



ESTUDIO DEL EFECTO DE LA LIMPIEZA EN SECO SOBRE DISTINTAS TÉCNICAS PICTÓRICAS CONTEMPORÁNEAS

Alumna: Karen Soledad Golle Córdova

Tutores: Juan Cayetano Valcárcel Andrés

Rosario Llamas Pacheco



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Resumen

El presente estudio tiene por objetivo determinar la eficacia de la limpieza en seco con diversos borradores sobre probetas monocromas no barnizadas (pintadas con acrílico, óleo, óleo alquídico y gouache). Estas muestras representan la problemática de las obras modernas monocromas que al no tener una película protectora que impida el ingreso de suciedad al estrato pictórico necesitan procedimientos de limpieza cuidadosos que también tengan en consideración los materiales pictóricos utilizados, que en muchos casos son sensibles a ciertos disolventes. Por lo tanto se debe analizar cuidadosamente el proceso de limpieza teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto para no dañar el ritmo cromático de las superficies impolutas creadas por el artista.

Con fotografías, microscopio y RTI (técnica poco utilizada en el registro de obras pictóricas) se pretende determinar los cambios derivados del tratamiento de limpieza en seco, tales como los cambios en el brillo, textura, abrasión, erosión, pulido, incisiones producidas por los materiales y presencia de residuos que pueden desencadenar problemas químicos en la superficie pictórica. Controlar estos factores durante un proceso de limpieza es relevante, ya que las pinturas monocromas además de ser planos de color, contienen un mensaje intrínseco que debe ser transmitido al público sin interrupciones.

Palabras clave: limpieza en seco, superficie de limpieza, borrador, monocromo, RTI.

ÍNDICE

Introducción/Justificación	4
Objetivos	8
Metodología	9
1.1 Investigación documental	9
1.2 Investigación experimental	9
CAPÍTULO 1	11
NATURALEZA DE LA PINTURA CONTEMPORÁNEA Y LA NECESIDAD DE SU REPRESENTACIÓN EN PROBETAS	11
1.1. Características de la pintura contemporánea y confección de probetas	12
1.2. Registro de probetas con técnicas de análisis no invasivas previo al tratamiento de limpieza	17
1.2.1 Registro fotográfico	17
1.2.2 Microscopio	18
1.2.3 RTI (Reflectance Transformation Imaging)	20
1.2.4 Medición del brillo de las muestras	25
CAPÍTULO 2	27
ANÁLISIS DE LAS PROBETAS TRAS EL PROCESO DE LIMPIEZA	27
2.1. Procedimiento de limpieza	28
2.2. Descripción de los materiales utilizados en el tratamiento de limpieza de probetas monocromas.....	28
2.2.1 Borradores compactos	29
2.2.2 Borradores en polvo	29
2.2.3 Materiales esponjosos.....	30
2.2.4 Material maleable	30
.....	32
CAPÍTULO 3	32
REGISTRO DE PROBETAS POSTERIOR AL TRATAMIENTO DE LIMPIEZA	32
3.1. Registro fotográfico	33
3.2. Microscopio	36
3.3. RTI (Reflectance Transformation Imaging)	37
3.4. Medición del brillo de las probetas posterior al tratamiento de limpieza.....	38
CAPÍTULO 4	39
CAMBIOS MORFOLÓGICOS DE LAS PELÍCULAS PICTÓRICAS	39
4.1. Problemas de abrasión, erosión y pulido en las muestras según el material de limpieza utilizado	40
4.2. Valoración de la relación abrasión y pulido en las superficies pictóricas	46
4.3. Marcas producidas por los materiales de limpieza en los estratos pictóricos	46

4.4. Diferencias de los efectos de los borradores en cada técnica pictórica	49
CAPÍTULO 5	50
VARIACIONES DE BRILLO EN LAS PROBETAS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO DE LIMPIEZA	50
CAPÍTULO 6	58
ANÁLISIS DE LA PRESENCIA DE RESIDUOS SOBRE LA SUPERFICIE PICTÓRICA DESPUÉS DE LA LIMPIEZA	58
6.1. Caracterización de los residuos de cada borrador	59
6.2. Residuos en la superficie de cada probeta	60
6.3. Diferencias en las técnicas de análisis no invasivas aplicadas a la observación de residuos en probetas monocromas	63
CAPÍTULO 7	65
ESTUDIO DE LA EFICACIA DE LA LIMPIEZA SOBRE DISTINTAS TÉCNICAS PICTÓRICAS	65
CAPÍTULO 8	70
CONCLUSIONES	70
Bibliografía	76
Anexos	81
1. Listado de Instrumental utilizado en el estudio	81
2. Registro inicial	83
3. Registro posterior a la limpieza	93
4. Fichas de materiales de limpieza	102
Índice de tablas	108
Índice de tablas de registro de limpieza (inicial y posterior)	108
Índice de gráficos	109

Introducción/Justificación

Desde que el arte monocromo irrumpe con sus nuevas concepciones estéticas y discursivas en la escena artística ha generado desafíos en el campo de la conservación y restauración. Estos nuevos retos radican en la particularidad de la técnica, cuya finalidad estética está íntimamente relacionada con su connotación simbólica y discursiva. Por lo tanto, si se aplican tratamientos de restauración inapropiados a aquellas superficies configuradas por planos de color, se está dañando a su vez, lo que el artista pretende transmitir al interlocutor.

Respecto a las principales causas de deterioro de las pinturas monocromas, se podría decir que derivan fundamentalmente de problemas de la ejecución técnica. Mezclar técnicas incompatibles en una obra o utilizar materiales que no están diseñados para el quehacer artístico, como es el caso de las pinturas de uso doméstico, puede generar problemas a corto o mediano plazo en el estrato pictórico de una obra.

Otro problema radica en utilizar la tela como parte constructiva de la pieza artística, produciéndose problemas propios del deterioro del textil (como el amarilleo) que interfieren con la lectura de la pintura.

También existen patologías derivadas de la manipulación y traslados de las obras como las alteraciones que modifican los acabados de la superficie, daños mecánicos, fricciones, roces, entre otros.¹

En cuanto a los materiales pictóricos constitutivos de las obras monocromas, a partir del siglo XIX la industria desarrolló nuevos materiales de uso artístico y doméstico desconocidos para el mundo de la restauración. Por ejemplo los colores al óleo industriales aparecen hacia la primera mitad del siglo XIX, las resinas alquídicas se comercializan a partir de los años treinta en esmaltes sintéticos y los primeros acrílicos vendidos en formato de tubo los vendió la marca Liquitex en el año 1963. Estos materiales se han popularizado desde su creación y han planteado nuevas líneas de investigación que han dilucidado los componentes que contienen estos medios artísticos y los mecanismos de intervención adecuados para las obras que utilizan estas formas de expresión.²

Producto de la irrupción de nuevo material en la escena artística, los procedimientos de restauración tuvieron la obligación de reinventarse a partir del siglo XX, ya que nuevas obras con patologías derivadas de materiales desconocidos comenzaban a popularizarse entre los

¹ LLAMAS PACHECO, R; CHICO SELVI, E. (2011). "Conservar la pintura Contemporánea: el Arte Monocromo y de Superficie Plana de Color". Portugal: Universidade Católica Portuguesa, Centro de Investigação em Ciência e Tecnologia das Artes .Nº3.p.12.

² LEARNER.T. (2006). "Modern Paints: Uncovering the Choice". Modern Paints Uncovered. A symposium Organized by Getty Conservation Institute, Tate and the National Gallery Art. Los Angeles, California: The Getty Conservation Institute. .p.3-16.

grupos artísticos. Uno de los procesos de intervención que ha necesitado mayor reflexión y análisis ha sido el de limpieza, tema que estructura el presente estudio.

Los mecanismos de limpieza de la pintura moderna han sido estudiados ya que en muchos casos los artistas no aplicaban una capa protectora de barniz como acabado final a sus obras, motivo por el cual la suciedad depositada en la superficie comienza a integrarse en el estrato interno de la pintura, cualidad que la vuelve difícil de extraer. Por otra parte, desde el lanzamiento de los tubos de acrílico de la marca Liquitex se extendió el uso de este tipo de pinturas altamente sensibles a los procedimientos de limpieza con aporte de humedad, para los cuales se han tenido que buscar nuevos métodos de limpieza que fluctúan entre limpieza con disolventes, limpieza en seco o una mezcla de ambas.

La búsqueda de un sistema idóneo de limpieza en pintura moderna y contemporánea, actualmente se ha centrado en dos líneas fundamentalmente, la que utiliza disolventes (Brownie Ormsby y Thomas J.S.Learner) y la limpieza en seco de contacto con diferentes materiales (Saulnier y Daudin –Schotte) o sin contacto aplicando nuevas tecnologías como el rayo láser y la limpieza con oxígeno atómico.³

Los estudios de limpieza en seco con diferentes materiales, han tomado como referente los métodos utilizados tradicionalmente en tratamientos de restauración de papel y textil y los han aplicado sobre obras pictóricas sensibles a disolventes, obteniendo interesantes avances en este tipo de intervención. A pesar de esto, todavía son pocas y recientes las investigaciones que han profundizado y desarrollado la limpieza aplicada con borradores en seco (o levemente humectados).

Uno de los primeros procedimientos de limpieza en seco de los que se tiene constancia fue durante la década de los 70 del siglo pasado en *Museo Nacional Británico de Arte Moderno (Tate Gallery)* y fue aplicado sobre bosquejos no finalizados del artista inglés J.M. William Turner. Las obras tenían suciedad depositada difícil de remover y fueron tratadas en primera instancia con sistemas acuosos que dieron buenos resultados. Sin embargo, la limpieza no pudo eliminar unas persistentes manchas grises en la superficie de los bocetos. La solución fue utilizar un borrador de PVC Mars Staedtler sobre las obras levemente humedecidas, con lo cual se obtuvieron resultados adecuados.⁴

Ya que los estudios sobre limpieza en seco y sus materiales son escasos, se ha utilizado como base para este trabajo la investigación de M.Daudin Schotte para la *Cultural Heritage Agency of the Netherland (2006-2009)*, en la cual caracteriza y mide el nivel de eficacia de diferentes materiales de limpieza sobre probetas de gouache y óleo.

³ TSANG, J.S. (2011). "Scoot removal from acrylic emulsion Paint test panels: a study of dry and non contact cleaning" .p.1.

⁴ HACKNEY, S. (2010). "The Art and Science of Cleaning Paintings". *New insights into the cleaning of paintings*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.p.14.

En este trabajo se tiene como referencia la clasificación y descripción de los componentes de los materiales utilizados en la investigación de M.Daudin Schotte, ya que es una información que los fabricantes no suelen facilitar en el etiquetado de sus productos. Algunos de estos materiales de limpieza se aplicarán en seco a probetas monocromas sin barnizar, pintadas con cuatro técnicas diferentes (acrílico, pintura alquídica, gouache y óleo). Posteriormente se analizarán los cambios en la superficie pictórica con métodos no invasivos, destacando el uso de RTI (*Reflectance Transformation Imaging*) una técnica emergente en el registro de pinturas.

RTI es un sistema de registro fotográfico mediante ordenador que permite capturar la forma, textura y color de la superficie de un objeto desde diferentes puntos de observación. Por lo tanto se ha transformado en una herramienta de utilidad para la documentación de bienes culturales, gracias a toda la información que la textura de un bien cultural puede revelar (estado de conservación, procedimientos técnicos en la elaboración de un objeto, caracterización de una obra, autenticación de una pieza artística, etc.).

Reflectance Transformation Imaging desde sus inicios en el año 2001 se ha volcado en el estudio de objetos de interés cultural y desde el año 2005 el *Cultural Heritage Imaging* (institución en la que se gestó esta nueva tecnología) ha hecho diversas publicaciones de registro de objetos bidimensionales y tridimensionales, siendo mayoritariamente analizadas piezas arqueológicas y en menor medida libros, grabados, y obras pictóricas.⁵

Particularmente en pintura se han realizado dos publicaciones: *“Exploring the Optical Properties of Picture Varnishes Using Imaging Techniques”* (Roy S.Berns y E. Rene de la Rie, 2003) en el cual se realiza el registro de un retrato de Rembrandt y *“The Simultaneous Capture of Spectral and Textural Information”* (John Redman, 2007) que se centra en documentar la textura de una obra pictórica de Michele Stapley. En ambos casos se emplea RTI para describir la superficie de la obra, sin embargo aún no se ha utilizado esta nueva tecnología para registrar las etapas de un procedimiento de restauración sobre una obra pictórica.⁶

En este estudio se pretende analizar los cambios en la superficie de probetas monocromas después de una limpieza en seco con borradores. De esta manera se podrán observar las alteraciones post-limpieza de probetas monocromas con un mecanismo de análisis fotográfico no invasivo que está diseñado para el análisis de superficies.

