^* < 1$, suggesting that yellow water-based ink is less durable to abrasion, as to other deterioration agents. The initial bluish tone of the RC paper ($b^* = -14.59$) because of its OBAs content, is somehow neutralized due to the displacement of the yellow colorant, giving as a result a whiter surface, and this is the reason why it has direct effect in a reduction in C^* .

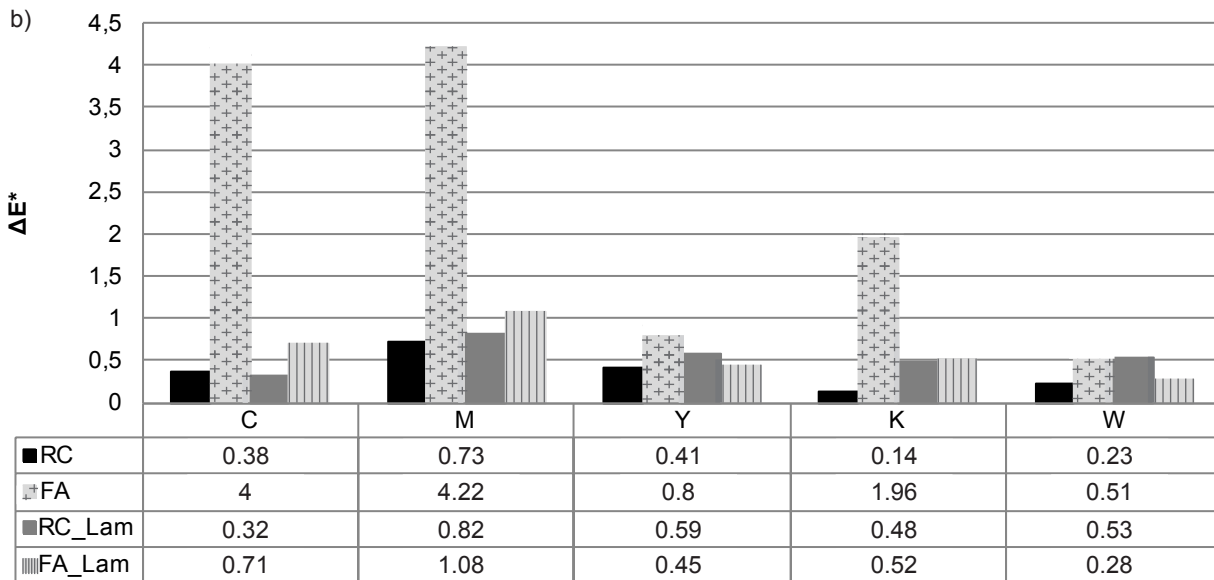
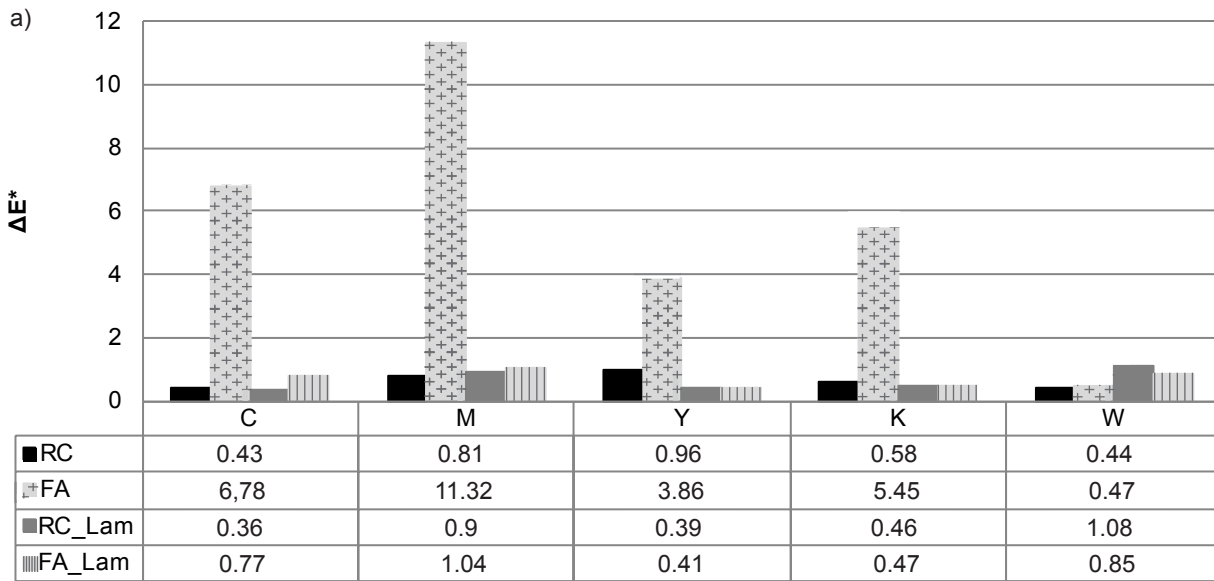


Figure 94. Overall colour change in colour patches of paper substrates after abrasion with non-woven material (a) and polyester sheet (b). Dashed line indicates the point in which colour change starts being noticeable ($\Delta E=3$)

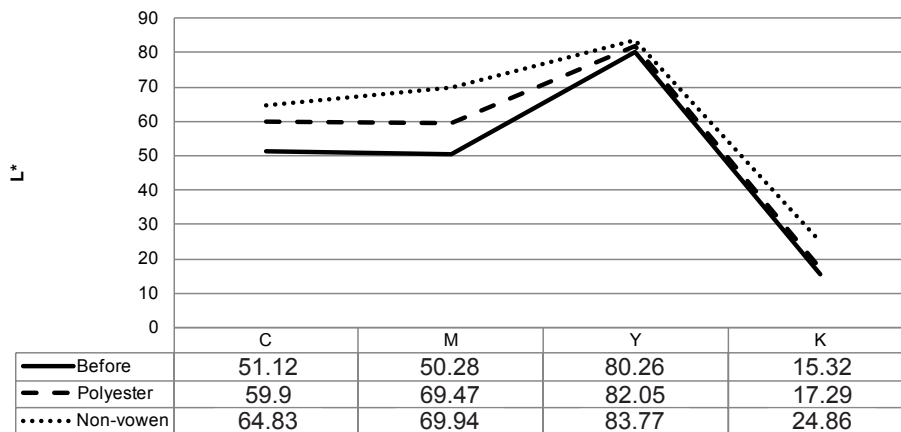


Figure 95. Luminosity values (L^*) of FA paper before and after abrasion with polyester and non-woven material

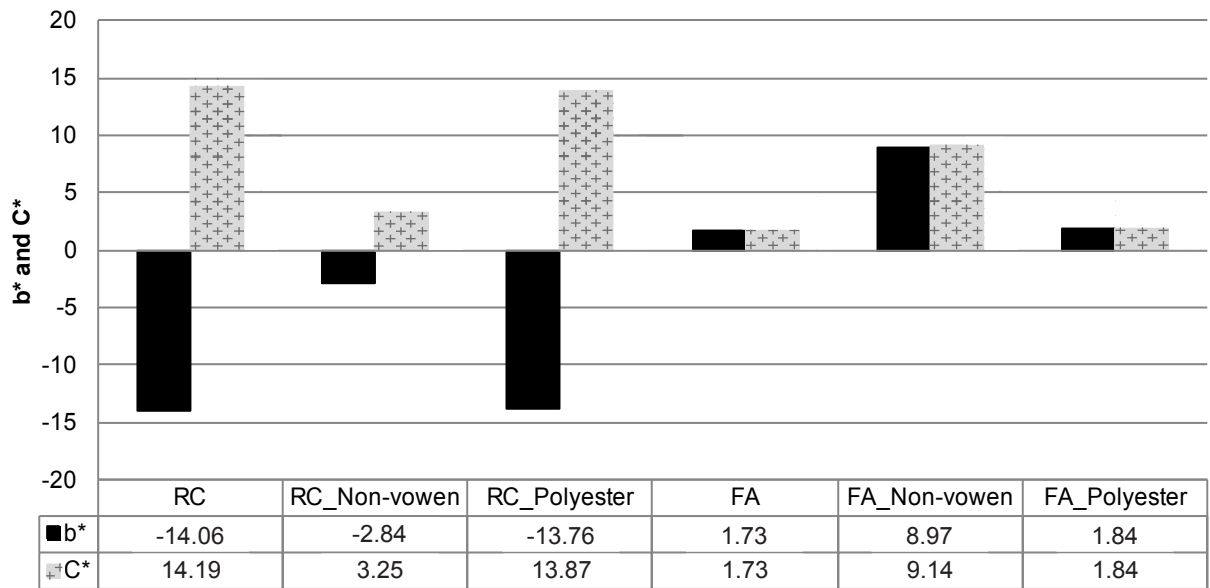


Figure 96. Colour changes (b^* and C^* values) occurred in adjacent white areas of the yellow colour patches when abraded with receptor materials

The disparity observed in abrasion resistance has to do with two aspects: Fastness properties depend on the ink composition, and mainly on the type of pigment (Vasić, Kašiković, Đurđević, 2018), and the structure of the paper substrate affects the pigment adhesion (Nishimura, Salesin, Adelstein and Burge, 2009). Taking this into account, yellow colour could be easier to smudge generating some colorant loss inside the colour patch that transfers easily to the non-woven receptor material and from this to the adjacent white areas. The capability of water-based yellow ink to smudge and colour transfer is easy to understand in case of rougher fiber-based substrates such as FA, but in RC, due to the resin on its surface, the heat generated by the friction of the rotating wheels could have caused a softening of the resin in the RC, facilitating the diffusion of the inherently unstable ink (Fig. 97). Additionally, in general, colour changes in dark areas result more noticeable than in light colours, and this could be the reason way when measuring the patches, modifications in dark colours result more evident than in yellow.

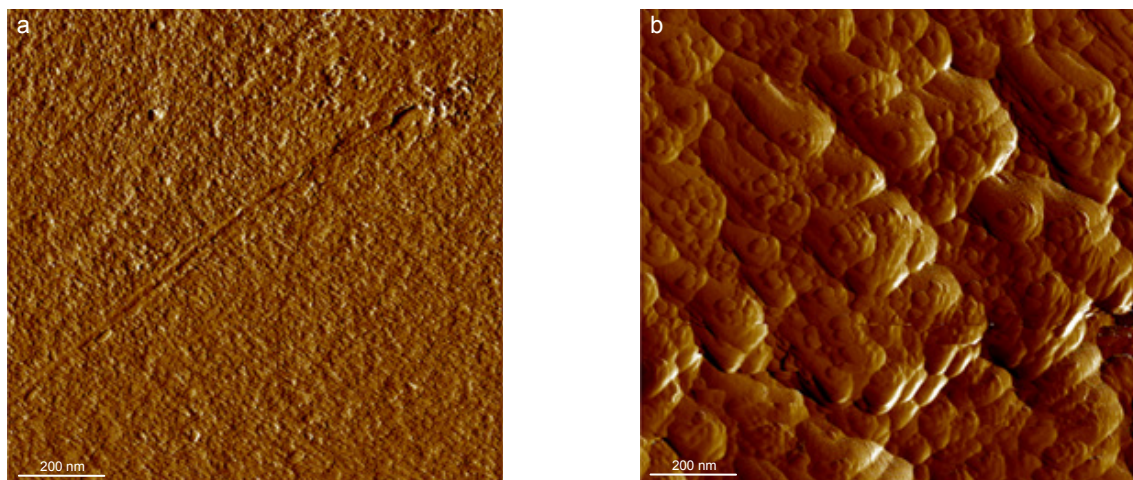


Figure 97. Comparison between surface texture of paper substrates by using AFM: (a) RC paper ($R_a = 13.3$ nm), and (b) FA paper ($R_a = 24.6$ nm)

Behavioural differences between paper substrates and colours disappear when dealing with laminated surfaces. These protective films applied with pressure generate homogeneous surface roughness in every case, preventing the abrasion of the colour patches. Therefore, colour changes are null in this sense, showing similar results with both polyester and non-woven material.

Regarding printed rigid supports, none of them suffer from colour change, smudge or colour transfer because of abrasion. This fact supports the high resistance of UV-curable inks that due to their composition link strongly on the surface of the substrates generating strong printed surfaces. In case of aluminium, thanks to the heating process for sublimation, the dyes are embedded in the ink receiving layer, which hardens as it cools down, protecting the colorants from deterioration.

3.3.2. Gloss change

According to the parameters employed for gloss measurement at 60° standard angle, materials showing more than 70 GU (Gloss Units) are considered glossy, so it is recommended to employ 20° angle to measure them more accurately, whereas surfaces with less than 10 GU are considered matte and therefore should be better measured at 85° (ISO 2813). In this sense, considerable differences in surface gloss appear among non-printed and printed samples, showing how each ink type and substrate combination behave in a complete different way regarding surface physical features. Non-printed rigid supports behave differently depending on its characteristics; PMMA reduces its gloss by 70% when printed, as the ink layer inhibits the natural gloss of the substrate when deposited on top of it. Anisotropy disappears in PVC, due to the fact that the ink penetrates in the grooves of the material, filling it, and consequently doubling its gloss. The initial matte surface of foam board changes to a glossier one because of the polymeric layer formed by the ink, and to a lesser extent, the opposite happens to ACM, which has a glossier surface than the ink layer. The only substrate maintaining the same gloss is aluminium, since the dyes penetrate in the polyester layer without distorting its surface due to the sublimation process. Regarding paper substrates, FA remains stable whereas gloss in RC increments probably due to some kind of interaction between inks and its complex structure. Laminated samples preserve the same gloss regardless of the paper substrate but it notably alters their original natural gloss, illustrating the surface modification produced by this process that deletes the aesthetic features of each of these substrates, making them similar, visually and to the touch. With no lamination RC has a satin surface, but it becomes matte after lamination; the opposite happens to FA paper, which initially has extra matte appearance (<2GU) and after lamination its gloss increases, matching that of the laminated RC. This suggests that once laminated, it could be quite difficult to identify the substrate type just by looking at the surface, and even harder if it is mounted on another support (Fig.98).

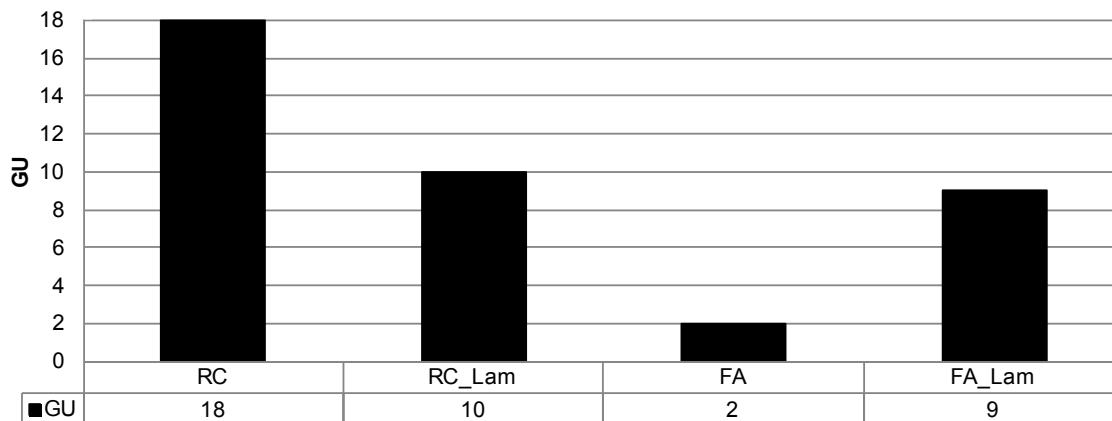


Figure 98. Differences in gloss between non-laminated and laminated RC and FA paper

Among printed substrates it is possible to distinguish between glossy (Aluminium), satin (Foam board, PMMA, PVC, ACM and RC paper) and matte (FA paper, FA laminated paper and RC laminated paper) surfaces, as seen in Figure 99.

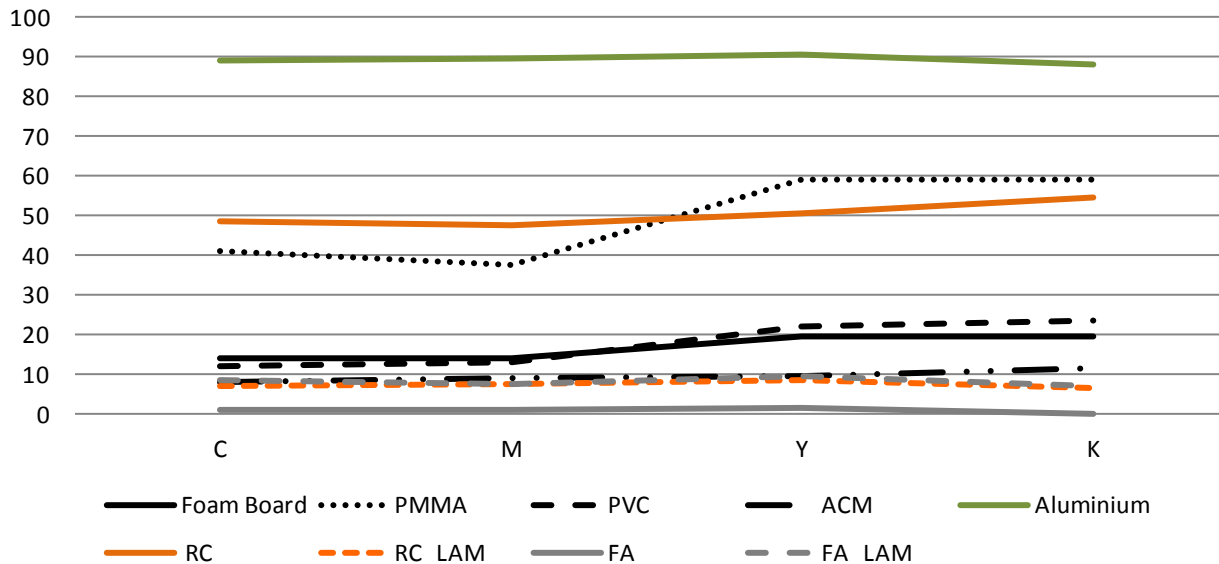


Figure 99. Colour patches of tested materials according to their gloss at 60° standard angle. Dashed lines indicate the limits between glossy (>70 GU), satin and matte surfaces (<10 GU)

Laminated substrates are affected by neither polyester nor non-woven receptor materials, so this finishing technique proves to protect the paper substrates against rubbing, however, when non-laminated both paper supports behave differently according to its paper structure. RC and FA are mainly affected by non-woven material generating a polishing effect that increases its gloss 28% and 50% respectively, showing that this deterioration is very dependant on paper structure and composition. Focusing on colour patches this trend continues for RC paper, where surface gloss increases to a lesser extent (by 6%), but FA paper, when printed becomes less susceptible to non-woven, and polyester enhances its gloss by 50% (Fig. 100a).

These differences are probably related to the fact that ink covers the fiber structure of FA paper, making it less rough and therefore less susceptible to abrasion but more prone to a polishing effect caused by a smooth material. In general, rigid substrates show a gloss reduction because of the rubbing action, thus substrates become rougher, except in the case of foam board, where polyester sheet and non-woven material caused gloss increase by 58% on average, being slightly higher when non-woven was employed. This makes sense taking into account that the surface of the foam board is composed of paper, so its response resembles the behaviour of paper substrates more than the other rigid supports.

Regarding colour patches, these substrates also present a better resistance to abrasion if compared to paper supports. Foam board, PVC and ACM are not affected by any of the two materials used for abrasion resistance testing, while PMMA and aluminium, are more affected by polyester but gloss change is insignificant (less than 3%) when abraded with non-woven material (Fig.100b); in case of aluminium (Fig.101) the initial gloss of the colours is reduced by 10% on average, and similarly occurs in PMMA reaching 8%. PVC, aluminium and PMMA despite being composed of plastics, at least on the surface, behave differently according to their structure; PVC absorbs more easily the pressure of the rotating wheels due to its cell structure, and therefore, its susceptibility to abrasion diminishes.

On the other hand, the solid structure of the other two substrates with a smooth surface (PMMA and Aluminium) is prone to scuff, and this deterioration could have a direct effect in the decisions to be taken regarding conservation, as it has already been noted in previous research (Laganà and Rivenc, 2014).

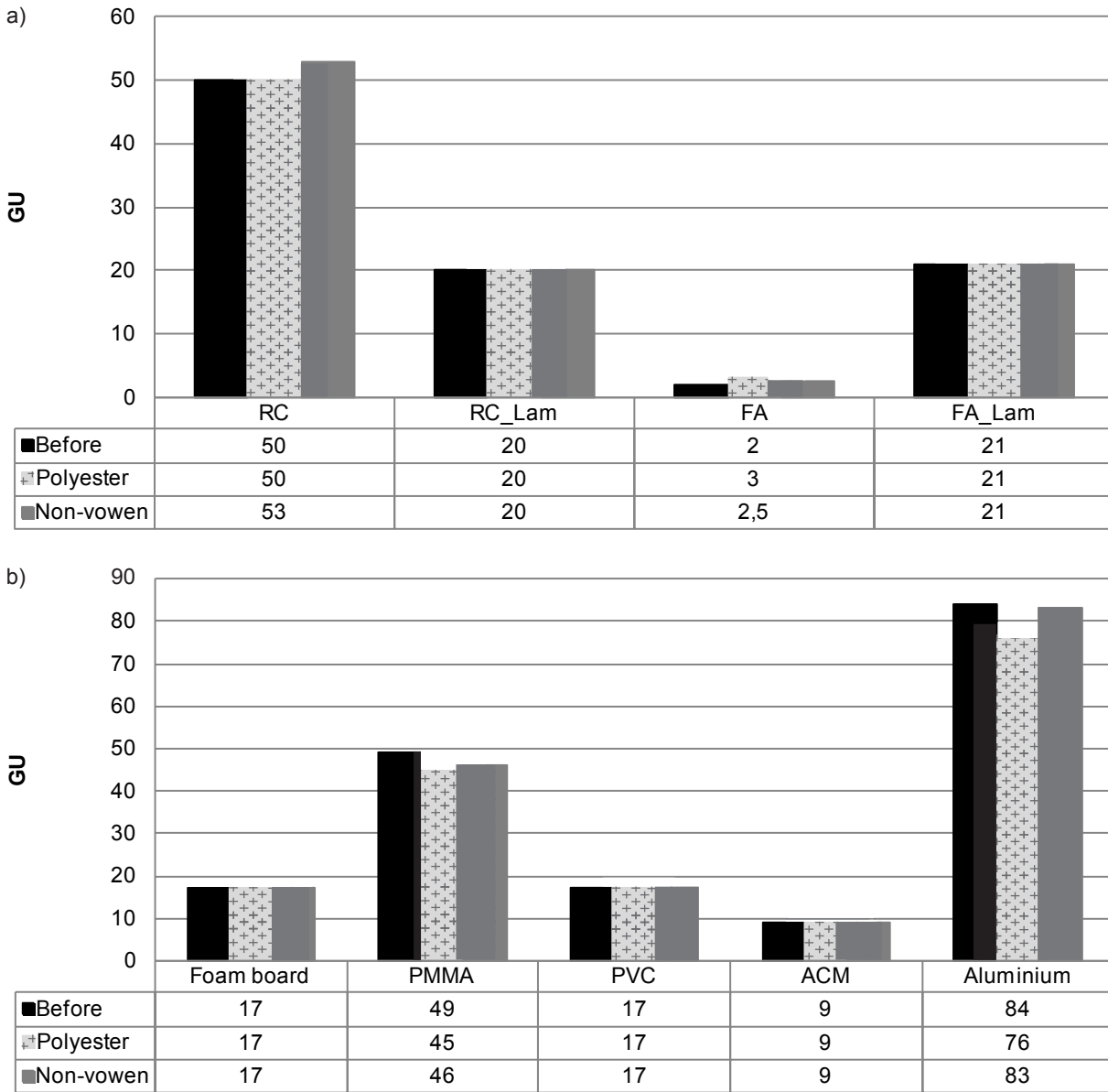


Figure 100. Average of gloss measurements of printed substrates before and after abrasion: (a) Paper substrates; (b) rigid substrates

Comparing the results obtained with the glossmeter and those collected with AFM, it is possible to note the same tendencies among printed and unprinted substrates as mentioned before. For example, in the colour patches printed on RC paper, non-vowen material polishes the surface, smoothing it by 50% according to the Ra (Arithmetic mean Roughness) values with respect to non-abraded surface, and therefore, causing a gloss increase. The gloss changes produced in FA also correspond to the data collected from the glossmeter (Fig. 102), corroborating the validity of the information gathered with both techniques.

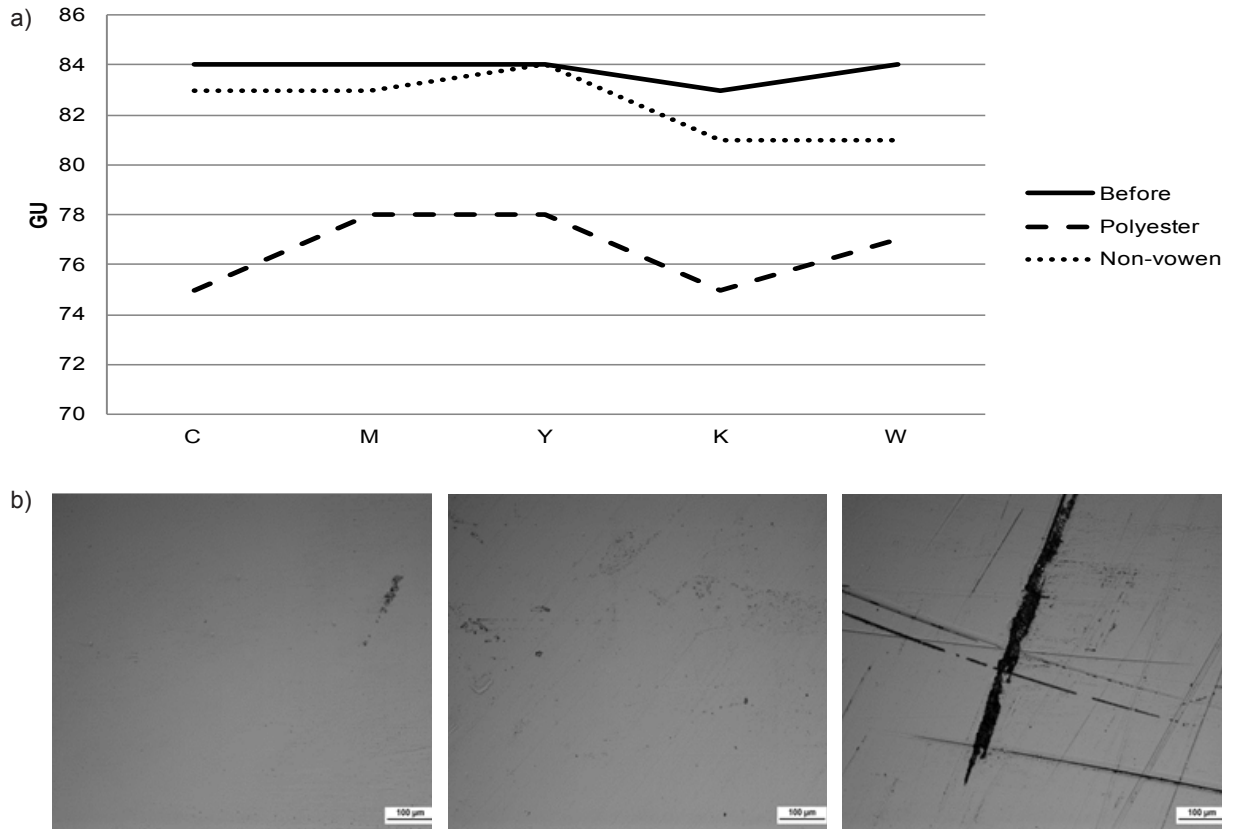


Figure 101. Gloss change in aluminium before and after abrasion (a) and microscopic images of the aluminium surface (b): before (left) and after abrasion with non-woven (middle) and polyester (right) receptor materials

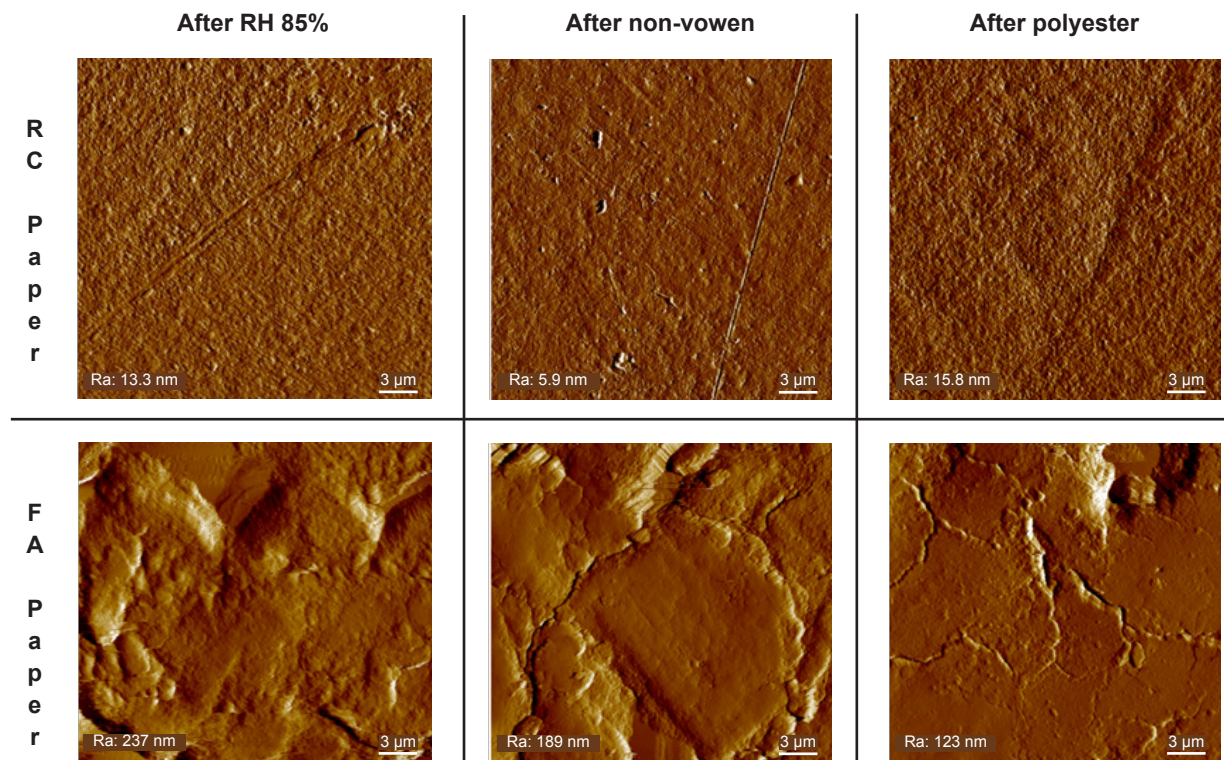


Figure 102. Images of black patches of RC paper and FA paper taken with AFM before abrasion, after non-woven material and after polyester sheet

On the other hand, AFM technique proves to be helpful to detect subtleties not detected with the glossmeter, showing the nanometric accuracy of this technique. On RC paper subtle gloss decrease is detected with the polyester receptor material, which is not revealed in the results taken from the glossmeter, and in both laminated samples the abrasive effect of non-vowen receptor material is detected. Additionally, polyester seem to cause different deterioration on both FA and RC when laminated, probably because of their different composition, as the later is more rigid due to the PE layer causing a polishing effect of its surface, whereas in FA gloss reduction occurs but to a lesser extent than with non-vowen. Regarding printed rigid substrates, also some differences have been found in foam board, PVC and ACM in comparison with the data from the glossmeter, as some roughness increase is noticed on the three with both receptor materials. In PMMA and aluminium, the results obtained are in agreement with those compiled with the glossmeter, as seen in Fig. 103.

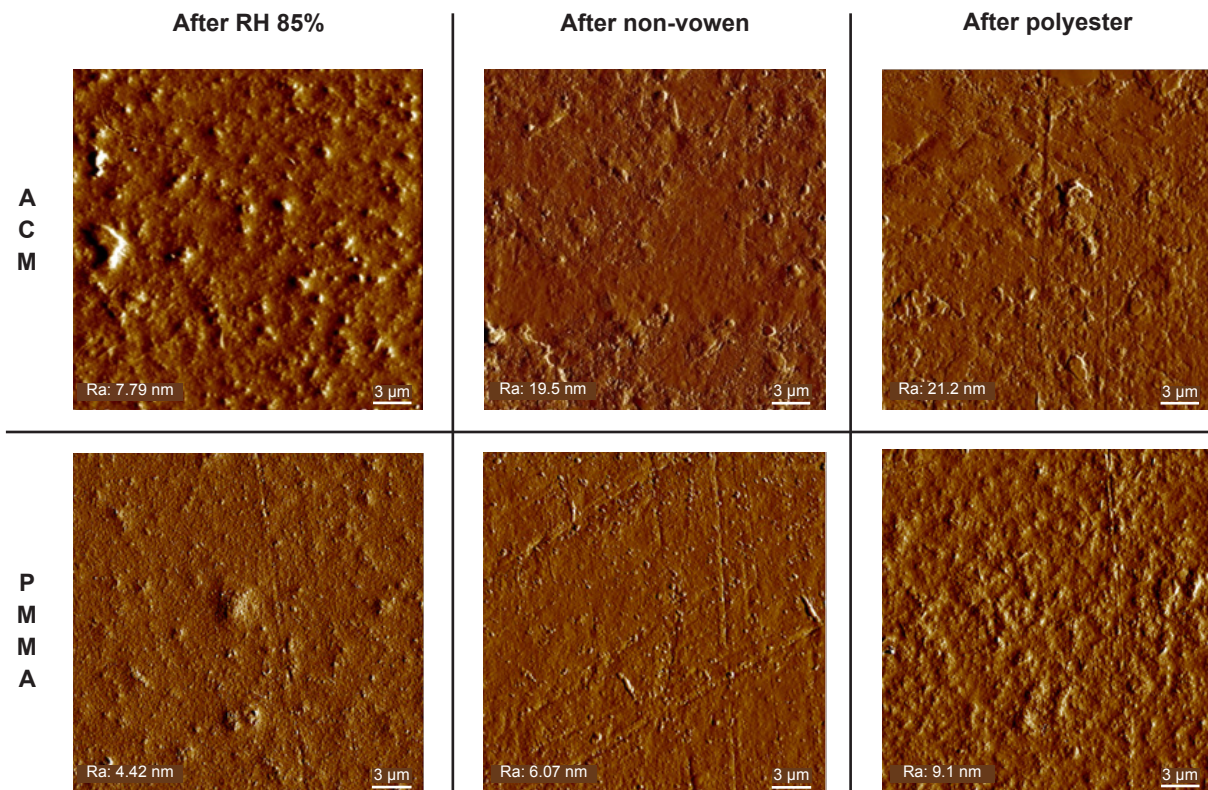


Figure 103. AFM images of black patches on rigid substrates equally affected by both receptor materials, such as ACM and those which increment roughness after polyester abrasion, such as PMMA, before, after non-vowen material, and after polyester

3.4. Conclusions

The behaviour of the tested substrates depends mainly on their composition and structure. When printed, abrasion directly relies also on other aspects such as the materials that constitute the prints (ink type and support) and further surface finishing techniques such as laminates. Thus, there are materials resistant to colour changes, such as prints on rigid substrates employing UV-curable inks, but which may be more susceptible to modifications on their surface roughness (gloss), as in case of aluminium and PMMA.