Las imágenes capturadas son similares a las de una fotografía, pero no derivan de una sola captura, sino de varias, realizadas a la misma distancia desde diferentes puntos de un objeto, de esta manera cada pixel de la fotografía contiene información de la capacidad de la superficie

⁵ CULTURAL HERITAGE IMAGING. RTI. <http://culturalheritageimaging.org/Technologies/RTI/> [Consulta: 4 de junio de 2016].

⁶ CULTURAL HERITAGE IMAGING. Publications. http://culturalheritageimaging.org/What_We_Do/Publications/. [Consulta: 4 de junio de 2016].

para reflejar luz, volviendo la visualización de este tipo de imágenes como si se estuviera viendo el objeto directamente.⁷

Por otra parte, se pueden cambiar las propiedades reflectantes y visualizar el conjunto de fotografías que generan una única imagen, a través de un programa en el que se pueden observar las fotos (*RTI Viewer*) del modelo digital sin afectar la información de la superficie del objeto. Con diferentes herramientas es posible cambiar las propiedades de la imagen para poder descubrir nuevos detalles, texturales imposibles de observar a simple vista, y de obtener con un registro fotográfico común.⁸

⁷ CULTURAL HERITAGE IMAGING. RTI. <http://culturalheritageimaging.org/Technologies/RTI/> [Consulta: 4 de junio de 2016].

⁸ MANRIQUE TAMAYO, S.N. (2013). *Aplicaciones del Reflectance Transformation Imaging para el análisis por imágenes de superficies en la conservación y restauración de bienes culturales*. Trabajo final de Máster. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/handle/10251/39136>. [Consulta: 4 de junio de 2016].

Objetivos

En términos generales, se pretende analizar cómo responden las delicadas superficies pictóricas de obras contemporáneas ante métodos de limpieza en seco. La relevancia de investigar estos mecanismos sobre piezas producidas desde el siglo XX hasta nuestros tiempos, radica por una parte en la peculiaridad de la técnica utilizada por los artistas (que en algunos casos es sensible a la limpieza acuosa) y por otra parte, debido al propio mensaje que el creador pretende transmitir, cuyo significado se vería distorsionado si se procede a aplicar sistemas de limpieza invasivos que afecten estos aterciopelados planos de color que configuran estas piezas.

Por lo tanto, en este trabajo se aplicarán diferentes materiales de limpieza en seco sobre probetas monocromas, para analizar la efectividad de la limpieza y seleccionar o descartar borradores que podrían dejar marcas (abrasión) o producir cambios visuales en una pintura contemporánea.

También, se pretende analizar y comparar con técnicas de análisis no invasivas los cambios en la superficie de cada probeta tras la aplicación de los borradores. Así, los objetivos específicos serían:

- ❖ Analizar con fotografías, microscopio Leica DM750 y fundamentalmente con RTI los cambios en la topografía, exponiendo las ventajas o limitaciones que supone utilizar cada método.
- ❖ Aplicar una técnica relativamente nueva como el RTI en el estudio de pinturas.
- ❖ Comparar la presencia de residuos que podrían derivar en problemas químicos al incrustarse en el estrato pictórico.
- ❖ Evaluar los cambios en la superficie de cada muestra (abrasión, erosión, pulido, cambios de texturas y marcas producidas por los materiales de limpieza).
- ❖ Valorar los cambios de brillo que podrían perjudicar la correcta lectura de una obra monocroma y determinar si el aumento del brillo es percibido por el espectador.

Metodología

1.1 Investigación documental

El primer paso para la investigación de este trabajo ha sido la búsqueda de publicaciones relacionadas con la limpieza en seco en pintura y en otras superficies. A pesar de que el estudio de este procedimiento se ha desarrollado fundamentalmente en la restauración de papel y textil, existe un creciente interés por aplicar este tipo de mecanismos a las obras contemporáneas que se ven reflejadas en publicaciones surgidas desde las investigaciones realizadas por la *Cultural Heritage Agency of the Netherland (RCE)* en colaboración con el *Courtauld Institute of Art (2006-2009)*. Por lo tanto al ser una temática de interés actual y que se encuentra en expansión, es que el presente trabajo se ha sustentado mayoritariamente en documentos publicados en revistas científicas, ya que existen muy pocos libros que traten esta temática.

Paralelamente al estudio de limpieza en seco con borradores, se ha investigado sobre la técnica de RTI (*Reflectance Transformation Imaging*) en el ámbito cultural para la documentación de objetos artísticos, cuyo foco se ha centrado en el registro de piezas arqueológicas, existiendo escasas publicaciones sobre su aplicación en obras pictóricas. También se ha estudiado los mecanismos de captura y procesado de imagen para comprender la utilidad de esta herramienta y aplicarla a las imágenes generadas en este estudio.

Debido a que RTI se trata de una técnica relativamente nueva, la mayoría de la documentación se encuentra en la página oficial de este método de registro en *Cultural Heritage Imaging*, en blogs o plataformas de revistas científicas.

1.2 Investigación experimental

Se elaboran probetas monocromas de diferentes técnicas (acrílicas, alquídicas, gouache y óleo) que serán ensuciadas y analizadas con técnicas de análisis no invasivas (fotografías, microscopio, RTI y brillómetro). Posteriormente, se limpiarán con borradores compactos, maleables y en polvo y se volverán a analizar con las mismas técnicas para determinar la efectividad del tratamiento, los cambios morfológicos de la superficie, presencia de residuos y variaciones de brillo que pueden afectar la lectura de los planos de color sin barnizar.

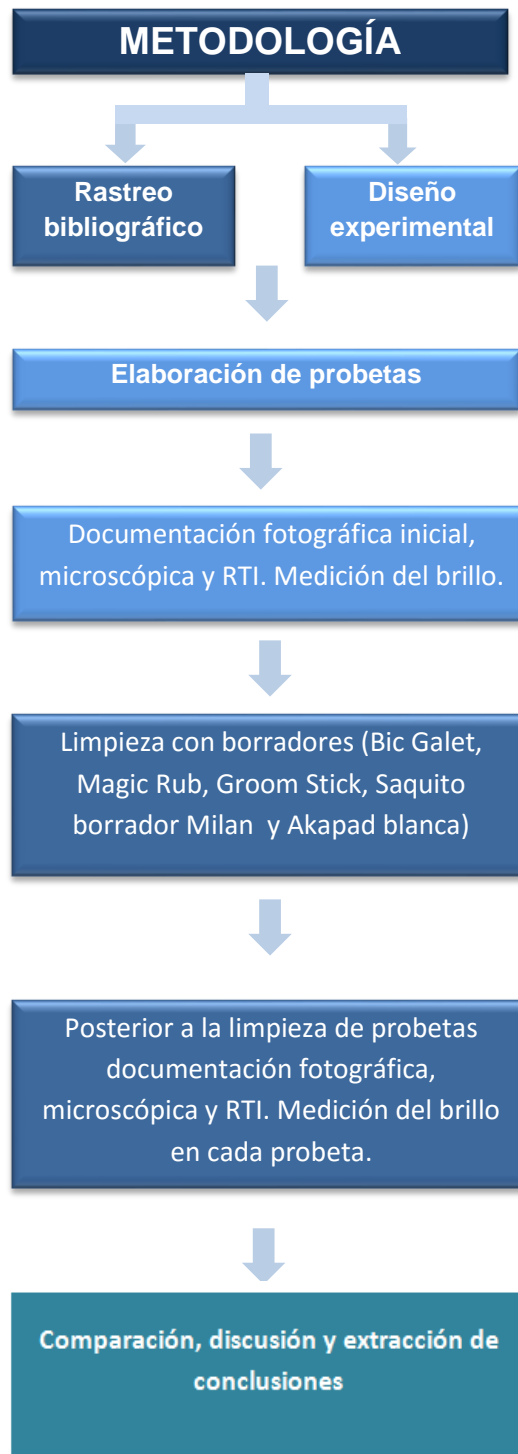


Fig. 1 Esquema de metodología

CAPÍTULO 1

**NATURALEZA DE LA PINTURA
CONTEMPORÁNEA Y LA NECESIDAD DE SU
REPRESENTACIÓN EN PROJETAS**

CAPÍTULO 1: NATURALEZA DE LA PINTURA CONTEMPORÁNEA, LA NECESIDAD DE SU REPRODUCCIÓN EN PROBETAS Y SU REGISTRO CON TÉCNICAS DE ANÁLISIS NO INVASIVAS

1.1. Características de la pintura contemporánea y confección de probetas

Como ya se ha mencionado en la introducción, las pinturas contemporáneas tienen un comportamiento diferente al de los materiales tradicionales, ya que están compuestas por aditivos sintéticos altamente sensibles a los procedimientos de limpieza que aportan humedad en el estrato pictórico. Por otra parte, son pinturas que generalmente no tienen una capa protectora de barniz, lo que produce un ambiente adecuado para que las partículas de polvo y otros elementos penetren en la película pictórica, se incrusten y generen problemas químicos en las obras contemporáneas. La acumulación progresiva de suciedad en este tipo de pinturas sin un estrato de protección, produce un aspecto grisáceo que es difícil de tratar sin dejar rastros del procedimiento. Esta situación vuelve complejo el procedimiento de limpieza, ya que existen pinturas contemporáneas que modulan su discurso a través de planos de color que no deben ser alterados para no producir un mensaje con interferencias al receptor.

Para este trabajo se han confeccionado probetas de diversas técnicas contemporáneas sin barnizar, con la finalidad de reproducir estratos que serán tratados con sistemas de limpieza en seco sin aplicar disolventes.

Materiales utilizados en la elaboración de probetas (Fig.2):

- Acrílico Liquitex *heavy body* azul ultramar.
- Pintura alquídica W&N Griffin azul ultramar.
- Plakkaatverf Gouach Talens azul ultramar.
- Óleo Lefranc & Bourgeois Louvre azul ultramar.
- 24 portaobjetos de cristal.
- Brocha de pelo sintético Escoda N°12.
- Cinta adhesiva.



Fig. 2 Materiales para la confección de probetas.

Se confeccionan veinticuatro probetas pintadas de color azul ultramar sobre portaobjetos de cristal que se dividen en cuatro grupos según la técnica aplicada: acrílico, pintura alquídica, *gouache* y óleo. Se seleccionan estas cuatro técnicas, ya que las pinturas acrílicas son altamente sensibles a la mayoría de disolventes utilizados en los tratamientos de limpieza ⁹, las pinturas alquídicas y óleos fabricados a partir del siglo XX contienen aditivos que son solubles a ciertos disolventes¹⁰ y *gouache* porque es soluble después de su secado. Por lo tanto son pinturas que podrían ser tratadas con sistemas de limpieza en seco.

Todas las probetas son del mismo color azul, ya que se quiere analizar y comparar el cambio de la película monocroma tras ser aplicada la limpieza con borradores y determinar si la técnica influye en este resultado (Fig.3).

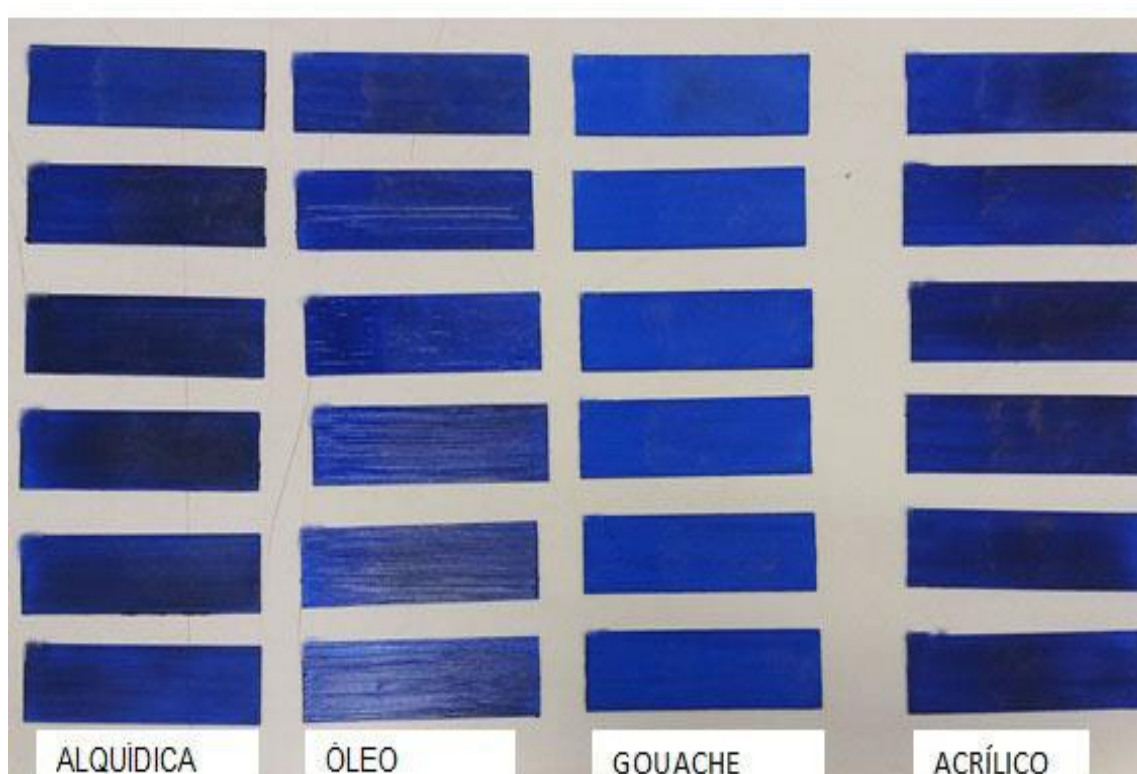


Fig. 3 Probetas agrupadas por tipo de pintura.

⁹ SMITHSONIAN MUSEUM CONSERVATION INSTITUTE. *El cuidado de las pinturas acrílicas*. http://www.si.edu/mci/english/learn_more/taking_care/acrylic_paintings_sp.html. [Consulta: 01 de julio de 2016].

¹⁰ BURNSTOCK.A. (2007). "An investigation of Water-Sensitive Oil Paints in Twentieth-Century Paintings". *Modern Paints Uncovered*. A symposium Organized by Getty Conservation Institute, Tate and the National Gallery Art. Los Angeles, California: The Getty Conservation Institute. p.177-178.

En primer lugar se selecciona una brocha Escoda N°12 que cubre la totalidad del ancho del portaobjeto y se impregna de pintura sin disolvente para que éste no interfiera en los resultados de la investigación. Respecto a la forma de aplicación de la pintura, se debe aplicar la primera capa de izquierda a derecha y se deja secar al tacto. La segunda aplicación es de derecha a izquierda y se utiliza la misma brocha completamente limpia y seca. Las probetas se dejan 48 horas secando (Fig.4 y 5).

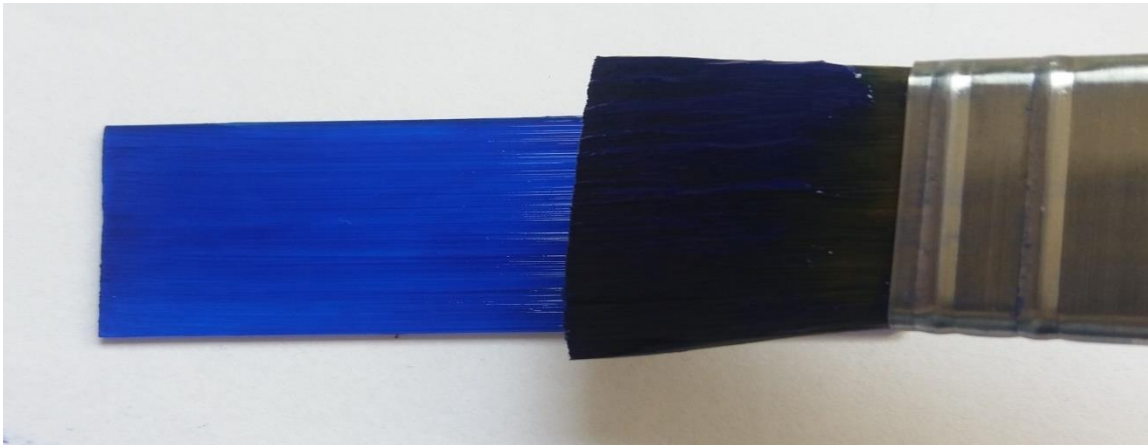


Fig. 4 Primera capa de pintura de izquierda a derecha.



Fig. 5 Segunda capa de pintura de derecha a izquierda.

Se ha establecido como criterio de secado el tacto, en la primera capa de pintura, ya que los tiempos de secado entre las cuatro técnicas distan entre sí. La segunda capa de pintura se ha dejado secar 48 horas, teniendo como referencia el tiempo de secado del óleo al tacto, ya que es el que más tarda durante este proceso (Tabla 1).

Tabla 1 Tiempo de secado de cada técnica pictórica.

TÉCNICA	TIEMPO DE SECDO
Acrílico	Menos de 30 minutos. ¹¹
Alquídica	4-8 horas en la paleta. ¹² 18-24 horas al tacto.
Gouache	Secado rápido, lo que tarde en evaporarse el agua. ¹³
Óleo	6-12 meses.

Después de que las probetas se secan completamente, se procede a referenciarlas (Tabla 2).

Tabla 2 Nombres de probetas.

ACRILICO	ALQUIDICA	GOUACHE	ÓLEO
A.1	Al.1	G.1	O.1
A.2	Al.2	G.2	O.2
A.3	Al.3	G.3	O.3
A.4	Al.4	G.4	O.4
A.5	Al.5	G.5	O.5
A.6	Al.6	G.6	O.6

Posteriormente cada probeta se divide en dos zonas, la de la izquierda se mantiene limpia y la de la izquierda se ensucia con polvo. De esta manera se tiene en una misma probeta un punto de referencia (zona de control) para determinar los cambios producidos tras el procedimiento de limpieza (Fig.6 y 7).



Fig. 6 División en dos zonas de cada probeta.

¹¹ SMITHSONIAN MUSEUM CONSERVATION INSTITUTE. *Care of Acrylic paintings*. http://www.si.edu/mci/english/learn_more/taking_care/acrylic_paintings.html . [Consulta: 1 de abril de 2016]

¹² W&N. *Catálogo de óleos alquídicos*. <http://www.winsornewton.com/assets/Leaflets/Spanish/griffinspa.pdf> [Consulta: 1 de abril de 2016]

¹³ HUERTAS TORREJÓN, M. (2010). *Materiales, procedimientos y técnicas pictóricas*. Madrid. Ediciones Akal S.A. p.137.

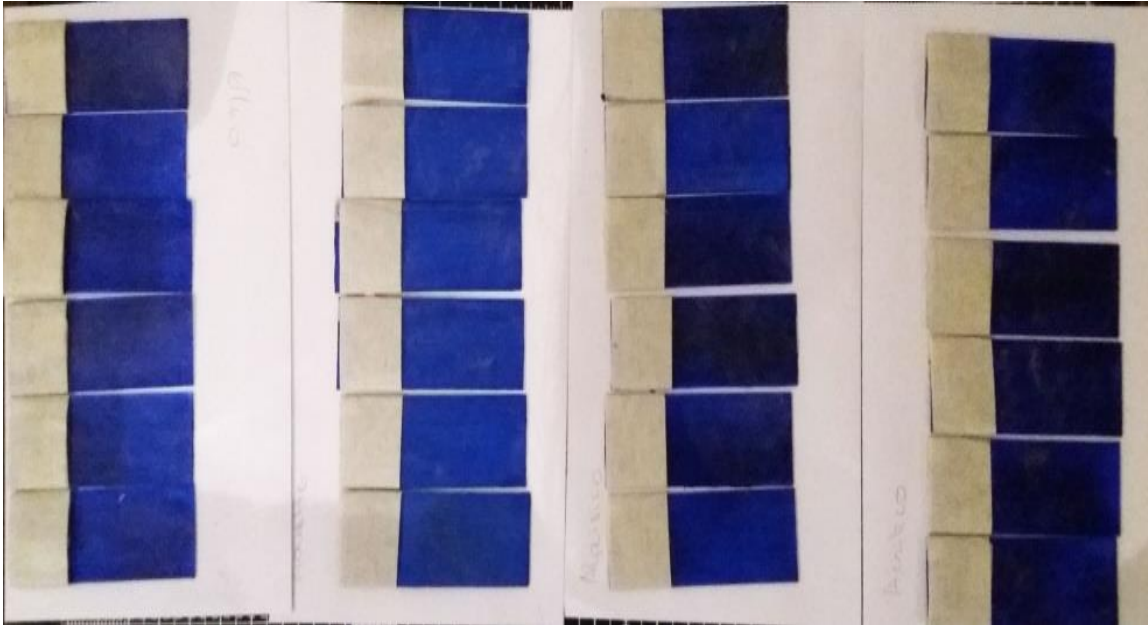


Fig. 7 Probetas secas y protegidas.

Para ensuciar las probetas se aplica una cantidad de polvo con un pincel que cubra la totalidad de cada superficie y un rodillo de esponja permite incrustar las partículas de polvo en las superficies de las muestras. Finalmente las probetas se dejan en una habitación una semana para que se deposite polvo naturalmente sobre la superficie (Fig.8 y 9).



Fig. 8 Ensuciado de las probetas con polvo.



Fig. 9 Ensuciado de probetas con rodillo de esponja.

1.2. Registro de probetas con técnicas de análisis no invasivas previo al tratamiento de limpieza

Antes de aplicar un tratamiento de limpieza a las muestras, se debe realizar un registro con fotografías, microscopio y RTI (*Reflectance Transformation Imaging*). Todas las capturas tienen como énfasis registrar la zona limpia y sucia de cada probeta para comparar los cambios posteriores a la limpieza en seco. También se han realizado mediciones de la zona de control y limpia de cada probeta con un brillómetro para verificar si se producen cambios visuales en las superficies.

1.2.1 Registro fotográfico

Con una cámara fotográfica Nikon 5100 se realizan fotografías generales de cada probeta y puntuales de la zona limpia y sucia, configurando la cámara manualmente en 1/25 de tiempo, f8 de diafragma y una sensibilidad ISO de 100. (Fig.10-12, Anexo p.82-85).

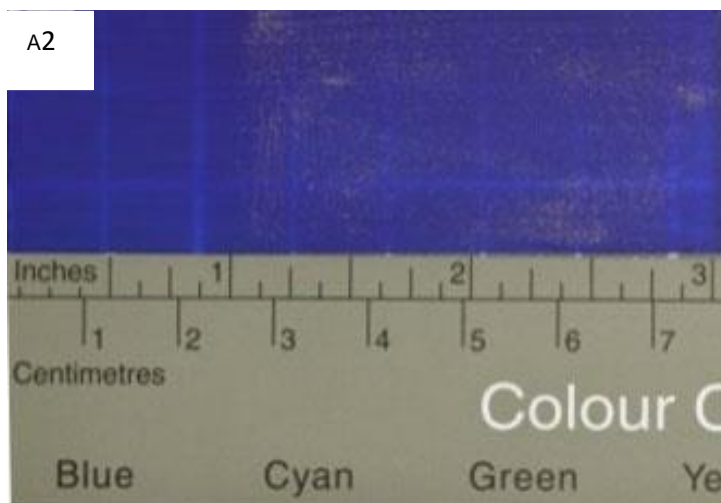


Fig. 8 Probeta completa.



Fig. 11 Zona sucia.

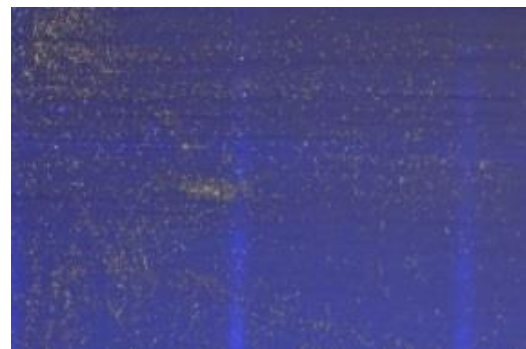


Fig. 12 Zona limpia.

El resultado muestra fotografías en las que se aprecia la diferencia entre el área limpia y sucia de las probetas a nivel superficial, éste tipo de registro es adecuado para una aproximación general, ya que no se puede analizar la totalidad de partículas de polvo depositadas en la topografía ni los posibles residuos e incrustaciones que podría presentar cada muestra.

1.2.2 Microscopio

Con un microscopio Leica DM 750 con luz incidente y con un aumento de 4x se registra la parte limpia y sucia de todas las probetas. El punto de observación en las muestras es la parte central de cada zona y es el mismo en todas las probetas, de esta manera se mantiene un orden en el análisis posterior (Fig.13 y14).

Ya que las probetas son monocromas y en algunos casos la densidad de la película pictórica dificulta la observación de las partículas de polvo en superficie, se utiliza un mínimo porcentaje de luz polarizada para aumentar el contraste entre fondo y residuos.

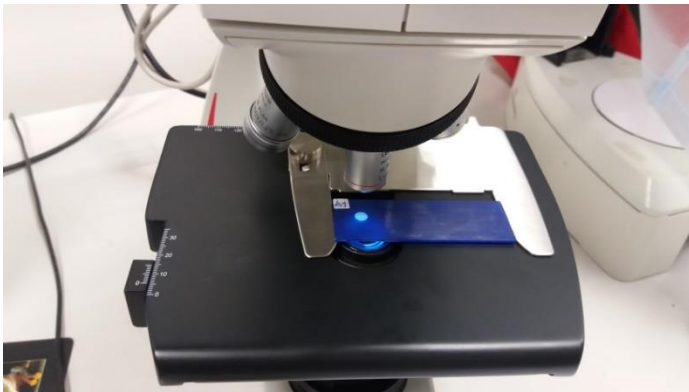


Fig. 9 Captura de imagen en el centro de la zona limpia.