Among all, paper substrates and specifically FA paper, proved to be the most susceptible material to abrasion, suffering colour changes, smudging, scuffing and colour transfer to the receptor materials usually employed for their storage and handling. These deteriorations occur with non-woven material to a greater extent than with polyester, even if the latter also generates perceptible changes mainly related to polishing.

Lamination protects paper substrates against abrasion, although this finishing technique is also affected to some degree by both receptor materials, as detected with AFM. Despite offering protection, this type of surface lamination homogenizes the finishes and nuances different colours and paper substrates can have; matching gloss differences among other matters. In this way, the haptic and optical diversity found in the varied commercial types of papers are matched, which could be relevant for the correct identification of the materials from a conservation point of view.

As for colour resistance of the patches, regardless of the receptor material, magenta, followed by cyan and black are the most affected colours on paper substrates. However, yellow patches turns out to be the most prone to smudge to adjacent white areas and transfer to the receptor materials, becoming one of the most delicate colours on this regard, because of a possible alteration of the overall hue of an image.

Polyester seems to more easily scuff the surface of the substrates with a plastic material finish (laminates, PMMA or aluminium), while non-woven material generates slightly higher deterioration on printed paper substrates. This is an important issue to take into account when selecting the most appropriate material to protect the works, highlighting once again the need to correctly identify the materials employed in the artworks printed by means of electronic devices as a previous step to establishing correct conservation measures.

Glossmeter and AFM showed to be interesting complementary tools to analyse and assess surface changes occurred due to abrasion. The big difference regarding the price and expertise required to use both equipments means that the use of AFM will usually be limited to museums and similar institutions (even if it is outsourced) requiring specialized personnel, and only available to analyze significant artworks or perform research studies related to preventive conservation. In addition, the nanometric resolution of AFM provides information about abrasion at very early stages, even when the changes are still not perceptible by the human eye. On the other hand, the glossmeter is a manageable and affordable instrument that allows to be used more continuously and autonomously by the personnel in charge of the conservation of a museum.

The information collected with the glossmeter relating abrasion induced changes in digital prints is in agreement with the data gathered by AFM and the interpretation of the results is easier.

4. Resistance of digital prints to high relative humidity environmental conditions and its effect on abrasion durability

4.1. Objective

The control of environmental conditions such as relative humidity is essential for the conservation of artworks as it is one of the main deterioration factors. High relative humidity (RH) can cause physical and chemical reactions of the materials but also fungal growth. The purpose of the following test is to determine the effect of constant high relative humidity rates in digitally printed materials and to analyze if back mounting, employed to give rigidity to paper substrates by adhering a material permanently on its back side, as well as lamination techniques applied to the surface, cause more damage or prevent deterioration. Abrasion tests have also been performed on those samples kept in high relative humidity environment, in order to observe if high relative humidity conditions the durability of the printed images in terms of abrasion.

4.2. Experimental design

As specified in Chapter 3 rectangular and circular samples were used. Samples were left for 672 hours in a climatic chamber under controlled stable ambient conditions of 85% RH and 25°C temperature (Fig. 104) following the recommendations of the ISO 18946 Method A. They were left to rest at room temperature for 24 hours before abrasion test was performed following the materials and procedures described in section 3 of this Chapter. Additionally, a set of each paper substrates have been laminated with a matte PSA and another set of both papers have been laminated and mounted to foam board. PVC, ACM and PMMA have been also used as paper mounting combinations employed by artists (Fig. 105) in order to detect if these backing affect the behaviour of the printed images to both high humidity rates and abrasion.

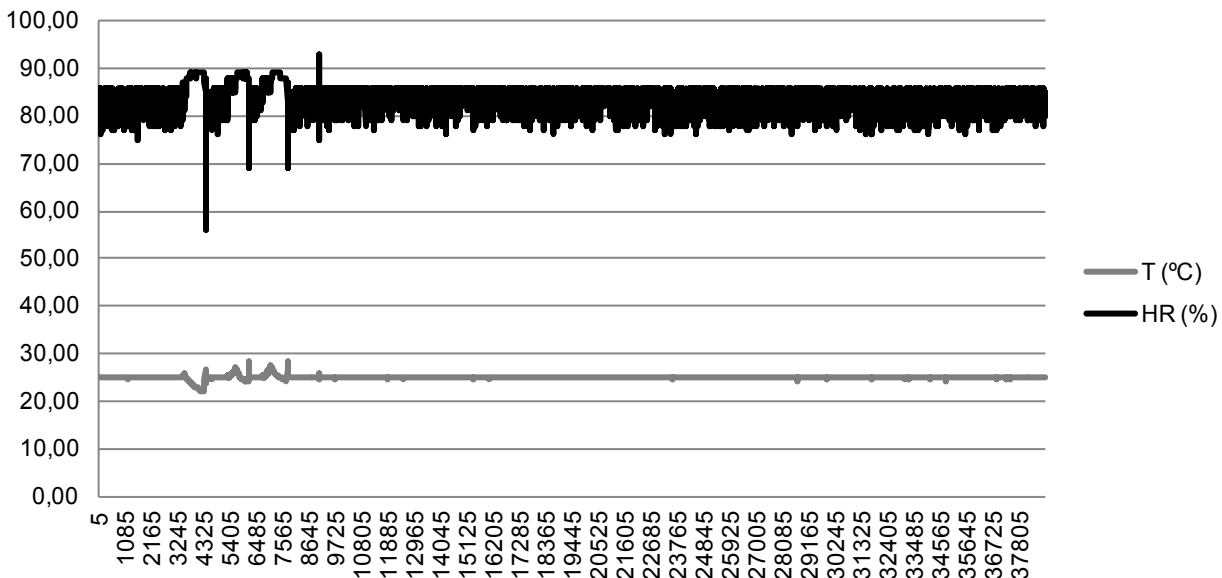


Figure 104. Temperature and relative humidity control carried out during the test performance

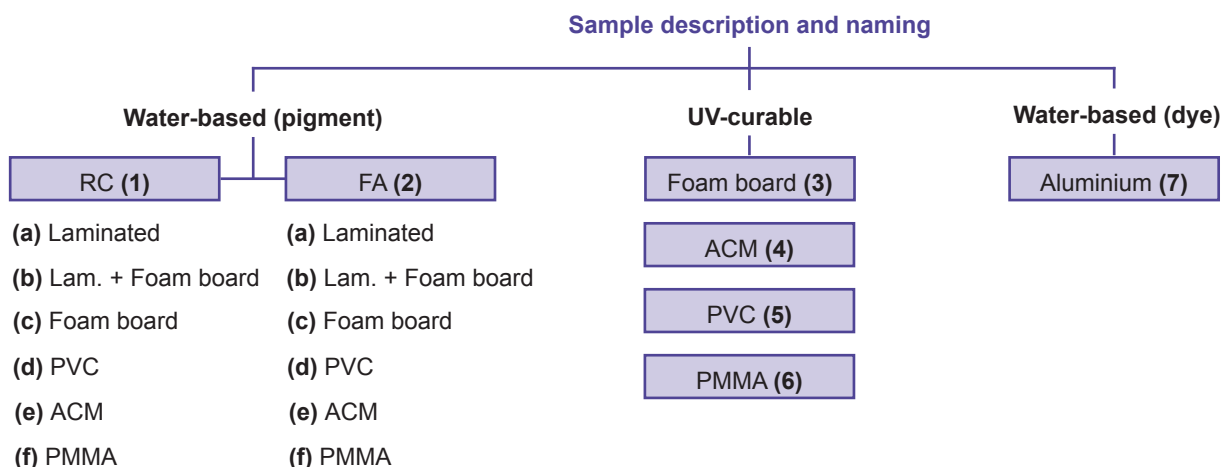


Figure 105. Description of the samples employed to carry out the experimental test and naming in brackets

4.3. Results and discussion

This section is divided in two; First of all, colour and gloss changes occurred after high relative humidity exposure are analyzed, and afterwards, the abrasion resistance of the samples is assessed.

4.3.1. Colour and gloss change

In general, very little colour changes are detected after four weeks of high humidity exposure. Rigid substrates, printed or not, show negligible changes in all the samples ($\Delta E < 1$), indicating the great stability of the UV-curable inks and substrates when facing adverse conditions, being the main reason why these combinations are the first choice for outdoor use.

Samples 1 and 2 (RC and FA papers) also show overall colour stability under the tested conditions, but when comparing both, RC is more sensitive to high humidity rates. This differences between both substrates are enhanced in laminated substrates, where laminated RC shows on average an overall colour change of $\Delta E = 6.3 \pm 0.4$, for CMY colours which is by far, one of the most damaged combinations (Fig.106), whereas black shows much lower change ($\Delta E = 2.33$). Studies by Fricker, Hodgson, Townsend and Woods (2012) had already indicated that at RHs above 80% the various ink/substrate combinations tend to show variable success, being the fine art papers printed with pigment-based inks the most stable in terms of colour.

Among paper substrates mounted to rigid supports, only 1d sample (RC on PVC) shows significant colour changes, which is attributed to an incompatibility of the materials; the unprinted RC, after being subjected to humidity suffers nelegible overall colour changes ($\Delta E = 0.67$), but when RC is adhered to PVC, this combination presents a $\Delta E = 4.72$. Main changes occur in L^* ($\Delta L = -2.91$) and b^* ($\Delta b^* = 3.4$) axes, turning the sample darker and yellower, which has direct reflect on cyan and yellow colour patches of the printed areas, generating an overall change of $\Delta E = 5.51$ and $\Delta E = 3.87$ respectively. Magenta and black colours remain much more stable ($\Delta E = 1.6$ for both).

Although previous research (Burge and Scott, 2012; Hofmann and Reber, 2009) indicated a greater susceptibility of paper substrates printed with dyes compared to those printed with pigments, this instability could not be attributed only and exclusively to the dyes since sample 7, printed by using the dye-sublimation technique, does not report significant changes. This shows that ink/substrate combinations directly affect the stability of the prints, and that on the aluminium support (sample 7) the polyester coating encapsulates the dyes, preventing migration or other changes that do occur in paper substrates printed with dyes (Fig.107).

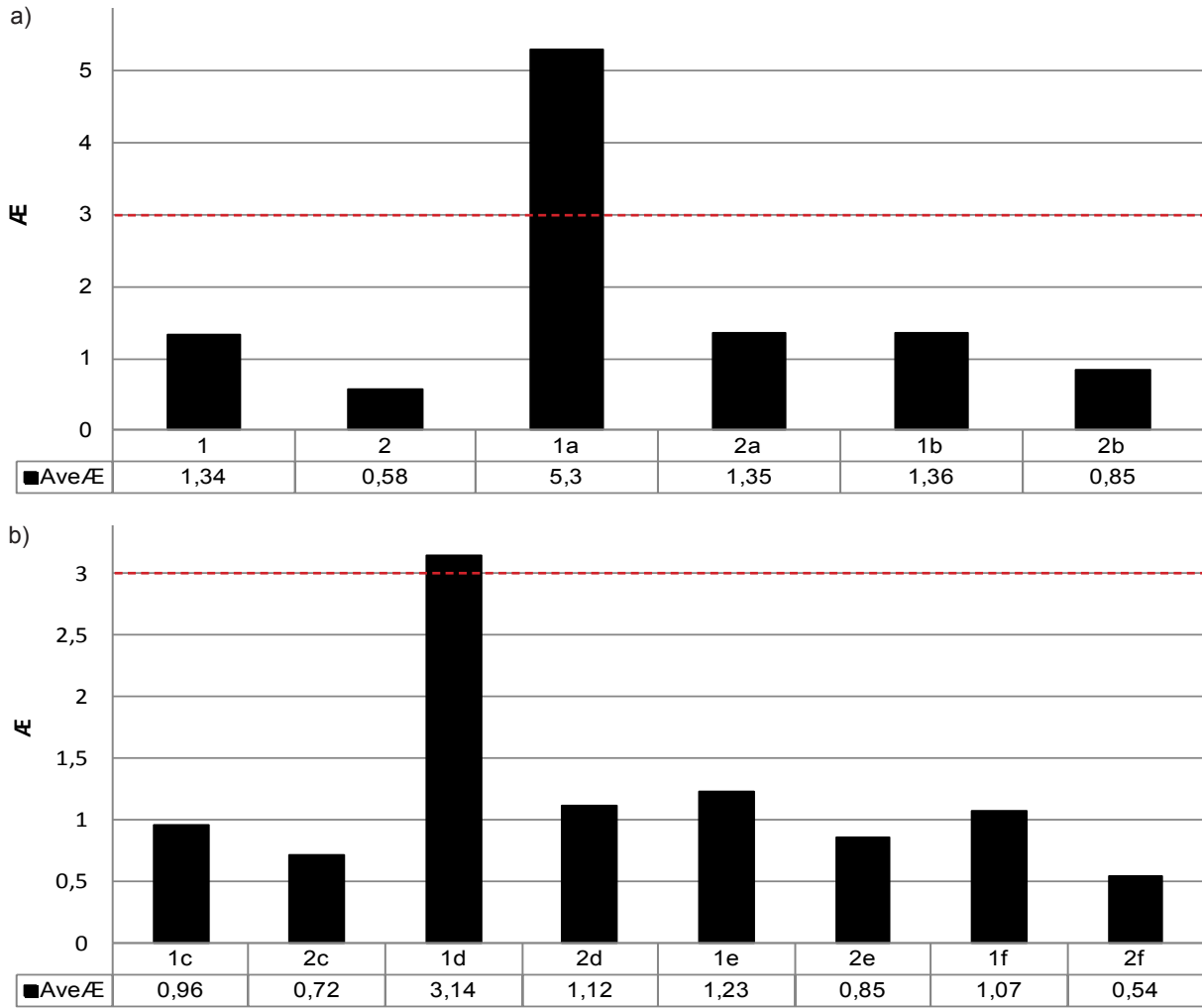


Figure 106. Average ΔE in colour patches of paper substrates and laminated samples (a) and, paper substrates and laminated samples mounted to rigid materials (b). Dashed line indicates the point in which colour change starts being noticeable (≈ 3)

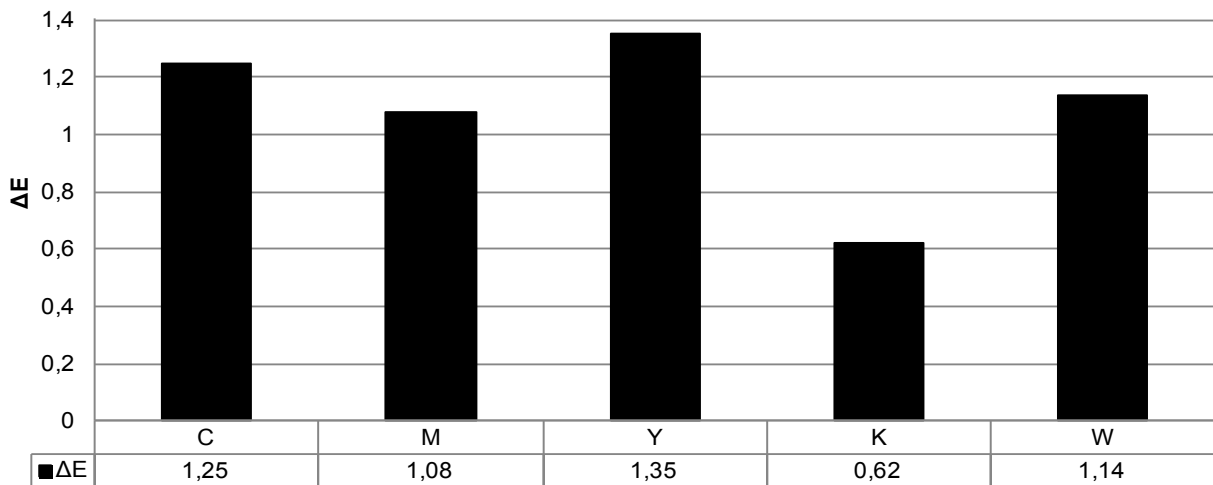


Figure 107. ΔE of the colour patches in aluminium substrate after 4 weeks exposure to 85%RH

As for the change in gloss after exposure to 85% RH, there are some interesting facts. Among rigid substrates, changes occur mainly in non-printed areas, with a reduction in surface gloss that reaches values of between 7.5% for ACM (sample 4) and 24% for PVC (sample 5), while PMMA (sample 6) remains unaltered. The aluminium support (sample 7) also suffers a reduction in surface gloss only in the unprinted area, which in this case is 12%, remaining in the average for rigid supports.

Among paper substrates, however, differences between the RC and the FA are outstanding once again. FA (sample 2) remains unaltered by the end of the four weeks regardless of whether it is laminated or not, while RC (sample 1) is clearly affected by humidity; in all the measurements made in the unprinted areas there is a 5.5% gloss loss, whereas lamination protects RC papers from gloss changes. When printed, this substrate shows bigger changes regarding gloss reduction, reaching on average $16.5\% \pm 2$. The particular susceptibility of the RC samples suggests that the resulting alterations are on the one hand due to the intrinsic properties regarding composition or structure of the substrate itself, such as some solubilisation of the surface layer of the coating, and on the other hand, due to the interaction with the inks.

4.3.2. Abrasion resistance of prints after high RH exposure

Colour change

No remarkable colour change has been detected after abrasion testing on nonprinted supports subjected to high RH. Overall colour changes remain below 1 ($\Delta E \leq 1$), thus imperceptible for the human eye.

The biggest change is observed for the printed FA paper, sample 2, in Fig.108. In agreement with the results of the abrasion test performed on non weathered samples (section 2 of this chapter) the susceptibility of the colour patches is higher with non-woven receptor, but overall changes are slightly bigger, indicating that samples subjected to 4 weeks of high RH could generate some kind of weakness in substrate-ink combination. The biggest colour change occurs in the magenta patch ($\Delta E = 11.86$), followed by cyan ($\Delta E = 11.25$) and black ($\Delta E = 8.38$). Biggest changes are in L^* , which increases, giving as a result lighter colours.

Abrasion with polyester receptor provide lower colour change data values, reducing damage by 40% on average when compared with non-woven material. Comparing these results with those obtained in section 3, differences for the most affected colours occur in the same order, but the overall change values of the samples are higher in the case of having subjected them to high RH before abrasion.

The effect of abrasion on FA samples (sample 2) was significantly reduced in the mounted samples (2c, 2d, 2e, 2f) with an average global change of $\Delta E = 6$. This demonstrates that mounting techniques provide rigidity to paper substrates mitigating degradation, as mounted samples show an average reduction of 34% in colour change.

Regarding smudging, the only combinations suffering damage are paper substrates due to the employed ink type (pigmented water-based); yellow is the only colour causing smudge when abraded with non-woven material, as previously pointed out in Chapter 7 section 3, but to a lesser extent. In this case there are no differences among RC and FA paper substrates, entailing overall colour changes of $\Delta E = 2,11$ for RC (sample 1) and $\Delta E = 2,40$ for FA (sample 2). These data, compared to those collected in the abrasion test previously carried out means a reduction of 77,5% for the abrasion produced by polyester and 75,5% for non-woven, indicating that samples subjected to long term high RH rates tend to smudge less than the prints at room conditions (Fig.109).

It seems that such a big difference is directly related to the humidity exposure. Some authors (McCormick –Goodhart y Wilhelm, 2000, 2001, 2003, 2005; Salesin, Burge, Nishimura y Gordeladze, 2010) indicate that water based ink drying process occurs when the vehicle moves in two directions:

horizontally, where the inks spread to the sides, losing definition, and vertically, where the inks penetrate to the inner part of the substrate. Considering that the samples employed for this test have been subjected to high humidity rates, water soluble colorants could have moved in both directions. Under microscope there is no evidence of changes in line quality, suggesting for vertical migration. Thus, the amount of colorants of the surface could have been reduced, and as a consequence the smudging too.

Laminated, and mounted and laminated substrates do not suffer for any chromatic alteration in the white adjacent areas, nor the rigid substrates printed with UV-curable inks, because of the polymeric surface they generate. The same behaviour is observed for aluminium sample (sample 7), where the inks keep within the polyester layer.

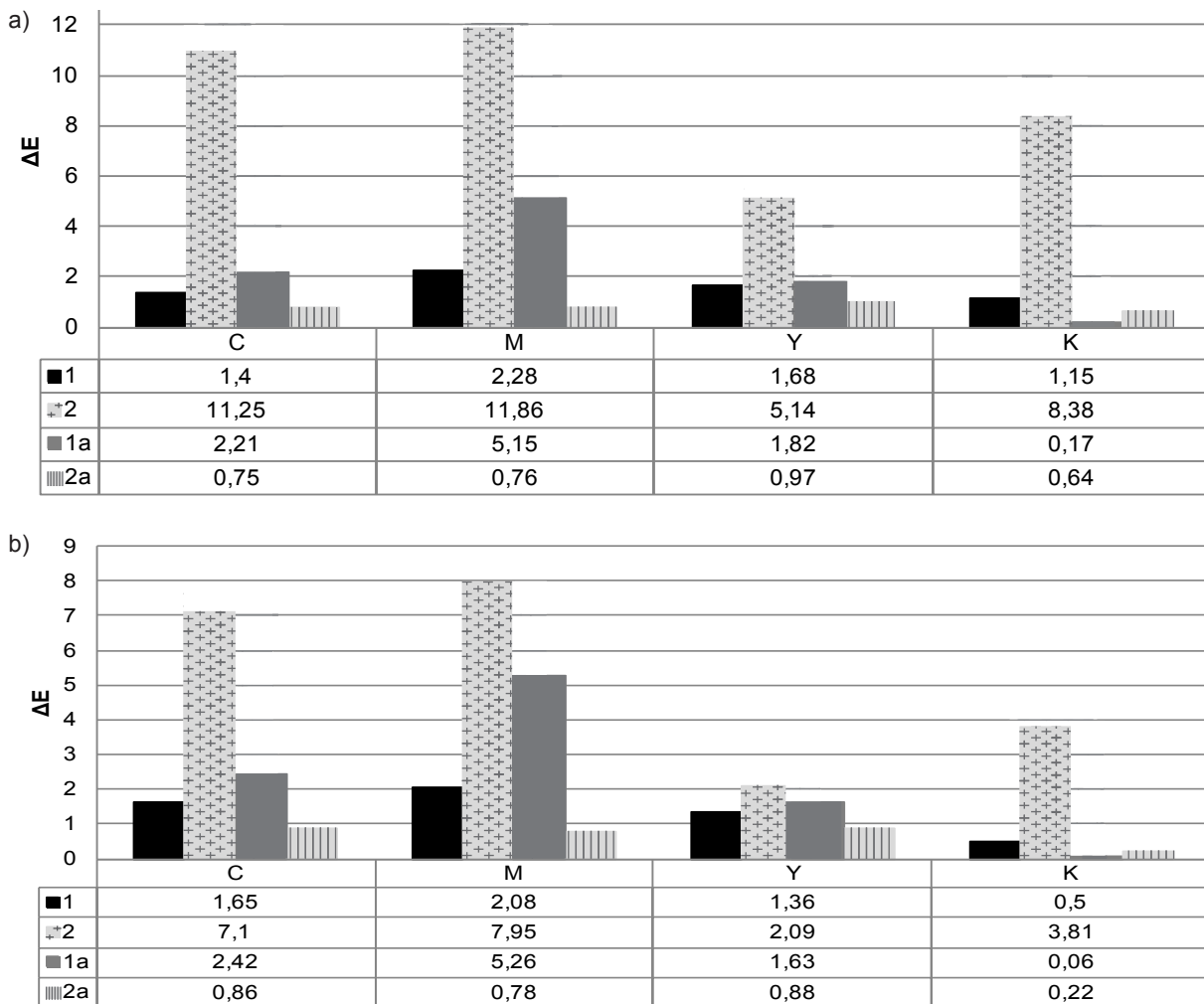


Figure 108. Overall colour change in colour patches of paper substrates after abrasion with non-woven material (a) and polyester sheet (b). Dashed line indicates the point in which colour change starts being noticeable ($\Delta E=3$)

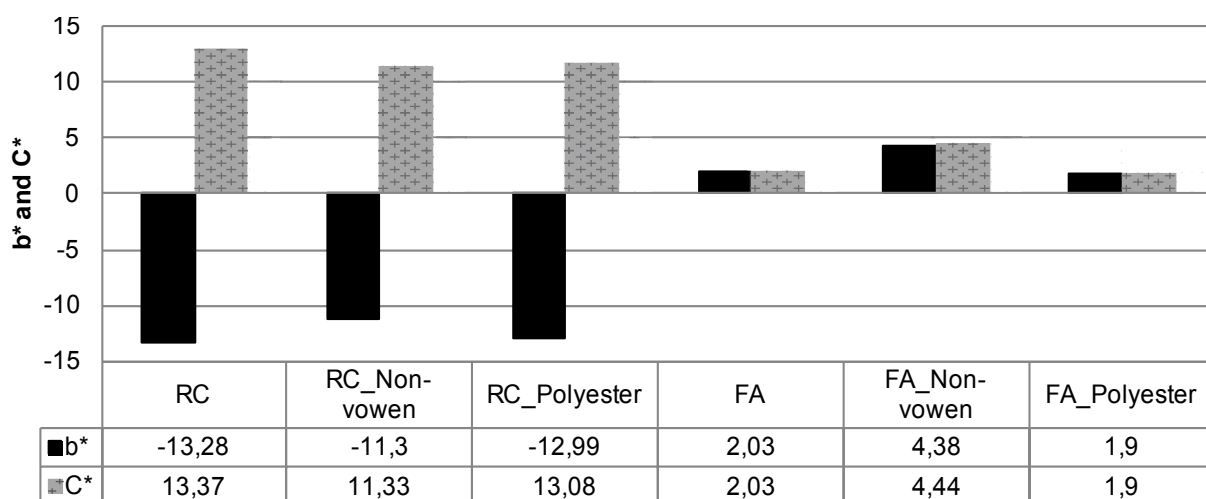


Figure 109. Colour changes (b^* and C^* values) occurred in adjacent white areas of the yellow colour patches when abraded with receptor materials after 4 weeks of 85%RH

Gloss change

Throughout the test, no changes in the rigid substrates are detected in terms of gloss. No changes are visible either after exposure to high relative humidity or after abrasion with polyester and non-vowen (Fig. 110a). However, with regard to the paper substrates, the FA sample (sample 2) remains stable, while the RC sample (sample 1) shows more changes in its appearance; after exposure to high relative humidity, a reduction in gloss of 5.5% can be detected, but after subjecting the sample to abrasion with both the non-vowen material and the polyester film, a polishing action occurs which increases the gloss by 11%, even reaching the values of the initial state. This seems to indicate, once again, that the coating of this support is sensitive to wet environments. As for the colour patches, the differences between the receptor materials are accentuated; while the polyester increases gloss until recovering the initial values of the samples before being subjected to high RH, the non-vowen generates a much more attenuated surface polishing. This same trend continues with paper substrates mounted on rigid supports. On the other hand, laminated surfaces maintain their appearance throughout the test (Fig. 110b).

A majority of the data obtained through the glossmeter coincide with those obtained with the AFM, although this technique allows greater precision in relation to what occurs on the surface of the tested supports, and therefore some differences appear in the collected information. For example, with regard to the rigid substrates, some subtle differences can be observed with the AFM, which were not detected by the glossmeter; in the examples of Figure. 111, some kind of damage causing a gloss reduction of the surfaces can be detected with both receptor materials. PMMA (sample 6) seems to be the less affected by abrasion, followed by ACM (sample 4) whereas PVC (sample 5) appears to be the most affected rigid support. Printed paper substrates become more affected than the unprinted; RC paper (sample 1) shows similar results regarding surface polishing compared to data obtained in glossmetry, whereas FA (Fig.112b) is more affected by non-vowen receptor material, causing a rougher surface due to the removal of the ink in certain areas, whereas polyester caused a polishing effect.

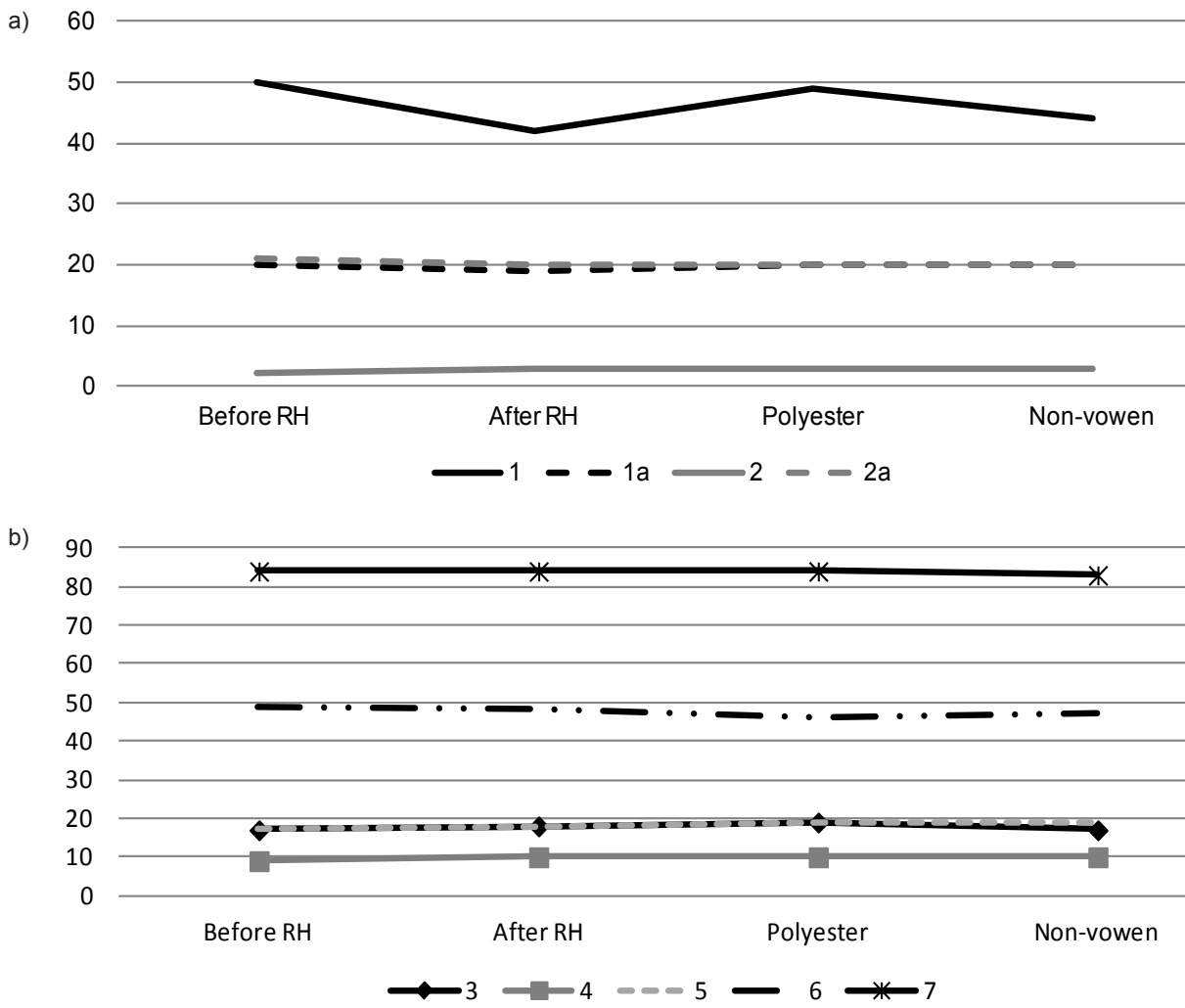


Figure 110. Average of gloss measurements of printed substrates during the test performance: before and after 85% RH, and the following abrasion with polyester and non-vowen receptor materials. Rigid substrates (a) and paper substrates (b)

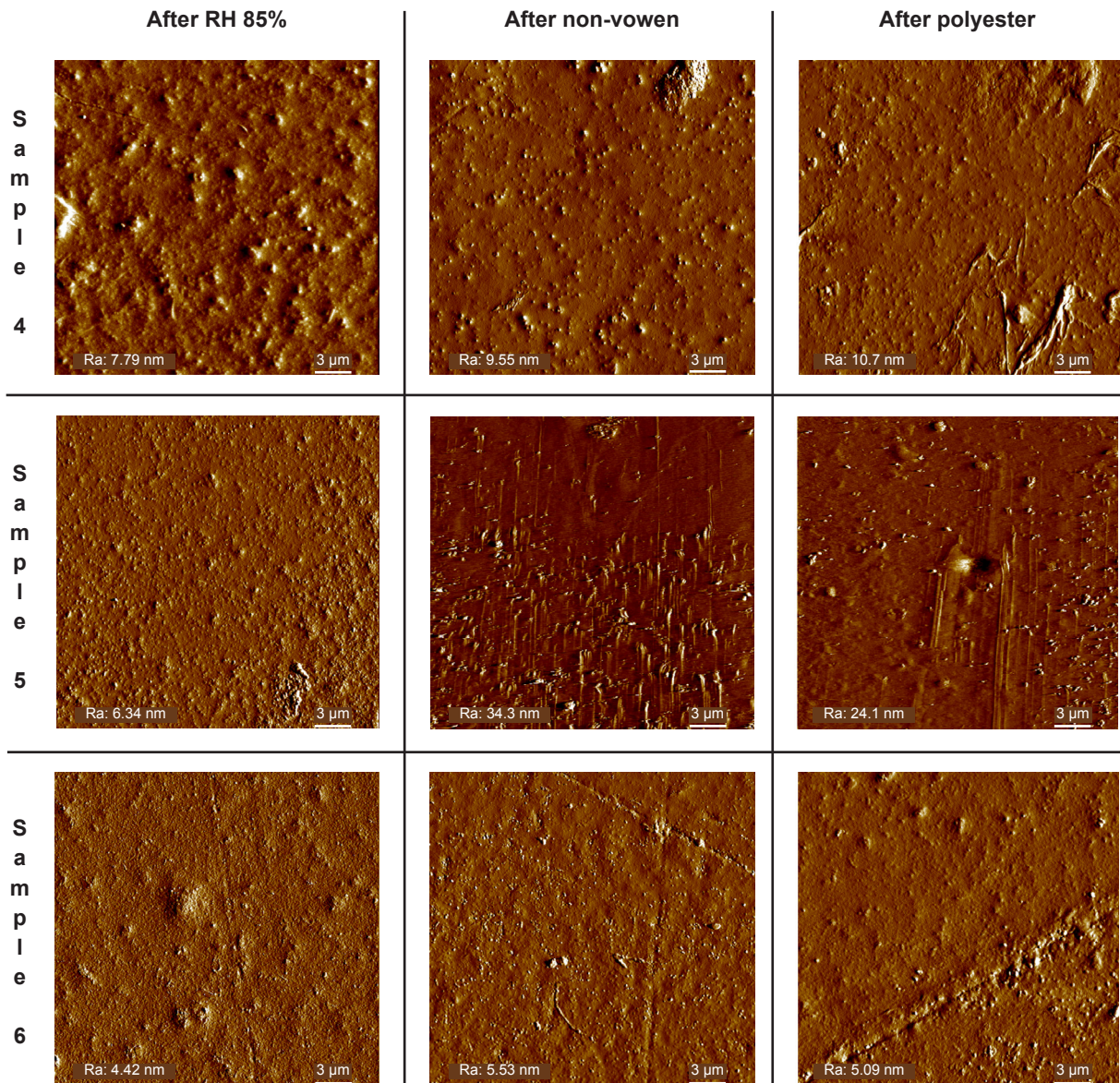


Figure 111. AFM images of rigid substrates (samples 4, 5 and 6) before and after abrasion with non-vowen and polyester

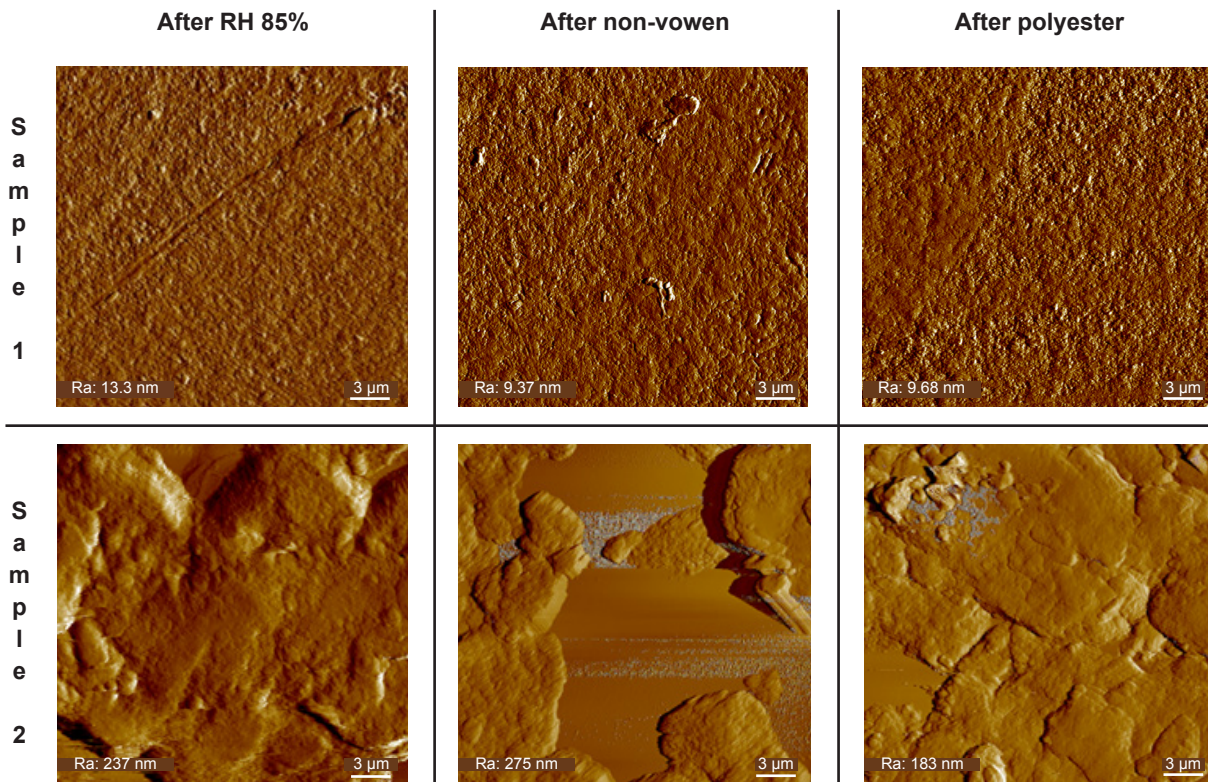


Figure 112. AFM images of black patches printed on paper substrates (sample 1 and sample 2) before and after abrasion with non-vowen and polyester


4.4. Conclusions

Humidity exposure induces negligible changes regarding colour among the tested substrates and ink combinations, but surface gloss is more affected. It seems that high relative humidity of 85% generates gloss loss in the tested substrates to a greater or lesser extent.

Among all the tested combinations RC seems to be the most susceptible substrate to high relative humidity due to its structure and composition, and this vulnerability increases depending on the type of substrate used for its mounting, as happened when combined with PVC. In addition, when printed RC is laminated, instead of protecting the colours, these appear to undergo greater changes when subjected to high relative humidity, although this finishing material protects against the abrasion caused by the selected receptor materials. This issue raises the need for further studies regarding the use of protective materials and products applied on digital prints.

Regarding abrasion after humidity exposure, RC suffers from gloss increase caused by the polishing action originated by polyester receptor material, but also by non-vowen. In printed FA, humidity exposure makes the substrate more prone to abrasion with non-vowen material, but this deterioration can be reduced when the paper substrate is mounted on a rigid support.

Both paper substrates are the only substrates suffering from smudging (just in the yellow colour) but exposure to high relative humidity causes a migration of the inks towards the interior of the supports, and therefore, smudge becomes much lower.



CHAPTER 8. GENERAL CONCLUSIONS

Considering the results obtained for each of the established objectives, the following general conclusions are drawn:

1. To study computer-generated printed images for artistic purposes, analysing their evolution from the early years of computer art to the present, focusing on the main activities that have marked relevant milestones in its development.

If there is a key word that clearly describes contemporary artistic practice, it is “transformation”. Technological advances, especially from the mid-sixties onwards, have favoured the use of computers and printers in artistic creation, transforming the complexity and variety of the results obtained. The evolution of these devices towards faster, more compact, economical and intuitive equipments, has turned them into a common tool for artistic practice.

The art generated with these devices has not been exempt from criticism, especially during the first decades, relegating it to the background of both exhibition programmes of established institutions and the art market, which led to the search for specific diffusion channels. This situation was mainly caused by the opposing voices that appealed to the preconceived idea that anyone could generate art with a computer, since the machine produced the work with hardly any intervention by the artist, despite the fact that artistic creation using computers meant in those first years a lot of hard programming work. This clear lack of knowledge on the field lasted practically until the eighties of the 20th century, and has affected the appreciation of this type of art in the heritage sphere and has also generated a general lack of knowledge in society about the origin of this type of works. Nonetheless, this situation also enabled artists to remain on the margins of the market and established trends (that is, the mainstream), making it easier for artists to pursue their own work independently and without being affected by any fashions or trends.

In recent years, these artistic creations have attracted growing interest to the extent that many collections around the world contain works produced by computers, printers and other electronic devices. Nevertheless, the pioneering artists of the first generation of computer artists are still unknown to many people and only reduced public and private institutions are concerned with highlighting the artworks that have been the seed from which so many other technology-based artistic trends have evolved, such as hacktivism or net.art.

At present, the creation of digital prints with wide format printing devices is considered a common practice in various artistic disciplines, even among those who until not so long were using other types of media to produce their artworks, as is the case of photography. This standardisation in the use of digital printing devices for image generation demonstrates the great impact digital technologies have in the society of our time, and therefore in the artistic practice, giving rise to a real revolution.

2. To determine the most relevant technical aspects of the main digital printing technologies that have been used and are currently employed for artistic creation, and also the characteristics of the ink types and substrates, the finishing and mounting techniques, and their applications in each case.

Printing technologies, from impact printers to current non-impact printers have continuously evolved and the companies that manufacture this type of equipment continue to do so in order to improve the quality, speed and cost of the prints obtained in order to gain a privileged position among the great competition that exists in the market. For this reason, it is sometimes very difficult to find specific information on the technological particularities that are constantly emerging. Among all the technologies and variables, inkjet technology has captured most of the interest, although electrophotography continues to keep its place in digital printing and thermography has been updated in order to offer new possibilities that seem to be gaining more and more ground in artistic practice.

Each of these technological variants promotes the use of specific inks and substrates depending on how images are generated. This is directly related to the economic cost of the final print, as well as to the way in which the works of art printed with these media will be affected in terms of their stability due to the various deterioration factors, raising the need to establish specific guidelines for the correct conservation of each type of technological and material combination.

The success of inkjet printing is mainly related to the variety of ink types it can accept, which makes it possible to print on a wide range of substrates and therefore offers a wide range of possibilities. Paper, in its various variables, remains being the substrate par excellence for digital printing, but other substrates such as canvas and a wide range of rigid and flexible materials made from various types of rigid and foamed plastics, metals and composite materials have been adapted or produced specifically to meet the current needs.

The selection of one or another material, as well as the possibility of post-printing procedures, changes the appearance of the prints. Paper substrates allow further modifications in this sense, as printed surfaces can be given a series of products such as varnishes, laminates or rigid translucent materials (such as PMMA) to give the works of art specific aesthetic qualities, but also to protect the surfaces from alterations resulting from their exhibition and storage. A whole range of rigid materials can also be added to provide greater rigidity to the paper substrates. These options, plus the possibility of printing directly on rigid substrates, are particularly attractive because no special mounting system is required for the artworks, favouring other types of presentation besides framing. In addition, the possibility of making large-scale prints that can be assembled to cover large areas, both inside the exhibition spaces and outside, gives a very interesting versatility and freedom for visual artists who work with photography, but also those who make paintings, installations or sculpture.

Artists make their choice among all this variety of available materials based on aesthetic qualities, price and endurance guarantee offered by companies -which are supported in a great degree by the experience of the print labs that work with artists for the production of their works. Therefore, there does not seem to be any clear trend that could help distinguishing the artistic practice of different countries based on their cultural development in terms of the use of computers and printing devices.

3. To analyse the problems in the terminology currently used to designate artistic works generated by means of digital printing, and propose a terminology that clearly reflects the materials used in each case, as a first step in establishing appropriate conservation strategies

The inaccuracy or lack of precision and consistency used in the cataloguing and musealization of digital prints, make clear the lack of knowledge about the printing technologies increasingly used by artists. This terminological vagueness has a great impact on the conservation, exhibition and storage of digital prints, since if the materials of which the artworks are composed are unknown, it is difficult to establish clear guidelines to guarantee their stability over time. For this reason, it is vital to gather as much information as possible on new works entering the collections, as well as to study those already in collection.

In this thesis, a terminology proposal has been made which clearly describes the materiality of the works. Its use could help the general audience attending an exhibition but also other stakeholders such as researchers, curators and conservation professionals, better understanding the technological and material varieties used by contemporary artists. On the other hand, it would also favour the didactic function of museums and institutions, valuing the tools and materials used by many contemporary artists.

4. To provide a useful guide to assist conservators and restorers in charge of collections in the identification of digitally printed artworks by using economical and easy methods.

Identifying as precisely as possible the processes involved in producing digital prints and the materials involved, in order to classify them appropriately is made possible by the use of simple tools such as

magnifying glasses or optical microscopes. These simple identification procedures would encourage an appropriate classification and the use of a correct terminology, being of help in foreseeing future possible degradations and the establishment of preventive conservation measures. Therefore, a previous knowledge on technologies and materials together with the use of simple magnification tools and illuminating sources, make it possible to determine some characteristics of the materials, which can help in their correct conservation, as well as in the detection of alterations at an early stage.

5. To describe the basic aspects involved in the conservation of contemporary art which are applicable to digital prints in art collections, including the correct photographic documentation of works of art, contemporary restoration theories and criteria, and stability tests of the materials, in order to obtain a more comprehensive view of the works of art before making decisions such as the reproduction.

While in the 1960s new forms of artistic creation were generated through the use of computers, new ideas about how to conserve contemporary works began emerging in the conservation field, since many works not only carried an implicit materiality but also their own meaning and significance, given by the artist. In this way, conservation strategies have been transformed, so that previous criteria and values are no longer sufficient. The conservation activity has become more participatory and multidisciplinary, and decisions on the most appropriate treatment for a given artwork do not only rely on curators. The artists acquire an important role, supported by their moral rights.

The conservation of contemporary art is, therefore, a relatively recent profession and it was not until the mid-1990s that the need to identify new ways of working and understanding works with a view to their conservation was really established. This highly specialised profession requires knowledge of the various theories developed on the history of conservation as well as the charters and guides created by different organisations in order to be able to apply clear criteria adapted to each individual artwork, but also in order to be able to establish reasoned and substantiated working methods. To do this, it is essential to have a good knowledge of the materials and technologies used in artistic creation, an a deep understanding of the conceptual issues related to the works to be treated together with the ability to work in a multidisciplinary way with professionals from different areas depending on the works to be preserved at any given time.

The knowledge of the materials and their behaviour over time in the face of various deterioration factors is essential to avoid their deterioration. For this reason, the tests that determine the durability and stability of the prints are essential to avoid having to make more complex decisions in the future.

On the other hand, the decision-making model created in 1999 and updated last year has served and continues to serve not only to facilitate decision-making regarding the conservation of a more or less complex artworks through a holistic analysis, but also to leave a record of those involved in such decisions so that future generations may better understand the evolution of the artwork over time. All this, together with the photographic documentation carried out in accordance with the fulfilment of certain characteristics so that it is accurate with respect to the artistic object, allows conservation strategies such as reproduction to be carried out. Reproduction constitutes a practice assimilated both by the institutions and by the artists themselves, as it has been possible to confirm through the responses obtained in the surveys carried out in this study. This way, many of the concepts discussed in traditional art have been overcome, such as authenticity, uniqueness, objectivity, minimum intervention or reversibility. However, the way in which reproduction is undertaken as a conservation strategy differs considerably depending on the personality of the artists: some are very collaborative and flexible with the proposals put forward and also provide the archive from which to print the new copy; others prefer to undertake the reproduction on their own, while there are those who show a certain reticence and indicate the need for them to personally supervise all the actions carried out.

In this sense, one of the issues that generate more reluctance among artists who make handmade interventions on the prints by adding traces made with pictorial techniques such as acrylic paint, inks, pencils, etc. is that the reproduction would also have to be made manually, something that requires the direct intervention of the artist.

In order to obtain reproductions as accurate as possible, following the established model for decision making is a common practice, in which the participants in this process and their functions are identified, and in which the artist has acquired an important role. Constituent aspects to be conserved and the contingent aspects that allow a certain flexibility to conform the replacement of the artwork also need to be taken into account.

Collaboration in contemporary artistic creation is a common issue. The artists collaborate with other colleagues, assistants and collaborators in order to carry out their plastic creations, and rarely work alone. In the field of digital printing, this collaboration has been marked from the very beginning, when the use of computers required a series of expert skills. These collaborations have been extended and/or modified over time as technologies have evolved. As in other disciplines that could be catalogued as both predecessors and contemporaries of digital printing, such as printmaking and photography, the figure of the Master Printer has become, in some cases, a necessary collaborator in the production of works printed by electronic devices. These professionals not only offer a technical expertise, but through direct contact with the artist they come to understand their work and offer the necessary advice to carry out a precise idea, also thanks to the knowledge they have about materials and their possible combinations.

With regard to the conservation of digital prints, reproduction seems to be a viable option accepted by institutions and a large majority of artists, despite the fact that technological evolution may cause the obsolescence of some tools and materials used by artists to produce artworks. Among novel artists in particular, and among those at an intermediary stage in their careers, the impossibility of finding substitute materials in the future does not seem to cause them any significant dilemma, but for some more consolidated artists it may be something to consider, even though they recognise that this problem will sooner or later arise.

It should be possible to make reproductions that fully satisfy both artists and institutions or collections housing this type of artworks, by documenting adequately the material and immaterial aspects of these works. However, the possibility of making reproductions should never replace or reduce the preventive conservation measures to be taken in each case, for this reason, it is essential to identify, characterize and know the stability and durability of the various possible combinations of the artworks created through electronic printing devices.

6. To assess the stability, durability and changes produced in printed surfaces by the most usual deteriorating factors during the exhibition, handling and storage of these artworks in collections in order to design specific guidelines for their preventive conservation.

The behaviour of digital prints when facing deterioration factors that can jeopardize their stability and durability has not been studied in depth. This situation is partly motivated by the difficulty in undertaking experimental tests that cover a wide range of technology, inks, substrates and finishes and mounting system combinations that are constantly evolving. The particular processes used by some artists increase the complexity of this type of studies.

The sensitivities of digitally printed materials to environmental factors as well as to storage and manipulation are specific and product dependent. Therefore, inkjet will behave differently to deterioration factors depending on the materials employed as colorants and supports. Paper substrates are the most susceptible in general, and especially fine art papers, which are highly vulnerable to abrasion produced by textured materials, such as the non-woven textiles but also by materials such as polyester, both

usually employed in packaging works of art; this sensitivity increases when exposed to humidity rates of 85%. It is therefore necessary to pay extreme attention to their exhibition, handling and storage, as they can easily deteriorate the work irreversibly. On the other hand, RC papers show especial weakness to high humidity rates due to its structure and composition, and this can increase depending on the materials employed for mounting it. In both substrates, abrasion cause significant surface changes that could affect the overall view of the artwork.

Lamination, even if in general protects from surface abrasion, can cause a variety of results depending on the deterioration factors and substrates: when laminated RC is subjected to high relative humidity environments, water-based pigment inks printed on it undergo bigger changes than when it is not laminated.

It has also been determined that the presence of OBAs on the substrates negatively affects the conservation of the prints, due to their lack of light fastness, turning the substrates to a yellowish tone that affects the general perception of the work. Protecting these materials against ultraviolet radiation by laminating the prints, inhibits the OBAs function –and do not prevent their destruction-, while it slows down the degradation of this type of prints. This raises some controversy as to whether it is better to subject the artworks to appropriate lighting so that the OBAs are activated and the artwork is seen as expected, or whether to use UV filtered lighting; in the first choice, one would have to consider the possibility of having to reproduce the artwork from time to time so that it can be seen correctly, entailing high expenses in terms of both material and personal resources.

As for colour resistance, water-based inks appeared to be the most unstable. Yellow, due to its composition is the less lightfast colour to daylight radiation, but also the most prone to generate smudge, which can cause substantial changes in the initial hue of digital prints. Despite its strong lightfastness, when water-based inks contain dyes instead of pigments, colours in general result by far the less lightfast; black colour turns brownish because of the catalytic fading, deserving special attention.

Prints on rigid materials by using UV-curing inks, which are gaining in popularity among artists, have proved to be very stable to light, periods of high relative humidity and abrasion. The changes produced in this type of combinations are more due to the alterations of the substrates themselves than to the inks, so special attention should be paid to the characteristics of the substrates in order to establish appropriate conservation measures. Foam board and PVC are the least stable materials in terms of the effects caused by light, humidity or abrasion. The foam board, due to its polyurethane core deteriorates significantly in the face of light, which generates a weakening of the structure that supports the print that clearly affects its integrity, with no option to reverse the damage. PVC, due to its OBA content, is especially susceptible to light.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adelstein, P.Z.; Zinn, E.D. y Reilly, J.M. (2003) Effect of atmospheric pollution on paper stability, *Journal of Pulp and Paper Science*, 29(1), 21-28
- Adrio, J.M. (2016). *De la imagen al papel. Hacia la impresión perfecta. La gestión de color en el proceso artístico del s. XXI* (Tesis doctoral), Universidad de Vigo, España
- Agar, J. (1996). The Provision of Digital Computers to British Universities up to the Flowers Report (1966), *The Computer Journal*, 39(7), 630-642
- Akkurt, F.; Benli, S.; Balbasi, M. y Alicilar, A. (2008). A study on disperse azo black textile dye, *Trends in Chemical Engineering*, 1, 73-76
- Albrecht, K., (2009). Changes in the practices of photographic printing. En Hoskins, S. (Ed.), *IMPACT 6, International Multidisciplinary Printmaking Science*, (pp.167-171). Bristol, Reino Unido
- Alcalá, J R. y Ariza, J. (Coord.) (2004) *Explorando el laberinto. Creación e investigación en torno a la gráfica digital a comienzos del siglo 21*. España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Castilla-La Mancha
- Al-Rubayei, H. (2009) *The role of paper and process technologies for mechanisms and image quality in digital electrophotography* (Tesis doctoral), Universidad Tecnológica de Helsinki, Finlandia
- Althöfer, H. (2003). Las dos finalidades de la restauración. En H. Althöfer (Ed.), *Restauración de pintura contemporánea. Tendencias, Materiales, Técnicas* (p. 9-18). Madrid: Istmo
- Amelunxen, H.v.; Iglhaut, S.; Rötzer, F.; Cassel, A.; Schneider, N.G. (Eds.) (1996). *Photography after Photography. Memory and Representation in the Digital Age*. Amsterdam: G+B International
- American Institute for Conservation (2009). *Photographic Information Record*. Recuperado el 8 de marzo de 2018, de http://www.conservation-us.org/resources/our-publications/specialty-group/photographic-materials/photographic-information-record#.WrJGe9IV_IU
- American Institute for Conservation (2009). *Photographic Information Record*. Extraído el 8 marzo de 2018, de <https://www.culturalheritage.org/membership/groups-and-networks/photographic-materials-group/publications/photographic-information-record>
- Anthonisen, I., Maguregui, I. y Artetxe, E. (2014). El carácter experimental de las impresiones digitales en la obra de Julián Irujo. En *15ª Jornada de Conservación de Arte Contemporáneo*, (pp. 249-259). Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía
- Appelbaum, B. (1987). Criteria for treatment: reversibility, *Journal of the American Institute for Conservation*, 26(2), 65-73
- Arenas, M. y Fernández-Villa, S.G. (2018) Manipulación de los *Face-mountings*: Hacia un protocolo en el ámbito de la conservación preventiva. En *VI Congreso del GEICC: ¿Y después? Control y mantenimiento del Patrimonio Cultural, una opción sostenible* (pp. 434-441). Vitoria: International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works
- Artigas, J. M; Capilla, P.; Pujol, J. (coord.) (2002). *Tecnología del color*. Valencia: Universitat de València
- Ash, N.; Homolka, S. y Lussier, S. (2014). *Descriptive Terminology for Works of Art on Paper. Guidelines for the accurate and consistent description of the materials and techniques of drawings, prints and collages*. Filadelfia, Estados Unidos: Philadelphia Museum of Art

- Ashley-Smith, J. (2017) A role for bespoke codes of ethics. En J. Bridgland (ed.) *ICOM-CC 18th Triennial Conference* (p. 1-8). Paris: International Council of Museums. Recuperado el 16 diciembre de 2019 de <https://www.icom-cc-publications-online.org/PublicationDetail.aspx?cid=a5101256-3816-4ff6-96b5-2a71c3eccc9e>
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2014). *UNE-EN ISO 2813: Pinturas y barnices. Determinación del índice de brillo especular a 20°, 60° y 85°*. Madrid: AENOR.
- Aspland, J.R. (1993) A series on dyeing: The Structure and Properties of Disperse Dyes and related topics, *Textile Chemist and Colorist*, 25(1), 21-25
- Ataeefard, M. (2015) The influence of paper whiteness, roughness and gloss on the optical density of colour digital printing, *Pigment & Resin Technology*, 44(4), 232-238. doi: 10.1108/PRT-11-2014-0108
- Auhorn, W.J. (2006). Chemical additives. En H. Holik (Ed.), *Handbook of Paper and Board* (p.62-149). Weinheim: Wiley-VCH
- Awagami Factory (2019) AIPJ Inkjet Papers. Recuperado de <https://awagami.com/>
- A&C Plastics Inc., 2019. Plexiglass vs. Plexiglas®: Acrylic Sheeting Facts. Recuperado el 23 de junio de 2019 de <https://www.acplasticsinc.com/informationcenter/r/plexiglass-vs-plexiglas>
- Aydemir, C. y Yenidoğan, S. (2018). Light fastness of printing inks: A review, *Journal of Graphic Engineering and Design*, 9(1), 37-43. doi: <http://doi.org/10.24867/JGED-2018-1-037>
- Ayers, R. y Fentiman, M. (productores). (1968). *Late Night Line-up* [Programa de Televisión]. Londres: BBC Two. Recuperado el 8 de agosto de 2019 de <https://www.youtube.com/watch?v=n8TJx8n9UsA>
- Bandyopadhyay, S. y Green, P. (2010). Effect of fluorescent agents on the permanence of printed materials, *Journal of Physics: Conference Series*, 231 (1). doi: 10.1088/1742-6596/231/1/012010
- Barassi, S. (2009) Dreaming of a universal approach: Brandi's *Theory of Restoration* and the conservation of contemporary art. Ponencia presentada en *Conservation: Principles, Dilemmas and Uncomfortable Truths*, Londres, Reino Unido. Recuperado el 10 diciembre de 2019 de <http://www.icom-cc.org/54/document/dreaming-of-a-universal-approach-brandis-theory-of-restoration-and-the-conservation-of-contemporary-art/?id=777#.XinrODJKJIU>
- Barker, I. y Burge, D. (2016). Safety of Freezing Inkjet Prints for Long term Storage. En *International Symposium on Technologies for Digital Photo Fulfillment* (pp. 12-15). Springfield: The Society for Imaging Science and Technology
- Barok, D.; Noordegraaf, J. y de Vries, A.P. (2019). From Collection Management to Content Management in Art Documentation: The Conservator as an Editor, *Studies in Conservation*, 64(8), 472-489. doi: 10.1080/00393630.2019.1603921
- Barrese, E.; Giofrè, A.; Scarpelli, M.; Turbante, D.; Trovato, R. y Iavicoli, S. (2014) Indoor Pollution on Work Office: VOCs, Formaldehyde and Ozono by Printer, *Occupational Diseases and Environmental Medicine*, 2, 49-55
- BBC News. (2007). *Free Gilbert & George art online*. Recuperado el 20 marzo de 2017 de <http://news.bbc.co.uk/2/hi/entertainment/6634953.stm>

- Beerens, L. (2016). Side by side: old and new standards in the conservation of modern art. A comparative study on 20 years of modern art conservation practice, *Studies in Conservation*, 62(sup2), 12-16. doi: <https://doi.org/10.1080/00393630.2016.1155336>
- Beerkes, L.; 't Hoen, P.; Hummelen, I.; van Saaze, V.; Scholte, T.; Stigter, S. (Eds.). (2012). *The artist interview for conservation and preservation of contemporary art. Guidelines & Practice*. Heijningen, Netherlands: Jap Sam Books
- Benjamin, W. (2010) *La obra de arte en la época de su reproducción mecánica*. Madrid, España: Casimiro
- Berger, M. y Wilhelm, H. (2004) Evaluating the Ozone Resistance of Inkjet Prints: Comparisons Between Two Types of Accelerated Ozone Tests and Ambient Air Exposure in a Home. En *International Conference on Digital Printing Technologies* (pp. 740-745). Springfield: The Society for Imaging Science and Technology
- Berns, R. S. (2016). *Color Science and the Visual Arts. A Guide for Conservators, Curators, and the Curious*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute
- Biblioteca Nacional de España (2015). Proceso de Digitalización en la Biblioteca Nacional de España. Biblioteca Digital Hispánica. Recuperado de <http://www.bne.es/webdocs/Catalogos/ProcesoDigitalizacionBNE.pdf>
- BilbaoArte (2020) Entrevistas. Recuperado el 4 enero 2020 de <https://bilbaoarte.org/entrevistas-2019/>
- Blades, N.; Oreszczyn, T.; Bordass, B. y Cassar, M. (2000). Guidelines on pollution control in heritage buildings. Londres: Council for Museums, Archives and Libraries
- Blanco-Moreno, F.J. (2014). *Reconstrucción de pintura mural mediante impresión directa con sistemas inkjet robotizados* (Tesis doctoral), Universitat Politècnica de València, España
- Blaschke-Walther, K. y Dobrusskin, S. (2015). Unmounted versus Face-mounted inkjet prints. Analyses concerning their light ageing behaviour, *Journal of Paper Conservation*, 16 (1), 9-17. Doi: 10.1179/1868086015Z.0000000001
- Borsenberger, P. y Weiss, D. S. (1998). *Organic photoreceptors for xerography*. Nueva York, Estados Unidos: Marcel Dekker Inc.
- Breitung, E. (2007). Survey of Abrasion Resistant Acrylics and Polycarbonates for Face-Mounted Photographs, *Topics in Photographic Preservation*, 12, 114-125
- Briones, F. (2012). El Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid. En A. López (Coord.), *Del Cálculo Numérico a la creatividad abierta. El Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid (1965-1982)* (p.23-30). Universidad Complutense de Madrid
- Brown, B.J.; Woudenberg, R.C.; Benjamin, A. y Williams, C. (2014) US. *Patent No. 8,778,074 B2*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office
- Bruker (2013) Dimension Icon Atomic Force Microscope System with ScanAsyst. Recuperado el 23 de junio de 2019 de <https://www.bruker.com/products/surface-and-dimensional-analysis/atomic-force-microscopes/dimension-icon/learn-more.html>

- Brunvand, E. (2013). Automated Drawing: Exploring the boundaries between print and drawing. En *IMPACT 8. International Multidisciplinary Printmaking Conference*, (pp. 86-91), Escocia, Reino Unido
- Bugner, D.E. (2002). Papers and Films for Ink jet Printing. En A. S. Dyamond y D. S. Weiss (Eds.), *Handbook of imaging materials* (p.603-627). Nueva York: Marcel Dekker
- Burge, D.; Gordeladze, N.; Bigourdan, J.L. y Nishimura, D. (2010) Effects of Ozone on the Various Digital Print Technologies: Photographs and Documents, *Journal of Physics: Conference Series*, 231 (1)
- Burge, D.; Gordeladze, N.; Bigourdan, J.L. y Nishimura, D. (2011) Effects of Nitrogen on the Various Digital Print Technologies: Photographs and Documents. En *NIP27 & Digital Fabrication Conference. International Conference on Digital Printing Technologies* (pp. 205-208). Springfield, USA: The Society for Imaging Science and Technology
- Burge, D., Gordeladze, N., Nishimura, D. y Bigourdan, J.L. (2013). Mitigation of Pollution-induced Deterioration of Digital Prints through Low-Temperature Storage. En *NIP29 & Digital Fabrication Conference. International Conference on Digital Printing Technologies* (pp. 44-47). The Society for Imaging Science and Technology
- Burge, D.; Nishimura, D. y Estrada, M. (2008) Summary of the DP3 Project Survey of Digital Print Experience within Libraries, Archives, and Museums. En *Archiving Conference* (p.133-136). Berna: Society for Imaging Science and Technology
- Burge, D., Nishimura, D. y Estrada, M. (2009). What do you mean when you say digital print?, *Archival Outlook, March/ April*, 6-25
- Burge, D. y Scott, J. (2012). Resistance of Digitally and Traditionally Printed Materials to Bleed, Delamination, Gloss Change, and Planar Distortion During Flood, *Journal of the American Institute for Conservation*, 51 (2), 145-158. doi: 10.1179/019713612804860419
- Burge, D., Venosa, A., Salesin, G., Adelstein, P. y Reilly, J. (2007). Beyond Lightfastness: Some Neglected Issues in Permanence of Digital Hardcopy. En *International Symposium on Technologies for Digital Fulfillment* (pp. 61-64). Las Vegas, Nevada: Society for Imaging Science and Technology
- Butler, T.; Garcia, A. y Stramel, R.D. (2012). *Patent No. WO 2012/148421 A1*. Ginebra, Suiza: World International Property Organization
- Caiger, N. (2016) ¿Permitirá la composición de las nuevas y funcionales tintas de inyección de base agua que los impresores de gran formato puedan beneficiarse de todo el potencial de la salida digital?, *Repropres*, 131. Recuperado de <http://www.repropres.es/index.php?id=14420>
- Candiani, A. (2018). A cerca de la no-especificidad de las prácticas gráficas contemporánea. In *IMPACT 10. International Multidisciplinary Printmaking Conference*, (pp. 44-48), Santander, Spain
- Canon (2014) Arizona Océ 6170 XTS. Recuperado el 15 de junio de 2019 de https://www.canon-europe.com/for_work/products/large_format_printers/displaygraphics/oce_arizona_6170_xts/specification.html
- Canosa, E. y Norrehed, S. (2019) Strategies for pollutant monitoring in museum environments. Estocolmo: Swedish National Heritage Board

- Canson (2019) *Canson Infinity Digital Fine Art & Photo*. Recuperado de <http://www.canson-infinity.com/> en
- Cárdaba-López, I. y Anthonisen-Añabeitia, I. (2017). A wider study of contemporary art based on Mikel Diez Alaba's *Mínimos series*, *Ge-conservación*, 11 (1), 237-242
- Carreira, L.; Agbezuge, L. y Gooray, A. (1996) Correlation between Drying Time and Ink Jet Print Quality Parameters. En I. Rezanka y E. Hanson (Eds.), *Recent Progress in Ink Jet Technologies* (p.1-4). Springfield: Society for Imaging Science and Technology
- Carrillo, J., Estella, I. y García-Merás, L. (Eds.). (2005). Centro de Cálculo. En *Desacuerdos: Sobre arte, políticas y esfera pública en el Estado Español. Cuaderno 3* (p. 15-43). Granada: Diputación de Granada
- Carrión, A. (coord.) (2015) Plan Nacional de Conservación de Patrimonio Fotográfico. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte
- Castaños, E. (2000). Los orígenes del arte cibernético en España. El Seminario de Generación Automática de Formas Plásticas del Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid (1968-1973) (Tesis doctoral) Universidad de Málaga, España.
- Castillejo, D. (dir.) (2010) *Objeto de Réplica*. Vitoria-Gasteiz: Artium Centro-Museo Vasco de Arte Contemporáneo
- Castrejon-Pita, J..R., Baxter, W.R.S., Morgan, J., Temple, S., Martin, G.D. y Hutchings, I.M. (2013). Future, Opportunities and Challenges of Inkjet Technologies, *Atomization and Sprays*, 23 (6), 541-565. doi: 10.1615/AtomizSpr.2013007653
- Castro, K. (2005) *Mapas invisibles para una gráfica electrónica: de la huella incisa al grabado con luz*. Vigo, España: Universidade de Vigo
- Castro, K. (2006) Reflexiones acerca de las máquinas de hacer trazos: plóters, trazadoras y dibujadoras digitales. En Soler, A. y Castro, K. (Coords.) *Impresión piezoeléctrica: la estampa inyectada. Algunas reflexiones en torno a la gráfica digital* (p.20-71). Facultad de Bellas Artes de Pontevedra, Universidad de Vigo: España
- Castro, S. J. (2008). El papel de la intención en la interpretación artística, *Revista de Filosofía*, 33(1), 139-159
- Cawthorne, J.E.; Joyce, M. y Fleming, D. (2003) Use of a Chemically Modified Clay as a Replacement for Silica in Matte Coated Ink-Jet Papers, *Journal of Coating Technology*, 75(936), 75-81
- Centro de Arte Dos de Mayo [CA2M] (2020) Videos. Recuperado el 4 enero de 2020 de <https://www.youtube.com/user/CA2M1/videos>
- Centro de Arte y Naturaleza [CDAN] (2020) Videos. Recuperado el 4 enero 2020 de <https://www.youtube.com/user/CDANARTEYNATURALEZA/videos>
- Chakraborty, J.N. (2011). An overview of dye fastness testing. En M. Clark (Ed.), *Handbook of textile and industrial dyeing: Volume 1 Principles, processes and types of dyes* (p.207-224). Cambridge: Woodhead Publishing Limited

- Chattopadhyay, D.P. (2012). Chemistry of dyeing. En M. Clark (Ed.), *Handbook of textile and industrial dyeing: Volume 1 Principles, processes and types of dyes* (p.150-183). Cambridge: Woodhead Publishing Limited
- Chen, J., Herrera, R., Ravines, P., Wiegandt, R., Penichon, S. y Sirven, M. (2007). Reversible Mounting Techniques for the Display of Large-Format Contemporary Photographs, *Topics in Photographic Preservation*, 12, 131-140
- Chovancova-Lovell V.; Fleming P. D. III y Carlick, D.J. (2006) Effect of Optical Brightening Agents and UV Protective Coating on Print Stability of Fine Art Substrates for Ink Jet. En *Proceedings of the IS&T NIP22: International Conference on Digital Printing Technologies* (pp. 17-22). Denver, Estados Unidos: The Society for Imaging Science and Technology
- Chromaluxe (2019) Product catalogue 2018-2019. Recuperado el 23 de junio de 2019 de https://issuu.com/universalwoodsemea/docs/chromaluxe_2018-2019
- Chung, K.T. (2016) Azo dyes and human health: A review, *Journal of Environmental Science and Health*, 34 (4), 233-261
- Clark, M. (2011). Fundamental principles of dyeing. En M. Clark (Ed.), *Handbook of textile and industrial dyeing: Volume 1 Principles, processes and types of dyes* (p.3-27). Cambridge: Woodhead Publishing Limited
- Colección Museo Artium (2005). S/T [Imagen Digital]. Recuperado de <https://apps.euskadi.eus/emsime/catalogo/autoria-diehl-victoria/titulo-sin-titulo-objeto-fotografia/ciuVerFicha/museo-18/ninv-05/60>
- Cologne Institute of Conservation Sciences [TH Köln]. (2019). The Decision-Making Model for Contemporary Art Conservation and Presentation. Recuperado el 2 diciembre de 2019 de: <https://www.sbmk.nl/en/tool/decision-makingmodel>
- Colorado, A. (2013). Los impactos de la imagen tecnológica en el arte moderno. En V. Andrade y A. Colorado (Eds.), *ArTecnología; arte, tecnología e linguagens midiáticas* (p.8-31). Recuperado el 3 de marzo de 2016 de https://eprints.ucm.es/23460/1/ArTecnologia_12_Low.pdf
- Cone editions (2019) Cone editions studio. Recuperado el 6 de octubre de 2019 de <https://cone-editions.com/>
- Consejo Internacional de Museos [ICOM]. (2004). Código de Deontología. Recuperado de <https://icom.museum/wp-content/uploads/2018/07/ICOM-codigo-Es-web-1.pdf>
- Convenio de Berna (1979) Protección de las obras literarias y artísticas. París, Francia. Recuperado de <https://wipo.int/es/text/283694>
- Csuri, C. (1974). Computer Graphics and Art, *Proceedings of the IEEE*, 62 (4), 503-515
- Cotte, S.; Tse, N. e Inglis, A. (2016) Artists' interviews and their use in conservation: reflections on issues and practices, *AICCM Bulletin*, 37(2), 107-118. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/10344233.2016.1251669>
- Cultural Heritage Agency of the Netherlands (2002). International Network for the Conservation of Contemporary Art. Recuperado el 20 de enero de 2017, de <https://www.incca.org/>