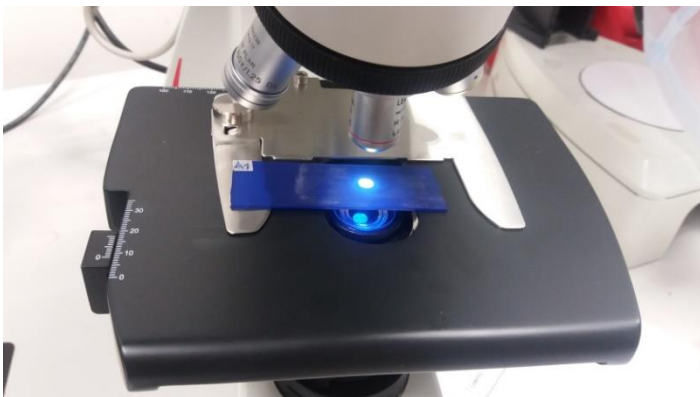


Fig. 10 Captura de imagen en el centro de la zona sucia.

Las imágenes con microscopio muestran con mayor claridad distintos tipos morfológicos de partículas de polvo y la distribución de éste en la superficie de cada probeta. (Fig.15 y Anexo p.86-89).

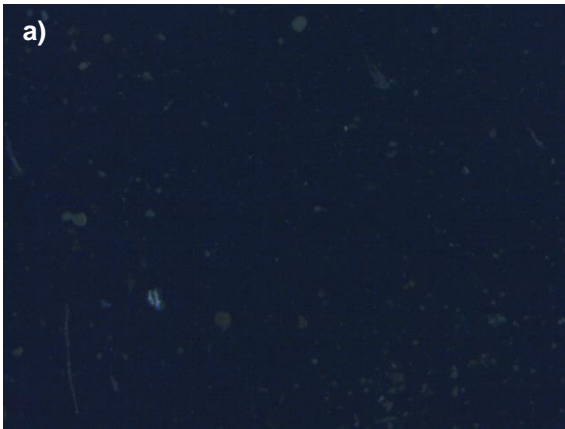


Fig. 15 (a) Probeta acrílica con suciedad superficial.

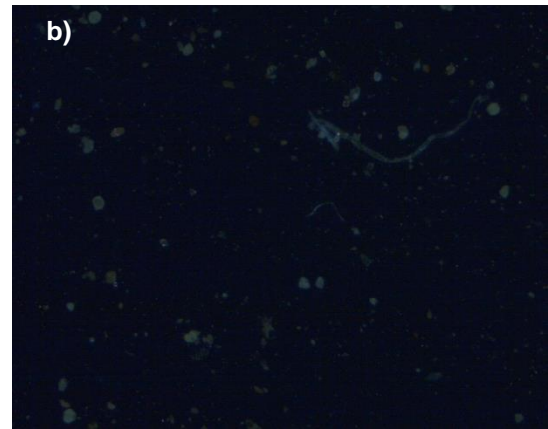


Fig. 16 (b) Probeta alquídica con suciedad superficial.

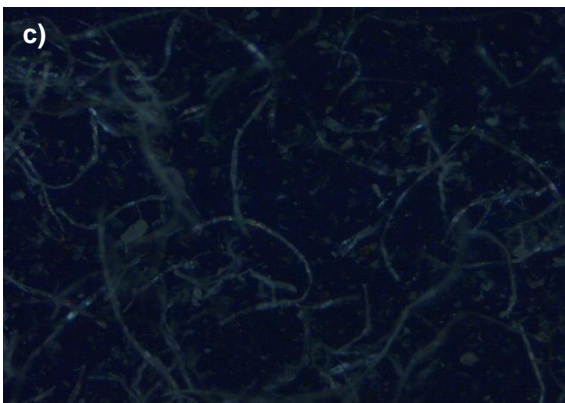


Fig. 17 (c) Probeta de óleo con suciedad superficial.

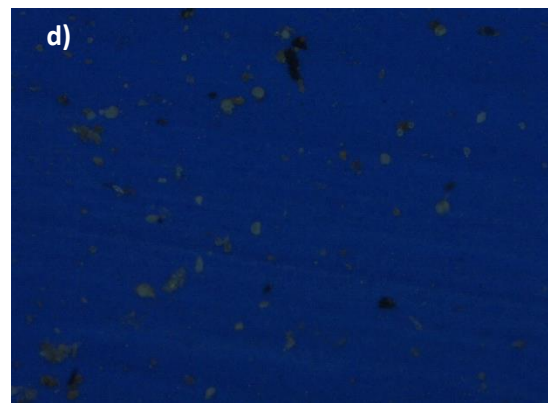


Fig. 18 (d) Probeta de gouache con suciedad superficial.

1.2.3 RTI (Reflectance Transformation Imaging)

La captura de imágenes por modificación de la reflectancia (RTI) es una técnica fotográfica que se utiliza para obtener datos digitales que producen imágenes llamadas *Reflectance Transformation Images* (RTIs). Este sistema permite capturar la forma y el color superficial de un objeto y posibilita la re-iluminación interactiva del objeto desde cualquier dirección gracias al programa RTI Viewer desde el cual se puede visualizar este tipo de imágenes.¹⁴ En este trabajo por lo tanto, se ha utilizado esta técnica para estudiar los cambios morfológicos y restos de residuos que pueden presentar las probetas monocromas tras ser sometidos a limpieza en seco, sin embargo previo al tratamiento, se debe realizar fotos iniciales para comparar las variaciones citadas anteriormente.¹⁵

Para generar una imagen por modificación de la reflectancia se debe realizar múltiples fotografías de un objeto desde un punto fijo. La cámara fotográfica permanece estática sobre un trípode y las capturas se producen desde un ordenador para evitar movimientos que podrían interferir en el procedimiento (Fig.19 y 20).

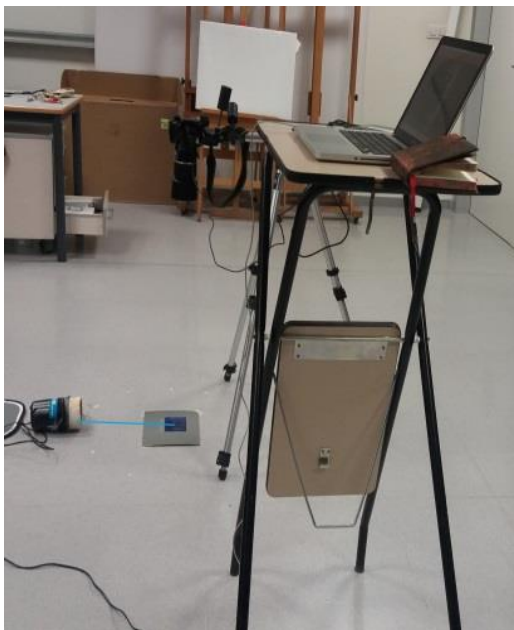


Fig. 19 Captura de imagen en el centro de la zona

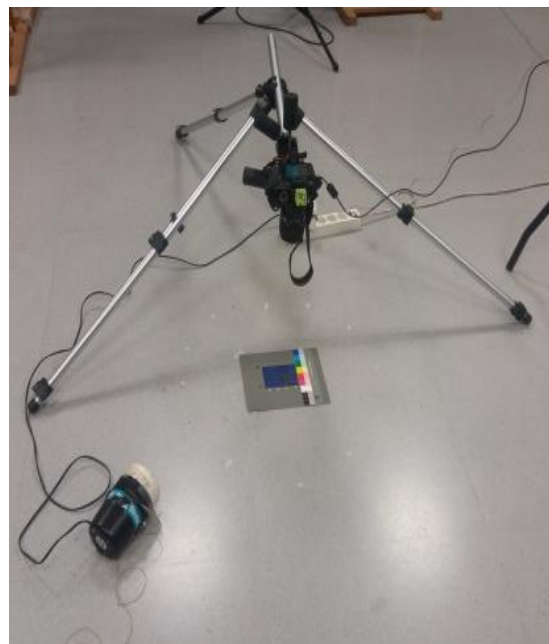


Fig. 20 Captura de imagen en el centro de la zona sucia.

¹⁴ CULTURAL HERITAGE IMAGING *Reflectance Transformation Imaging. Guía para la captura de imágenes utilizando luces portátiles.* p.17. http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/Spanish/index.html. [Consulta: 29/04/2016]
<http://culturalheritageimaging.org/Technologies/RTI/Spanish/>

¹⁵ CULTURAL HERITAGE IMAGING *Reflectance Transformation Imaging. Guía para la captura de imágenes utilizando luces portátiles.* p.17. http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/Spanish/index.html. [Consulta: 29/04/2016]
<http://culturalheritageimaging.org/Technologies/RTI/Spanish/>

Las capturas deben ser realizadas con una luz portátil continua que crea un hemisferio de muestras de luz alrededor del objeto, para lo cual se seleccionan puntos desde los cuales se realizan fotografías con diferentes ángulos de luz que fluctúan entre los 15° (punto más bajo de captura) y 65°(punto más alto de captura)(Fig.21,22 y23).

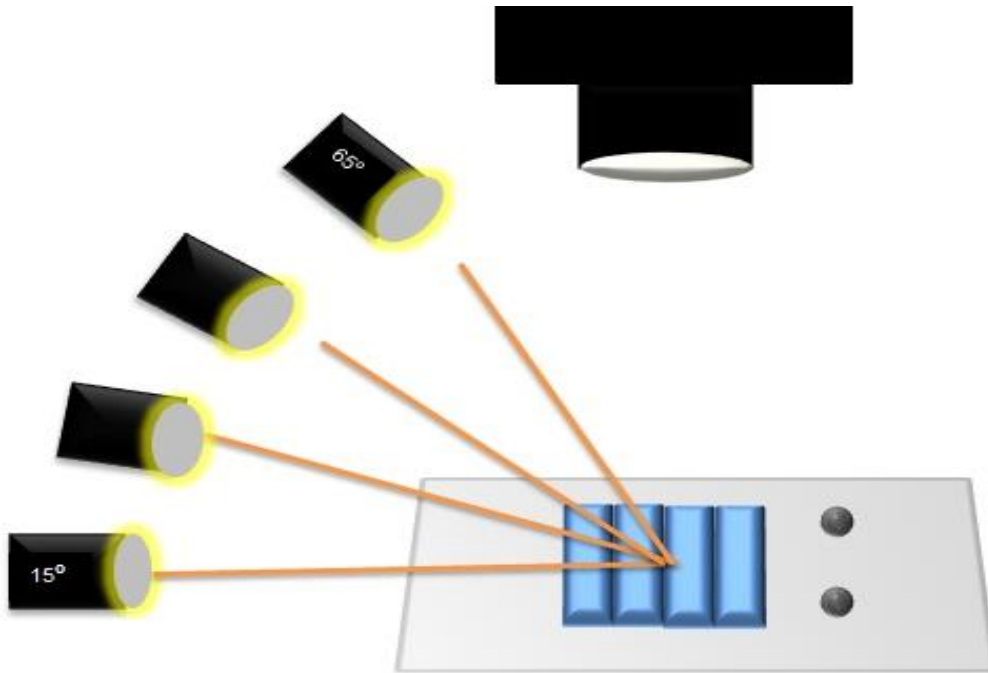


Fig. 12 Posición de la luz continua por cada punto de captura.

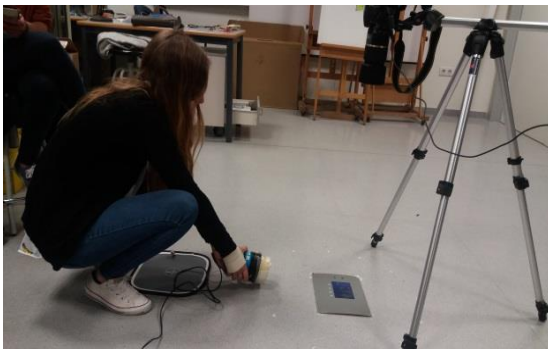


Fig. 11 Ángulo mínimo de la fuente de luz para la captura.

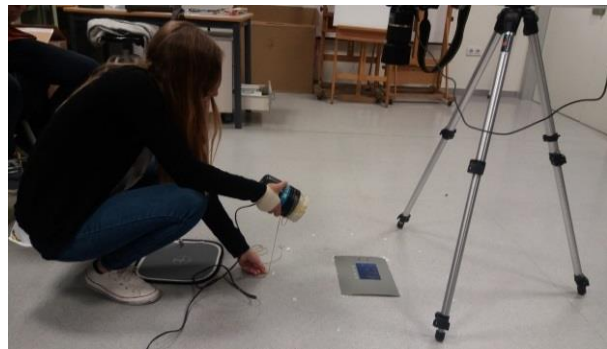


Fig. 13 Ángulo máximo de la fuente de luz para la captura.

Para registrar las 24 probetas monocromas se disponen en seis grupos de cuatro probetas y se realizan 48 fotografías por grupo, es decir que para todo este estudio se realiza un total de 288 fotografías.