- Davenport, K. (1995) Impossible liberties: Contemporary artists on the life of their work over time, *Art Journal*, 54(2), 40-52.
- Davies, L. y Heuman, J. (2004) Meaning matters: Collaborating with contemporary artists, *Studies in Conservation*, 49(Sup2), 30-33. doi: 10.1179/sic.2004.49.s2.007
- De Gracia, S. (2010). Copy art y electrografía. Cuando la copia es más bellas que el original, *Revista Malabia*, 49,
- Delex (2019). *Catálogo de productos*. Recuperado de <https://www.delex.es/>
- Delex (2019) Papel Creative Fibre Nature. Recuperado el 16 de junio de 2019 de <https://www.delex.es/papeles-artisticos-fine-art/papel-photo-matt-fibre.html>
- Delex (2019) Papel Fotográfico Perla Lustre RC. Recuperado el 16 de junio de 2019 de <https://www.delex.es/rollo-papel-fotografico/rollo-papel-fotografico-lustre.html>
- Del Fresno, R. (2017). *La entrevista al artista emergente como modo de conservación preventiva. Estudio aplicado a los proyectos Perspectives Art Inflammation and Me y Perspectives, Art Liver Diseases and Me* (Tesis doctoral), Universidad Olitécnica de Valencia, España.
- Del Fresno, R. (2019). Testimoniart. Artist Database. Recuperado el 4 enero de 2020 de <https://ruthdelfresno.com/>
- Desie, G. y Van Roost, C. (2006) Validation of Ink Media Interaction Mechanisms for Dye and Pigment-based Aqueous and Solvent Inks, *Journal of Imaging Science and Technology*, 50 (3), 294-303
- Diasec (2019) The oficial Diasec Website. Recuperado el 20 de diciembre de 2019 de <https://diasec.com/>
- Dietrich, F. (1985). Visual Intelligence: The First Decade of Computer Art (1965-1975). *Computer Graphics and applications*, 5 (7), 33-45.
- Dominguez, F. y Silva, E.B. (2013) Materials in the field: Object-trajectories and Object-positions in the field of contemporary art, *Cultural Sociology*, 7(2), 161-178. doi: 10.1177/1749975512473287
- Dormolen, H. (2012). *Metamorfoze Preservation Imaging Guidelines. Image Quality, version 1.0*. Recuperado el 24 de febrero de 2017 de https://www.metamorfoze.nl/sites/default/files/publicatie_documenten/Metamorfoze_Preservation_Imaging_Guidelines_1.0.pdf
- Downey, P. (2005) APL Daisywheel [Imagen Digital]. Recuperado en 28 de septiembre de 2019 de <https://www.flickr.com/photos/psd/8076271/in/photostream/>
- Drumond, F.M.; Augusto, G.; Anastácio, E.R.; Carvalho, J.; Valnice, M. y Palma, D. (2013) Textile Dyes: Dyeing Process and Environmental Impact. En M. Günay (Ed.) *Eco-Friendly Textile Dyeing and Finishing* (p.151-176). Rijeka: InTech. doi: 10.5772/53659
- Drupa (2019). *Printing trade fair*. Recuperado de <https://www.drupa.com/>
- Dugo, I. y Rubio, T. (2017) La fotografía digital como herramienta documental. En V. Muñoz, S. Fernández y J.A. Arenillas (coords.), *PH cuadernos. Introducción a la documentación del patrimonio cultural* (p.17-39). Sevilla: Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico

- Duke, C.B.; Noolandi, J. y Thieret, T. (2002) The surface science of xerography, *Surface Science*, 500 (1-3), 1005-1023
- DuPont. (2019). New Clear DuPont™ Tedlar® Film for Graphics and Signage Applications. Recuperado el 20 diciembre de 2019, de <https://www.dupont.com/products-and-services/membranes-films/pvf-films/brands/tedlar-pvf-films/folder-press-release/2019-04-09-New-Clear-DuPont-Tedlar-Film.html>
- Diamond, A.S. y Weiss, D.S. (Ed.). (2002). *Handbook of imaging materials*. Nueva York, Estados Unidos: Marcel Dekker
- Dykstra, S.W. (1996). The artist's intentions and the intentional fallacy in fine arts conservation, *Journal of the American Institute for Conservation*, 35(3), 197-218.
- Ecological and Toxicological Association of Dyes and Organic Pigment Manufacturers [ETAD] (2019) Ecological and Toxicological Association of Dyes and Organic Pigment Manufacturers. Recuperado el 17 de noviembre de 2019 de <https://etad.com/en>
- Edison, S.E. (2006). UV-Curable Inkjet Inks Revolutionize Industrial Printing, *Radtech Report*, 17 (6), 28-33
- Edison, S.E. (2010). Formulating UV Curable Inkjet Inks. En S. Magdassi (Ed.), *The Chemistry of inkjet inks* (p.161-176). Singapore: World Scientific Publishing Co.
- Edwards, J. (2008). Variable-Dot Printing: Why Dots-Per-Inch is No Longer the Only Measure of Inkjet Print Quality, *SGIA Journal*, Third Quarter, 23-25
- Epson (2011) Stylus Pro 9890. Recuperado el 15 de junio de 2019 de <https://www.epson.eu/products/printers/large-format-printers/epson-stylus-pro-9890>
- Epson (2014) Epson's Precisioncore Printhead technology. Fact Sheet
- Epson (2016) SureColor SC-P20000. Recuperado el 15 de junio de 2019 de <https://www.epson.co.uk/products/printers/large-format-printers/surecolor-sc-p20000#details>
- Epson (2019). *Photographic & Fine Art Papers*. Recuperado de <https://epson.com/signature-worthy-fine-art-photo-papers>
- Epson Europe (2020). Digigraphie by Epson. Recuperado de <https://www.digigraphie.com/en/index.htm>
- España. Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia. Boletín Oficial del Estado, 22 de abril de 1996, núm. 97, pp. 14369 a 14396
- Estudios Durero (2015) Didú. Arte para tocar, arte para todos. Recuperado el 10 de diciembre de 2019 de <http://didu.estudiosdurero.com/>
- European Specialist Printing Manufacturers Association [ESMA] (2019). *The inkjet conference*. Recuperado de <https://www.esma.com/>
- Ezurra, M. y Grávalos, G.R. (2012) *Sistemas de impresión y sus tintas*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones La Rocca

- Fernández, J.M. (2008) *La fabricación de las materias papeleras: Selección de materias primas, fabricación, catalogación de productos, comercialización, medioambiente y normativas*. Barcelona: Ediciones CPG
- Fernández, M. (2008). Detached from History: Jasia Reichardt and Cybernetic Serendipity, *Art Journal*, 67(3), 6-23, DOI: 10.1080/00043249.2008.10791311
- Fernández, S. y Arenillas, J.A. (2017) Criterios generales para la documentación e información del patrimonio cultural. En V. Muñoz, S. Fernández y J.A. Arenillas (coords.), *PH cuadernos. Introducción a la documentación del patrimonio cultural* (p.17-39). Sevilla: Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico
- Firpo, P; Alexander, L, y Katanayagi, C. (1978). *Copy Art. The first complete guide to the copy machine*. Nueva York, Estados Unidos: Richard Marek Publishers
- Flemming, L. (2002). Finding the organizational sources of technological breakthroughs: the story of Hewlett-Packard's thermal ink-jet, *Industrial and Corporate Change*, 11 (5), 1059-1084
- Fontcuberta, J. (2015). *La cámara de Pandora. La fotografía después de la fotografía* (2ª ed.). Barcelona: Gustavo Gili.
- Foundation for the Conservation of Modern Art [SBMK]. (1999). The Decision-Making Model for the Conservation and Restoration of Modern and Contemporary Art. Recuperado el 5 abril de 2017 de: <https://www.sbm.nl/en/tool/decision-makingmodel>
- Frey, F. (2011). *Benchmarking Art Image Interchange Cycles. Final Report*. Manuscrito no publicado, Rochester Institute of Technology, Rochester, Estados Unidos.
- Frey, F. y Reilly, J.M. (2006) Digital Imaging for Photographic Collections. Foundations for Technical Standards. Rochester: Image Permanence Institute
- Fricker, A. L.; Hodgson, A. y Sandy, M. (2010). An investigation into the effects of solvent content on the image quality and stability of ink jet digital prints under varied storage conditions, *Journal of Physics: Conference Series*, 231 (1)
- Fricker, A.L.; Hodgson, A.; Townsend, J.H. y Woods, C. (2012) Humidity sensitivity of inkjet prints, *e-preservation science*, 9, 60-66. Recuperado de <http://www.morana-rtd.com/e-preservation-science/2012/Fricker-29-06-2012.pdf>
- Fritz, D. (2008). New Tendencies, *Oris*, 54, 176-191
- Fryberg, M. (2005). Dyes for ink-jet printing, *Coloration Technology*, 35 (1), 1-30. doi: 10.1111/j.1478-4408.2005.tb00157.x
- Fryberg, M., Hofmann, R. y Brugger, P.A. (1999). Permanence of Ink-jet Prints: A Multi-Aspect Affair. En E. Hanson (Ed.), *Recent Progress in Ink Jet Technologies II* (pp.419-423). Springfield, USA: The Society for Imaging Science and Technology
- Fundación Es Baluard Museu d'Art Modern i Contemporani de Palma (2020) Colección Arxiu Balears. Recuperado el 4 de enero 2020 de <https://www.esbaluard.org/coleccion/arxiu-balears/>

- Galerie Richard (2014). Traes-Acciones 4 [Imagen digital]. Recuperado de <https://www.flickr.com/photos/137043942@N06/22818508749/in/photolist-ALoPED-6R7Hyh-Wh1yJe-uQGTW-2dbWWYm-dKdcJE-dUAH1C-o5TPkP-9fJuhQ-hQUPRM-exUckz-8H6qew-UpAAS3-DvYmBn-Ek8iWR-ASHMy1-zqx3T-6R4eNt-6R4es8-8H3gRH-shLVth-toSY6i-6RHZ88-22fnJRK-8EQvCB-6R4eCH-6R8ifG-uQGw8-dUAG27-6R8ipC-6R4eXT-uE2WmM-AnpZYV-6R7Hg9-6R7J6h-7T2nnu-6R3EeR-6R7JhU-6R7H6S-toCNsh-hQVW7a-5HEXJq-6R7HJy-uQH3m-6R3ENr-24vXb5n-bnhRCj-bnhRsG-v6ETL-uQHCD>
- García, E. (2012). Creatividad e Informática. En A. López (Coord.), *Del Cálculo Numérico a la creatividad abierta. El Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid (1965-1982)* (p.73-96). Universidad Complutense de Madrid
- García, L. (2010) *Conservación y Restauración de Arte Digital* (Tesis Doctoral), Universidad Europea de Madrid, España
- García, T. (2006). Testimonio relativo al “seminario de formación plástica” del centro de cálculo de la universidad de Madrid. En J. I. Abeijón, P. J. Pradillo y M. Sainz de la Maza (Coords.) *Abstracción. Del grupo Pórtico al Centro de Cálculo. 1948-1968* (pp. 57-61). Madrid
- Geffert, S. (2009) *Implementing Imaging Standards: The Longest Yard*. Recuperado el 8 febrero de 2020 de http://www.imagingetc.com/images/Resources/Images/PDFs_DownloadFiles/Implementing%20Imaging%20Standards_the%20Longest%20Yard_Final.pdf
- Gere, C. (2008). *Digital Culture* (2ªed.). Londres: Reaktion Books
- Gigac, J.; Stankovská, M.; Letko, M.; Opálená, E. (2014) The Effect of Base Paper Properties on Inkjet Print Quality, *Wood Research*, 59(5), 717-730
- Gigac, J.; Stankovská, M; Opálená, E. y Pažitný, A. (2016). The Effect of Pigment and Binders on Inkjet Print Quality, *Wood Research*, 61(2), 215-226
- Glynn, D. (2001). *The preservation and conservation of ink jet and electrophotographic printed materials* (Tesis doctoral). The Open University, Reino Unido. Recuperado de <http://oro.open.ac.uk/58177/1/392868.pdf>
- Goldsmith, D. (Dir.). (1987). Painting with Light. David Hockney [Episodio de programa de televisión]. En M. Deakin y L. Megahey (Productores ejecutivos), *Painting with Light*. Londres, Reino Unido: BBC. Recuperado el 01 de febrero de 2019 de <https://www.youtube.com/watch?v=b-Jpl4egl2o>
- Gong, R.; Fleming, P.D. y Sönmez, S. (2010) Application of Nano Pigments in Inket Paper Coating. En *NIP26 & Digital Fabrication Conference. International Conference on Digital Printing Technologies* (pp. 507-511). Springfield, USA: The Society for Imaging Science and Technology
- González, M. (2019). *Marisa González. Fax art 1972-2013*. Recuperado el 9 de agosto de 2019 de <http://marisagonzalez.com/portfolio/fax-art-1972-2013/>
- González, M. (2019). Estación Fax [Fotografía] Recuperado el 9 de agosto de 2019 de <http://marisagonzalez.com/portfolio/fax-art-1972-2013/>
- Gordon, R. y Hermens, E. (2013). The Artist's Intent in Flux, *CeROArt*. doi: 10.4000/ceroart.3527

- Grant, A.; Bisson, A.; Blake, I.; Fielder, S. y Silverbrook, K. (2011) US. *Patent No. 8.080.102 B2*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office
- Green, P. (2014) Colour Management in Heritage Photography. En L. MacDonald (Ed.) *Digital Heritage. Applying Digital Imaging to Cultural Heritage* (p.293-326). Londres: Butterworth-Heinemann
- Grøntoft, T. y Marincas, O. (2018) Indoor air pollution impact on cultural heritage in an urban and a rural location in Romania: the National military museum in Bucharest and the Tismana monastery in Gorj County, *Heritage Science*, 6, 73. doi: <https://doi.org/10.1186/s40494-018-0238-6>
- Gulrajani, M.L. (2011). Disperse dyes. En M. Clark (Ed.), *Handbook of textile and industrial dyeing: Volume 1 Principles, processes and types of dyes* (p.365-394). Cambridge: Woodhead Publishing Limited
- Güell, E. y Pozo, D (Junio, 2014) Canon llevó a Fespa Digital una completa gama de equipos que amplían los límites de la impresión en gran formato. *Interempresas industria gráfica + impresión digital*, 1100, 32-34.
- Gürses, A.; Açıkdiz, M.; Kübra, G. and Gürses, M.S. (2016) *Dyes and pigments*. Switzerland: Springer
- Hahnemühle (2019) *Digital Fine Art*. Recuperado de <https://www.hahnemuehle.com/en/hahnemuehle.html>
- Hamilton, R. y Crabbe, H. (2009). Environment, pollution and effects. En J. Watt, J. Tidblad, V. Kucera y R. Hamilton (Eds.), *The Effects of pollution on cultural heritage* (p.1-28). Nueva York: Springer
- Hartus, T. (2008). Effect of Toner Fixing Temperature on Print Properties in the Electrophotographic Process, *Taga Journal*, 4, 165-177
- Havlíková, B.; Jančovičová, V.; Čeppan, M. y Hanus, J. (2008) Lightfastness of Ink Jet and Laser Prints, *Acta chimica Slovaca*, 1(1), 95-111
- Hawk, T. (2010). Sunriser [Imagen digital]. Recuperado de <https://www.flickr.com/photos/thomashawk/15867555809/>
- Hedstrom, M. y Lee, C. (2002). Significant Properties of Digital Objects: definitions, applications, implications. En *Proceedings of the DLM-Forum*. Recuperado de https://ils.unc.edu/callee/sigprops_dlm2002.pdf
- Henderson, J. y Nakamoto, T. (2016). Dialogue in conservation decision-making, *Studies in Conservation*, 61 (sup2), 67-78. doi: 10.1080/00393630.2016.1183106
- Herráez, J.A. (2017). Fundamentos de Conservación Preventiva. Sección de Conservación Preventiva del Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE), Madrid
- Heydenreich, G. (2011) Documentation of Change-Change of Documentation. En T. Scholte y G. Wharton (Eds.), *Inside Installations. Theory and practice in the care of complex artworks* (p.155-171). Amsterdam: Amsterdam University Press
- Hiip, H. (2012). Issues in the conservation Management of Contemporary Art Collections, Base on the INCCA Model. En I. Szmelter (Ed.), *Innovative Approaches to the Complex Care of Contemporary Art* (p. 10-33). London: Archetype Publications, Ltd.

- Hirsch, R.; Hubbard, K; Urbons, K. y Carpenter, T. *Fast, cheap and easy. The copy art revolution* (Exposición celebrada en Buffalo (NY), CEPA Gallery, del 14-IX-2018 al 15-XII-2018). The Zenger Group, 2018.
- Hladnik, A. (2004) Use of Specialty Pigments in High-End Ink-Jet Paper Coatings, *Journal of Dispersion science and technology*, 25(4), 1-9. doi: 10.1081/LDIS-25702
- Hockney, D. (1989). Tennis [Imagen Digital] Recuperado el 9 de agosto de 2019 de <https://thedavidhockneyfoundation.org/chronology/1989>
- Hodes, C. y Treadaway, C. (2009). At the cutting edge: an investigation into the role of digital print within creative practice?. En Hoskins, S. (Ed.), *IMPACT 6, International Multidisciplinary Printmaking Science*, (pp.110-114). Bristol, Reino Unido
- Hofmann, R. (2015). Surface Science in photography, *Nanotechnology Perceptions*, 11, 5-11
- Homann, J.P. (2009). *Digital Color Management. Principles and Strategies for the Standardized Print Production*. Berlin, Alemania: Springer- Verlag
- HP (2019). *Fine Art Printing Materials*. Recuperado de <https://hp.globalbmg.com/en/fine-art-printing-materials>
- Hudd, A. (2010) Inkjet printing technologies. En S. Magdassi (Ed.), *The Chemistry of inkjet inks* (p.3-18). Singapore: World Scientific Publishing Co.
- Hummelen, I. y Scholte, T. (2012). Collecting and archiving information from living artists for the conservation of contemporary art. En J. H. Stoner y R. Rushfield (eds.) *Conservation of Easel Paintings* (p.39-48). Londres: Routledge
- Hummelen, I. y Sillé, D. (Eds.) (1999). *Modern art who cares? An interdisciplinary research project and an international symposium on the conservation of modern and contemporary art*. Amsterdam: Foundation for the Conservation of Modern Art.
- Hunt, R.W.G. y Pointer, M.R. (2011). *Measuring Colour*. Chichester, Reino Unido: Wiley
- Hutchinson, I. (2010). Raw Materials of UV Curable Inks. En S. Magdassi (Ed.), *The Chemistry of inkjet inks* (p.177-201). Singapore: World Scientific Publishing Co.
- Image Permanence Institute [IPI] (2007). *Digital Print Preservation Portal* (DP3). Recuperado el 15 de octubre de 2016, de <http://www.dp3project.org/>
- Image Permanence Institute [IPI] (2009). A Consumer Guide to Modern Photo Papers. Recuperado de https://www.imagepermanenceinstitute.org/shtml_sub/modernphotopapers.pdf
- Image Permanence Institute [IPI] (2009). *Graphics Atlas*. Recuperado el 11 de octubre de 2016, de <http://www.graphicsatlas.org/>
- Image Permanence Institute [IPI] (2009) Graphics Atlas. Guided Tour [Imagen Digital]. Recuperado de <http://www.graphicsatlas.org/guidedtour/>
- Insúa, L. (2003). *La estampa digital. El grabado generado por ordenador* (Tesis doctoral), Universidad Complutense de Madrid, España

- International Color Consortium [ICC] (2020) About ICC. Recuperado el 20 febrero de 2020 de <http://www.color.org/abouticc.xalter>
- International Organization for Standardization (2017) *13655: Graphic Technology-Spectral measurement and colorimetric computation for graphic arts images*. Switzerland: ISO
- Irujo, J., Ortega, S., Mardones, F., Mugica, A. y Linaza, G. (2010). *ES 2 320 519 B1*. Oficina Española de Patentes y Marcas
- Jadzinska, M. (2012) Back to the future: Authenticity and its influence on the conservation of modern art. En I. Szmelter (Ed.) *Innovative Approaches to the Complex Care of Contemporary Art* (p.82-99). London: Archetype Publications, Ltd.
- J-No (2016). Epson Digital Couture [Imagen Digital] Recuperado de <https://www.flickr.com/photos/j-no/24314481573/in/photolist-RSK4mh-RmL8gd-RSK2v3-RSK4Ey-RSK2nN-RSK3Pq-D3fXyy-D3fRvb-RmL8FG-DXEaVA-RSK35E-RSK4uU-RSK44o-RSK2zw-DXE23f-DPyjbu-DPyciG-D3fNA3-DRJpeH-DPyc6h-DxSrty-DZYNDg-DXEaN1-D3zZ36-DruJxH-DXE3Af-DZYGQn-D3fNDE-DruABT-DxSroJ-D3fNTh-DPyizu-DxStHd-D3A8rk-D3fVEU-DPyn4U-DRJsUt-DZYQLn-D3A99n-D3A7sX-DZYHEZ-DPyjLs-D3A5gx-D3Aae8-DZYQgp-DPyk9G-DZYM6r-DZYLZe-D3fNc7-DxSprC/>
- Johnson, H. (2005). *Mastering Digital Printing* (2^a ed.). Boston: Thomson Course Technology
- Jürgens, M. (1999). *Preservation of Ink Jet Hardcopies*, Capstone Project, Cross-Disciplinary Studies, Rochester Institute of Technology, Rochester, N.Y.
- Jürgens, M. (2009). *The digital print. Identification and Preservation*. Los Angeles, California: The Getty Conservation Institute
- Jürgens, M. (2019). *The Eye*. Recuperado el 5 enero de 2020 de: <http://the-eye.nl/>
- Jürgens, M.C. y Schempp, N. (2010) Freeze-Drying Wet Digital Prints: An Option for Salvage? , *Journal of Physics: Conference Series*, 231 (1). doi: 10.1088/1742-6596/231/1/012005
- Karaca, F. (2015) An AHP-based indoor Air Pollution Risk Index Method for Cultural Heritage Collections, *Journal of Cultural Heritage*, 16, 352-360
- Kasahara, K. (1999). A New Quick-Drying, High-Water-Resistant Glossy Ink Jet Paper. En E. Hanson y R. Eischbach (Eds.), *Recent progress in Ink Jet Technologies II* (p. 353-355). Springfield: Society for Imaging Science and Technology
- Kasper, K.B. (2002). Thermal imaging materials. En Arthur S. Dyamond y David S. Weiss (Eds.), *Handbook of imaging materials* (p.145-171). Nueva York: Marcel Dekker
- Kawano, H. (1968). The aesthetics for computer art, *Bit International*, 2, 19-28
- Kim, E. y Breitung, E. (2007). Scratch Repair on Acrylics used in Face-Mounted Photographs: A Survey of Materials and Techniques, *Topics in Photographic Preservation*, 12, 144-159
- King, K.; Ling, C.; Wang, S. y Lu, Y. (2008). US. *Patent No. 2008/0006175 A1*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office

- Kipphan, H. (Ed.). (2001). *Handbook of print media. Technologies and production methods*. Berlin, Alemania: Springer- Verlag
- Kirby, J. (2014) Environmental conditions for the safeguarding of collections: background to the current debate on the control of relative humidity and temperature, *Studies in Conservation*, 59(4), 205-212. doi: 10.1179/2047058414Y.0000000141
- Klütsch, C. (2005). The Summer 1968 in London and Zagreb: Starting or End Point for Computer art? En *Conference on Creativity and Cognition* (pp.109-117). Londres: Reino Unido. doi:10.1145/1056224. 1056241
- Knowlton, K. (2001). On the frustrations collaborating with artists, *Computer Graphics*, 35 (3), 20-22
- Knowlton, K. (2005). Portrait of the artist as a young scientist, *Ylem Journal*, 25 (2), 8-11
- Kogler, W.; Gliese, T. y Auhorn, W.J. (2006) Coating pigments. En H. Holik (Ed.), *Handbook of Paper and Board* (p. 55-61). Weinheim: Wiley-VCH
- Konika Minolta, Incorporated (2012) MULTIGLOSS268Plus / UNIGLOSS60Plus. Recuperado el 29/10/2017 de <http://sensing.konicaminolta.com.mx/products/micro-tri-gloss-268-gloss-meter/>
- Kowalski, W. W. (2012). Legal Framework of the Conservation and Restoration of Modern and Contemporary Art. En I. Szmelter (Ed.) *Innovative Approaches to the Complex Care of Contemporary Art* (p. 34-53). London: UK, Archetype Publications, Ltd.
- Kushner, M. (2001). *Digital: Printmaking now*. Brooklyn, Nueva York: Brooklyn Museum of Art
- Kwon, H.H. y Lee, G.S. (2020) Collaboration with Stakeholders for Conservation of Contemporary Art, *Journal of Conservation Science*, 36(1), 37-46. doi: <https://doi.org/10.12654/JCS.2020.36.1.04>
- Laganà, A. y Rivenc, R. (2014) Less is more. Exploring minimally invasive methods to repair plastic works of art, *Conservation Perspectives, The GCI newsletter* 29(1), 16-18
- Laidler, P. (2011). *Collaborative digital and wide format printing: Methods and considerations for the artist and master printer* (Tesis doctoral), University of West England, Reino Unido
- Lamminmäki, T.; Kenttä, E.; Rautkoski, H.; Bachér, J.; Teir, S.; Kettle, J. y Sarlin, J. (2013) New Silica Coating Pigment for Inkjet Papers from Mining Industry Sidestreams, *Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology*, 3(3), 224-234. doi: 10.4236/jsemt.2013.33030
- Lamminmäki, T.T.; Kettle, J.P.; Puukko, P.J.T. y Gane, P.A.C. (2011). Absorption Capability and Inkjet In Colorant Penetration into Binders Commonly Used in Pigmented Paper Coatings, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 50(6), 3287-3294. doi: [dx.doi.org/10.1021/ie102178x](https://doi.org/10.1021/ie102178x)
- Lamminmäki, T.; Kettle, J.P. Puuko, P.; Ridgway, C. y Gane, P.A.C. (2009). Inkjet Print Quality: The Role of Polyvinyl Alcohol in Specialty CaCO₃ Coatings, *Journal of Pulp and Paper Science*, 35 (3-4), 137-147
- Landsdown, J. (1997). Some trends in computer art. En S. Mealing (Ed.) *Computers and art* (p.11-21). Exeter: Intellect Books

- LaPorte, G.M. y Stephens, J.C. (2012) Analysis techniques used for the forensic examination of writing and printing inks. En L. Kobilinsky (ed.) *Forensic Chemistry Handbook* (p.225-250). New Jersey: Wiley
- Latour, B. y Lowe, A. (2011). The Migration of the Aura – Exploring the Original Through Its Facsimiles. En T. Bartscherer y R. Coover (eds.) *Switching Codes Thinking Through Digital Technology in the Humanities and the Arts* (p. 275-297). Chicago: University of Chicago Press
- Lavédrine, B; Monod, S. y Gandolfo, J.P. (2003) *A Guide to Preventive Conservation of Photograph Collections*. Los Angeles, USA: Getty Conservation Institute
- Lavery, A. y Provost, J. (1999) Color-Media Interactions in Ink Jet Printing. En E. Hanson (Ed.), *Recent Progress in Ink Jet Technologies II* (pp. 400-405). Springfield, USA: The Society for Imaging Science and Technology
- LeBlanc, F. y Eppich, R. (2005) Documenting our past for the future, *The Getty Conservation Institute Newsletter*, 20(3), 5-9
- Lee, F. (2002). Finding the organizational source of technological breakthroughs: the story of Hewlett-Packard's thermal inkjet, *Industrial and Corporate Change*, 11 (5), 1059-1084
- Lee, D.L.; Fass, W.H. y Winslow, A.T. (1996) Engineering An Ink Jet Paper What's Involved? En I. Rezanka y E. Hanson (Eds.), *Recent Progress in Ink Jet Technologies* (p.247-253). Springfield: Society for Imaging Science and Technology
- Lemaire, R. y Stovel, H. (1994). Documento de Nara sobre Autenticidad. Recuperado de <https://ipce.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:550b230e-6b0e-45d6-8e42-ed0b1c3c5bcd/1994-documento-nara.pdf>
- Lewis, D.M. (2011). The chemistry of reactive dyes and their application processes. En M. Clark (Ed.), *Handbook of textile and industrial dyeing: Volume 1 Principles, processes and types of dyes* (p.303-364). Cambridge: Woodhead Publishing Limited
- Li, J.; Rossignol, F. y Macdonald, J. (2015) Inkjet printing for biosensor fabrication: combining chemistry and technology for advanced manufacturing, *Lab on a Chip*, 15 (12), 2538-2558. doi: 10.1039/c5lc00235d
- Li, Y., y He, B. (2011). Characterization of ink pigment penetration and distribution related to surface topography of paper using confocal laser scanning microscopy, *BioResources*, 6 (3), 2690-2702
- Lieser, W. (2010). *Arte Digital: Nuevos caminos en el Arte*. Postdam, Alemania: H.F. Ullmann
- Liu, H.; Shi, H.; Wang, Y.; Wu, W. y Ni, Y. (2014) Interactions of Lignin with Optical Brightening Agents and Their Effect on Paper Optical Properties, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 53(8), 3091-3096. doi: 10.1021/ie4032082
- Lopez-Aparicio, S.; Grøntoft, T. y Dahlin, E. (2010) Air Quality Assessment in cultural Heritage Institutions using EWO dosimeters, *e-Preservation Science*, 7, 96-101
- López, A.E. (2013) El Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid. Creatividad y tecnología en la universidad española de los años sesenta, *Artnodes. Revista de arte, ciencia y tecnología*, 13, 26-33. doi: 10.7238/a.v0i13.1984

- López, A.E. (Coord.) (2012) Consola de computadora IBM 7090 [Fotografía], en *El Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid (1965-1982)*, p.14
- Lovejoy, M. (1996). *Postmodern currents: Art and Artists in the Age of Electronic Media* (2ª ed.). New Jersey, USA: Prentice Hall PTR
- Lubbers, C. y Erbeck, J. (2014) An overview of dispersions for energy-curable applications, *Radtech Report*, 25 (2), 35-39
- Luber, K. y Sommermeyer, B. (2011) Remaking artworks: Realized Concept versus Unique Artwork. En T. Scholte y G. Wharton (eds.) *Inside Installations. Theory and Practice in the Care of Complex Artworks* (p. 235- 248). Amsterdam, Holanda: Amsterdam University Press
- Macarrón, A. M. (2008). *Conservación del patrimonio cultural: criterios y normativas*. Madrid, España: Síntesis
- Macías, J. M. (2015). *Arte gráfico digital. Propuestas para una creación mediante procesos híbridos* (Tesis doctoral), Universidad de Málaga, España
- MacDonald, L. y Jacobson, R. (2014) Assessing Image Quality. En L. MacDonald (Ed.) *Digital Heritage. Applying Digital Imaging to Cultural Heritage* (p.351-373). Londres: Butterworth-Heinemann
- Magdassi, S. (Ed.). (2010). *The Chemistry of Inkjet Inks*. Singapore: World Scientific Publishing Co.
- Magdassi, S. (2010) Ink requirements and formulations guidelines. En S. Magdassi (Ed.), *The Chemistry of inkjet inks* (p.3-18). Singapore: World Scientific Publishing Co.
- Marchesi, M. (2017). *Forever Young. The reproduction of photographic artworks as a conservation strategy* (Tesis doctoral), Universidad de Leiden, Países Bajos
- Marchesi, M. (2014) Conservation of photographic artwork by John Baldessari: Two strategies- reproduction and framing. En J. Bridgland (ed.) *ICOM-CC 17th Triennial Conference* (p. 1-7). Paris: International Council of Museums. Recuperado el 16 diciembre de 2019 de <https://www.icom-cc-publications-online.org/PublicationDetail.aspx?cid=b3f4c7b3-af67-426e-9580-719b6d85917f>
- Martinez, K., Cuppit, J., Saunders, D. y Pillay, R. (2002). Ten years of art imaging research, *Proceedings of the IEEE*, 90(1), 28-41
- Martin, G.D.; Hoath, S.D. y Hutchings, I.M. (2008). Inkjet printing. The physics of manipulating liquid jets and drops, *Journal of Physics: Conference Series*, 105 (1):012001. doi: 10.1088/1742-6596/105/1/012001
- Martin, T. (Marzo-abril, 2004). Dye-based or pigment-based? Debunking the myths of digital inks, *Digital photo techniques*, 49-60
- Martínez, J. (2018). Grabado en Expansión: Espacio y Tiempo. En *IMPACT 10. International Multidisciplinary Printmaking Conference*, (pp. 24-28), Santander, España
- Marzal, J. (2014) La Fotografía como arte. Pensar la fotografía en la era digital. En J. Pablo e I. Sánchez (Eds.) *Fotografía y Arte: IV encuentro en Castilla-La Mancha* (p.19-45). Guadalajara: Universidad de Castilla-La Mancha.

- Mason, C. (2008) *A computer in the art room. The origins of British computer arts 1950-80*. Londres, Reino Unido: JJGPublishing
- Mason, R. y Avrami, E. (2000) Heritage Values and Challenges of Conservation Planning. En J.M. Teutonico y G. Palumbo (eds.) *Management Planning for Archaeological Sites*, (p. 13-26). Los Angeles: The Getty Conservation Institute
- Matthews-Paul, S. (2016) Reflexiones sobre el gran formato. *Repropres*, 130, 22-25. Recuperado de http://www.repropres.net/index.php?mostrar=REVISTA&_pagi_pg=2
- Maynés, P. (2012). *Terminología para los sistemas de producción de imagen múltiple*. Ponencia presentada en I Jornadas sobre Conservación Preventiva de Fotografía Contemporánea y Soportes Electrónicos, Madrid, España
- McCormick-Goodhart, M. y Wilhelm, H. (2000) Humidity-induced color changes and ink migration effects in inkjet photographs in real-world environmental conditions. En *NIP16 & Digital Fabrication Conference. International Conference on Digital Printing Technologies* (pp. 74-77). Springfield, Estado Unidos: The Society for Imaging Science and Technology
- McCormick-Goodhart, M. y Wilhelm, H. (2001) The influence of relative Humidity on Short-term color drift in inkjet prints. En *NIP17 & Digital Fabrication Conference. International Conference on Digital Printing Technologies* (pp. 179-185). Springfield, Estado Unidos: The Society for Imaging Science and Technology
- McCormick-Goodhart, M. y Wilhelm, H. (2003) The correlation of line quality degradation with color changes in inkjet prints exposed to high relative humidity. En *NIP19 & Digital Fabrication Conference. International Conference on Digital Printing Technologies* (pp. 420-425). Springfield, Estado Unidos: The Society for Imaging Science and Technology
- McCormick-Goodhart, M. y Wilhelm, H. (2005) New test methods for evaluating the humidity-fastness of inkjet prints. En *Japan Hardcopy 2005* (pp. 95-98). Tokyo, Japón: The Imaging Society of Japan
- McKenzie-Craig, C. (2018). Redefining the margins of printmedia in the JPEG empire. En *IMPACT 10. International Multidisciplinary Printmaking Conference*, (pp. 153-155), Santander, España
- Menil Foundation. (2020). Artists Documentation Program. Recuperado el 4 de enero de 2020 de <http://adp.menil.org/>
- Messier, P.; Baas, V.; Tafilowski, D. y Varga, L. (2005) Optical Brightening Agents in Photographic Paper, *Journal of the American Institute for Conservation*, 44(1), 1-12. doi: 10.1179/019713605806082392
- Ministerio de Cultura (2002) Directrices para proyectos de digitalización de colecciones y fondos de dominio público, en particular para aquellos custodiados en bibliotecas y archivos. Madrid: Secretaría General Técnica. Recuperado de: <https://sede.educacion.gob.es/publivena/d/12437C/19/0>
- Ministerio de Cultura y Deporte (2020) La Voz de la Imagen. Recuperado de <https://www.lavozdelaimagen.com/index.php#0>
- Ministerio de Cultura y Deporte (2020) Oral Memories. Recuperado de <https://oralmemories.com/>
- Muñoz, S. (2003). *Teoría Contemporánea de la Restauración*. Madrid, España: Síntesis

- Murray, S.G. (1991) Dyes and fluorescent whitening agents for paper. En J.C. Roberts (Ed.), *Paper Chemistry* (p.132-161). Nueva York: Chapman & Hall
- Mürle, R. (1971) Manfred Mohr-Computer Graphics, Une Esthétique Programmée [Fotografías] Recuperado de <http://www.emohr.com/paris-1971/p1.html>
- Museu d'Art Contemporani Vicente Aguilera Cerni (2019) Crucifixión [Imagen Digital]. Recuperado el 20/07/2019 de <https://www.macvac.es/obra/crucifixion/>
- Nakano, K. y Oyanugi, T. (2010). US. *Patent No.7,753,514 B2*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office
- Nake, F. (1971). There should be no computer art. *PAGE, 18*, Bulletin of the Computer Arts Society.
- Nake, F. (2010). Raíces y casualidad. Una mirada a los inicios del arte digital. En W. Lieser *Arte Digital: Nuevos caminos en el Arte* (pp. 39-41). Postdam, Alemania: H.F. Ullmann
- Nash editions (2019) Nash editions. Fine art digital print makers. Recuperado el 6 de octubre de 2019 de <https://www.nasheditions.com/>
- National Exhibitions Touring Support Victoria [NETS Victoria]. (2012). *Made to last: the conservation of art*. Recuperado el 22 marzo de 2017 de <https://netsvictoria.org.au/exhibition/made-to-last-the-conservation-of-art/>
- Nishimura, D., Salesin, G., Adelstein, P. y Burge, D. (2009) Abrasion of Digital Reflection Prints: The Abrasiveness of Common Surfaces and the Vulnerability of Print Processes. En J. Hinz, R. Homer y o. Dann (Eds.), *The Book and Paper Group Annual, 28* (p. 47-52). Philadelphia: American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (AIC)
- Noble, J. (1997). Fatal attraction: Print meets computer. En S. Mealing (Ed.) *Computers and art* (p.77-95). Exeter: Intellect Books
- Nosotros [Revista online] (2020) Entrevistas. Recuperado el 4 enero de 2020 de <http://www.nosotros-art.com/category/revista/entrevistas>
- Noll, M. A. (1968). The digital computer as a creative medium, *Bit International*, 2, 51-62
- Noll, M. A. (1994). The Beginnings of Computer Art in the United States: A memoir. *Leonardo*, 27(1), 39-44
- Ono, T.; Yagyu, T. y Sawatari, Y. (1997) US. *Patent No. 5,667,671*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office
- Özcan, A. y Zelzele, Ö.B. (2017). The Effect of Binder Type on the Physical Properties of Coated Paper, *MSU J. of Sci*, 5(1), 399-404. doi: 10.18586/msufbd.322353
- Parraman, C. (2010a). Colour changes in prints during long-term dark storage of prints, *J. Phys.: Conf. Ser.* 231 012006. doi:10.1088/1742-6596/231/1/012006
- Parraman, C. (2010b). *The development of alternative colour systems for inkjet printing* (Tesis doctoral). University of West England, Reino Unido

- Parraman, C. y Ortiz-Segovia, M.V. (2016) An exploration of 2.5D printing as tactile pictures, IS&T International Symposium on Electronic Imaging: Measuring, Modelling, and Reproducing Material Appearance, p. 1-1. doi: 10.2352/ISSN.2470-1173.2016.9.MMRMA-362
- Pekarovicova, A., Bhide, H., Fleming, P. y Pekarovic, J. (2003). Phase-Change inks, *Journal of Coating Technology*, 75 (936), 65-72
- Pénichon, S. (2004). Mounting substrates for contemporary photographs, *Studies in Conservation*, 49 (sup2), 114-118. Doi: 10.1179/sic.2004.49.s2.025
- Pénichon, S. y Jürgens, M. (2001). Two finishing techniques for contemporary photographs, *Topics in Photographic Preservation*, 9, 85-96
- Pénichon, S., Jürgens, M. y Murray, A. (2002). Light and dark stability of laminated and face-mounted photographs: a preliminary investigation, *Studies in Conservation*, 47 (sup3), 154-159. doi: 10.1179/sic.2002.47.s3.032
- Pénichon, S., Jürgens, M. y Murray, A. (2010). Práticas de montagem de fotografias contemporâneas, *Cadernos Técnicos de Conservação Fotográfica Volume 7*, Brasil: Funarte
- Pereira, J.M. (2013). *Gestión del color en proyectos de digitalización. Fundamentos y estrategias para la fidelidad del color*. España: Ediciones técnicas Marcombo
- Pereira, J.M. (2018). El control de calidad en la digitalización de bienes culturales, *Revista PH*, 95, 63-67. doi: 10.33349/2018.0
- Piezography (2019) Piezography. Recuperado el 6 de octubre de 2019 de <https://piezography.com/>
- Plataforma de Arte Contemporáneo [PAC] Artist Interviews. Recuperado el 4 de enero de 2020 de <https://www.plataformadeartecontemporaneo.com/pac/artist-interviews/>
- Pugliese, M.; Ferriani, B. y Ratti, I. (2016) Materiality and immateriality in Lucio Fontana's environments: From documentary research to the reproduction of lost artworks, *Studies in Conservation*, 61(sup2), 188-192. doi: <https://doi.org/10.1080/00393630.2016.1181925>
- Rasmusson, A.; Chovancova, V; Fleming, P.D. y Pekarovicova, A. (2005). Light Fastness of Pigment-based and Dye-based Inkjet Inks. En *Proceedings of the Technical Association of the Graphic Arts, TAGA* (pp.1-10). Rochester: Technical Association of the Graphic Arts
- Regidor, J.L. (2003). *Estabilidad, protección y aceptación de las impresiones ink jet en procesos de creación y conservación de obras de arte* (Tesis doctoral), Universitat Politècnica de València, España
- Reglamento (CE) nº 1907/2006, de 18 de diciembre de 2006, para el Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de sustancias y mezclas químicas (REACH), Diario Oficial de la Unión Europea (2006)
- Reichardt, J. (ed.) (1968) *Cybernetic Serendipity, the computer and the arts* (2ª ed. revised) Londres, Reino Unido: Studio International
- Reichardt, J. (1971) *Cybernetics, Art and Ideas*. En J. Reichardt (Ed.) *Cybernetics, Art and Ideas*, Greenwich, CT: New York Graphic Society, p. 11-17

- Reichardt, J.(1971) View of part of the Cybernetic Serendipity exhibition [Fotografía], in *Cybernetics, Art and Ideas*, Greenwich, CT: New York Graphic Society, p. 12
- Rice, S. D. y Fleming, P. D. (2007). Lightfastness Properties of different digital printers and papers. En *NIP 23 & Digital Fabrication Conference. International Conference on Digital Printing Technologies* (pp. 739-742). Springfield, Estados Unidos: The Society for Imaging Science and Technology
- Richards, P.R. (2012). Dye types and application methods. En J. Best (Ed.), *Colour Design Theories and applications* (p. 471-496). Cambridge: Woodhead Publishing Limited
- Richardson, C. y Saunders, D. (2007) Acceptable Light Damage- A Preliminary Investigation, *Studies in Conservation*, 57 (3), 177-187. doi: 10.1179/sic.2007.52.3.177
- Robledano, J. (2014). Modelos de calidad en la digitalización de patrimonio fotográfico. En M. Olivera y A. Salvador (eds.), *Del artefacto mágico al megapixel. Estudio de Fotografía* (pp.367- 393). Universidad Complutense de Madrid.
- Rosa, L. (2008) IBM Selectric typewriter heads [Imagen Digital]. Recuperado el 20 de septiembre de 2019 de <https://www.flickr.com/photos/lrosa/2268021541>
- Rotaeché, M. (2016). *Museología y Conservación de Arte Contemporáneo: un conflicto de intereses*. Gijón, España: Trea
- Ruiz de Arcaute, E. (2019) Las entrevistas a artistas sobre técnicas y conservación y sus objetivos. Una revisión histórica. En E. Santos (coord.) *Seminario Participación del artista en la conservación del arte contemporáneo. Las entrevistas de artistas como fuente directa de documentación*. Seminario llevado a cabo en el Instituto del Patrimonio Cultural de España, Madrid.
- Rush, M. (2002). *Nuevas expresiones artísticas a finales del siglo XX*. Barcelona, España: Destino
- Saitmacher, K.; Geisenberger, J.; Macholdt, H.T. y Menzel, H. (2003) Image Stability of Ink Jet Prints: Investigations on the Impact of Ozone. En *International Conference on Digital Production Printing and Industrial Applications* (pp. 201-202). Springfield, Estados Unidos: The Society for Imaging Science and Technology
- Salanova, M. y Cabanes, E. (2010). Arte versus Globalización: Revisión Filosófica de los recursos del Arte Contemporáneo frente al proceso de Globalización. *Eikasía. Revista de Filosofía*, 31, 281-291
- Salesin, E. y Burge, D. (2011). The Scratch Sensitivity of Digital Reflection Prints. En *NIP27 & Digital Fabrication Conference. International Conference on Digital Printing Technologies* (pp. 197-200). Springfield, USA: The Society for Imaging Science and Technology
- Salesin, E. y Burge, D. (2013). The Determination of the Minimum Force to Initiate Abrasion Damage of Digitally Printed Documents and Photographs. En *NIP29 & Digital Fabrication Conference. International Conference on Digital Printing Technologies* (pp. 56-59). Springfield, USA: The Society for Imaging Science and Technology
- Salesin, E., Scott, J., Nishimura, D., Adelstein, P., Reilly, J. y Burge, D. (2008). Abrasion of Digital Reflection Prints. En *NIP24 & Digital Fabrication Conference. International Conference on Digital Printing Technologies* (pp. 228-230). Springfield, USA: The Society for Imaging Science and Technology

- Salesin, E.; Burge, D.; Nishimura, D. y Gordeladze, N. (2010) Short-term high humidity bleed in digital reflection prints. En *NIP26 & Digital Fabrication Conference. International Conference on Digital Printing Technologies* (pp. 386-389). Springfield, Estado Unidos: The Society for Imaging Science and Technology
- Samuel, J. y Edwards, P. (2010). Solvent-based Inkjet Inks. En S. Magdassi (Ed.), *The Chemistry of inkjet inks* (p.141-159). Singapore: World Scientific Publishing Co.
- Santabárbara, C. (2016). Heinz Althöfer, el inicio de la teoría de la restauración del arte contemporáneo. *Erph. Revista electrónica de patrimonio histórico*, 18, 52-69
- Santos, A.I. (2018) *Análisis del estado actual de los registros de entrevistas a artistas contemporáneos. Memoria Final del Proyecto*. Madrid: Instituto del Patrimonio Cultural de España. Recuperado de: <http://www.culturaydeporte.gob.es/planes-nacionales/dam/jcr:e12a5d08-eb02-4dc5-bd3e-f163eb76ee0e/memoria-entrevistas-artistas.pdf>
- Santos, A.I. (2019) *Estudio y creación de una base de datos con la localización de las entrevistas que han concedido artistas plásticos en España. Memoria Final del Proyecto*. Madrid: Instituto del Patrimonio Cultural de España. Recuperado de <http://www.culturaydeporte.gob.es/planes-nacionales/eu/dam/jcr:3911a1a8-69d5-4623-84f4-2a3450bc3c1c/entrevistas-memoria-final.pdf>
- Santos, J.M. (2014). El color en la reproducción fotográfica en proyectos de conservación, en *Proyectos y Actuaciones, Revista PH*, 86, 102-123. doi: 10.33349/2014.0
- Saunders, D. (2006). Digital Images in Conservation Documentation: Quality, Accuracy and Potential. En H.M. Parkin (comp.) *AIC Painting Specialty Group Postprints*, 18 (p. 1-15). Washington: The American Institute for Conservation of Historic & Artistic Works)
- Saunders, D. y Cupitt, J. (1993). Image Processing at the National Gallery: The VASARI Project, *National Gallery Technical Bulletin*, 14, 72–85.
- Saunders, D.; Cupitt, J. y Padfield, J. (2014) Digital Imaging for Easel Paintings. En L. MacDonald (Ed.), *Digital Heritage. Applying Digital Imaging to Cultural Heritage* (p. 521-548). Londres: Butterworth-Heinemann
- Schaeffer, T. (2001) *Effects of Light on Materials in Collections. Data on Photoflash and Related Resources*. Los Angeles, Estados Unidos: The Getty Conservation Institute
- Schewe, J. (2007) Colour Space [Imagen Digital]. Recuperado de <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colorspace.png>
- Schinzl, H. (2003). Restauración e investigación. Un intento de esquematización. En H. Althöfer (Ed.), *Restauración de pintura contemporánea. Tendencias, Materiales, Técnicas* (p. 19-23). Madrid: Istmo
- Schmid, C. (2010) Formulation and Properties of Waterborne Inkjet inks. En S. Magdassi (Ed.), *The Chemistry of inkjet inks* (p.123-140). Singapore: World Scientific Publishing Co.
- Scholte, T. y Wharton, G. (Ed.). (2011). *Inside Installations. Theory and practice in the care of complex artworks*. Amsterdam, Holanda: Amsterdam University Press

- Shaknovich, A. y Belmont, J. (2010). Pigments for inkjet applications. En S. Magdassi (Ed.), *The Chemistry of inkjet inks* (p.101-122). Singapore: World Scientific Publishing Co.
- Shashoua, Y. (2008). *Conservation of plastics. Materials science, degradation and preservation*. Oxford, Reino Unido: Elsevier
- Shaw-Klein, L. (1999). Effects of Mordant Type and Placement on Inkjet Receiver Performance. En E. Hanson (Ed.), *Recent Progress in Ink Jet Technologies II* (pp. 335-339). Springfield, USA: The Society for Imaging Science and Technology
- Sheppard, R. (2005). What does archival really mean? *Digital PhotoPro*, 3 (3), 130
- Shi, H.; Liu, H.; Ni, Y.; Yuan, Z ; Zou, X. y Zhou, Y. (2012) Review : Use of Optical Brightening Agents (OBAs) in the Production of Paper Containing High-Yield Pulp, *BioResources*, 7(2), 2582-2591
- Shore, R. (2014) *Post-Photography. The artist with a camera*. Londres: Laurence King Publishing
- Siegelau, S. y Wendler, J.W. (1968) *The Xerox Book*, New York. Recuperado el 4 de octubre de 2019 de <http://www.primaryinformation.org/files/CARBDHJKSLRMLW.pdf>
- Sign Materials Direct (2019) Dilite. Recuperado el 21 de junio de 2019 de <http://www.signmaterialsdirect.com/3mm-dilite-white-aluminium-composite-sheet-acm-3mmdiliteacm>
- Singh, M., Haverinen, H.M., Dhagat, P. y Jabbour, G.E. (2010). Inkjet Printing – Process and Its Applications, *Advanced Materials*, 22, 673-684. doi: 10.1002/adma.200901141
- Smith, M. (2012) Face-mounting techniques for contemporary photographs and digital images. En *7th AICCM Book, Paper and Photographic Materials Symposium*. (pp. 76-88). Brisbane: The Australian Institute for the Conservation of Cultural Material.
- Smith, N. (2014). Digitising documents for public access. En L. MacDonald (Ed.), *Digital Heritage. Applying Digital Imaging to Cultural Heritage* (p. 3-32). Londres: Butterworth-Heinemann
- Society of Dyers and Colourists y American Association of Textile Chemists and Colorists (2019). *The Colour Index™*. Recuperado 17 noviembre de 2019, de <https://colour-index.com/>
- Solemaini-Gorgani, A. (2016) Inkjet printing. En J. Izdebska y S. Thomas (Eds.), *Printing on polymers: Fundamentals and applications* (p. 231-246). Oxford: Elsevier
- Soler, A. y Castro, K. (2006). *Impresión piezoeléctrica: la stampa inyectada. Algunas reflexiones en torno a la gráfica digital*. Facultad de Bellas Artes de Pontevedra, Universidad de Vigo: España
- Sommermeier, B. (2011) Who's Right – The Artist or the Conservator?. En T. Scholte y G. Wharton (Ed.), *Inside Installations. Theory and practice in the care of complex artworks* (p.143-151). Amsterdam, Holanda: Amsterdam University Press
- Spalter Digital (2019). The Ane and Michael Spalter Digital Art Collection. Recuperado de <http://spalterdigital.com/>
- Springett, B.E. (2002). Ink jet technology. En A. S. Dymond y D. S. Weiss (Eds.), *Handbook of imaging materials* (p.145-171). Nueva York: Marcel Dekker
- St Cuthberts Mill (2019). *Digital Fine Art*. Recuperado de <http://www.stcuthbertsmill.com/>

- Stedelijk Museum y Leiden University (2018). *The Materiality of Photographs*. Simposio llevado a cabo en el Stedelijk Museum, 5 y 6 de Abril en Amsterdam (Holanda)
- Steiger, R. y Brugger, P.A. (1999) Photochemical studies on the lightfastness of Ink-Jet Systems. En *NIP13 & Digital Fabrication Conference. International Conference on Digital Printing Technologies* (pp. 321-324). Springfield, USA: The Society for Imaging Science and Technology
- Stevenson, J. (2014). Digitisation Programmes in the V&A. En L. MacDonald (Ed.), *Digital Heritage. Applying Digital Imaging to Cultural Heritage* (p. 69-92). Londres: Butterworth-Heinemann
- Stigter, S. (2016). Through the conservator's lens: from analogue photowork to digital printout: How is authenticity served? En E. Hermens, & F. Robertson (Eds.), *Authenticity in Transition: Changing Practices in Contemporary Art Making and Conservation* (pp. 169-178). Londres, Reino Unido: Archetype Publications
- Stigter, S. (2004) Living artis, living artwork? The problem of faded colour photographs in the work of Ger Van Elk, *Studies in Conservation*, 49(sup2), 105-108. doi: <https://doi.org/10.1179/sic.2004.49.s2.023>
- Subramanian, V. (2010). Printed electronics. En S. Magdassi (Ed.), *The Chemistry of inkjet inks* (p.283-317). Singapore: World Scientific Publishing Co.
- Swist, F. (2009). CMYK- From Graphic Design to Digital Art: Reflections on transferring colour manipulation from pre-press and commercial litho printing to a fine art digital printing. En Hoskins, S. (Ed.), *IMPACT 6, International Multidisciplinary Printmaking Science*, (pp.60-66). Bristol, Reino Unido
- Szmelter, I. (2012) An innovative Complex Approach to Visual Art Preservation. En I. Szmelter (Ed.), *Innovative Approaches to the Complex Care of Contemporary Art* (p. 10-33). London: Archetype Publications, Ltd.
- Tecco (2019). *Tecco Photo*. Recuperado de: <https://www.tecco.de/product-category/tecco/tecco-photo/>
- The Computer Arts Society (2019) *History*. Recuperado el 02 de agosto de 2019 de <https://computer-arts-society.com/about>
- The David Hockney Foundation (2019) *Chronology, 1989*. Recuperado el 9 de agosto de 2019 de <https://thedavidhockneyfoundation.org/chronology/1989>
- The Guardian. (2007). *Gilbert and George put free artwork on internet*. Recuperado el 20 marzo 2017 de <https://www.theguardian.com/uk/2007/may/08/art.artnews>
- Tong, H. y Lin, Y. (1995). US. *Patent No. 5.397.670*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Torrens, M.A. (2011). *Colección del MIDECIANT. Museo Internacional de Electrografía y centro de investigación de arte y nuevas tecnologías de Cuenca* (Tesis doctoral), Universidad de Granada, España
- Tortosa, R. (2011). La activación de la superficie plana. Recuperado el 19 de octubre de 2019 de <https://www.rubentortosa.com/?p=130>
- 3A Composites (2015) *Dibond Broschuere*. Recuperado el 29 de octubre de 2017 de <https://www.display.3acomposites.com/es/dibond.html>

- 3A Composites (2015) Forex Classic Working directions. Recuperado el 19 de junio de 2019 de <https://www.display.3acomposites.com/forex.html>
- 3A Composites (2017) Forex Product Information. Recuperado el 29 de octubre de 2017 de <https://www.display.3acomposites.com/forex.html>
- 3A Composites (2018) Kapa Broschure. Recuperado el 19 de junio de 2019 de <https://www.display.3acomposites.com/kapa.html>
- Trevisan, R. (2013). Documentation Techniques. En B. Ferriani y M. Pugliese (Eds.) *Ephemeral Monuments. History and Conservation of Installation Art* (p.169-179). Los Angeles: The Getty Conservation Institute
- Tse, M.; Briggs, J. C. y Forrest D. J. (1998) Optimization of Toner Fusing Using a Computer-Controlled Hot-Roll Fusing Test System. En *3rd International Conference on Imaging Science and Hardcopy*. Chongqing, China
- Tyagi, D. (2003) Toner for High Quality Digital Production Printing. En *International Conference on Digital Production Printing and Industrial Applications* (pp. 207-210). Barcelona: The Society for Imaging Science and Technology
- UNESCO (2003) Carta para la Preservación del Patrimonio Digital. Recuperado de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000133171_spa.page=85
- Universidad de Castilla-La Mancha (2018). MIDEciant. Recuperado el 8 marzo de 2019 de <http://www.mide.uclm.es/es/>
- Universidad de Vigo (2020). dx5 digital & graphic art_research. Recuperado el 10 enero de 2020 de <https://grupodx5.webs.uvigo.es/>
- University of West England (2019) Centre for fine print research. Recuperado el 8 marzo de 2019 de <https://www.uwe.ac.uk/sca/research/cfpr/>
- Usselmann, R. (2003) The Dilemma of Media Art: Cybernetic Serendipity at the ICA London. *Leonardo*, 36 (5), pp. 389-396
- Van de Vall, R.; Hölling, A.; Scholte, T. y Stigter, S. (2011). Reflections on a biographical approach to contemporary art conservation. En *ICOM-CC: 16th Triennial Conference. WG Theory and History in Conservation*. Almada: Critério
- Van der Kooy, C. (2017) ¡Aguas! [Imagen Digital]. Recuperado de <https://www.anoukkruithof.nl/aguas>
- Van Oosten, T. (2011) *PUR Facts. Conservation of Polyurethane Foam in Art and Design*. Amsterdam, Holanda: Amsterdam University Press
- Van Saaze, V. (2013) *Installation Art and the Museum. Presentation and Conservation of Changing Artworks*. Amsterdam: Amsterdam University Press
- Vasić, J.; Kašiković, N. y Đurđević, M. (2018) Impact of type of ink and substrate on colorimetric values of inkjet prints. En *International Symposium Graphic Engineering and Design* (pp. 365-372). Serbia: University of Novi Sad. doi: 10.24867/GRID-2018-p44

- Venosa, A., Burge, D. y Nishimura, D. (2011). Effect of Light on Modern Digital Prints - Photographs and Documents, *Studies in Conservation*, 56 (4), 267-280. doi: 10.1179/204705811X13159282692888
- Venosa, A.; Burge, D. y Nishimura, D. (2016) Mitigation of light-induced damage on modern digital prints: Photographs and documents, *Studies in Conservation*, 61(sup1), 101-110. doi: 10.1179/2047058414Y.0000000155
- Venosa, A., Burge, D. y Salesin, E. (2016). Light-induced cracking and abrasion of inkjet prints: Damage and mitigation, *Studies in Conservation*, 61 (sup1), 94-100. doi: 10.1179/2047058415Y.0000000023
- Victoria and Albert Museum (2019) Catherine Sauvage [Imagen Digital]. Recuperado el 28 de septiembre de 2019 de <http://collections.vam.ac.uk/item/O1181511/catherine-sauvage-print-jaume-estapa/>
- Victoria and Albert Museum (2019) Computer Composition with Lines [Imagen Digital]. Recuperado el 20 de julio de 2019 de <https://collections.vam.ac.uk/item/O1193787/computer-composition-with-lines-photograph-noll-a-michael/>
- Victoria and Albert Museum (2019) Gaussian-Quadratic [Imagen Digital]. Recuperado el 20 de julio de 2019 de <https://collections.vam.ac.uk/item/O1193785/gaussian-quadratic-photograph-noll-a-michael/>
- Victoria and Albert Museum (2019) Interruptions [Imagen Digital]. Recuperado el 8 de agosto de 2019 de <http://collections.vam.ac.uk/item/O1193775/interruptions-drawing-molnar-vera/>
- Victoria and Albert Museum (2019) Running Cola is Africa [Imagen Digital]. Recuperado el 8 de agosto de 2019 de <http://collections.vam.ac.uk/item/O1034089/running-cola-is-africa-lithograph-computer-technique-group/>
- Victoria and Albert Museum (2019) Skew G2 [Imagen Digital]. Recuperado el 9 de agosto de 2019 de <http://collections.vam.ac.uk/item/O1171185/skew-g2-drawing-wilson-mark/>
- Victoria and Albert Museum (2019) Studies in Perception I [Imagen Digital]. Recuperado el 20 de julio de 2019 de <http://collections.vam.ac.uk/item/O239963/studies-in-perception-i-print-harmon-leon/>
- Visconti, M. y Cataeo, M. (2000). A highly efficient photoinitiator for water-borne UV-curable systems, *Progress in Organic Coatings*, 40 (1-4), 243-251
- Visser, H. (2018). Forever Young? The impermanence in photography. En Stedelijk Museum y Leiden University, *The Materiality of Photographs*. Simposio llevado a cabo en el Stedelijk Museum, 5 y 6 de Abril en Amsterdam (Holanda). Recuperado de: <https://vimeo.com/270085856>
- Voices in Contemporary Art [VoCA] (2020) Mission. Recuperado el 4 de enero de 2020 de Menil Foundation. <https://voca.network/>
- VV.AA. (2017). *Imaging in Conservation, Conservation Perspectives, The GCI newsletter* 32(1).
- Wagnern, S. S. (1999) An update on the Stability of B + W Resin Coated Papers, *Topics in Photographic Conservation*, 8, 60-66
- Wands, B. (2006). *Art of the Digital Age*. Londres, Reino Unido: Thames & Hudson

- Wang, Z.; Wagner, J. and Wall, S. (2011) Characterization of Laser Printer Nanoparticle and VOC Emissions, Formation Mechanisms, and Strategies to Reduce Airborne Exposures, *Aerosol Science and Technology*, 45 (9), 1060-1068. doi: 10.1080/02786826.2011.580799
- Wauer, S. (2006) Dilite Safety Data Sheet. Recuperado el 16 de junio de 2019 de <https://www.antalisco.uk/business/catalog.htm?mhId=397302730&nodeName=Dilite>
- Weaver, G. (2005) Commercial Coatings for Photographs in North America, 1950 to the Present. En C. McCabe (Ed.), *Coatings on photographs: Materials, Techniques, and Conservation* (p.201-217). Washington: American Institute for Conservation
- Webster, Edward, (2003) *Print Unchained. A saga of invention and enterprise. Fifty years of digital printing. 1950-2000 and beyond*. Vermont, Estados Unidos: DRA Vermont Inc.
- Westland, S. (2009). New Developments in Colour Management. En Hoskins, S. (Ed.), *IMPACT 6, International Multidisciplinary Printmaking Science*, (pp.66-69). Bristol, Reino Unido
- Wharton, G. (2016). Artist intention and the conservation of contemporary art, *Objects Specialty Group Postprints*, 22, 1-12
- Wharton, G. (2018). Bespoke ethics and moral casuistry in the conservation of contemporary art, *Journal of the Institute of Conservation*, 41(1), 58-70. doi:10.1080/19455224.2017.1417141
- Wilhelm, H. (2002). How long will they last? An overview of the light-fading stability of inkjet prints and traditional color photographs. En *12th International Symposium on Photofinishing Technology* (pp. 32-37). Springfield, USA: The Society for Imaging Science and Technology
- Wilhelm, H. (2002) Wilhelm Imaging Research. Recuperado el 10 de enero de 2017, de <http://wilhelm-research.com/>
- Wilhelm, H. (2006) A 15-year history of digital printing technology and print permanence in the evolution of digital fine art photography - From 1991 to 2006. En *NIP22 & Digital Fabrication Conference. International Conference on Digital Printing Technologies* (pp. 308-315). Springfield, USA: The Society for Imaging Science and Technology
- Wilhelm, H. y McCormick-Goodhart, M. (2001). Reciprocity Behavior in the Light Stability Testing of Inkjet Photographs. En *NIP17 & Digital Fabrication Conference. International Conference on Digital Printing Technologies* (pp. 197-202). Springfield, USA: The Society for Imaging Science and Technology
- Williams, D. y Stelmach, M. (Eds.) (2010) Technical Guidelines for Digitizing Cultural Heritage Materials: Creation of Raster Image Master Files. Recuperado el 24 de febrero de 2017, de http://www.digitizationguidelines.gov/guidelines/FADGI_Still_Image-Tech_Guidelines_2010-08-24.pdf
- Wilson, M. (1985) *Drawing with Computers*. Nueva York, USA: Putnam Publishing Group
- Wimsatt, W. K. y Beardsley, M. C. (1946). The Intentional Fallacy, *The Sewanee Review*, 54(3), 468-488
- Wnek, W.J.; Andreottola, A.; Doll, P.F. y Kelly, S.M. (2002). Ink jet technology. En A. S. Dyamond y D. S. Weiss (Eds.), *Handbook of imaging materials* (p.531-602). Nueva York: Marcel Dekker

- Xerox Corporation (2013) Xerox® Emulsion Aggregation (EA) Toner. White Paper. Recuperado el 29 de octubre de 2019 de <https://www.office.xerox.com/latest/SUPWP-01.pdf>
- X-Rite (2003) ColorEye® Spectrophotometer Operation Manual. Recuperado el 25 de junio de 2019 de https://www.xrite.com/-/media/xrite/files/manuals_and_userguides/c/o/coloreye-xth_manual_en.pdf
- X-Rite (2010) Colorimetric values for ColorChecker Family of Targets. Recuperado el 28 de junio de 2019 de https://xritephoto.com/ph_product_overview.aspx?ID=820&Action=support&SupportID=5159
- Yang, L.; Fogden, A.; Pauler, N.; Sävborg, Ö. y Kruse, B. (2005) A novel method for studying ink penetration of a print, *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 20 (4), 423-429
- Yip, K., Lubinsky, A., Perchak, D. y Ng, K. (2002) Measurement and Modelling of Drop Absorption Time for Various Ink-Receiver Systems, *Journal of Imaging Science and Technology*, 47 (5), 388-393
- Yuan, S., Sargeant, S., Rundus, J., Jones, N. y Nguyen, K. (1999). The Development of Receiving Coatings for Inkjet Imaging Applications. En E. Hanson (Ed.), *Recent Progress in Ink Jet Technologies II* (pp. 378-382). Springfield, USA: The Society for Imaging Science and Technology
- Zamarro, E. (2007). *La tecnología de inyección de tinta como herramienta para la práctica artística* (Tesis doctoral), Universidad Complutense de Madrid, España
- Zhang, Y., Liu, Z., Cao, Y., Li, R. y Jing, Y. (2015). Impact of binder composition on inkjet printing paper, *BioResources*, 10 (1), 1462-1476
- Zhmud, B. y Tiberg, F. (2003). Surfactants in Ink-Jet Inks. En D.R.Karsa (Ed.) *Surfactants in Polymers, Coatings, Inks and Adhesives Vol.1* (p. 211-244). Oxford: Blackwell Publishing
- Zink Holdings LLC (2013). ZINK Zero Ink. Recuperado el 19 de octubre de 2019 de <https://zink.com/technology/>
- Zolek-Tryznowska, Z. (2016). Additives for Ink Manufacture. En J. Izdebska y S. Thomas, *Printing on Polymers. Fundamentals and Applications* (p. 57-66). Oxford: Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-323-37468-2.00004-X
- Zorn, S. y Dobruskin, S. (2011). 'Diasec' and Other Finishing Techniques - Investigation of Accelerated Light Fading, *Studies in Conservation*, 56 (4), 257-266. doi: 10.1179/204705811X13159282692842

APPENDIX I: QUESTIONNAIRE DESIGNED FOR PRINTING LABS

1. What kind of technologies do you work with?
 Inkjet UV Sublimation Other
2. What kind of printing works do you usually make?
 Home/office printing Art printing Advertising Other
3. What kind of inks do you employ?
 Solvent Eco-solvent Water-based (dye) Water-based (pigment)
 UV curable Latex Other
4. Which are the most requested substrates?
 Fine Art paper Resin-coated (RC) paper Aluminum Dibond
 PVC (Forex) Polycarbonate PMMA (Methacrylate) Cast
 PMMA (Methacrylate) Extruded Foam Board
5. Do you mount paper substrates to other supporting materials?
 Yes No Hardly ever
6. Which are the most employed supporting materials?
 Aluminum Dibond Foam Board PVC (Forex) PMMA (Methacrylate)
 Other
7. Do you apply any product to protect the printed surface?
 Yes No Sometimes Hardly ever
8. What kind of products do you apply?
 Heat-activated lamination Pressure activated film lamination Spray
 Liquid lamination
9. Do you advise the clients with regard to the best technology/materials combination?
 Yes No When requested
10. Once the work is printed, do you report the client about the employed materials and their characteristics?
 Yes No When requested
11. Do you provide to the client conservation guidelines for the printed artworks?
 Yes No When requested
12. What kind of guidelines do you offer?