Se seleccionan doce puntos que se disponen alrededor de cada grupo de muestras (siempre con los mismos valores de tiempo 1/2, diafragma f8 y sensibilidad ISO 200) y con una luz continua. Los puntos desde los cuales se ilumina cada captura se ubican siempre a la misma distancia del objeto, cuya medida es el doble de la diagonal del conjunto de objetos a fotografiar (Fig.24, 25 y 26).¹⁶



Fig. 14 Puntos desde los cuales se realizan las fotografías.

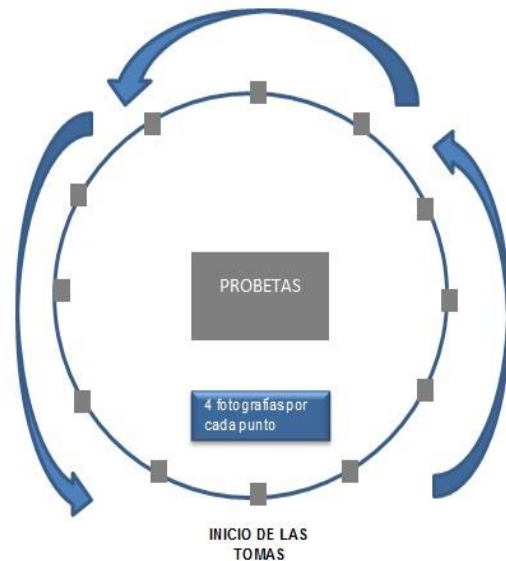


Fig. 15 Esquema de captura de cada imagen.

En la captura de imágenes, las probetas se sitúan sobre un fondo neutro para evitar reflejos de color sobre los objetos, en el encuadre se incluyen dos esferas reflectantes, en las cuales los reflejos de luz indican al programa que procesa las imágenes el ángulo de luz proyectado en cada fotografía. Las esferas deberán tener por lo menos 250 píxeles de diámetro en la fotografía final. (Fig.21).¹⁷

¹⁶ CULTURAL HERITAGE IMAGING. *Reflectance Transformation Imaging ¿Qué es?* [<http://culturalheritageimaging.org/Technologies/RTI/Spanish/> Consulta: 29/04/2016]

¹⁷ CULTURAL HERITAGE IMAGING. *Reflectance Transformation Imaging. Guía para la captura de imágenes utilizando luces portátiles.* p.8-18. http://culturalheritageimaging.org/What_We_O [Consulta: 6 de mayo de 2016]

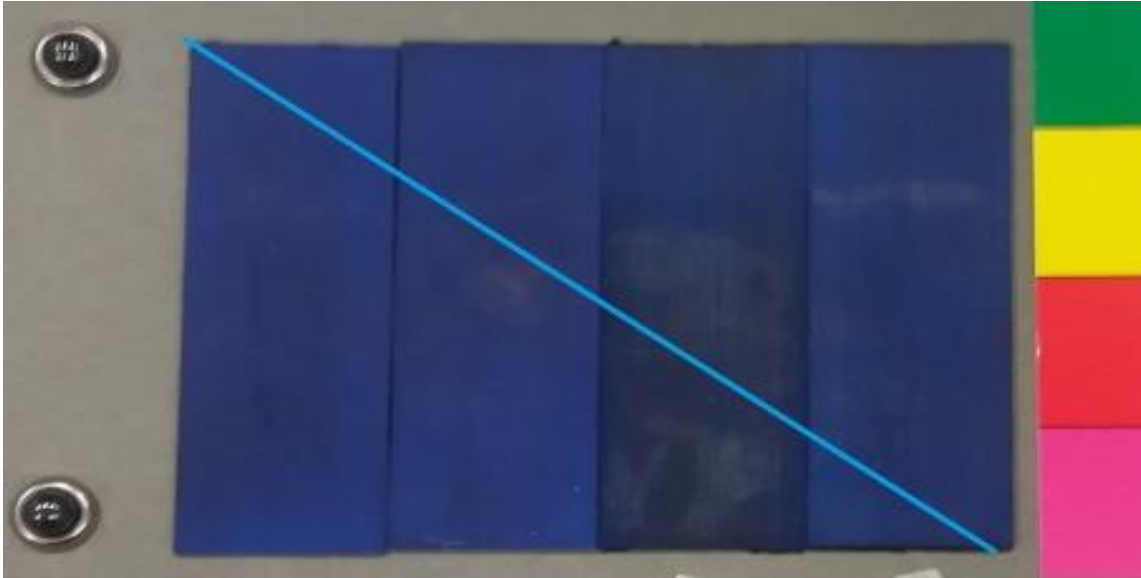


Fig. 16 Medida de la diagonal del conjunto de probetas y posición de las esferas reflectantes.

Una vez finalizadas las capturas fotográficas, las imágenes se procesan y construyen con un programa llamado *RTI Builder* que permite obtener datos sobre la dirección exacta de la luz para cada imagen, la cual se calcula a partir de los brillos en las esferas reflectantes, generando imágenes con RTI que se pueden visualizar en el programa *RTI Viewer* (Fig.27 y 28)¹⁸

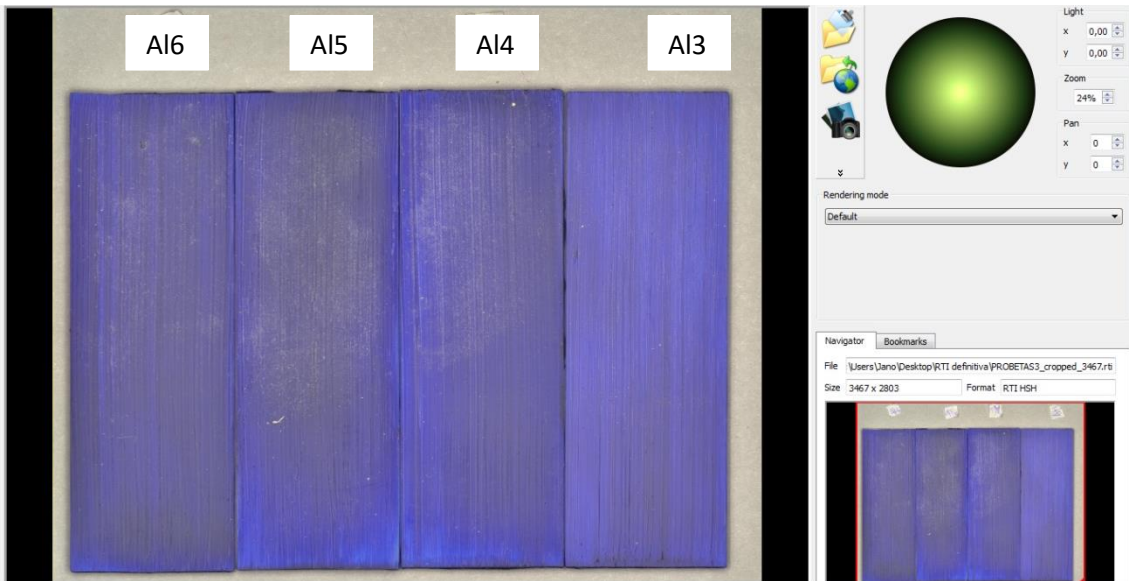


Fig. 17 RTI de probetas monocromas.

¹⁸ CULTURAL HERITAGE IMAGING . *Reflectance Transformation Imaging. Guía para la captura de imágenes utilizando luces portátiles.* p. 33-34. http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/Spanish/index.html. [Consulta: 29/04/2016]

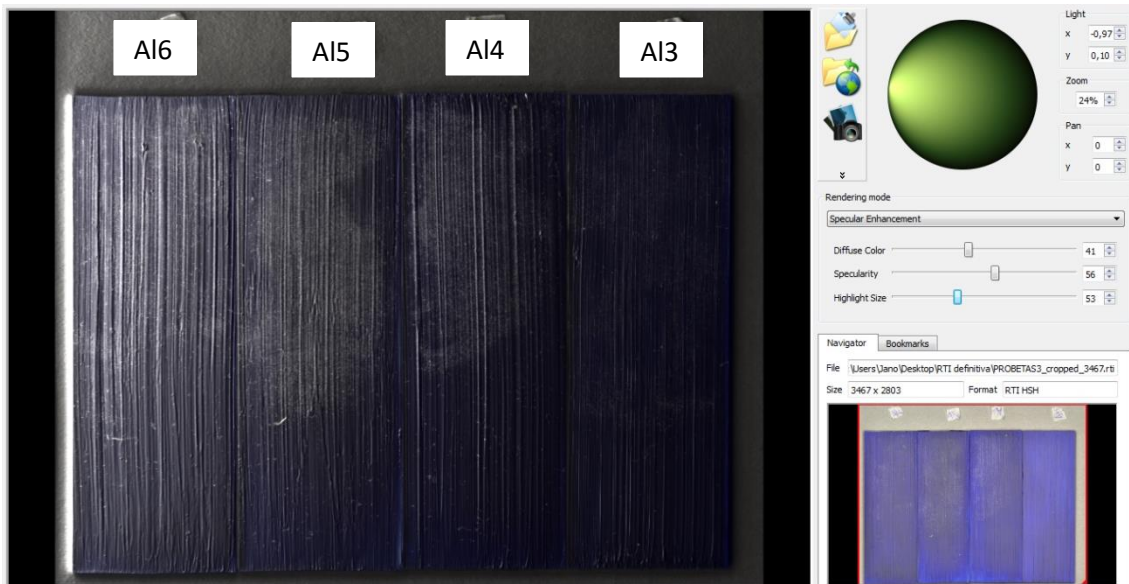


Fig. 18 Cambios de iluminación de probetas monocromas con RTI Viewer.

En este estudio *RTI Viewer* permite modificar la dirección de la luz estándar, obteniendo imágenes generales de cada grupo de probetas, en las cuales se puede observar el polvo depositado en las superficies. También se puede generar imágenes con modificación del ajuste especular que permiten observar la rugosidad topográfica de cada muestra. Por lo tanto, dependiendo del nivel de modificación de la luz es el nivel de detalles que se obtiene para estudiar las muestras monocromas. (Anexo p.90-91).

También se pueden realizar acercamientos en zonas de interés, permitiendo observar con mayor detalle los elementos a analizar. De esta manera se podrá observar posterior al tratamiento de limpieza en seco, los cambios morfológicos en la superficie, marcas producidas por los materiales de limpieza, la presencia de partículas de polvo incrustadas en las probetas y su morfología.

1.2.4 Medición del brillo de las muestras

Con un brillómetro Multi Gloss 286 se mide el brillo de la zona de control y sucia de cada probeta con la finalidad de observar y comparar aumentos de brillo en la superficie tras el tratamiento de limpieza. Las mediciones con el brillómetro se realizan simultáneamente en ángulos de 20°, 60° y 80°, el ángulo de 20° es recomendada para superficies brillantes, el ángulo de 60° es adecuado para comparar muestras y para superficies universales y el de 85° para acabados mate. Por lo tanto se ha seleccionado como indicador de la variación del brillo el ángulo de 60°, ya que es adecuado para diversos materiales dentro de los cuales se encuentra la pintura, también se ha seleccionado porque la superficie para la toma de muestra debe ser de 9 mm x 5 mm, tamaño que se adapta al procedimiento de medición de cada probeta.¹⁹

Los valores de análisis del brillo se miden porcentualmente, es decir que en un rango de 0% a 100%. Valores cercanos a cero significa que la superficie refleja poco brillo respecto al ángulo incidente con el que se realiza el estudio (20°, 60° y 80°), sin embargo valores cercanos a cien reflejan niveles altos de brillo. En este estudio, todos los grupos de probetas en ángulo de 60° muestran lo que se puede determinar a simple vista, la zona de control es más brillante que el área sucia, es decir que tiene un valor numérico superior (Tabla 3).

Según el valor que tenga cada película pictórica, se puede clasificar en rangos de valor y catalogar en superficies de brillo alto (>70), medio (10-70) o mate (<70), de esta manera se puede clasificar la zona de control de cada grupo dentro de un rango y se podría comparar con la zona posterior a la limpieza para poder determinar si mantiene su rango de valor o si la modifica. En este caso, las muestras de acrílico, pintura alquídica y gouache tienen una superficie de brillo menor a 10 y por lo tanto de brillo mate. Las pinturas al óleo presentan valores mayores a 10, por lo tanto tienen una superficie de brillo medio (Tabla 4).²⁰

¹⁹ BRILLOMETRO MULTIGLOSS 268. <http://sensing.konicaminolta.com.mx/products/micro-tri-gloss-268-gloss-meter/>. [Consulta: 21 de junio de 2016].
CARACTERÍSTICAS DE BRILLOMETRO MULTIGLOSS 268. <http://www.adendorf.net/brillometro-de-20-60-85-1999-qu-p-386.html>. [Consulta: 19 de junio de 2016].