13. Do you archive information about the printed works and the materials employed for them?
 Yes No

APPENDIX II: QUESTIONNAIRE DESIGNED FOR ARTISTS

1. How long are you working with digital technologies?

2. What kind of digital technologies/devices do you use?

3. Please, select the substrates you employ more to produce your artworks

- Dibond Foam board PMMA Fine art paper
 Resin-coated (RC) paper Other

4. Do you mount your printed artworks in other supporting materials?

- Dibond Foam board PMMA Framing Other

5. Do you mix printed images with other painting techniques?

- No Acrylic paints Inks Markers Pencils Other

6. Do you apply some protection to your printed artworks to improve their conservation?

- Lamination Spray varnish Liquid varnish No Other

7. Your print are...

- Unique editions Limited editions Copies on demand Other

8. How do you point out the technique and series of your works?

9. Do you always work with the same printing lab to print your artworks?

10. Do you consider colour management as an important part of your work?

11. Do you make the colour management of your artworks?

- Yes, I do it myself Yes, a Master Printer does it No

12. Do you archive the files of your images once they are printed?

- Yes No Sometimes

13. Those files are...

- RAW TIFF DNG JPEG Other

14. You consider that your artistic work is...

- The digital print The digital file Both Other

15. What do you consider a "digital print" is?

APPENDIX II: QUESTIONNAIRE DESIGNED FOR ARTISTS

16. Do you think that a digitally printed image should be named as “photography”?

17. When do you determine that your digitally printed artwork is deteriorated and it should not be displayed?

18. If one of your displayed artworks deteriorates, would you accept a restoration process?

19. Would you accept the reproduction of your digitally printed artworks as a conservation proposal?

Yes No Other

20. If your previous answer is “yes”, would you provide the file to print the copy?

Yes No Other

21. What aspects do you think that should be taken into account for the reproduction process?

22. Do you think that the market value of the reproduced artwork would be affected?

23. Please, include additional aspects you consider appropriate with respect to the topics covered in this questionnaire

APPENDIX III: LIST OF PUBLICATIONS

1. Papers in Indexed Scientific Journals

- Anthonisen-Añabeitia, I. & Maguregui, I. (2020). An approach to the conservation of digital printing: technologies and materials employed by artists, *Journal of the Institute of Conservation*, 43, 162-173. <https://doi.org/10.1080/19455224.2020.1753794>
- Anthonisen-Añabeitia, I. & Maguregui, I. (2020). Digital Printing in Contemporary Art. A review for conservation decision-making, *Conservar Património*, 35 (2020) 75-84. <https://doi.org/10.14568/cp2019028>
- Cárdbaba-López, I. & Anthonisen-Añabeitia, I. (2017). A wider study of Contemporary art based on Mikel Diez Alaba's Mínimos series, *Ge-conservación*, 1(11), 237-242

2. International Conferences

- Anthonisen-Añabeitia, I. (2020). La necesidad de una terminología apropiada para la correcta designación de las impresiones digitales a partir de la identificación de sus materiales. Paper presented at the III. Congresso Ibero-Americano Investigaciones Conservación del Patrimonio. Lisboa, Portugal.
- Anthonisen-Añabeitia, I. & Maguregui, I. (2018). Conservation strategies for digitally printed artworks. Paper presented at the International Multidisciplinary Printmaking Conference (IMPACT 10). Santander, Spain.
- Cárdbaba-López, I. & Anthonisen-Añabeitia, I. (2016). A new approach to study contemporary artworks. The case of Mikel Diez Alaba's Mínimos series. Paper presented at the 5th International Conference Youth in Conservation of Cultural Heritage YOCOCU, Madrid.
- Anthonisen-Añabeitia, I.; Maguregui, I. & Artetxe, E. (2015). El carácter experimental de las impresiones digitales en la obra de Julián Irujo. Paper presented at the 15ª Jornada de Conservación de Arte Contemporáneo, Madrid, Spain.
- Anthonisen-Añabeitia, I.; Maguregui, I. & Artetxe, E. (2015). Inprimatze digitalak arte garaikidean. Kontzeptuen argibidea eta teknologien ikerketa zaharbertzearen ikuspuntutik. Poster presented at the Ikergazte Nazioarteko Ikerketa euskeraz, Durango, Spain.

APPENDIX IV: PAPERS IN INDEXED SCIENTIFIC JOURNALS

Digital Printing in Contemporary Art. A review for conservation decision-making

Impressão Digital em Arte Contemporânea. Uma revisão para decidir sobre a sua conservação

Iraia Anthonisen-Añabeitia^{1*}, Itxaso Maguregui Olabarria¹

¹ Fine Art Faculty. University of the Basque Country (UPV/EHU), Department of Painting, Barrio Sarriena s/n, 48940, Lejona, España

*corresponding author: iraia.anthonisen@ehu.eus

Abstract

Art uses the contemporary tools developed at the time, because of their material and conceptual possibilities. Comparing with other media, computers and output devices have transformed our society and culture in the last decades more than ever. These resources offered an interesting research path for artists, generating consideration and discussion concerning its use and conservation. On this regard this paper focuses on two main aspects: the materials employed to produce digital prints (technologies, inks, substrates, finishing and mounting) and conservation issues such as terminology concerns, documentation and recording, long-term stability, and reproduction matters. Clear standards are needed in order to guarantee the conservation of these artworks, representative of this century.

Keywords

Printing technologies; Digital print terminology; Data-recording; Reproduction; Conservation

Resumo

A arte utiliza as ferramentas contemporâneas desenvolvidas na época, pelas suas possibilidades materiais e conceituais. Comparando com outros meios de comunicação, os computadores e os dispositivos de saída transformaram a nossa sociedade e cultura mais do que nunca nas últimas décadas. Esses recursos ofereceram um interessante campo exploratório para os artistas, gerando considerações e discussões sobre seu uso e conservação. Nesse sentido, este artigo está focado em dois temas principais: os materiais usados para produzir impressões digitais (tecnologias, tintas, substratos, acabamentos e montagens) e as questões de conservação, como o cuidado na terminologia, documentação e gravação, estabilidade a longo prazo, e problemas de reprodução. São necessários procedimentos claros para garantir a conservação dessas obras de arte, representativas deste século.

Palavras-chave

Tecnologias de impressão; Terminologia de impressão digital; Registo de dados; Reprodução; Conservação

Introduction

The first computer-based graphics at the beginning of the sixties laid the foundations for new developments in contemporary art, intended to change aesthetic concepts as photography did for a long time.

Computer graphics, in its early years, were mainly performed by scientists belonging to research centres or under their direct supervision due to the low availability of computers. Therefore, few artists had the chance to use them for creative purposes [1, 2]. The arrival of personal computers, the first non-impact printing systems (NIP) and the first design software in the eighties allowed not only the artist, but also the general public to employ a tool previously restricted to a few [3].

These works, considered a secondary product of the artists' creative activity did not earn the trust of art collectors or those interested in the arts [4]. At present, computers and digital printing technologies are ubiquitous and this situation has normalized their use. A variety of artworks of digital nature – photographs, prints, sculptures, installations – is increasingly entering contemporary art museums and private collections. As this happens, new challenges appear to collectors and restorers, preceded by the creative experimentalism, the lack of attention to the employed creative processes or technologies, and the correct identification. Furthermore, constant evolution of the available technologies and materials push conservators to apply new methods to properly take care of digital prints [5].

Since the 1990s the use of digital printing technologies has been an indisputable part of the creative processes of artists. As these artworks have been entering in museums and other collections, some issues concerning their conservation started raising, such as the interest towards the creative process, material composition and ageing.

Conserving contemporary art is a complex issue; according to contemporary theories [6] not only the conservation of the object remains important, its conceptual features, including the intentionality and meaning, should be also keep intact in order to maintain the integrity of the artwork. Therefore, this review focuses on reflecting about previous research concerning digital printing technologies and materials that constitute contemporary artworks, that is the materiality; identification and characterization of the technologies and materials on the one hand, and exhibition and mounting issues on the other hand, all of which affect the conservation of digital prints.

In addition, intangible values regarding artists' intention should be taken into account, as an essential part of a thorough conservation plan.

Digital Printing Technologies and Materials

Four aspects are important to take into account about the materiality of digital prints: 1) printing technologies; 2) inks; 3) substrates; and 4) finishing and mounting systems. The interaction between them is crucial to choose the most appropriate conservation measures [7] so, having deep knowledge of these four main areas is essential before making any decision.

1) Digital printing technologies

At present three main digital printing technologies exist: electrophotography, inkjet and thermal (sublimation) [8].

At the beginning of the new millennium several publications show the interest that digital printing technologies generate in the graphic industry and other more technical areas [9-10]. They provide detailed information on the different technologies and their functions, and a timeline about ink and printing substrates.

The continuous research production focuses on the optimization of the technologies, making it possible to find countless references about these issues. Most of them focus on inkjet, as it is the most versatile technology in terms of fields or disciplines in which it has application. It ranges from the graphic industry itself, electronics and electricity, to areas such as medicine and biology [11-12], but in most cases the artistic point of view is not analyzed [13].

Likewise, The Inkjet Conference, a series of international conferences organized by the European Specialist Printing Manufacturers Association (ESMA) – which takes place since 2014 in Düsseldorf and since 2018 in Chicago – focus on aspects related to engineering and chemistry that have or will have impact on inkjet prints [14]. Despite the great interest of these conferences, their specificity and technical nature do not make them especially relevant for the research related to Digital Fine Art Printing.

Conversely, trade fairs appear to be very interesting resources to get up-to-date first-hand information about the development of new products, equipment and

materials that printing laboratories could acquire, and therefore, that artists will use. In the international arena, it is worth mentioning DRUPA, the most important fair worldwide on printing technologies which takes place every four years in Düsseldorf [15]. The fair welcomes manufacturers of the most important brands in the sector such as EIZO, Hewlett-Packard, Xerox, Epson, Canon, Konika Minolta, Roland and Océ, being also the place to present the latest developments worldwide, that later will be presented at other fairs.

2) Inks for digital printing

The three digital printing technologies, previously mentioned, use different types of ink. Their availability for artistic purposes has been directly influenced by the price of the equipment, the development of the technologies, the quality of the final image as well as its conservation; the location of the inks in the support, their interaction and their resistance towards external agents have direct effect on the latter. Until inkjet printers appeared in the market, electrophotography played an important role for lots of artists. In this case, the colouring substance is a powder called toner, which melts and adheres to the substrate, usually plain paper, changing the surface gloss of the printed areas (Figure 1a). When inkjet became accessible to artists, new ink formulations made it possible to print on a wider range of materials, from flexible to rigid. Currently, although water-based pigment inks are the most popular to print on paper substrates (Figure 1b), inkjet allows to use diverse ink types – solvent based, oil based, UV curable, latex inks and phase change – that influence the surface appearance. As noted in Figure 1 (d, e and f), UV curable inks enable different surface finishes, illustrating the difficulties that just one ink type could generate regarding its conservation. In recent years thermal (sublimation) technologies are becoming popular despite its price due to its similarity to photographic continuous tone image quality. In this kind of print, water-based dye inks are embedded in the ink receiving layer (IRL) of the substrates; as shown in Figure 1c, looking at samples under magnification the edges of the black squares show a fuzzy appearance because of the small particle size of the colorants. This is a helpful clue to identify the main process and differentiate it among the other technologies.

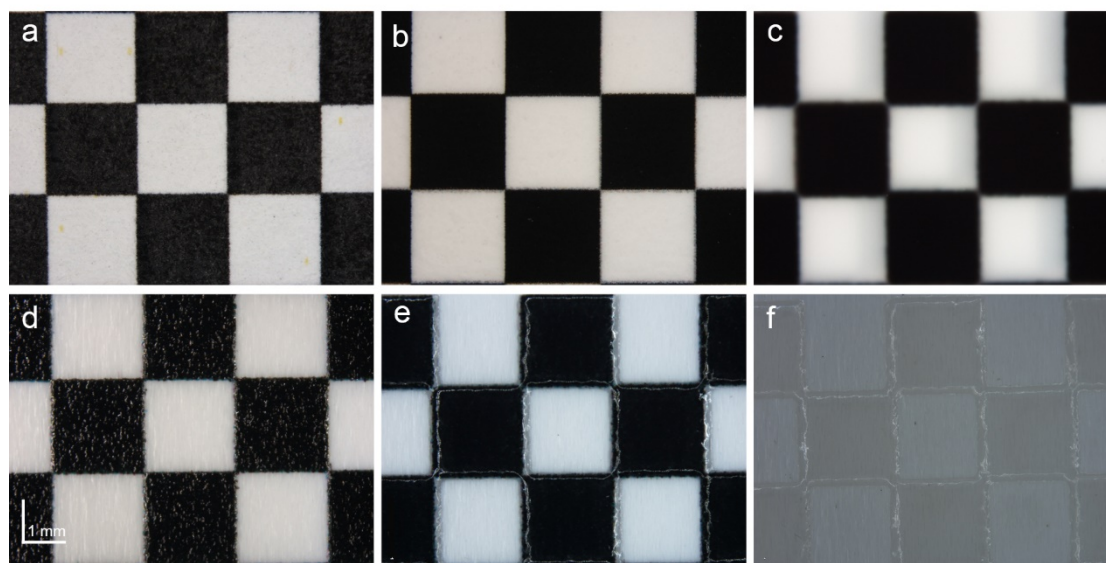


Figure 1. Microscopic images show surface variations caused by different ink-substrate combination that will affect its conservation. Note the differences between the row above, in which the ink is embedded in the support or IRL, and the bottom, in which the ink is deposited on the surface, generating images that show some relief to the touch. a) Toner on plain paper; b) Water-based pigment inkjet ink on matt Fine Art paper; c) Water-based (dye) ink on aluminium (sublimation process); d) UV-curable inkjet ink on PVC; e) UV-curable inkjet ink on PVC + 5 gloss layers; f) UV-curable inkjet ink on PVC, only 5 gloss layers.

Magdassi [16] delves into the various aspects to be taken into account in the ink design: the selection of the most appropriate colorant type, surfactants, viscosity rate or ink drying method. Variation in components and proportions are selected in order to offer the widest colour gamut, best colour saturation and stability against atmospheric agents or abrasion. This is the reason why formulations develop constantly to accomplish the most stable inks. Examples of this complexity are shown in papers related to phase-change inks [17] or others who expand on the differences and similarities between dye-based and pigment-based inks [7, 18]. The first formulations for inkjet printers employed dyes due to its high colouring power, wide gamut and vibrant colours, but it was soon discovered that their stability to light was quite low, which caused rapid discoloration of the images, even complete fading [19]. This problem led chemical engineers to start using pigments as colouring agents, which meant difficulties related to grain particle size, more limited colour gamut and less colour saturation, demanding new approaches and improvements. It should be noted that ink manufacturing is an industry in constant evolution and riddled with patents, so it is very difficult to find data about specific ink brands. Therefore, in most cases, conservators only have a rough idea about the ink composition (Table 1.).

Table 1. Main components of the inks for electrophotography, inkjet and thermal (sublimation)

Technology	Colorant	Vehicle/binder	Aditives
Electrophotography	Organic pigments	Styrene and acrylate copolymer (usually)	<ul style="list-style-type: none"> - Charge control agents - Silica/Titanium (flow properties) - Zinc stearate (surfactant) - Waxes/Silicone oil (release agent)
Inkjet	Organic pigments	Depends on the ink type: <ul style="list-style-type: none"> - Water-based - Solvent-based - Oil-based - UV curable - Latex - Phase change 	<ul style="list-style-type: none"> - Co-solvents - Surfactants - Biocides - Chelating agents - Anti-corrosion additives
Thermal (sublimation)	Disperse dyes (usually)	Water-based	<ul style="list-style-type: none"> - Co-solvents - Dispersants - Surfactants - Biocides - Defoamers - Buffers

3) Substrates for digital printing

Advances made in the field of ink designing allowed the use of a growing variety of substrates specifically designed for each digital printing technologies, ranging from paper – traditional handmade or industrially manufactured – to other materials such as plastics, glass, metals, textiles and so on. The most employed substrates are specifically designed for inkjet printers because of the versatility of the technology. Among them, paper still leads the demand for digital fine art printing; many types rely on pre-existing substrates that have been modified to adjust to new technologies and thus, cover a growing demand. For that, it is necessary to have a good understanding about the interaction between inks and substrates [20] in order to generate specific coatings capable of receiving and containing the inks, known as IRL, on which there has been some research [21-23]. This makes it possible to offer a wide range of surfaces with specific characteristics in terms of paper grade, roughness, whiteness, brightness, opacity and pH that determine the appearance of the print and its conservation over time.

Fine Art papers, usually employed in traditional techniques such as watercolour or engraving have evolved to adapt to electronic devices, so that traditional paper mills

such as St Cuthberts Mill in Somerset, United Kingdom [24], Hahnemühle in Solling, Germany [25] or Canson in Annonay, France [26] offer an interesting variety of papers for inkjet printing while preserving the manual process that characterizes them. Other types, such as baryta (also known as fibre based, FB) or Resin Coated (RC) papers, which have their origins in the 19th century and the late sixties of the 20th century photography respectively, have also been modified to continue maintaining the physical appearance of traditional photographic techniques in the images produced by means of inkjet devices.

In order to guarantee the stability of the printed images over time, equipment manufacturers also have designed their own paper substrates [27-28] to offer the greatest compatibility between their devices, inks and substrates. Other companies, such as the German Tecco [29] have also conditioned part of their production to inkjet technology.

On the one hand, thanks to UV curing, latex or solvent inks, other types of substrates, which mainly come from industrial use, can be directly printed on. Among them the most popular are *polyvinyl chloride* (PVC), *polymethyl methacrylate* (PMMA) or aluminium composite materials (ACM). Even if its use is not as widespread as traditional substrates like paper, UV technology is becoming more attractive for artists because of the displaying possibilities it offers, including hanging or attaching the artworks directly to the wall and avoid framing (Figure 2).

Moreover, other tools such as computer controlled CNC cutters are also being employed for specific works requiring cutting of more or less intricate shapes (Figure 2 b and c).



Figure 2. Alternative substrates to paper employed by artists for digital printing: a) Mirror-like plastic in Adriana Cora's *El cuerpo como espejo* (2018) (detail); b) adhesive vinyl in Marcela Caballero's *Graphobios* (2013-ongoing); c) Printed Dibond in Marina Mangubi's *Biathlon-in-print* (2016) (detail).

4) Finishing and mounting systems

At present, large print formats seem to be a tendency among artists. In order to display these, artists apply different finishes on their surfaces and select specific mounting systems which enhance their complexity and poses new challenges to conservators and restorers (Figure 3).

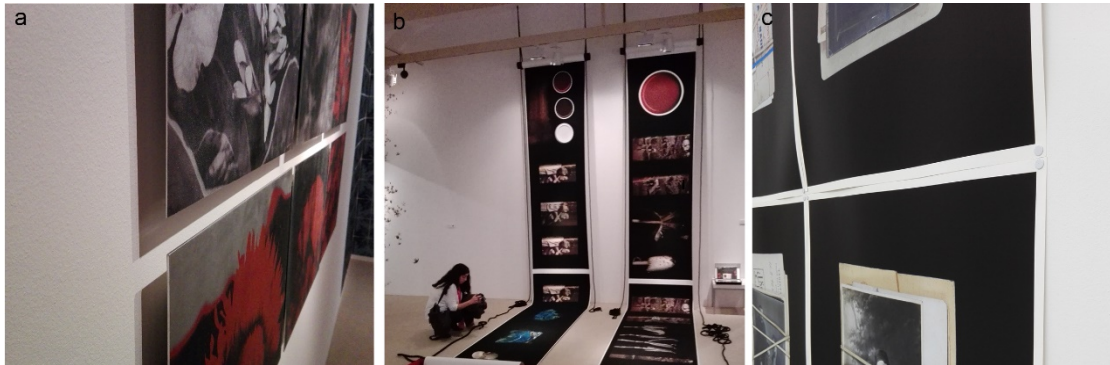


Figure 3. Different mounting systems employed in exhibitions: a) Mirta Gendin *Real I-Real* (detail), printed aluminium (2016); b) Anita Jensen's *Folding and unfolding the scrolls of life between times and places*, printed continuous paper roll hanging from the roof and unrolled on the floor (2017); c) Judith Martinez Estrada, *El apartamento: lugar, procedencia e identidad*, printed fine art paper attached to the wall using pins (2018).

There are many finishing options to cover the surface of the prints: film, liquid or spray laminates. Usually they are employed for protective purposes against humidity, light, air pollutants, abrasion or fingerprints. They can also be applied with the intention to modify the surface to correct the differential gloss, eliminate glare or improve colour depth and intensity.

On the other hand, mounting substrates [30] consist of adhering permanently a rigid material to the artwork so that it helps in its exhibition, handling and storage; these techniques provide the prints a flatness that cannot be achieved in a traditional framing, but also rigidity, eliminating the need to use heavy glazing and reducing the production cost. This is the reason why many artists decide to use them.

According to these possibilities, prints in museum and private collections can be found as they are obtained from the printer or with some added materials on the front (face mounting), on the back, or on both sides (encapsulated) of the printed image (Figure 4) [31-33].

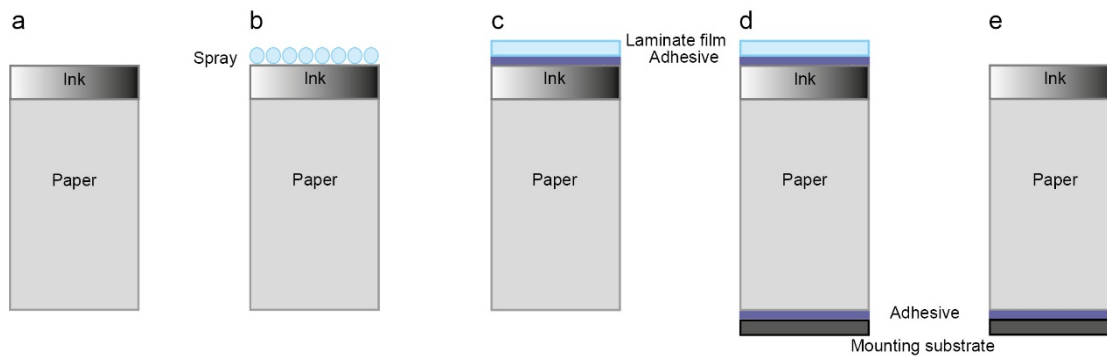


Figure 4. Examples of mounting systems employed in digital printing: a) Digital print as obtained from the printer; b) Print with protective spray on the image surface; c) Face-mounted print; d) Encapsulated print; e) Paper substrate mounted on a rigid supporting material.

However, it should be kept in mind that all finishing and mounting systems employed to modify the surface are irreversible, so deterioration in them could have direct consequences in the conservation of the artworks. Moreover, its effects and interactions with the printed substrate have not been properly studied, except on specific cases [34-36].

Digital Print Conservation Issues / Contemporary Art Conservation Issues

The technologies available for digital printing and the development of new materials entail some important issues about terminology, appearance of the artworks and the need for accurate documentation and reproduction as a conservation strategy.

Terminology concerns

The presence of digital prints in museum and institutions has significantly increased in recent decades, shaping the collections of many museums around the world such as the Victoria and Albert Museum (V&A) in London, which houses a complete collection of computer-generated art ranging from the first artists to modern creations.

These prints constitute a significant part of the cultural heritage of our time and this is why they will continue to be frequently acquired by public and private institutions and collections. Museum professionals responsible for the acquisition, exhibition and

preservation of digital prints, often face the problem of having to manage works whose materiality and behaviour is not yet known in depth.

In 2008, a study conducted in the United States revealed that there was no standardized or agreed definition among the professionals involved in the art world of what digital printing is, and it was clear, the difficulty that existed to differentiate between a digital print and one that is not [37].

This lack of knowledge regarding digital printing technologies and the materials that constitute them entails that many works are not properly identified and characterized, and therefore, they are stored for what they seem and not for what they really are. Judging the terminological differences found among institutions and art fair catalogues, there is no agreement to name these type of artworks. According to this, usually employed terms could be classified into the following four categories 1) Generalist descriptions: print, digital print; 2) Proprietary or commercial names: Diasec, Digigraphie, Ultrachrome, Giclée; 3) Confusing terms: archival print, archival pigment print; and 4) Incorrect definitions: ink on paper, pigment on paper, pigment print. None of them describes clearly the materiality of the object, so more than a cataloguing problem, this issue can cause important matters in the conservation decision-making of the artworks.

Precise naming should gather specific information about the prints, exempt of commercial trademarks or indicating them as complementary data, and ranging from generic terms to precise ones, according to the needs. In this way, the first term should be a general one such as “digital print”, followed by the printing technology – electrophotography, inkjet or thermal –, the type of substrate, and if needed, specifications about finishing and mounting techniques [38].

Aware of the situation some institutions have been doing research on the characterization and permanence of these printed images for some time now. Among them, the well-known Image Permanence Institute (IPI) of the Rochester Institute of Technology (RIT) develops sustainable practices for the preservation of images and cultural heritage. It presents basic information on digital prints through the *Digital Print Preservation Portal* (DP3), a web for didactic purposes [39], and *Graphics Atlas*, a resource also available on the Internet that serves as a starting point for the identification and characterization of prints and photography [8].

The concept in contemporary art: appearance, documentation and reproduction

Due to the complexity that digital printing presents both from the material and conceptual point of view, its conservation should not only pay attention to the materiality of the artworks. Theoretical and conceptual aspects that led the artists to produce them should be studied in-depth in order to be able to select the most appropriate strategies in each case, with the ultimate goal of keeping its authenticity intact.

The artist interview has become an indispensable resource for conservators of contemporary art [40]. Thus, Marchesi analyzes the complexity of decision-making regarding the conservation of contemporary photography and highlights the importance of the artist as one of the stakeholders for making such decisions [41].

Appearance

It is well known that usually one of the most common concerns for artists – especially for renowned ones – is how the appearance of their works is transformed over time, since the alteration of the printed surface can prevent the correct understanding of the artwork [42]. As indicated by Hunt and Pointer, four aspects are vital to evaluate the optical properties (appearance) of the surfaces: colour, brightness, texture and translucency [43].

In order to preserve the materiality of the artworks and limit as much as possible other conservation decisions such as reproduction, it is important to determine how environmental factors affect the employed materials [44]. Among a few, the IPI and the independent laboratory Wilhem Imaging Research (WIR) carry out numerous permanence tests to have a better understanding of the ageing processes occurring to the digital prints. The latter, tests products and materials for companies related to the printing industry since the mid-1990s and this information is available on the Internet [45].

Addressing other questions about conservation, such as the colour consistency in printing – an important matter to think about for printing and reproduction – the Centre for Fine Print Research (CFPR) of Bristol, a research centre created in 1998 belonging to the University of West England (United Kingdom), is considered one of the leading centres in terms of art and design research; they carry out international projects about the artistic, historical and industrial importance of the practices related

to creative printing, processes and technologies, collaborating with a variety of professionals, institutions and companies [46].

Research studies have been performed so far to obtain a good knowledge of the materials involved in digital printing but this is mainly dedicated to the permanence of inkjet prints on paper substrates. It should be noted that the main interest has been focused on the effects produced by several extrinsic deterioration agents such as light [47-49], humidity [50], air pollutants [51-52] or the effects of abrasion [53-57] in the appearance of prints. There have also been some studies on reversible mounting systems for large format photographs [58] or regarding the scratching of the acrylic surfaces used for face-mounting [59].

Documentation

The correct documentation of contemporary artworks play a fundamental role. First, it allows classifying, storing and visualizing the cultural assets of a museum or institution as well as offering a greater and better understanding of the aesthetic values, historical context, meaning and economic value of the works of art. This way, it provides information on aspects such as authenticity, exhibition system and changes in the appearance. Thus, documentation is an essential tool to monitor and manage in the most effective and efficient manner, the conservation of the artworks. In this way, it is possible to meet two of the objectives of any museum: selecting and recording information of the artworks –physical characteristics, meaning, history, context, state of conservation– and update and disclose it [60]. However, this hard work requires skilled staff that sometimes only big museums can afford due to their budgets, preventing small museums from this important task. Several proposals have emerged to collect data concerning digital prints; in 2009, the Photographic Materials Group of the American Institute for Conservation (AIC) in collaboration with other institutions and professionals designed the *Photographic Information Record*, which has been translated into several languages with the aim to become an international standard [61].

The apparent simplicity and ease of production and reproduction of the works generated with digital printing devices may have been one of the reasons why correct graphic documentation and recording did not get the deserved attention until a few years ago.

For some time now, museums and other institutions have digitized their collections to make them available to a wider public through online consultation, either

to bring part of the Cultural Heritage to society or to allow access and consultation to a series of cultural goods that because of their delicate state of conservation cannot be examined directly. In this case, the representativeness of the artwork should be as close as possible to reality so that digitalisation maintains the qualities of the original printed surface such as tonal reproduction, neutrality, colorimetry, uniformity and resolution [62-63]. Currently, guides for digitalisation such as the *Preservation Imaging Guidelines Image Quality* [64] created within the Metamorfoze project, and the *Technical Guidelines for Digitizing Cultural Heritage Materials: Creation of Raster Image Master Files* created in the United States by the Federal Agencies Digitization Initiative (FADGI) - Still Image Working Group [65] are being employed.

Reproduction

What happens when the artwork is irreversibly deteriorated and reproduction is selected as a conservation strategy?

Obtaining an image matching the initial state of the artwork and maintain its authentic characteristics is a complex process because sometimes is not possible to find similar materials due to the rapid market development. Moreover, it is essential to follow an appropriate colour management method to ensure that the new copy reproduces the original idea of the artist as much as possible [66-67].

Digital technologies allow for capturing, storing and working the images in such a way that the process itself can provide a guarantee concerning colour accuracy. To ensure consistency and quality in the process, the perceptual evaluation carried out by experts does not turn out to be sufficiently precise when dealing with cultural heritage, for this reason, it is necessary to apply a specific workflow [68]. As previously mentioned, colour reproduction is one of the most important aspects to take into account, therefore, the process should be reproducible and allow checking and registering every step, but also should verify its quality, avoiding subjective interpretations of the images [69-70].

Conclusion

Research about digital printing related to art is a complex field addressing specific technologies, inks, substrates, finishes and mounting systems which interact to generate

an image; different combinations produce distinct images that will influence in their conservation in a particular way.

In addition, conceptual features related to the artists' intent should be also taken into account in order to obtain an accurate conservation plan that fulfils the current conservation theories. For that, a common and a correct terminology seems to be the first obstacle to overcome, followed by an accurate documentation and recording methodologies. This will enable a precise and overall knowledge about the employed materials and physical properties of the images such as colour. These aspects are covered in a very different way when comparing big museum and institutions, which have more resources, and smaller ones, so it would be necessary to develop affordable strategies for the latter.

While research has been conducted about the ageing of digital prints on paper substrates, protective or mounting systems applied to them have been hardly studied nor their effects on their permanence. Moreover, printing on rigid substrates (plastics, metals, wood, glass...) is becoming more popular among artists because of the advantages they offer, but their stability over time has not yet been proven in this context, neither the ideal conditions for their correct storage, the deterioration they can show and how to solve the related problems.

Works that combine digital prints with other more traditional techniques in the arts such as painting (oil, acrylic paint, watercolours, pencils ...) or engraving (lithography, etching, silkscreen ...) give the art pieces a more experimental nature and also singular characteristics that concern their conservation. As they are very particular processes, they have not been properly studied.

Because there have been so many options available for artists and more being developed, more research is needed to fully understand what might be encountered in a collection.

References

1. Noll, A.M. 'The Beginnings of Computer Art in the United States: A memoir', *Computers & Graphics* **19**(4) (1995) 495-503, [https://doi.org/10.1016/0097-8493\(95\)00026-9](https://doi.org/10.1016/0097-8493(95)00026-9).

2. Mason, C. *A Computer in the Art Room. The Origins of British Computer Arts 1950-1980*, JIG Publishing, London (2008).
3. Rush, M. *New Media in Late 20th-Century Art*, Thames & Hudson, London (1999).
4. Lieser, W. *Arte Digital. Nuevos Caminos en el Arte*, H.F. Ullmann, Potsdam (2010).
5. Jürgens, M. 'The history and conservation of digital prints', *The Getty Conservation Institute Newsletter*, **22**(3) (2007) 4-9, https://www.getty.edu/conservation/publications_resources/newsletters/pdf/v2/2n3.pdf (accessed 2020-02-17).
6. Muñoz, S. *Teoría Contemporánea de la Restauración*, Síntesis, Madrid, (2003).
7. Jürgens, M. *The Digital Print. Identification and Preservation*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles (2009).
8. Image Permanence Institute (2009), *Graphics Atlas*, <http://www.graphicsatlas.org/> (accessed 2016-10-11).
9. Kipphan, H. (Ed.) *Handbook of Print Media. Technologies and Production Methods*, Springer- Verlag, Berlin (2001).
10. Dymond, A.S.; Weiss, D.S. (Eds.), *Handbook of Imaging Materials*, Marcel Dekker, New York (2002).
11. Singh, M; Haverinen, H.M.; Dhagat, P.; Jabbour, G.E., 'Inkjet printing – Process and Its applications', *Advanced Materials*, **22** (2010) 673-684, <https://doi.org/10.1002/adma.200901141>.
12. Castrejon-Pita, J.R.; Baxter, W.R.S.; Morgan, J.; Temple, S.; Martin, G.D.; Hutchings, I.M., 'Future, Opportunities and Challenges of Inkjet Technologies', *Atomization and Sprays*, **23**(6) (2013) 541-565, doi: 10.1615/AtomizSpr.2013007653.
13. Soler, A.; Castro, K., *Impresión Piezoeléctrica: La Estampa Inyectada. Algunas Reflexiones en torno a la Gráfica Digital*, Universidad de Vigo, Vigo (2006).
14. European Specialist Printing Manufacturers Association [ESMA] (2019), *The inkjet conference*, <https://www.esma.com/> (accessed 2019-6-12).
15. Drupa (2019), *Printing trade fair*, <https://www.drupa.com/> (accessed 2019-6-12).

16. Magdassi, S. (Ed.), *The Chemistry of Inkjet Inks*, World Scientific Publishing Co., Singapore (2010).
17. Pekarovicova, A.; Bhide, H.; Fleming, P.; Pekarovic, J., 'Phase-change inks', *Journal of Coating Technology*, **75**(936) (2003), 65-72, <https://doi.org/10.1007/BF02697924>.
18. T. Martin, Dye-based or pigment-based? Debunking the myths of digital inks, *Digital photo techniques*, March/April, (2004), 49-60, http://www.ink2image.com/files/Photo_Techniques_article.pdf (accessed 2020-02-17).
19. Wilhelm, H., 'A 15-year history of digital printing technology and print permanence in the evolution of fine art photography- from 1991 to 2006', *NIP 22: The 22nd International Conference on Digital Printing Technologies. Final program and Proceedings*, The Society for Imaging Science and Technology, Springfield (2006), 308-315.
20. Lavery, A.; Provost, J., 'Color-media interactions in ink jet printing', *Recent Progress in Ink Jet Technologies II*, ed. E. Hanson, The Society for Imaging Science and Technology, Springfield (1999), 400-405.
21. Yuan, S.; Sargeant, S.; Rundus, J.; Jones, N.; Nguyen, K., 'The development of receiving coatings for inkjet imaging applications', *Recent Progress in Ink Jet Technologies II*, ed. E. Hanson, The Society for Imaging Science and Technology, Springfield (1999), 378-382.
22. Yip, K.; Lubinsky, A.; Perchak, D.; Ng, K., 'Measurement and modelling of drop absorption time for various ink-receiver systems', *Journal of Imaging Science and Technology*, **47**(5) (2002) 388-393.
23. Hofmann, R., 'Surface science in photography', *Nanotechnology Perceptions*, **11** (2015) 5-11.
24. St Cuthberts Mill Paper (2019), *Digital fine art*, <http://www.stcuthbertsmill.com/> (accessed 2019-6-10).
25. Hahnemühle (2019) *Digital fine art*, <https://www.hahnemuehle.com/en/hahnemuehle.html> (accessed 2019-6-10).
26. Canson (2019) *Canson infinity digital fine art & photo*, <http://www.canson-infinity.com/en> (accessed 2019-6-10).
27. Epson (2019), *Photographic & fine art papers*, <https://epson.com/signature-worthy-fine-art-photo-papers> (accessed 2019-6-10).

28. HP (2019), *Fine art printing materials*, <https://hp.globalbmg.com/en/fine-art-printing-materials> (accessed 2019-6-10).
29. Tecco (2019), *Tecco photo*, <https://www.tecco.de/product-category/tecco/tecco-photo/> (accessed 2019-6-10).
30. Pénichon, S. 'Mounting substrates for contemporary photographs', *Studies in Conservation*, **49** (sup2) (2004) 114-118, <https://doi.org/10.1179/sic.2004.49.s2.025>.
31. Pénichon, S.; Jürgens, M., 'Two finishing techniques for contemporary photographs', *Topics in Photographic Preservation*, **9** (2001) 85-96.
32. Pénichon, S.; Jürgens, M.; Murray, A., 'Práticas de montagem de fotografias contemporâneas', *Cadernos Técnicos de Conservação Fotográfica, Vol. 7*, Funarte, Rio de Janeiro (2010), http://portais.funarte.gov.br/preservacaofotografica/wp-content/uploads/2012/02/Cadernos_Tecnicos_7.pdf (accessed 2020-02-17).
33. Smith, M. 'Face-mounting techniques for contemporary photographs and digital images', *7th AICCM Book, Paper and Photographic Materials Symposium*, Melbourne (2012) 75-81.
34. Pénichon, S.; Jürgens, M.; Murray, A., 'Light and dark stability of laminated and face-mounted photographs: a preliminary Investigation', *Studies in Conservation*, **47** (sup3) (2002), 154-159, <https://doi.org/10.1179/sic.2002.47.s3.032>.
35. Zorn, S.; Dobrusskin, S., 'Diasec and other finishing techniques - investigation of accelerated light fading', *Studies in Conservation*, **56** (84) (2011), 257-266, <https://doi.org/10.1179/204705811X13159282692842>.
36. Blaschke-Walther, K.; Dobrusskin, S., 'Unmounted versus face-mounted inkjet prints. Analyses concerning their light ageing behaviour', *Journal of Paper Conservation*, **16** (1) (2015), 9-17, <https://doi.org/10.1179/1868086015Z.0000000001>.
37. Burge, D.; Nishimura, D.; Estrada, M., 'What do you mean when you say digital print?', *Archival Outlook*, March/ April (2009), 6-25.
38. Anthonisen-Añabeitia, I.; Maguregui, I., 'Conservation Strategies for digitally printed artworks', *IMPACT 10. International Multidisciplinary Printmaking Conference*, Santander, 2018, 298-301.
39. Image Permanence Institute. (2007). *Digital print preservation portal (DP3)*, <http://www.dp3project.org/> (accessed 2016-10-15).

40. Beerkes, L.; 't Hoen, P.; Hummelen, I., *et al.*, *The Artist Interview for Conservation and Preservation of Contemporary Art. Guidelines & Practice*, Jap Sam Books, Heijningen (2012).
41. Marchesi, M., 'Forever Young. The reproduction of photographic artworks as a conservation strategy', PhD dissertation, Leiden University, Leiden (2017).
42. Stigter, S., 'Through the conservator's lens: from analogue photowork to digital printout: How is authenticity served?', in *Authenticity in Transition: Changing Practices in Contemporary Art Making and Conservation*, eds. E. Hermens & F. Robertson, Archetype Publications, Glasgow (2016) 169-178.
43. Hunt, R.W.G.; Pointer, M.R., *Measuring Colour*, 4th ed., Wiley, Chichester (2011).
44. Fenech, A.; Dillon, C.; Ntanos, K.; Bell, N.; Barrett, M.; Strlič 'Modelling the lifetime of colour photographs in archival collections', *Studies in Conservation*, **58**(2) (2013) 107-116, <https://doi.org/10.1179/2047058412Y.0000000081>.
45. Wilhelm, H. (2002) *Wilhelm imaging research*, <http://wilhelm-research.com/> (accessed 2019-1-10).
46. University of West England (2019) *Centre for fine print research*, <https://www.uwe.ac.uk/sca/research/cfpr/> (accessed 2019-3-8).
47. Parraman, C. 'Colour changes in prints during long-term dark storage of prints', *J. Phys.: Conf. Ser.* 231 012006 (2010), doi:10.1088/1742-6596/231/1/012006
48. Venosa, A.; Burge, D.; Nishimura, D., 'Effect of Light on modern digital prints photographs and documents', *Studies in Conservation*, **56**(4) (2011), 267-280, <https://doi.org/10.1179/204705811X13159282692888>.
49. Venosa, A.; Burge, D.; Salesin, E., 'Light-induced cracking and abrasion of inkjet prints: Damage and mitigation', *Studies in Conservation*, **61**(sup1) (2016), 94-100, <https://doi.org/10.1179/2047058415Y.0000000023>.
50. Burge, D.; Scott, J., 'Resistance of digitally and traditionally printed materials to bleed, delamination, gloss change, and planar distortion during flood', *Journal of the American Institute for Conservation*, **51**(2) (2012), 145-158, <https://doi.org/10.1179/019713612804860419>.
51. Burge, D.; Gordeladze, N.; Bigourdan, J.L.; Nishimura, D., 'Effects of nitrogen dioxide on the various digital print technologies: photographs and documents', *NIP27 & Digital Fabrication Conference. International Conference on Digital*

- Printing Technologies*, The Society for Imaging Science and Technology, Springfield (2011), 205-208.
52. Burge, D.; Gordeladze, N.; Nishimura, D.; Bigourdan, J.L., 'Mitigation of pollution-induced deterioration of digital prints through low-temperature storage', *NIP29 & Digital Fabrication Conference. International Conference on Digital Printing Technologies*, The Society for Imaging Science and Technology (2013), 44-47.
53. Burge, D.; Venosa, A.; Salesin, G.; Adelstein, P.; Reilly, J., 'Beyond lightfastness: some neglected issues in permanence of Digital hardcopy', in *International Symposium on Technologies for Digital Fulfillment*, Society for Imaging Science and Technology, Las Vegas (2007), 61-64.
54. Breitung, E., 'Survey of abrasion resistant acrylics and polycarbonates for face mounted photographs', *Topics in Photographic Preservation*, **12** (2007), 114-125, http://resources.conservation-us.org/pmgtopics/2007-volume-twelve/12_18_Breitung.html (accessed 2020-02-17).
55. Salesin, E.; Scott, J.; Nishimura, D.; Adelstein, P.; Reilly, J.; Burge, D., 'Abrasion of digital reflection prints', *NIP24 & Digital Fabrication Conference. International Conference on Digital Printing Technologies*, The Society for Imaging Science and Technology, Springfield (2008) 228-230.
56. Nishimura, D.; Salesin, G.; Adelstein, P.; Burge, D., 'Abrasion of digital reflection prints: the abrasiveness of common surfaces and the vulnerability of print processes', *The Book and Paper Group Annual*, 28, eds. J. Hinz, R. Homer & O. Dann, American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (AIC), Philadelphia (2009) 47-52.
57. Salesin, E.; Burge, D., 'The determination of the minimum force to initiate abrasion damage of digitally printed documents and photographs', *NIP29 & Digital Fabrication Conference. International Conference on Digital Printing Technologies*, The Society for Imaging Science and Technology, Springfield (2013) 56-59.
58. Chen, J.; Herrera, R.; Ravines, P.; Wiegandt, R.; Penichon, S.; Sirven, M., 'Reversible Mounting Techniques for the Display of Large-Format Contemporary Photographs', *Topics in Photographic Preservation*, **12** (2007) 131-140, http://resources.conservation-us.org/pmgtopics/2007-volume-twelve/12_20_Chen.html (accessed 2020-02-17).

59. Kim, E.; Breitung, E., 'Scratch Repair on acrylics used in face-mounted photographs: a survey of materials and techniques', *Topics in Photographic Preservation*, **12** (2007) 144-159, http://resources.conservation-us.org/pmgtopics/2007-volume-twelve/12_23_kim.html (accessed 2020-02-17).
60. Scholte, T.; Wharton, G. (Eds.), *Inside Installations. Theory and Practice in the Care of Complex Artworks*, Amsterdam University Press, Amsterdam (2011).
61. American Institute for Conservation (2009). *Photographic information record*. http://www.conservation-us.org/resources/our-publications/specialty-group/photographic-materials/photographic-information-record#.WrJGe9IV_IU (accessed 2018-03-08)
62. Robledano, J., 'Modelos de calidad en la digitalización de patrimonio fotográfico', *Del Artefacto Mágico al Megapixel. Estudio de Fotografía*, eds. M. Olivera & A. Salvador, Universidad Complutense de Madrid, Madrid (2014) 367- 393.
63. Pereira, J.M., 'El control de calidad en la digitalización de bienes culturales', *Revista PH*, **95** (2018), 63-67, <https://doi.org/10.33349/2018.0>.
64. Dormolen, H. (2010), *Metamorfoze preservation imaging guidelines. Image quality, version 1.0*, https://www.metamorfoze.nl/sites/metamorfoze.nl/files/publicatie_documenten/Metamorfoze_Preservation_Imaging_Guidelines_1.0.pdf (accessed 2019-02-24)
65. Williams, D.; Stelmach M. (Eds.) (2010), *Technical guidelines for digitizing cultural heritage materials: creation of raster image master files*, http://www.digitizationguidelines.gov/guidelines/FADGI_Still_Image-Tech_Guidelines_2010-08-24.pdf (accessed 2019-02-24)
66. Westland, S., 'New developments in colour management', in *IMPACT 6, International Multidisciplinary Printmaking Science*, ed. S. Hoskins, Bristol (2009) 66-69.
67. Berns, R.S., *Color Science and the Visual Arts. A Guide for Conservators, Curators, and the Curious*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles (2016).

68. Pereira, J.M., *Gestión del Color en Proyectos de Digitalización. Fundamentos y Estrategias para la Fidelidad del Color*, Ediciones técnicas Marcombo, Barcelona (2013).
69. Homann, J.P., *Digital Color Management. Principles and Strategies for the Standardized Print Production*, Springer-Verlag, Berlin (2009).
70. Santos, J.M., 'El color en la reproducción fotográfica en proyectos de conservación, en *Proyectos y Actuaciones*', *Revista PH*, **86** (2014) 102-123, <https://doi.org/10.33349/2014.0.3511>.

RECEIVED: 2019.8.13

REVISED: 2019.11.13

ACCEPTED: 2020.1.6

ONLINE: 2020.5.13



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>.

This is the first published version of the revised manuscript. The process of copyediting, typesetting and review of the resulting proof may lead to differences between this version and the final version.

Iraia Anthonisen-Añabeitia and Itxaso Maguregui

An approach to the conservation of digital printing: technologies and materials employed by artists

Abstract

Since the 1990s digital printing has become ubiquitous on the contemporary art scene. Artists from diverse disciplines employ different technologies, materials and techniques to create their artworks. The use of a wide range of materials affects their correct identification in museum and institutional collections such that a precise registration process using accurate terminology to clearly record concise information about each work is essential. To achieve this, gaining access to the information that printing laboratories and artists gather is an important issue. In this article information collected in a survey conducted with printing studios and artists across Spain and the UK is presented. Some interesting concerns were gathered including on materiality, artists' beliefs about the deterioration of their work, and reproduction as a conservation strategy and its influence on market value, all of which help to understand more fully the conservation needs for this type of artwork.

Keywords

digital print; contemporary art; artist survey; fine art materials; conservation; restoration

Introduction

The current widespread use of digital printing technologies has its roots in three linked causes that occurred in the 1980s: the decline in the price of computer technology, the development of new computer-aided drawing software and the widespread availability of printing devices. These circumstances made possible an easier way for artists to work, and by the 1990s the accessibility of digital cameras and scanners, the development of new materials that provided better image quality, and the advent of new mounting techniques, all favoured the extensive adoption of digital printing among artists.¹

Nowadays, the combinations of technology and materials used seem to be endless in artistic practice since different approaches to their use have come from the varied disciplines of art including painting, sculpture, print-making, photography, installation and so on as exemplified in [Fig. 1](#). While new and improved materials appear constantly on the market—including new paper substrates, plastics, composite materials, and improved ink sets—only three print production technologies are available: electrophotography, inkjet printing and thermal (dye-sublimation) printing.

Briefly, electrophotography has been adapted from analogue technology from the 1960s, and the image is produced with an electrically charged drum which attracts dry or liquid toner particles that get fused onto a paper substrate by heat; inkjet printing appeared first in desktop printers in 1984 and consists of a series of printheads containing nozzles that jet small drops of ink (usually pigment-based) onto a substrate; and thermal printing, which also appeared in the mid-1980s, employs heat to transfer dye inks from a temporary support to a fixed one to create the image.² Because of the specificity of the technologies, each one needs particular ink formulations—water-based, UV-curable, eco-solvent, latex—with some technologies more adaptable than others, as occurs in the case of inkjet printing. In addition, there exist several products in the market that can be applied to the printed surface in order to protect or change its

¹ See, for example, Wolf Lieser, *The World of Digital Art* (Potsdam: H.F. Ullmann Publishing GmbH, 2010).

² See, for example, Helmut Kipphan, ed., *Handbook of Print Media. Technologies and Production Methods* (Berlin: Springer-Verlag, 2001); and Arthur S. Dyamond and David S. Weiss, eds, *Handbook of Imaging Materials* (New York: Marcel Dekker, 2002).

(Received 14 April 2019; Accepted 6 April 2020)



Fig. 1 Examples showing the diversity of artworks made using digital printing: (a) Mikel Díez Alaba, *Untitled*, inkjet print and acrylic paint on paper, 2015 (Spain); (b) Adriana Cora, *The Body like a Mirror*, inkjet print on plastic, 2018 (Argentina); (c) John Phillips, *Vanitas*, inkjet print on fine art paper, 2018 (UK); (d) Lorraine Beaulieu, *Eco-Spheres*, inkjet print on canvas, 2017 (Canada); (e) Anita Jensen, *Folding and Unfolding the Scrolls of Life between Times and Places*, inkjet print on fine art paper, 2017 (Finland).

appearance, including various lamination techniques and sprays, usually known as protective layers, which are permanently adhered to the print. Digital prints are also sometimes mounted in other substrates as face-mounted or encapsulated prints; and although previously studied, there is still so much research needed about the conservation of these kind of prints due to their comparatively recent use in the arts.³

This technical and material diversity suggests that artists work closely with printing laboratories in order to obtain the best results, but also that when traditional and digital techniques are mixed up to create an art piece the complexity of the artworks increases.⁴ Therefore, different and more particular conservation problems appear due to the interaction between the materials used, making the artist interview a substantial source of information.

In contemporary art, the importance of obtaining information about artists' materials and working methods through questionnaires was first emphasised by the German restorer-conservator Heinz Althöfer in the 1970s.⁵ Since then, several proposals and projects have emerged in order to obtain thorough information regarding the material and immaterial aspects of the artworks; in 1997 at the international symposium *Modern Art, Who Cares?* held in Amsterdam, interviews appear to have been a recurrent theme as a means of understanding the methods and materials used by artists.⁶ In 1999 the Cultural Heritage Agency of the Netherlands created the *International Network for the Conservation of Contemporary Art* (INCCA), one of the pioneers in promoting and valuing research in contemporary art, had a particular focus on the significance of the interview as a tool to obtain reliable information from artists and their associates to help in decision-making regarding conservation treatments.⁷ In the United States the non-profit organisation *Voices in Contemporary Art* (VOCA) formed a network devoted to the documentation of artist intent through interviews and advocated that understanding its importance can help guarantee the future conservation and presentation of an artwork.⁸

³ Cf. Sylvie Pénichon and Martin Jürgens, 'Two Finishing Techniques for Contemporary Photographs', *Topics in Photographic Preservation* 9 (2001): 85–96; Sylvie Pénichon, Martin Jürgens, and Alison Murray, *Práticas de montagem de fotografias contemporâneas* (Rio de Janeiro: Funarte, 2010); and Miranda Smith, 'Face-mounting Techniques for Contemporary Photographs and Digital Images' (paper presented at 7th AICCM Book, Paper and Photographic Materials Symposium, Brisbane, Australia, 29–31 August 2012), <https://aiccm.org.au/sites/default/files/SMITHPaper.pdf> (accessed 25 March 2020).

⁴ Cf. for example, Kristoffer Albrecht, 'Changes in the Practices of Photographic Printing' (paper presented at Impact 6, International Multidisciplinary Printmaking Science, Bristol, UK, 27–30 September 2009); and Alicia Candiani, 'A cerca de la no-especificidad de las prácticas gráficas contemporánea' (paper presented at Impact 10. International Multidisciplinary Printmaking Conference, Santander, Spain, 1–9 September 2018).

5 Heinz Althöfer, ed., *Restauración de pintura contemporánea: Tendencias, materiales y técnicas* (Madrid: Istmo, 2003).

6 Ijsbrand Hummelen and Dione Sillé, eds, *Modern Art, Who Cares? An Interdisciplinary Research Project and an International Symposium on the Conservation of Modern and Contemporary Art* (Amsterdam: Foundation for the Conservation of Modern Art, 1999).

7 Cultural Heritage Agency of the Netherlands, 'International Network for the Conservation of Contemporary Art', Cultural Heritage Agency of the Netherlands, <https://www.incca.org/> (accessed 20 January 2019).

8 Voices in Contemporary Art, 'Mission', <https://voca.network/mission/> (accessed 26 December 2019).

9 See, for example, Lydia Beerkens et al., eds, *The Artist Interview: For Conservation and Preservation of Contemporary Art: Guidelines & Practice* (Heijningen: Jap Sam Books, 2012); and Monica Marchesi, 'Forever Young. The Reproduction of Photographic Artworks as a Conservation Strategy' (PhD dissertation, University of Leiden, 2017).

10 Daniel Burge, Douglas Nishimura, and Marisol Estrada, 'Summary of the DP3 Project Survey of Digital Print Experience within Libraries, Archives, and Museums' (paper presented at the Society for Imaging Science and Technology's Annual Conference *Archiving 2008*, Bern, Switzerland, June 2008).

11 See Jon Agar, 'The Provision of Digital Computers to British Universities up to the Flowers Report (1966)', *The Computer Journal* 39 (1996): 630–42; Catherine Mason, *A Computer in the Art Room: The Origins of British Computer Arts 1950–80* (London: JYG Publishing, 2008).

12 Cf. the exhibition curator's book from 1968: Jasia Reichardt, *Cybernetic Serendipity: The Computer and the Arts* (London: Studio International, 1968).

13 See Enrique Castaños, 'Los orígenes del arte cibernético en España. El Seminario de Generación Automática de Formas Plásticas del Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid (1968–1973)' (PhD dissertation, University of Málaga, 2000).

Even though the use of the interview is a standard practice in contemporary art museums all over the world, there is a real difficulty and complexity in designing a good interview, both to gather as much information as possible to understand the materials and processes employed in the artworks, but also to determine the conceptual features established by the artists themselves.⁹

In this sense, acquiring reliable information about the impact of digital printing technologies in art, and perspectives regarding the conservation of the works generated by them, is vital. Correct identification and data recording of the employed technology and materials, which are sometimes masked by the mix of diverse layers in an art work, is the first step for their conservation. Such information can, for example, establish weaknesses inherent in the artworks which can then inform a series of targeted conservation procedures. In this regard, in 2008 the Image Permanence Institute performed a survey that highlighted that, even if most of the respondent institutions have digital prints in their collections, very few museum professionals felt able to identify them, such that they did not have clear nor specific care policies for these holdings.¹⁰

Precision in data recording is not only important for the materiality of the artwork. Artists' opinions about their works' deterioration as well as any conservation strategies, such as reproduction processes, and under what terms they can be made, should be properly documented. Among other issues, the storage of a suitable image file embedding the minimum necessary parameters to carry out the copy in the future also needs to be handled. Furthermore, the ease with which digital printing technologies enable multiplicity by the 'click' of a mouse has become an important issue as artists can decide to produce only one print, limited editions or multiple print-on-demand copies whenever they want. This last point not only has an impact on the art market, but possibly also on the way these works will be conserved and restored.

Within this complex context, one way to obtain precise information about the supply and demand concerning digital art printing is by conducting questionnaires with both printing laboratories and contemporary artists; the former can offer more precise technical knowledge about the printing methods and materials employed, while the latter give qualitative information about how contemporary artists currently use digital printing and their opinions about issues in regard to their future preservation.

To test this survey method, two countries, Spain and the UK, have been selected. Both have had distinct cultural developments regarding digital technology: while universities and research centres in the UK started employing computers in the 1950s, favoured by a good economic situation,¹¹ in Spain the Franco dictatorship kept the social, scientific and cultural progress occurring in the rest of Europe and the world hidden from Spanish society. Such conditions have had a direct influence on both countries in the use of computers for artistic creation. In the UK, art and technology exchanges with the United States and other European countries favoured seminal exhibitions such as London's Institute of Contemporary Art (ICA) 1968 computer art exhibition, *Cybernetic Serendipity*,¹² which is in contrast to Spain where only a few artists had begun working with computers at the Centro de Cálculo (Calculation Centre) in Madrid thanks to an agreement between IBM and the University of Madrid from 1968.¹³

The goals of the survey were mainly directed towards having a better understanding of the materials and processes employed by artists working with digital printing and, at the same time, understanding some of the current trends in the use of these technologies in the arts. By analysing artists' working methods and the conceptual or immaterial aspects of their works, it was anticipated that something might be comprehended as to whether the present globalisation of technology has had any effect on the material preferences of artists in the two countries, given

their different cultural circumstances. Any information provided was assumed to be interesting for conservators and other museum professionals dealing with digitally printed artworks, especially where insights were given about the attitudes of artists to the preservation of their artworks such as through reproduction.

Methods

A balanced selection of printing laboratories and artists was made in order to obtain the most representative results across the digital fine art printing scene. Sending questionnaires to laboratories was particularly interesting because, at present, they offer a wide range of printing possibilities, materials and finishes that artists could not possibly do alone in their studios, and professionals in these labs could advise artists of the best solutions to achieve their desired results. As such, lab personnel are able to offer precise information about the most often requested material combinations.

Some difficulties were found in this process with the artists themselves. Firstly, the artists were selected with the aim of representing a diverse range of backgrounds and disciplines—photography, printmaking, painting, installation and illustration—and levels of experience with digital printing devices. However, it was hard to find detailed information about the techniques employed, even among young and mid-career artists with neither their own web pages nor the information given by the various museums, galleries and other institutions, ever being quite clear or detailed enough. This complicated the selection process for all the artists regardless of age, national or international reputation.

Secondly, there was the difficult field work required in identifying the relevant print labs. For this survey the focus was on those laboratories that collaborate with artists on a regular basis or frequently produce fine art printing. While a few of the labs contacted said they work exclusively with artists, the majority primarily did work for advertising and signage, collaborating with artists to a lesser extent and so some felt reluctant to participate in the survey.

Each potential respondent was contacted with a set of online questions. The questionnaires were made up of multiple-choice questions with more than one option and either long or short answers allowable: there were 13 questions designed for the printing labs and 23 questions for artists (Fig. 2).

For the labs, the questionnaire was composed of fewer questions than for the artists as specific conservation issues were not interrogated. The topics covered were divided into two main blocks; the first was composed of ques-

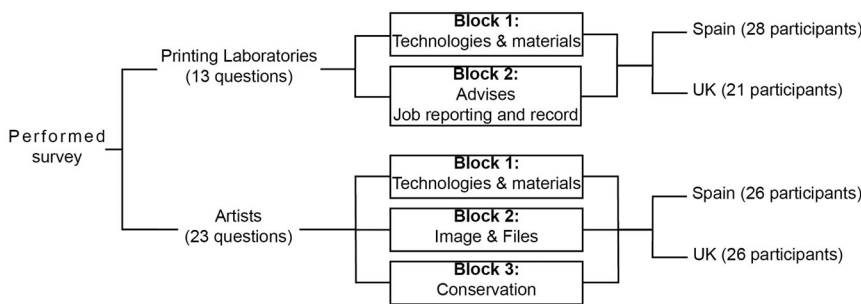


Fig. 2 Explanatory diagram of the experimental research carried out. Printing laboratories and artists from Spain and UK took part in a survey composed of several questions divided into blocks related to different topics of interest for conservators.

tions related to the technologies and materials offered, such as 'What kind of technologies do you work with?', 'Which are the most requested substrates?', 'Which are the most employed supporting materials?' or 'Do you apply any product to protect the printed surface?'. The second block paid attention to the advice given to artists, as well as details of job reports and records, with questions such as: 'Do you advise the client with regard to the best technology/materials combination?', 'Do you report to the client about the employed materials and their characteristics?', 'Do you provide to the client conservation guidelines for the printed artworks?' or 'Do you archive information about the printed works and the materials employed for them?'.

On the other hand, questions for artists covered more topics and were divided into three blocks. Firstly one block of questions was about the technologies and materials employed and comprised of similar questions as those designed for the labs but also had questions about the particular processes used, such as 'Do you mix printed images with other painting techniques?'. The second block was related to issues regarding colour management and file storage, such as 'Do you consider colour management as an important part of your work?' or 'What kind of files do you archive once you print your artworks?'. The third block addressed topics related to conservation, such as the terminology used to describe the type of artwork, what they thought about deterioration and reproduction, and included questions like 'When do you determine that your digitally printed artwork has deteriorated too much so that it should not be displayed?', 'Would you accept the re-edition/reproduction of your digitally printed artworks as a restoration proposal?' and 'What aspects do you think that should be taken into account for the re-edition/reproduction process?'.

As noted, several questions in the survey allowed for more than one answer, so the information shown in the results exceed 100% in some cases. In order to guarantee personal data protection respondents are not identified.

Results and discussion

In all 75 labs were contacted (35 from Spain and 40 from the UK) and 81 artists (35 from Spain and 46 from the UK). Among them 49 printing labs (28 from Spain and 21 from the UK) and 52 artists (26 from each country) responded, resulting in a response rate of 80% and 53% respectively among printing labs, and 74% and 56.5% from the surveyed artists.

1 On technologies and materials

Most of the artists from both countries in the survey bring their projects to printing laboratories since the range of possibilities they offer with respect to print technology, materials, and finishing and mounting techniques offer better quality and results than in their own studios. Moreover, 70% of the Spanish-based artists and 40% of the UK-based artists always work with the same lab, while only around 10% of the respondents print in their own studios on a regular basis.

Results show that inkjet is the preferred technology, and all the printing laboratories use it to perform a wide variety of jobs. In this regard, apart from using water-based inks (the most common ink), 60.7% of Spanish labs and 33.3% of UK labs also use other ink types such as UV-curable, latex or eco-solvent inks, which allow for a wider variety of supporting materials and proving that inkjet technology is the most versatile technology in the current market (Fig. 3). While the popularity of inkjet technology is evident, this is followed by thermal (sublimation) technology, which is offered by 25% of the laboratories consulted in Spain, but only by 5% of

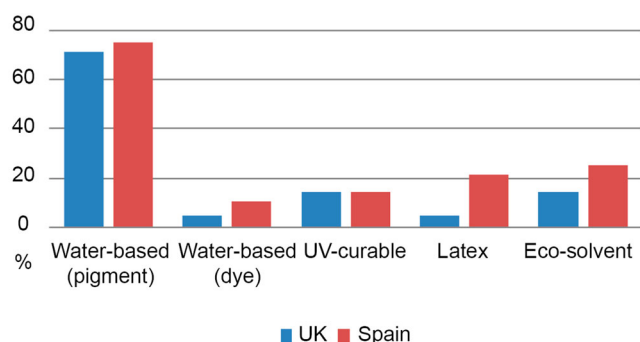


Fig. 3 Inkjet ink types usually employed in digital print laboratories in Spain and the UK. Note that in general more than one type of ink is employed by laboratories.

those in the UK. Electrophotography was not mentioned by any lab, probably because the way it creates an image—by fusing the toner—limits the image quality and range of substrates, relegating it to the level of office work.

Options in the choice of paper substrates are the most requested: fine art papers (FA) are the most frequently used by artists in both countries (92% in UK and 76.9% in Spain), probably thanks to their traditional use in the arts but also because of their variety in textures, tone, finish and thickness making them a general preference in both countries. Resin coated (RC) papers are much more appreciated by Spanish artists, being used by 69.3% of artists in Spain, while only 8% of UK artists use them.

On the other hand, direct printing onto rigid substrates is becoming increasingly popular because the UV-curable inks it employs are substrate independent which enables printing onto almost any kind of material. Its use is not yet widespread due to the expense of the equipment required as well as the inks such that only big laboratories can afford it. Where it has been used, the substrates preferred, according to the responses received from the print laboratories, appear to be in the following order: foam board, Dibond® and PVC (Polyvinyl chloride). However, this trend somehow differs when focussing on the artists' responses, where Dibond® seems the most in demand since 34.6% of Spanish and 20% of UK artists make use of it, followed by foam board, which suggests a lack of precision in the responses given by some laboratories regarding fine art printing.

Differences between early career and more experienced artists appear when looking at materials selection; foam board is one of the cheapest materials, and hence a reason for its widespread use among young artists, despite its susceptibility to degradation due to its composition, which means it should not be recommended on conservation grounds. Conversely, Dibond® is more expensive but offers more stability, rigidity, ease of storage and handling, so it is usually demanded by the more experienced artists.¹⁴ Regarding other substrates, severe differences have been found with respect to the two countries, as shown in Fig. 4.

Mounting paper substrates is a common practice to provide rigidity and a way of displaying artworks without framing (see Fig. 5a). Mounts can be applied to the printed surface—face-mounted—where a translucent material such as PMMA (Poly(methyl methacrylate)) is adhered, but mounts are also applied to the reverse of the print with other materials or from both sides of the image to encapsulate it. Although Spanish artists seem to be more prone to using Dibond® (43%) for reverse mounting, in general, framing is still the preferred way to display digital prints, especially in the UK, as the artists' responses clearly indicate (see Fig. 5b). Other

¹⁴ Sylvie Pénichon, 'Mounting Substrates for Contemporary Photographs', *Studies in Conservation* 49 (2004): 114–8.

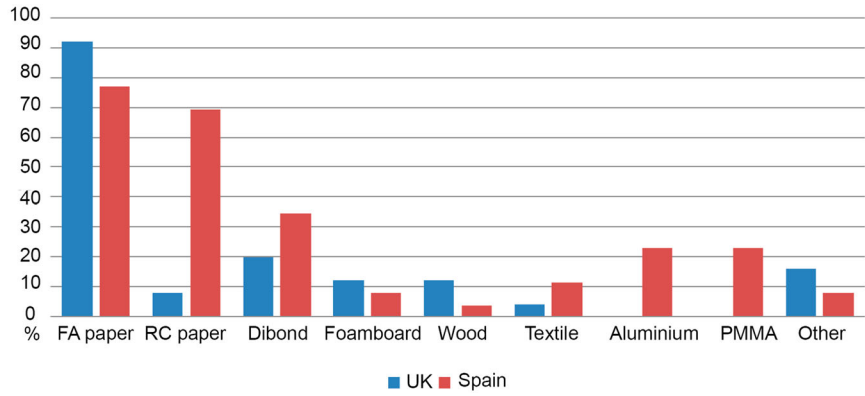


Fig. 4 Substrates usually employed by artists for digital printing artworks. Substrate choice often depends on the desired finish.

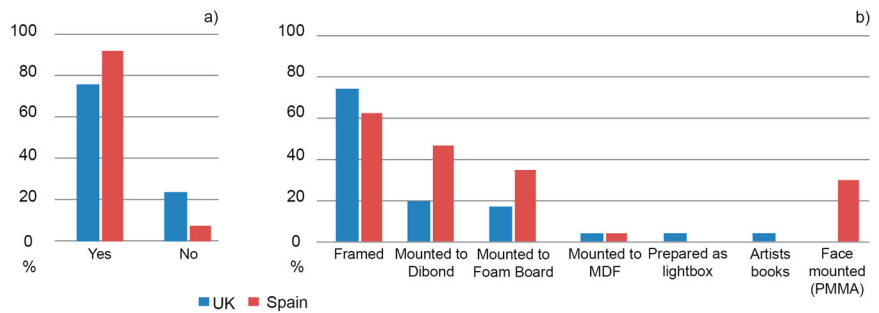


Fig. 5 Survey results regarding mounting: (a) percentage of artists that mount or frame their works; (b) display techniques used by artists. Note that artists use varied exhibition systems depending on the artwork.

materials such as MDF (Medium-Density Fibreboard) are rarely employed due to its higher weight and displaying the artworks as light boxes or in artists’ books only appears to have been used by the UK artists in the survey, suggesting slight differences between both countries.

It is worth mentioning that 68% of the Spanish and 84% of the UK artists mix digitally printed images with other techniques (Fig. 6), adding complexity to these artworks and making them possibly more susceptible to deterioration and in need of future conservation.

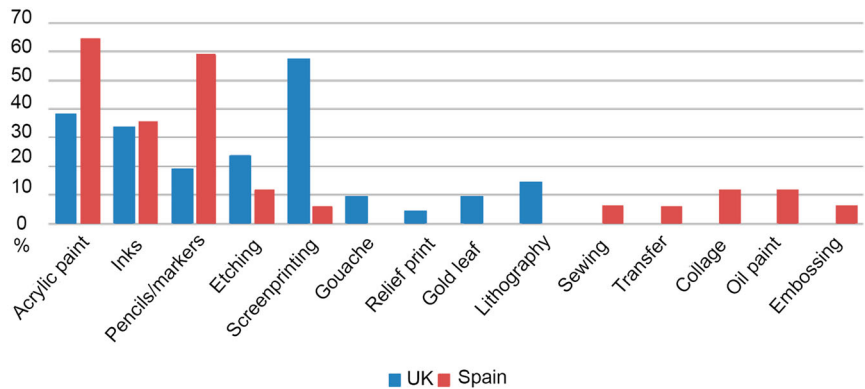


Fig. 6 Materials and processes employed by artists who mix digital prints with other more conventional techniques.

Regarding the type of mixed media used, in general while acrylic paint and inks prevail, it is possible to see a tendency to use a wide variety of processes, which indicates that many works have particularities that should be taken into account in order to conserve them appropriately in the future.

Half of the artists in both countries apply protective layers to the surface to either protect the surface against external damage, to enhance the colour or to present an even gloss all over the surface. However, according to the print labs, only 20% of the prints produced receive some kind of protective layer. The difference in the responses could be understood when understanding the application techniques used, which vary substantially: pressure-activated lamination is carried out by around 50% of the labs in both countries, while artists often prefer to use protective spray coatings, due to the ease of both acquisition and application by themselves. Furthermore, artists consider framing a protective layer, beyond a display system, and usually print labs do not perform this kind of work (Fig. 7). It is also possible to note that in the case of lamination there is a difference in the understanding of the technical specification; while print labs specify what kind of lamination techniques have been employed—normally pressure- or heat-activated—artists only mention the term lamination, which somehow shows the loss of technical information, which has an impact on the future conservation of these artworks.

2 On conservation issues

More than 30% of the consulted artists make a series of limited edition or one-off limited editions. In other words, artists tend to execute exclusive works in order to maintain the artistic value of the print, despite the reproduction possibilities offered by digital technologies. However, data show that those in the UK tend to print copies on demand in addition to unique or limited series more frequently than the Spanish.