AENOR. (2015). *Pinturas y barnices. Determinación del brillo especular de películas de pintura no metálicas a 20°, 60° y 85°*. UNE-EN ISO 2813:2015. Madrid: AENOR.

²⁰ B Y K. ADITIVES & INSTRUMENT. *Rangos de medición para Brillómetro Multigloss 268*. http://www.byk.com/fileadmin/byk/support/instruments/theory/appearance/es/Intro_Brillo.pdf. [Consulta: 1 de junio de 2016]

Tabla 3 Valores de mediciones del brillo de zona de control y sucia de cada probeta.

PROBETA	BORRADOR	20°	60°	85°	20°	60°	85°
A1	Bic Galet	0.2	2.8	24.4	0	1.3	17.4
A2	Magic Rub	0.8	9.7	19.3	0	1.7	26.9
A3	Groom Stick	0	2	28.6	0	1.2	17
A4	Milan	0	1.8	21.5	0	1.4	14.5
A5	Akapad	0.1	2.7	34.3	0.1	2	30.1
A6	Esponja de humo	0.1	2.5	31.3	0.1	1.9	21.1
AL1	Bic Galet	0.4	8.2	53.1	0.2	5.5	29.1
AL2	Magic Rub	0.2	4.9	37.1	0.1	3	34.5
AL3	Groom Stick	0.1	3.3	40.8	0.2	3.6	42.1
AL4	Milan	0.4	7.9	57.7	0.2	5.5	29
AL5	Akapad	0.4	8.3	57.2	0.2	5.7	26.9
AL6	Esponja de humo	0.2	5	36.9	0.1	2.9	33.3
G1	Bic Galet	0	0.9	8.3	0.1	0.9	6.4
G2	Magic Rub	0	1.1	28.1	0	1	19.7
G3	Groom Stick	0.1	1.2	16.2	0	0.9	9.7
G4	Milan	0.1	1	9.4	0	0.9	9.2
G5	Akapad	0.1	1.1	14.5	0	1	10.4
G6	Esponja de humo	0.1	1.5	17.9	0.1	0.9	5.2
O1	Bic Galet	0.7	14.3	15.6	0.1	1.9	2.2
O2	Magic Rub	1.1	12.7	18.2	0.6	6.8	5
O3	Groom Stick	1.7	20.3	27.9	1.2	12.4	6.5
O4	Milan	1	12.7	18.4	0.3	4.4	2.5
O5	Akapad	1	10.7	16.7	0.5	4.7	2.3
O6	Esponja de humo	1.2	14.3	19.2	0.7	7.2	4.6

	Zona de control
	Zona sucia

Tabla 4 Clasificación de superficies según su rango de medición del brillo en ángulo de 60°.

BRILLO	Valor de 60°
Brillo medio	10 a 70
Brillo alto	>70
Brillo mate	<70

Después de aplicar el tratamiento de limpieza en seco se volverá a medir el brillo en cada probeta para determinar variaciones en la superficie, teniendo en cuenta los índices y rangos de medición que clasifican las superficies, y sobre todo lo que se percibe a simple vista.

CAPÍTULO 2

**ANÁLISIS DE LAS PROBETAS TRAS EL
PROCESO DE LIMPIEZA**

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE LAS PROBETAS TRAS EL PROCESO DE LIMPIEZA

2.1. Procedimiento de limpieza

Una vez realizado el registro inicial de las 24 muestras se procede a realizar el tratamiento de limpieza, el cual consiste en frotar cada grupo de probetas con seis borradores diferentes que se pueden dividir según su formato en:

- Borradores compactos (Magic Rub 1954 y Bic Galet).
- Borradores en polvo (Saquito limpiador Milan y Akapad blanca).
- Borrador maleable (Groom Stick).
- Materiales esponjosos (Esponja de humo).

La limpieza se realiza manualmente a una presión media y movimiento zigzagueante constante. Los borradores compactos y esponjosos se utilizan en pequeños trozos de 0.5 cm², los borradores en polvo se aplican con una brocha suave y el material maleable se aplica en un hisoporodándolo contra las superficies que se aplica. Residuos visibles han sido removidos con brocha y aspirador para evitar partículas innecesarias en los estratos pictóricos.

Para proteger la zona de control durante el tratamiento de limpieza y extracción de residuos, se ha tapado con cinta sin adhesivo.

2.2. Descripción de los materiales utilizados en el tratamiento de limpieza de probetas monocromas

Los materiales de limpieza utilizados en el presente trabajo se han basado en los estudios realizados por la Cultural Heritage Agency of the Netherland (RCE), en los cuales se ha comprobado que el compuesto principal de diversos borradores aplicados en limpieza en seco es el mismo en todos los productos, independiente de su marca.

En este estudio se han aplicado seis borradores que se han utilizado en seco sobre cada grupo de probetas (acrílicas, alquídicas, gouache y óleos). Estos materiales de limpieza de pueden dividir en tres grupos según su formato (Tabla 5).

2.2.1 Borradores compactos

Son borradores rígidos o flexibles que se pueden definir como materiales compactos que se consumen durante el procedimiento de limpieza de una superficie. Generalmente están fabricados de compuestos naturales o sintéticos (factis²¹ o PVC).

– *Magic Rub 1954:*

Es un borrador poco flexible de PVC (policloruro de vinilo), pegajoso al tacto, compuesto de plastificante de pftalo y carbonato de calcio.²²

Las marcas como Staedtler, Pentel, Stanford, Edding y Bic, entre otras, tienen un comportamiento similar debido a sus componentes. Todas contienen plastificantes que son usados para suavizar el material y recoger la suciedad de la superficie. En algunos casos contienen tiza como abrasivo.

– *Bic Galet:*

Borrador más flexible que Magic Rub 1954 compuesto de aceite vegetal vulcanizado (factis).²³ Las marcas como Staedtler, Pentel, Stanford, Edding y Bic, entre otras, tienen un comportamiento similar debido a sus componentes.

2.2.2 Borradores en polvo

Los borradores en polvo están constituidos de diversos componentes, están formados por gránulos de igual tamaño, son de aplicación sencilla y se utilizan principalmente para eliminar suciedad generalizada.

– *Saquito limpiador goma Milan:*

Saco de algodón con 120 g de finos polvos de caucho sintético²⁴ en su interior.²⁵

²¹ Factis o Factice es un aceite vegetal vulcanizado de apariencia friable, ligeramente elástico, cuya tonalidad marron puede variar dependiendo del método de fabricación. SIMPSON, R.B. (2002).*Rubber Basics*. Reino Unido: Rapra Technology Limited.p,19.

²² CLAVÍN TACÓN,J.(2009). *La restauración en libros y documentos.Técnicas de intervención*. Madrid: Ollero & Ramos.S.L.

²³ La vulcanización es la adición de azufre al caucho natural para aumentar su elasticidad, resistencia a la tracción y resistencia a la abrasión.

²⁴ “ Los cauchos o elastómeros son materiales poliméricos cuyas dimensiones pueden variar según el esfuerzo al que sean sometidos, volviendo a su forma cuando el esfuerzo se retira. El caucho es un sustancia natural que se puede sintetizar y que se caracteriza por su elasticidad, repelencia al agua y resistencia eléctrica, que se encuentra en el jugo lechoso de algunas plantas tropicales. El caucho sintético que posee las mismas propiedades, se obtiene a partir de hidrocarburos insaturados “. ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES DE VALLADOLID. http://www.eis.uva.es/~macromol/curso03-04/automovil/paginas/El_caucho.htm. [Consulta:01 de julio de 2016]

²⁵ MILAN. *Catálogo de productos Milán*. https://issuu.com/milan_erasers/docs/milan_general_catalogue_2016/4?e=4282515/33092355. [Consulta: 4 de abril de 2016].

- *Akapad blanca:*

Generalmente conocida como Wishab es un borrador esponjoso relleno de látex vulcanizado de pH neutro. La Akapad blanca es más suave que la de color amarillo y se puede desintegrar fácilmente para utilizarla en polvo. Es útil en suciedad general y localizada.

2.2.3 Materiales esponjosos

Los materiales esponjosos pueden ser sintéticos o naturales, son suaves y se adaptan de manera adecuada a las superficies.

- *Esponja de humo distribuidor Stem:*

Es un material esponjoso, suave y flexible pero con una superficie rugosa compuesto de goma de caucho vulcanizada y una pequeña cantidad de jabón natural. Es una goma esponjosa con una estructura similar a la de una colmena de abejas, cuya capa externa con el tiempo se torna frágil y abrasiva.

La esponja es útil en limpieza general de suciedad superficial y depositada en pinturas con empastes y relieves.

2.2.4 Material maleable

Son materiales pegajosos al tacto que facilitan la acción de la limpieza. Pueden ser moldeados en diferentes formas según necesidad y aplicados directamente sobre la superficie a tratar. Son muy útiles en obras con empastes, ya que se adaptan a la forma de la topografía.

- *Groom Stick distribuidor Stem:*

Es un borrador natural compuesto de caucho, es pegajoso y maleable, que se adapta a la morfología de diversas superficies y puede ser utilizado para eliminar suciedad de una superficie pictórica. Es conveniente utilizarla en hisopo y con guantes.²⁶

²⁶ DAUDIN-SCHOTTE, M. VAN KEULEN. H, VAN DEN BERG.K.J. (2014). *Analisis and application of dry cleaning materials on unvarnished paints surfaces RCE Project from 2006 to 2009*. Italia: il prato.35-39

Tabla 5 Materiales de limpieza en seco.

MATERIALES DE LIMPIEZA	NOMBRE	FABRICANTE	TIPO DE BORRADOR	COMPOSICIÓN SEGÚN FABRICANTE	COMPOSICIÓN
	Bic Galet.	Bic.	Borrador compacto.	Borrador sintético.	Factis. Tiza.
	Magic Rub.	Sanford.	Borrador compacto.	Sin información.	Goma sintética libre de policloruro de vinilo (PVC). Diisooctil ftalato. Metil-etilhexil ftalato. Dietilenglicol -dibenzoato. Tiza.
	Akapad blanca.	Wishab.	Borrador esponjoso en polvo.	Látex vulcanizado con pH neutro.	Caucho estireno – butadieno. Aceite de ricino vulcanizado. Antioxidante NG-2246.
	Saquito limpiador goma.	Milan.	Borrador de caucho sintético en polvo.	Polvos de goma de caucho sintético.	Caucho sintético.
	Esponja de humo.	Distribuidor Stem.	Borrador en esponja.	Caucho natural vulcanizado. Jabón suave.	Goma de isopreno. Compuestos de azufre. Tiza.
	Groom Stick.	Distribuidor Stem.	Material maleable.	Preparación pegajosa de pH neutro. Goma natural.	Goma de isopreno. Tiza. ²⁷ Dióxido de titanio como carga. ²⁸

²⁷ DAUDIN-SCHOTTE, M. VAN KEULEN, H. VAN DEN BERG, K.J. (2014). *Analysis and application of dry cleaning materials on unvarnished paint surfaces RCE Project from 2006 to 2009*. Italia: il prato.35-39. Toda la información de la tabla se ha extraído de este texto.

²⁸ CLAVÍN TACÓN, J. (2009). *La restauración en libros y documentos. Técnicas de intervención*. Madrid: Ollero & Ramos. S.L

CAPÍTULO 3

REGISTRO DE PROBETAS POSTERIOR AL
TRATAMIENTO DE LIMPIEZA

CAPÍTULO 3: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PROBETAS POSTERIOR AL TRATAMIENTO DE LIMPIEZA

Posterior a la limpieza en seco de cada probeta se vuelve a repetir el registro con las herramientas de análisis no invasivas para determinar la efectividad de la limpieza de cada borrador, es decir que se puede analizar la efectividad de la limpieza de cada borrador, la presencia de residuos que deposita en las superficies, el nivel de incidencia que tiene sobre la morfología de la topografía, el nivel de precaución que se debe tener en la aplicación y las variaciones de brillo.

3.1. Registro fotográfico

Se repiten las fotografías de cada probeta a nivel general y de la zona de limpieza, permitiendo una aproximación inicial del efecto de los materiales sobre las diferentes películas pictóricas. Con esta herramienta se puede observar la efectividad de la limpieza en los planos de color, presencia de residuos en la superficie y variaciones de brillo en las películas pictóricas, sin embargo no se aprecian adecuadamente los cambios morfológicos en la topografía (Anexo.p.92-95).

En todas las probetas tratadas con Bic Galet y Magic Rub se puede observar un buen nivel de limpieza aumenta el brillo de igual manera (Fig.29). Las probetas de óleo, en cambio, no tienen un buen nivel de limpieza, ya que aprecian pequeñas partículas de polvo incrustadas en la superficie, las que probablemente han migrado al interior del estrato pictórico durante el lento proceso de secado que requiere esta técnica. Los residuos de estos borradores se pueden apreciar a través de las fotografías de algunas técnicas pictóricas, sin embargo, es una visión general que no permite determinar el tipo de residuo y la cantidad real que hay en la superficie (Fig.30).



Fig. 19 Residuos en una probeta acrílica.

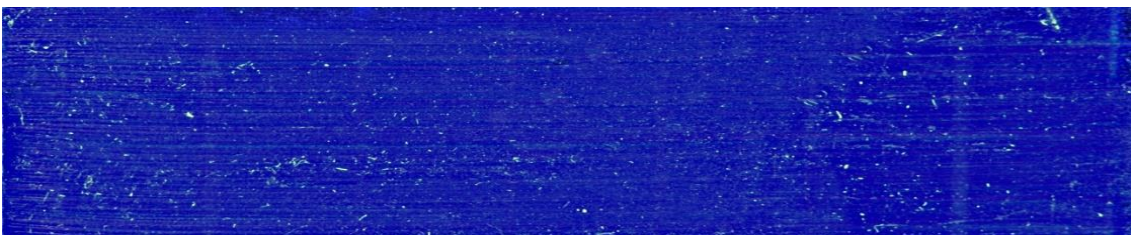


Fig. 20 Residuos en una probeta de óleo.

Las probetas en las cuales se ha aplicado Groom Stick, muestran un buen nivel de limpieza general y ciertas dificultades para eliminar suciedad localizada y persistente, no se aprecian cambios de brillo y no ha sido posible determinar la presencia de residuos (Fig.31).



Fig. 21 Probeta de gouache tratada con Groom Stick.

Las muestras tratadas con esponja de humo muestran buena efectividad de la limpieza general, con dificultades para eliminar suciedad localizada, no se observan cambios en el brillo ni residuos en la superficie (Fig.32).

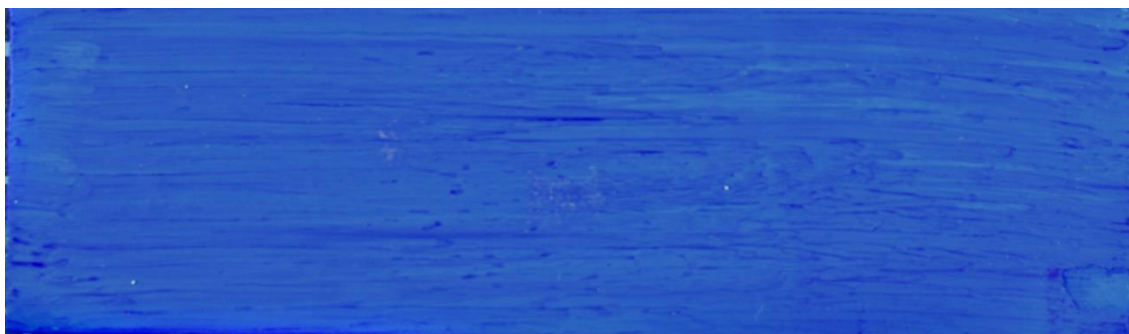


Fig. 22 Probeta de gouache tratada con Esponja de humo.

Los materiales Akapad blanca y Saquito limpiador Milan presentan una buena efectividad de la limpieza, no varían el brillo y en este caso sí se perciben residuos en la superficie, sin embargo, con macrofotografías no es posible determinar la cantidad real de incrustaciones que hay en las superficies (Fig.33).

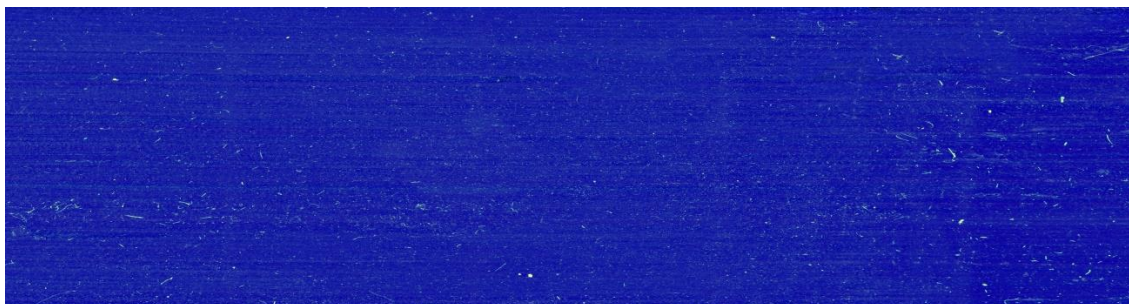


Fig. 23 Probeta de óleo tratada con Saquito borrador Milan.

Los borradores tienen comportamientos similares en todas las probetas, siendo Bic Galet y Magic Rub los que producen mayores variaciones de brillo vistas a ojo desnudo, en un segundo lugar estaría la Esponja de humo que deja un halo de brillo menos notorio que estos borradores, obteniéndose muy buenos resultados en probetas de acabados brillantes como las de pintura alquídica y óleo (Fig.34). Groom Stick, Akapad blanca y Saquito borrador Milan no afectan a simple vista el brillo de las muestras (Fig.34).

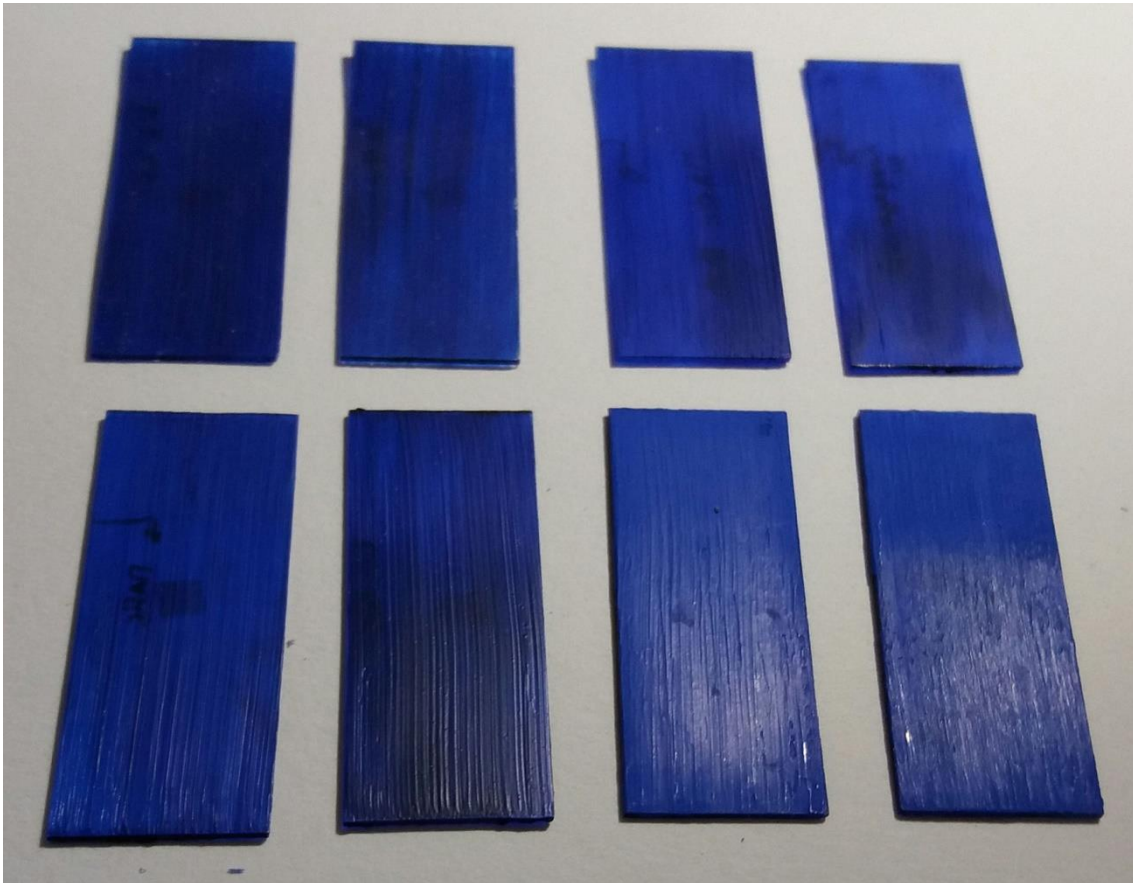


Fig. 24 Probetas de pintura acrílica, alquídica, gouache y óleo tratadas con Bic Galet y Magic Rub.

3.2. Microscopio

Las imágenes obtenidas con microscopio permiten determinar la efectividad de limpieza de los borradores e identificar la cantidad, morfología y tipo de residuos que se encuentran en cada película pictórica (Anexo p. 96-99).

Se ha podido observar que todos los borradores presentan buenos niveles de limpieza y que la mayor eficacia en esta acción está determinada por el tipo de suciedad, morfología de superficie y técnica a limpiar. Las probetas con suciedad localizada y superficie rugosa como las de gouache, muestran menores niveles de limpieza que aquellas de superficie lisa como las muestras de pintura acrílica (Fig.35). Las muestras de óleo, muestran incrustación de polvo en el estrato pictórico, probablemente producto del lento proceso de secado que requiere esta técnica.

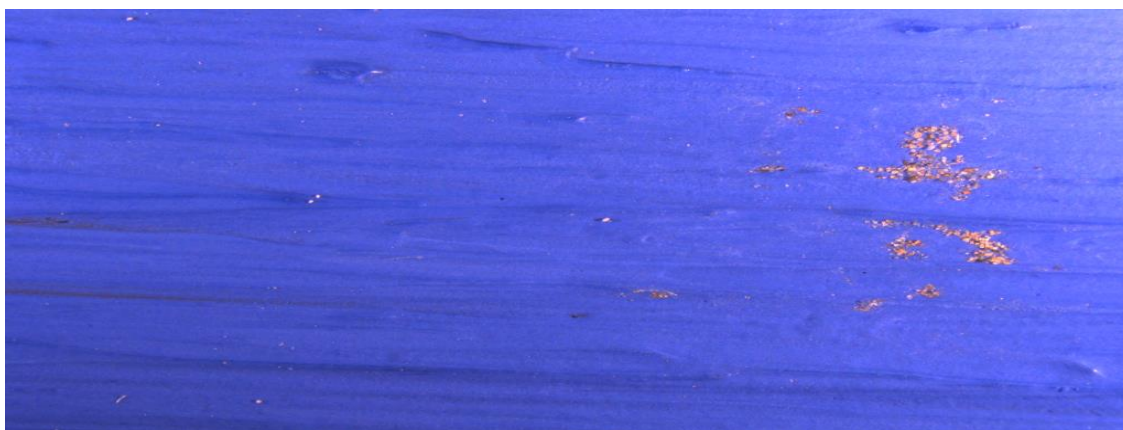


Fig. 25 Probeta de gouache.

Respecto a la cantidad de residuos, los borradores que más partículas dejan en las superficies son los que se aplican en polvo (Akapad y Saquito limpiador Milan), seguidos de los borradores compactos Bic Galet y Magic Rub, la Esponja de humo deja pocos residuos y el material groom stick no deja residuos vistos en este estudio, sin embargo al ser un material pegajoso debe depositar un pequeño porcentaje en las superficies pictóricas. También se ha podido observar que los residuos quedan retenidos en aquellas probetas con textura como las de gouache o aquellas en las que el proceso de secado es más lento como las de óleo.

3.3. RTI (Reflectance Transformation Imaging)

RTI ha resultado ser una herramienta adecuada para el análisis de los cambios morfológicos producidos por el efecto de los diferentes borradores en las probetas, ya que permite observar adecuadamente los cambios en la topografía de las muestras (abrasión, erosión, pulido y marcas producidas por la acción de los borradores en las superficies pictóricas). También es posible observar la cantidad de residuos, su morfología y posición exacta en la textura de la pincelada (Fig.36 y Anexo p.100-102).