The fact that the majority of the surveyed artists consider the print itself as the artwork reinforces these results. In contrast, only 34.6% of the Spanish artists and 20% in the UK consider both the print and the digital file part of their artwork. Moreover, while some artists archive their digital files as TIFF (24% of the British and 30.7% of the Spanish), JPEG (28% of the British and 11.5% of the Spanish) or in both formats, the majority only archive RAW or software-dependent files such as Adobe Photoshop's PSD. Each format has its own specificity based on the differences in image compression or image processing stage so the image accuracy with respect to the artist's original idea could be different depending on the archived file, something which is

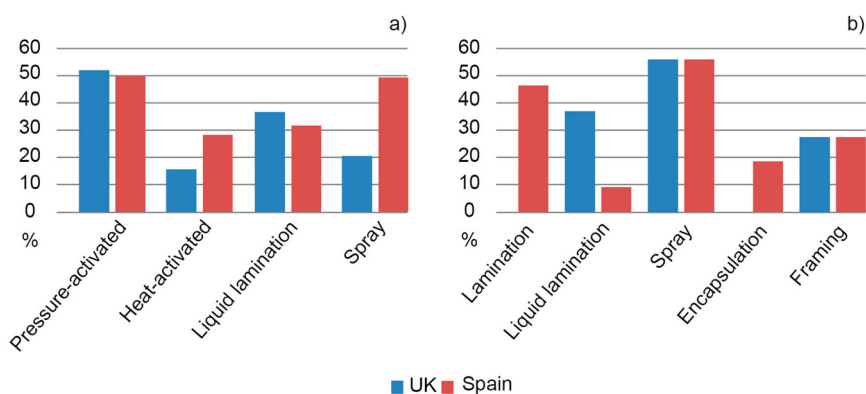


Fig. 7 Protective techniques employed by print labs (a) and artists (b). Note that in all cases labs offer more than one technique, while artists select one or another depending on desired finish.

important to understand when reproduction is considered as a conservation strategy.

For artists employing digital printing technologies, colour accuracy also seems to be an important concern; the question 'Do you consider colour management as an important part of your work?' received positive responses of 80%, but around 30% of them entrust colour management to the laboratories (Fig. 8), which might be the reason why some artists always work with the same print labs. Moreover, the majority of the surveyed labs archive information on the printed works and 40% in the UK and 60.7% in Spain inform their clients about the materials and techniques employed for each print work. This is an important aspect to bear in mind in order to collect first-hand knowledge and information about the printing process for an artwork, suggesting that identifying the lab in which the print was made would be an interesting part of the registration process when a work enters a collection, especially given that some businesses disappear over time.

In addition, 37% of the UK and 47% of the Spanish laboratories provide their clients with conservation guidelines related to storage conditions, mounting and framing, handling instructions and longevity as based on manufacturers' advice related to image permanence regarding light, temperature and humidity. There are some differences between both countries, with UK labs paying more attention to mounting and framing advice, while the Spanish labs more often address issues such as the longevity of the materials (Fig. 9).

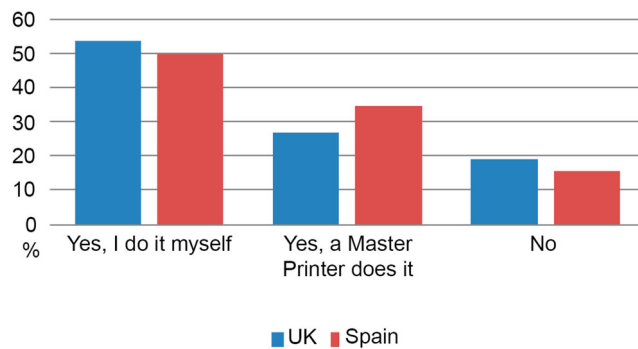


Fig. 8 Percentage of artists performing colour management of their artworks.

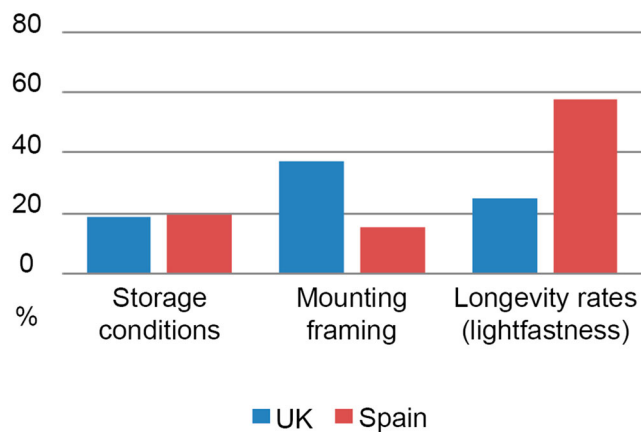


Fig. 9 Conservation advice offered by print laboratories with regard to digital prints.

It is interesting to note how such advice can have an impact on the artists' views on conservation as shown in their responses to the question of how they determine that their works have deteriorated. Some stated more or less precise reasons such as *'when it is faded or damaged'* or *'when there is a surface scratch or other damage to the surface or substrate'*, but others express more subjective ideas such as *'when the print is not perfect any more'*, *'when it becomes hard to enjoy'*, *'if it is not as I want'* and *'when it is evident that the materials or the properties of the materials do not allow to see the work with the same quality as at the time it was produced'*. This makes it a difficult task for conservators to determine what deterioration is acceptable if they only follow an artist's statements.

In general all the artists agree that alteration to surface aspects such as colour and gloss, or scratching and scuffing, seem to be the most important reasons to determine that the work is damaged and unsuitable for display. Where 19.2% of the Spanish and 28% of the UK artists asserted things such as *'I do not expect this to happen as I use archival pigment inks'* or *'I trust the stability of paper, but accidents may happen'*, they demonstrate how the information provided by the manufacturers influences their material selection, even when the permanence of such media has not been fully tested.¹⁵

In this regard, 80% of respondents would accept an artwork's re-edition or reproduction as a restoration process while the remaining 20% did not have a concrete answer. Around 4% in each country felt reluctant to reproduce their work because of the complexity involved or because of sentiments such as *'I think artists' prints require very limited editions, otherwise what determines it's not commercial print?'*. Of those willing to make reprints the majority would provide the file from which to print the new copy (73% in Spain and 56% in the UK), and some expressed that they would print it themselves, thereby preventing conservators and other stakeholders from collaborating in the process. For 46% of the Spanish and 28% of the UK artists the characteristics of the new print should match the old by using the same technology, printer, settings and materials, even if some of them are aware that this could become more difficult as time goes by. Conscious of such problems, almost 12% of the artists think they should supervise the process to control the new print and that in order to preserve the new edition, the previous copies should be destroyed. Such statements raise questions in cases where an artist passes away and leaves no clear instructions about the reproduction process, but these issues, while very interesting, are outside the scope of this research.

When asking if, in their opinion, the market value of the reproduced artwork would be affected, 61.5% of the Spanish artists and 44% of the UK artists assumed that it would not. However, 16% of respondents from both countries were unsure about this issue, which suggests a potential cause as to why some artists have doubts about reproduction and do not accept it as an appropriate conservation action.

Conclusion

Print laboratories have a prominent role in artistic creation with regard to digital printing. In addition, as artists usually resort to using the same laboratories they become an interesting source for reliable data about the materials and processes used in the artworks.

As for approximately 25% of the artists both the print and the data file are part of the artwork, it is necessary to consider not only the conservation of the print, but also of the data. For the latter, it would be necessary to follow some of the existing recommendations widely studied among the documentation specialists in order to preserve the artwork as a whole.

Clear distinctions between young and experienced artists have been shown regarding the selection of materials. While young artists make selections

¹⁵ Rob Sheppard, 'What does Archival Really Mean?', *Digital PhotoPro* 3 (2005): 130.

based more on costs, experienced artists, especially those who are internationally recognised, care more about the quality of the materials used. However, some trends appear to be common to both; inkjet water-based (pigment) printing on fine art paper is the most preferred combination among artists in both countries. Printing on rigid substrates with UV-curable inks also seems to be increasingly accepted and it can reasonably be expected to have a greater presence in museums and collections in the coming years. With regard to the differences between countries, not many are discernible and those that were are more related to slight variations in the percentages, showing that choices have more to do with the particular working methods of artists than any particular cultural history or development.

It is also interesting to note how the technical and material specifications and their terminology get blurred as the artworks change hands from the print lab production to the artists themselves. This slide in definition can become more pronounced if the work enters the art market, and is passed through galleries, which all goes to making the correct identification of the materials that compose the artwork even more difficult.

Most of the artists contacted mix their digital prints with other techniques to a greater or lesser extent, and these extra layers made by hand on the print surface add further complexity to the artwork. This all raises the need for further research regarding the ageing processes that such complex artworks could suffer, especially in relation to colour changes and other surface alterations, in order to establish appropriate conservation measures for them.

Some of the artists understand that while reproduction as a conservation strategy appears to be a good option—as long as the new print meets the expectations in terms of material similarity to the original work, especially in relation to surface appearance—the preservation of many original features is a very complicated issue. This can be surmised as a reason why some artists are reluctant to accept reproduction for fear that the artwork could lose its value in the art market.

Although this survey highlights some issues regarding the use of digital printing technologies in art production and the conservation of its products, it would be interesting to conduct a further survey in other countries in order to compare data and clarify more precisely some aspects described in this article. Some difficulties have been found during the execution of this work: obtaining clear data and correlating the terminology used by the print labs and artists is the most relevant obstacle. This shows that a profound review of terminology is necessary, especially given that the last 30 years has involved an enormous change in the way images are produced.

Acknowledgements

The authors express their gratitude to the research project *El uso experimental de las impresiones digitales en arte contemporáneo: Identificación y conservación* (EHUA 15/23) supported by the University of the Basque Country UPV/EHU, for financing this study; to Carinna Parraman and Sarah Bodman from the Centre for Fine Print Research of the University of West England, Bristol, as part of the research presented here was performed during a research stay there thanks to an Erasmus+ grant; and to the generous collaboration of artists and print studios from Spain and the UK who took part in the survey and which have been crucial for this work.

Funding

This work was supported by the University of the Basque Country UPV/EHU [grant number EHUA 15/23].

Résumé

«Une approche de la conservation des impressions numériques à travers la compréhension de ses technologies et des matériaux utilisés par les artistes»

Depuis les années 1990, l'impression numérique est devenue omniprésente sur la scène de l'art contemporain. Des artistes de diverses disciplines utilisent différentes technologies, matériaux et techniques pour créer leurs œuvres. L'utilisation d'un large éventail de documents affecte leur identification précise dans les collections muséales et institutionnelles, au point qu'un processus d'enregistrement exact utilisant une terminologie précise pour enregistrer clairement des informations concises sur chaque œuvre est essentiel. Pour y parvenir, accéder aux informations que les laboratoires d'impression et les artistes rassemblent est un enjeu important. Dans cet article, les informations recueillies dans une enquête menée

après d'imprimeurs et d'artistes à travers l'Espagne et le Royaume-Uni sont présentées. Certaines préoccupations intéressantes ont été recueillies, notamment celles qui concernent la matérialité, les croyances des artistes au sujet de la détérioration de leur travail, la reproduction en tant que stratégie de conservation et son influence sur la valeur marchande, qui aident à mieux comprendre les besoins de conservation de ce type d'œuvre.

Zusammenfassung

„Ein Ansatz zur Erhaltung des Digitaldrucks durch Verständnis seiner Technologien und Materialien, wie sie von Künstlern eingesetzt werden“

Seit den 1990er Jahren ist der Digitaldruck in der zeitgenössischen Kunstszene allgegenwärtig. Künstler aus verschiedenen Disziplinen verwenden unterschiedliche Technologien, Materialien und Techniken, um ihre Kunstwerke zu schaffen. Die Verwendung einer Vielzahl von Materialien wirkt sich auf deren korrekte Identifizierung in Museums- und institutionellen Sammlungen aus, sodass ein präziser Registrierungsprozess unter Verwendung einer genauen Terminologie zur eindeutigen Aufzeichnung präziser Informationen zu jedem Werk unerlässlich ist. Um dies zu erreichen, ist es ein wichtiges Thema, Zugang zu den Informationen zu erhalten, die Drucklabors und Künstler sammeln. In diesem Artikel werden Informationen vorgestellt, die in einer Umfrage unter Druckstudios und Künstlern in ganz Spanien und Großbritannien gesammelt wurden. Es wurden einige interessante Bedenken hinsichtlich der Materialität, der Gedanken der Künstler über die Zustandsverschlechterung ihrer Arbeit und der Reproduktion als Erhaltungsstrategie und ihres Einflusses auf den Marktwert gesammelt. All dies trägt dazu bei die Bestandserhalterischen Bedürfnisse dieser Art von Kunstwerken besser zu verstehen.

Resumen

“Aproximación a la conservación de la impresión digital a través del conocimiento de las tecnologías y materiales empleados por los artistas”

Desde la década de los noventa, la impresión digital está omnipresente en la escena del arte contemporáneo. Artistas de diversas disciplinas emplean diferentes tecnologías, materiales y técnicas para crear sus obras de arte. El uso de una amplia gama de materiales repercute en su correcta identificación en colecciones de museos y otras instituciones, por lo que llevar a cabo un registro preciso mediante el uso de una terminología adecuada resulta esencial para determinar con claridad información concisa sobre cada obra.

Para lograrlo, obtener acceso a la información que recopilan los laboratorios de impresión y los artistas es una cuestión fundamental. En este artículo se presenta la información recopilada en una encuesta realizada a estudios de impresión y artistas de España y Reino Unido. Se han extraído algunas cuestiones interesantes sobre la materialidad, la opinión de los artistas sobre el deterioro de su obra, y la reproducción como estrategia de conservación y su influencia en el valor de mercado, que ayudan a comprender con mayor nitidez las necesidades de este tipo de obras de artes en cuanto a su conservación.

摘要

“一种通过了解艺术家使用的技术和材料来保护数码印刷的方法”

自1990年代以来,数码印刷在当代艺术界已十分普遍。来自各种学科的艺术家用了不同的科技、材料和技术来创作自己的作品。各式各样材料的使用会影响博物馆和机构收藏有关这些作品的正确识别,因此精确的登记流程(使用准确术语来清晰记录每件作品的简明信息)至关重要。为此,获取和收集来自印刷实验室和艺术家的信息是一个重要问题。本文介绍了一项采集自西班牙和英国的印刷工作室和艺术家的调查信息。调查显示了一些有趣的方面,包括物质性、艺术家对作品材质恶化的观念,以及复制作为一种保护策略和对其市场价值的影响,所有的这些信息都有助于我们更充分地了解这类艺术品的保护需求。

Biographies

Iraia Anthonisen-Añabeitia is a PhD researcher and teaching assistant in Conservation and Restoration of Cultural Heritage in the Painting Department at the University of the Basque Country UPV/EHU. She has a background in paper conservation and her current work deals with the use of digital printing in contemporary art (painting, photography, graphic arts) and its conservation. Her research interests include the study and conservation of the materials employed in digital printing and colour management.

Itxaso Maguregui has a PhD in Chemical Sciences from the University of the Basque Country UPV/EHU. She is a senior lecturer in Conservation and Restoration of Cultural Heritage, and teaches conservation science and technical examination and documentation of art on both the Master of Forensic Analysis and the Master of Conservation and Exhibition of Contemporary Art. She is a member of the *Farmartem* consolidated research group of the Faculty of Science and Technology at UPV/EHU, participating mainly in projects related to the scientific examination of cultural heritage and the forensic analysis of documents.

Contact addresses

Iraia Anthonisen-Añabeitia
Department of Painting, Faculty of Fine Arts
University of the Basque Country UPV/EHU
Barrio Sarriena, s/n, Leioa
Bizkaia 48940, Spain
Email: irai.a.anthonisen@ehu.eus

Itxaso Maguregui
Department of Painting, Faculty of Fine Arts
University of the Basque Country UPV/EHU
Barrio Sarriena, s/n, Leioa
Bizkaia 48940, Spain
Email: itxaso.maguregui@ehu.eus

A wider study of contemporary art based on Mikel Diez Alaba's *Mínimos* series

Irene Cárdaba-López, Iraia Anthonisen-Añabeitia

Abstract: This research is based on the work of the Basque contemporary artist Mikel Diez Alaba and his series called *Mínimos*, which gathers up to 144 small size pieces made out of acrylic paint applied on printed images. This collection was displayed on the Museum of Fine Arts of Bilbao during 2014.

The main objective of this paper is to reach a more integral conception of conservation –based on the latest theories regarding heritage-, focusing on material aspects and the conceptual characteristics of the artwork, alike. Thereby, the working method in *Mínimos* series has been analyzed, as well as the presence of elements linked to the natural heritage. All this, taken together allows the establishment of new strategies towards the conservation of contemporary artworks.

Key words: Conservation, contemporary art, cultural heritage, natural heritage, landscape.

Estudio integral de la obra contemporánea, el caso de la serie *Mínimos* de Mikel Diez Alaba

Resumen: La presente investigación se basa en la obra del artista contemporáneo vasco Mikel Díez Alaba y su serie denominada *Mínimos*, que reúne hasta 144 pequeñas obras realizadas con pintura acrílica aplicada sobre imágenes impresas. Esta colección se expuso en el Museo de Bellas Artes de Bilbao durante el 2014.

El objetivo principal de este artículo es alcanzar una concepción integral de la conservación- basada en las últimas teorías sobre patrimonio-, que abarque tanto los aspectos materiales como conceptuales de las obras de arte. Para ello, se ha analizado la metodología de trabajo empleada en la serie de los *Mínimos* y la presencia implícita de los elementos relacionados con el patrimonio natural. Todo ello en su conjunto permite establecer nuevas estrategias para la conservación de obras de arte contemporáneas.

Palabras clave: Conservación, arte contemporáneo, patrimonio cultural, patrimonio natural, paisaje.

Introduction

When studying contemporary art it is necessary to establish an appropriate strategy to consider the work as a whole, with the aim of reinforcing its value. Therefore it is necessary to take into account current tendencies regarding the conservation of the heritage around the world. This paper reflects on the big change that the conception of the term *heritage* has withstood. From the ancient conception of "Historic-artistic heritage" which is strictly linked to the materiality of an artwork, to the new conception of "Cultural Heritage", opened to both tangible and intangible values.

Throughout his career, Mikel Diez Alaba -who is considered one of the main figures in the Basque scene of the 70s- has always been closely connected to its surroundings, what has to be taken into account when conserving these artworks, as it will be discussed in section *Theoretical review about the artist*.

This research is focused on the production of Diez Alaba during his latest period, named *Mínimos* due to their small size. To accomplish this study, the artistic evolution of Diez Alaba was studied to give an overview of his work and to understand the development of the artist's working method. Moreover, the artworks were analyzed both,

for their materiality and their intangible value. Finally, several reflections were made in order to reach an integral conservation plan considering the authenticity value of these artworks.

Several conservation concerns

Paint as a way of breathing, let the paint spread itself driven by the feelings and let the hand sway with the breeze. Paint to contain the beauty, because painting is created in a breath and can be enjoyed many times, to put on record that we have existed and add some mark of our own to the universe (Diez Alaba 2016). This statement, from Diez Alaba, evidences that in his artworks not only is relevant the material procedure but also the value of some other immaterial aspects.

The aim in *Mínimos* is to present the essence of Minorcan landscape: showing the calm and peacefulness inherent of the natural heritage of the island. The conservation of these artistic documents is necessary to preserve different types of heritage: the artistic and the natural.

These ideas fit together with current tendencies regarding the conservation of heritage around the world. In fact it is important to point out the big change that the conception of the term "heritage" has withstood. During the first decades of the 20th century this concept was restricted to artifacts coming from past centuries, for instance antiquities with aesthetic values and exceptional nature. This conception evolved from the late twenties towards a wider theory where not only the artistic objects are considered but also cultural expressions, nature and intangible goods such as traditions and memories, are taking into account. (Querol 2010:458).

The new terminology corresponds to a new cultural moment in which the materiality is not enough and it is necessary to strengthen the conception of a wider catalog of cultural heritage. In fact, now, the idea of heritage should testify society's traditions, customs and believes in a specific historical context, these are tangible and intangible aspects.

The present work is based on the latest theories of European charters and agreements, that is "The Nara Document of Authenticity" (Lemaire and Stovel 1994) and the "European Landscape Convention" European Landscape Convention 2000). The former, refers to the intangible heritage and the

authenticity that should be considered an essential part of our culture. According to the seventh article of the charter, *all cultures and societies are rooted in the particular forms and means of tangible and intangible expression which constitute their heritage, and these should be respected.*

As stated in the European Landscape Convention, it is necessary to be aware that the landscape contributes to the formation of local cultures and that it is a basic component of the European natural and cultural heritage, contributing to human well-being and consolidation of the European identity. For this reason and noting that developments in agriculture, forestry, industrial and mineral production techniques (...) are in many cases accelerating the transformation of landscapes, there is a need to preserve the testimony of them considering every dimension of their value: tangible and intangible.

Under the light of these considerations our aim is to highlight the co-existence of distinct goods regarding to the same heritage in Diez Alaba's latest works: the Minorcan landscape itself, the intangible values (feelings, sensations, ...) that are inherent to this space and the recording of such values in the *Mínimos* series. This way, we end up considering material and immaterial goods as parts of the heritage that has to be conserved, also according to the most updated conservation criteria.

Methods and methodology: study of the artworks

In order to accomplish the main objective of this research, that is, to propose an integral conservation strategy, it is necessary to start giving an overview about the artist whose works are analyzed. After that, the research is focused on studying the concerning artworks, the *Mínimos* series. Finally, a detailed analysis of the paintings is described, evaluating their intangible value, up to the latest theories in conservation.

—Theoretical review about the artist

The artworks of Diez Alaba were studied from the very beginnings in order to give an overview of his work and to understand the development of his working method. The study is specially focused on the artist's latest period, which gathers the artworks done while living in Minorca (Balearic Island).

Table1.- Former vs new conception of the term heritage.

	FORMER CONCEPTION	NEW CONCEPTION
	"Historic-artistic heritage"	"Cultural heritage"
VALUE	Dependent on the time factor, artistic value, subjective interpretation and uniqueness	Authenticity based on objective facts.
WHAT GATHERS?	Exceptional productions generally linked to the power (Elitist)	Cultural creations that testify society's traditions, customs and beliefs (Generalist)
WHAT PROTECTS?	Material elements (tangible) Produced by humans	Material and immaterial elements (intangible) Links nature and human trace (landscape)

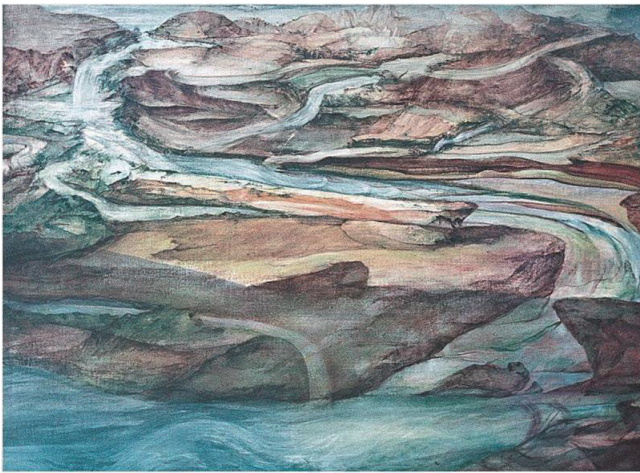


Figure 1.- Mikel Diez Alaba *Untitled*, oil on canvas, (1981).

Diez Alaba was born in Bilbao in 1947 and his career has been marked by evolution; there can be highly distinguished two stages in his development as an artist.

The first phase went on until 1978. In this period he was influenced by British figurative painters such as, Francis Bacon and David Hockney, which favored the creation of expressionist works with an abstract tendency and critical sense.

The complicated socio-political situation that characterized this period caused him a great anguish and led him to quit painting for a year. *Despair is absolute and I relieve it by painting. The need to paint didn't allow me to think. I gave free rein to impulse, thus the canvas gradually filled up with life or death with hardly any time spare for reflection* (Diez Alaba 2016). This quotation reflects Diez Alaba's feelings and describes the characteristics of those works perfectly.

The second phase in his career followed immediately; he moved to the countryside and took time to rethink about his career and personal worries. At the beginning of this new stage, he paints based on the influence of Chinese paintings and the working method of the old masters, while trying to reach the origin of the painting techniques [figure 1]. Focused on the nature, the landscape turns, from now on, to be the main character in his works.

In 1981 he moved to Alaior (Minorca), where his work gradually took on Mediterranean values, such as luminosity, sensuality, etc. interested in the power of evocation and suggestion of the landscape, which brought to him the strong impression of the light and colour of the Mediterranean, as stated by the artist in several interviews.

In the first paintings of this new period, everything seems to be in apparent disorder, where the natural elements are mixed "chaotically". Black is gone and colors are purer; as the artist indicated *Little by little, the space opens up, emptying, and at the same time the expression will be painted in a bid to recompose his own world*. Thereafter, the artist followed

a more sensitive and harmonious tendency in which the most important fact is the process of self-enrichment.

At this point, Diez Alaba is focused on the process of both, the material aspects of the artwork and the relation with the surrounding that inspired the creation. On his landscapes, he recreates calm and peaceful spatial environments with luminous tones, inherent to the natural heritage of the island.

According to him, the value is the process; the work is the consequence of it: *I try to discover an approach through painting. Other conclusions are drawn after the work is finished. Intuition is fundamental and then reflection. You have to live with the forces of the universe for what you have to reconcile with living things, to take on movements and rhythms of nature* (Salaberri and Sáenz de Gorbea 2001).

—Study of the working methodology in *Mínimos* series

Several reflections were derived from the previous theoretical research and from the interview with the artist. Diez Alaba's working method has changed over the years influenced by his surroundings; from realism and expressionism to abstraction- the works from the 80's onwards-, from big formats to small ones, and from the social and political situation at the beginning of his career to the scenery and peacefulness, showing the closeness with his feelings more than ever.

In *Mínimos* series he paints abstract interpretations of Minorcan landscape through the artists' eyes; sometimes appears the Mediterranean quietness but other shows its wildness.

This series look like fast sketches made during his trips around the island because of their small size- the artworks are about 6 x 9 cm-, but he produced them after reflecting about his feelings in those moments.



Figure 2.- Diez applying PVA on the substrates (left). A detail of the impastos in a Minimo (right).

As in his first landscapes based on old masters, he prepares carefully the substrates before painting. First, he manipulates the images he took during his outings using Photoshop: he removes the color almost completely and makes some other distortions on them. Then he prints the images on office paper and applies several layers of PVA in order to protect the inkjet pigment inks. When the adhesive dries, he paints acrylic impastos with precise brush-strokes helped by special Japanese brushes. [figure 2]

Mikel Diez Alaba evokes the landscapes from memory, although he uses printed images in the way that he has an image to start [figure 3], he paints inspired from the recall he has of the surrounding scenery. For that he uses a short colour palette, mainly based on blue, white, green, red and yellow, which are the colours directly related to the nature –sky, water, clouds, vegetation, sun- and their reflection on different surfaces. [figure 4]

—New insight into the analyses of the *Mínimos series*

The study of Diez Alaba's *Mínimos* was guided by the aforementioned principles, which drew the investigation to analyze the artworks on their whole: considering both

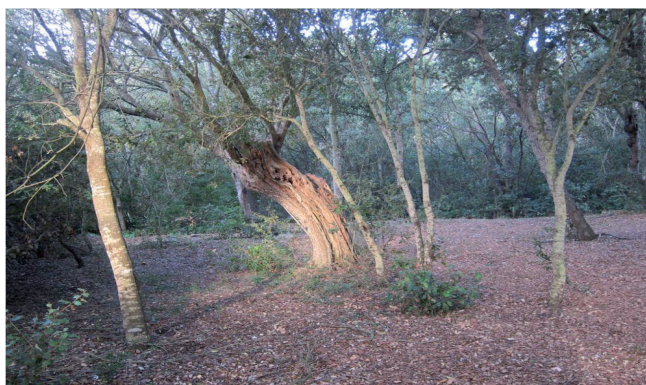


Figure 3.- Photography of the landscape taken by the artist.

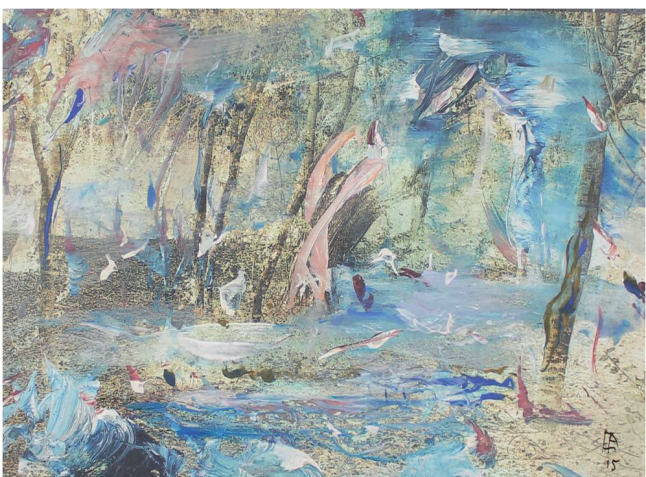


Figure 4.- Mikel Diez Alaba, title unknown, acrylic paint on printed image (2015).

the tangible heritage (the paintings) and the intangible one together at the same time. The connection between the artwork and the landscape is represented in the relation between the colour palette, the environment and the sensations collected by the artist during his journeys across the island, which are depicted in particular traces. Moreover, his paintings gather aspects of society's collective memory (intangible heritage), since they evoke the constructed ideas about the main characteristics of the island: calm, peacefulness, etc. Thus, according to the proposal approached in these lines, it is compulsory to be aware of the following: if those intangible aspects are not considered, the *Mínimos series* would be altered or damaged in some way, so the conservation strategy would be inappropriate.

In order to accomplish an appropriate integral conservation strategy, in this case, we should consider three distinct levels and stages on the artist's working method, every one of each draws its own value. It is necessary to preserve every agent that takes part on the complex production of his work:

1. Specific landscape. This is the natural scenery itself which experiences changes due to the pass of time and the human activity. These modifications of the landscape are regulated by the standards of UNESCO, in order to maintain the quality of life and the environmental characteristics of the island. It is compulsory to take into account the natural value of the landscapes which are protected by law and are the main subjects of the cultural heritage of the island.

In fact, Minorca is recognized as a natural biosphere reserve by the UNESCO organization, due to its rich and traditional rural countryside and the high compatibility achieved by the island between the development of economic activities and landscape conservation.

Minorca is a member of the Spanish Network of Biosphere Reserves and it is also object of the sustainability program developed by the Consell Insular of the island. The latter, was established in order to maintain the quality of life in this territory and the environmental standards which merited the declaration of UNESCO. Among them, to avoid any measure or intervention which pose a threat to the landscape of Minorca.

2. Photography of a specific landscape. It is the natural scenery captured in a specific moment. There is a need to conserve these images as to preserve both, the registration of the evolutionary landscape and the Diez Alaba's artistic view. In several cases, they are the proof of a frozen instant of the aforementioned nature. They are testimony of a concrete moment in a specific place of the landscape which will probably suffer uncountable changes as time goes by.

3. Artist's view of the landscape. The artwork represents a specific landscape (stage 1) through the memory of

the artist. It is necessary to preserve the artwork for its materiality but also for its immaterial values that represent the island. This corresponds to the highest level of abstraction both relating to the nature and the image. That is, on the one hand the conversion of the landscape into a memory inside the artist's mind. This could be considered an intangible good, part of the common imaginary.

On the other hand, there is a transfer of this memory into the work of art, through the use of painting materials. Here, the artist takes from the memory of these landscapes, the key elements that evoke its main values: quietness, peacefulness, and even the wildness in some cases – through the use of colours and abstract traces applied over the prints.

Despite the triple classification, it is not possible to have one without the other. This means, that to tackle the conservation of *Mínimos* series it is necessary to afford its comprehension from a wider point of view.

Conclusions

As the landscape and surroundings are protected by the autonomous community's regulations, Diez Alaba's *Mínimos* also deserve special attention. Not only given the fact of being an artistic production but also for being provided by the value of the social identity, which belongs to the heritage of the island. Moreover, the correlation between the materiality and the conceptual baggage associated to the landscape, characterize the authenticity of the artworks, as stated in Nara's document. Therefore, it is safe to say that if we conserve the *Mínimos* series we are not only preserving their materiality but also the main natural good of a region, such as characteristics of a collective memory.

Taken together all the points detailed above, some general considerations are summarized:

- The need to establish an appropriate strategy for studying the works in their totality, so as to reach an integral conservation plan. Therefore, to study Diez Alaba's *Mínimos* in their totality, it is important to understand their close relation with the Minorcan landscape (protected by law) but also the thoughts and personal condition of the artist, which are part of the inherent intangible values. Without them, the artworks fall into decay.
- The previous study of *Mínimos* may reinforce their value, according to the present theories in the heritage scope.
- The importance of breaking walls while trying to manage a more integral conception of the conservation of our heritage. Consequently, the importance of the implicit intangible values will provide a more integral conception of the conservation of our heritage, and as a consequence,

a more accurate preservation proposal, exceeding the materiality of the object.

These proposals are the basis for every research regarding contemporary art, where the study of the ideas (through personal interviews with the artist, deep study about its production, multidisciplinary approach to the heritage, etc.) is vital for conserving the materiality of the artifacts. After all, we could end up highlighting that the proposal of a more integral conservation plan of an artwork, in which various agents are taking part, (the tangible and the intangible ones) all of them deserve the same degree of consideration. Thus, helping and raising the value of the artworks.


For this reason, this paper is the beginning of the research about *Mínimos* series, as a starting point for further essays that ensure the conservation of the artworks.

Acknowledgments

We would like to thank Mikel Diez Alaba for his availability and help during the process of this research. The interviews and talks with him provided us wide information not only about his working methods but also about his thoughts.

Bibliography

- ANTHONISEN-AÑABEITIA, I. et CARDABA-LOPEZ, I. (in press) "A wider study of contemporary art based on Mikel Diez Alaba's *Mínimos* series". In: 5th International Conference Youth in Conservation of Cultural Heritage YOCOUCU 2016 Congress Book. Madrid: MNCARS.
- DIEZ ALABA, M. <http://www.mikeldiezalaba.com/> [accessed: 16-02-2016].
- European Landscape Convention (2000). Florence. <http://gov.uk/government/publications/european-landscape-convention-florence-20-october-2000> [accessed: 03.07.2017].
- LEMAIRE, R; STOVEL, H. (1994) The Nara document on authenticity, <http://icomos.org/charters/nara-e.pdf> [accessed: 03.07.2017]
- MARTINEZ PASCUAL, C; DIEZ INTXAUSTEGI, K. (2014) Mikel Diez Alaba: transitando un tiempo. Bilbao.
- QUEROL, M.A.. (2010) Manual de gestión del patrimonio cultural, Akal, Madrid.
- SALABERRI, P; SAENZ DE GORBEA, X. (2001) Mikel Diez Alaba: del exterior al interior 1971-2001, Bilbao.



The advance produced in computers and the development of electro-mechanical procedures for generating and printing images, has turned computer software, photocopiers, laser and inkjet printers and other machines into tools that artists have been adapting to their working processes, especially since the end of the 20th century.

Although in its beginnings this kind of art did not enjoy great prestige, the presence of digital prints in the collections of museums, institutions and private collections has increased significantly in recent decades, and therefore has also did its interest towards it, becoming an important part of the technological and social present and future, as well as significant for cultural heritage. Thus, new challenges arise for conservators in charge of safeguarding this heritage, who need to understand their deterioration forms and conceptual meaning in order to apply new preservation methods adapted to the characteristics of the materials.

This thesis is based on three main axes that are fundamental for the conservation of contemporary art: the knowledge of the techniques and materials used for artistic creations, their stability in the face of diverse deterioration factors and the variety of existing strategies for undertaking conservation and restoration measures according to the inherent conceptual aspects and values associated with the works.

This thesis aims to contribute to previous research on digital prints by introducing a process that involves identifying the materials present in the artworks in order to establish overall criteria for conservation, handling and exhibition for this type of work, taking into account the main factors of deterioration that influence their conservation. In this way, the main goal is to establish a research path that brings together the interests and knowledge of artists, curators, printing laboratories and institutions in order to deepen the knowledge of digital printing technologies and the materials that constitute them, with the final objective of establishing guidelines for their correct identification, handling, exhibition and storage.