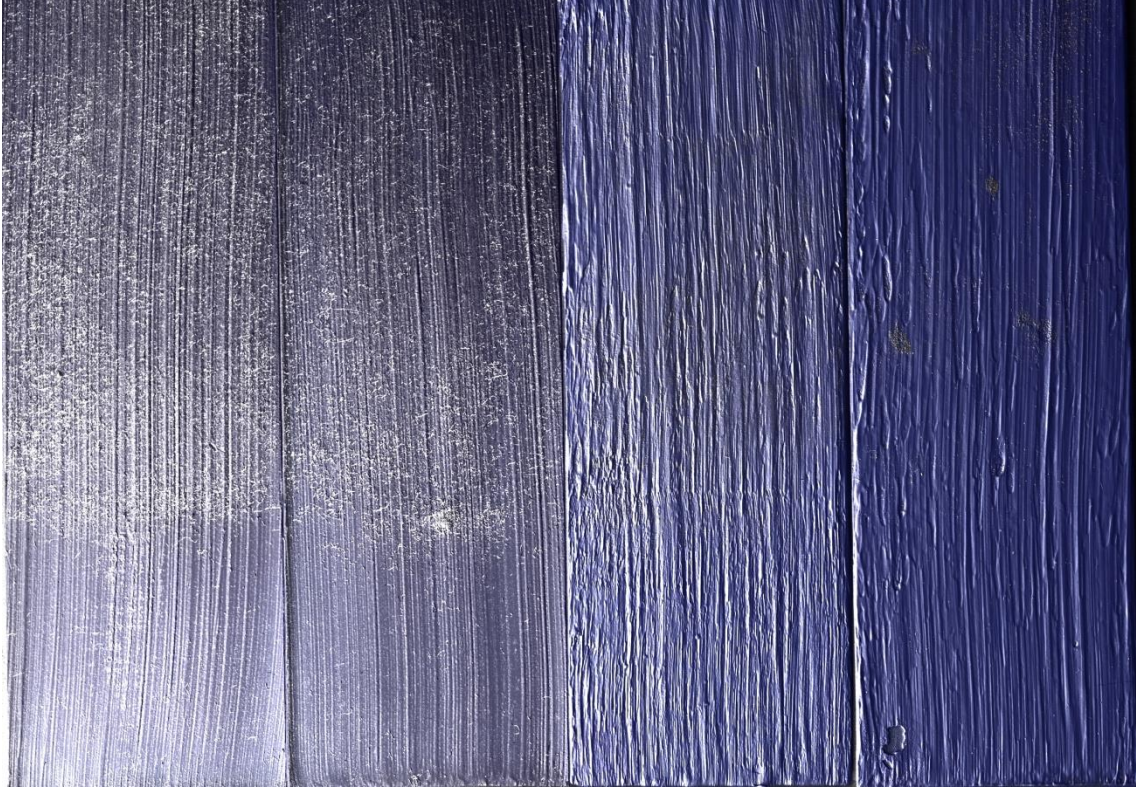


Fig. 26 Probetas de óleo y gouache registradas con RTI.

3.4. Medición del brillo de las probetas posterior al tratamiento de limpieza

Finalmente se mide nuevamente el brillo de cada probeta después del tratamiento de limpieza, dichos resultados se discutirán en el transcurso del texto. Sin embargo se puede decir que en todas las probetas aumenta el brillo en comparación a la zona de control, sin embargo no todos los borradores aumentan de la misma manera esta característica de las superficies ni todos estos cambios son percibidos por el ojo humano (Tabla 6).²⁹

Tabla 6 Mediciones del brillo posterior a la limpieza de cada probeta.

PROBETA	BORRADOR	20°	60°	85°
A1	Bic Galet	0.3	5.7	49.7
A2	Magic Rub	0.8	11	58.5
A3	Groom Stick	0	2	39
A4	Milan	0.1	2.2	29.2
A5	Akapad	0.2	3.9	49.6
A6	Esponja de humo	0.2	4.6	55.5
AL1	Bic Galet	0.6	13.8	70.5
AL2	Magic Rub	0.6	10.5	74
AL3	Groom Stick	0.2	4	55.3
AL4	Milan	0.5	8.7	60.4
AL5	Akaad	1.9	13.5	60.2
AL6	Esponja de humo	0.4	8.6	65.6
G1	Bic Galet	0.2	3.5	22.1
G2	Magic Rub	0.2	4.7	43.7
G3	Groom Stick	0.1	1.5	25.9
G4	Milan	0.2	1.5	21.9
G5	Akapad	0.2	1.6	19.4
G6	Esponja de humo	1.3	7	27.7
O1	Bic Galet	0.3	13	18.8
O2	Magic Ruc	0.2	9.6	9.7
O3	Groom Stick	1	15.4	16.8
O4	Milan	0.2	10.4	12.0
O5	Akapad	0.2	7.2	8.6
O6	Esponja de humo	0.4	12.3	13.7

²⁹ METERGLOSS. <http://www.gloss-meters.com/GlossIntro.html#2>. [Consulta:1 de julio de 2016].

A horizontal strip of a microscopic image showing two different textures of a film strip. The left side is dark and appears relatively smooth, while the right side is lighter and shows significant vertical ridging and surface irregularities, indicating morphological changes. The text is overlaid on this strip.

CAPÍTULO 4

CAMBIOS MORFOLÓGICOS DE LAS
PELÍCULAS PICTÓRICAS

CAPÍTULO 4: CAMBIOS MORFOLÓGICOS DE LAS PELÍCULAS PICTÓRICAS

4.1. Problemas de abrasión, erosión y pulido en las muestras según el material de limpieza utilizado

Tras analizar cada probeta, se ha podido determinar que todos los borradores a excepción de Groom Stick, el único material maleable utilizado en este estudio que se adapta a la morfología del estrato pictórico, afecta las superficies con las que entran en contacto. La acción mecánica del tratamiento de limpieza implica el calentamiento por frotación de una topografía y la constante interrelación entre la acción abrasiva, que produce erosión y pulido en las superficies.

Para identificar visualmente los efectos de cada borrador sobre las muestras se definen los efectos de los materiales sobre las superficies a analizar. Abrasión hace alusión a la acción y el efecto de desgastar por fricción, es decir que es la causa de la erosión, concepto que a su vez se define como el desgaste producido en la superficie de un cuerpo por la fricción continua o violenta de otro, lo cual decanta en el pulido que es el alisado de una superficie. La correlación de estos tres conceptos siempre va a afectar una superficie pictórica, sin embargo el nivel de daño depende de las características del material utilizado, su composición, formato y del sistema de aplicación de la limpieza.

Respecto a los borradores utilizados en este estudio, Bic Galet (PVC) y Magic Rub (Factis) se sabe que son dos materiales de diferente composición, que poseen un formato compacto que podría producir los mayores daños en la superficie, ya que no se adaptan adecuadamente a la misma.

Los borradores en polvo como Akapad y Milan deberían generar daños medios o bajos, ya que se han utilizado en pequeñas partículas que no deberían producir problemas en la topografía.

La esponja de humo al ser compacta podría producir niveles de abrasión medios, menores que los borradores compactos ya que es un material más blando y con mayor adaptabilidad a la película pictórica.

Como se ha mencionado anteriormente los materiales maleables no afectan al estrato pictórico ya que su principal característica radica en su adaptabilidad a la morfología de una superficie.³⁰

Para determinar los cambios morfológicos producidos por la relación entre abrasión (que produce erosión) y pulido en las superficies de las muestras se ha utilizado fundamentalmente la técnica fotográfica por ordenador RTI que permite analizar adecuadamente la textura de las

³⁰ RAE. *Definición de abrasión, erosión y pulido*. <http://www.rae.es/>. [Consulta: 13 de junio de 2016]
DAUDIN-SCHOTTE.M. (2014). *Analysis and application of dry cleaning material son unvarnished Paint surfaces RCE Project from 2006-2009*. Saonara: Il prato.p.214-216.
E.J.PEARLSTEIN. "Effects of eraser tratment on paper" en JAIC, vol 22,nº1, artículo 1,p.1-12.

muestras. La herramienta seleccionada ha dado excelentes resultados, permitiendo el análisis visual de los relieves y detalles de las pinceladas en los estratos pictóricos, facilitando la comparación detallada de los efectos de la limpieza en cada probeta.

Al observar las probetas tratadas con borradores compactos Bic Galet y Magic Rub, se ha podido comprobar que producen cambios morfológicos en la superficie de las muestras. En las capturas con RTI de probetas al óleo que se han limpiado con Bic Galet o Magic Rub, existen cambios en la textura de la pincelada que se traducen en erosión y pulido generalizado de la película pictórica con desgastes puntuales que probablemente se deban a las diferencias de presión involuntarias en la ejecución de la limpieza (Fig.37 y 38).

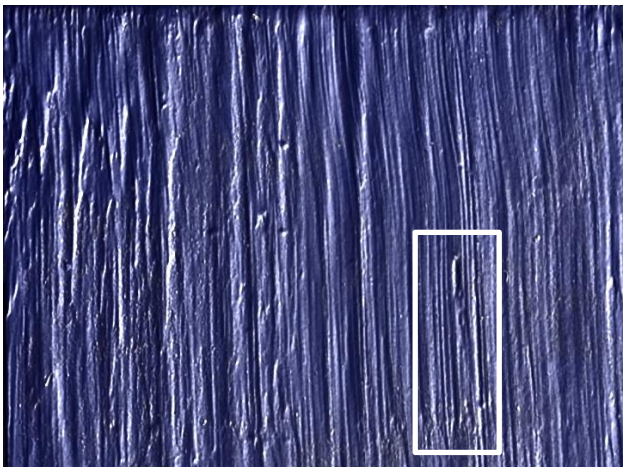
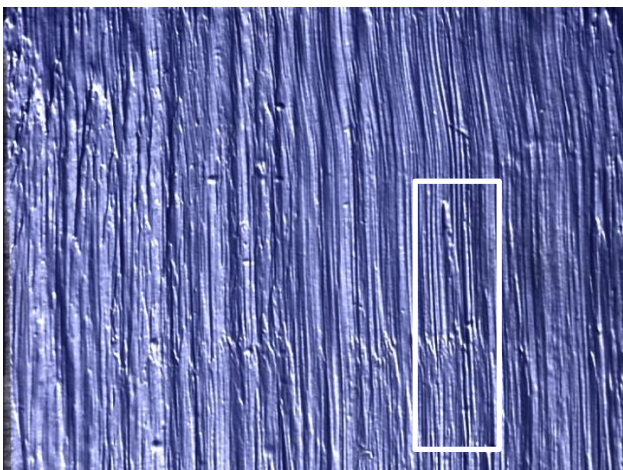


Fig. 27 RTI de probeta pintada con gouache antes de aplicar un tratamiento de limpieza en seco (G1).



Posterior a la limpieza con el borrador Magic Rub se puede observar abrasión de la textura de la muestra y pulido generalizado de la superficie.

En esta zona se puede observar con mayor claridad la erosión de la película pictórica.

Fig. 28 RTI de probeta pintada con gouache tratada con borrador Magic Rub.

A pesar de que ambos borradores afectan la película pictórica de manera similar, el borrador Magic Rub produce mayor grado de abrasión y pulido que Bic Galet, probablemente porque está compuesto de PVC y su consistencia es más rígida que el borrador Bic Galet compuesto por factis.

En las probetas tratadas con borradores en polvo también se observa abrasión y pulido, sin embargo es de menor envergadura que las tratadas con materiales compactos. A pesar de que estos borradores son menos dañinos para la película pictórica, existen diferencias en los cambios morfológicos que producen ambos materiales. Akapad blanca presenta resultados menos invasivos que Saquito limpiador Milan, probablemente porque las partículas están compuestas de un material esponjoso y blando que se adapta de mejor manera a la superficie, el borrador Milan en cambio, produce un mayor pulido de las pinceladas de las muestras ya que es un borrador compacto en polvo de caucho sintético (Fig.39 a 42).

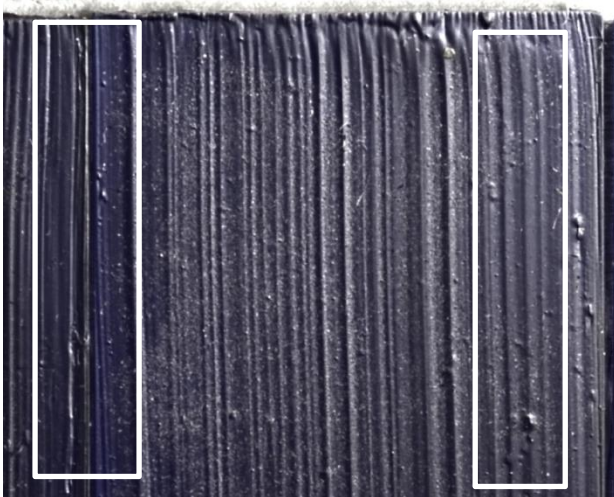
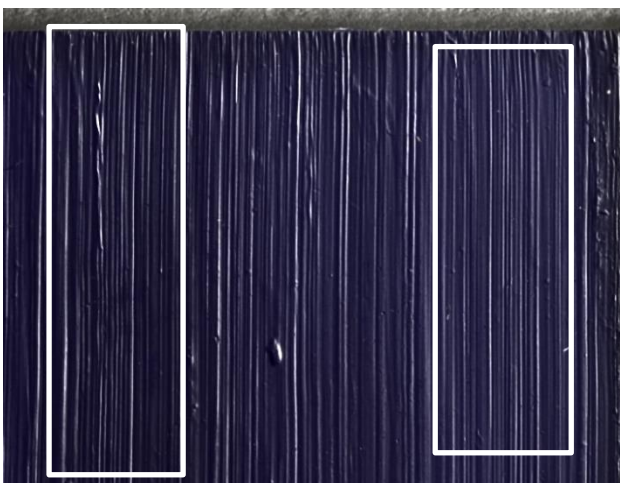


Fig. 29 RTI de probeta de pintura alquídica antes del tratamiento de limpieza.



Se puede observar erosión y pulido de la superficie de manera generalizada, sin

Fig. 30 RTI de probeta de pintura alquídica después del tratamiento de limpieza con borrador Akapad.

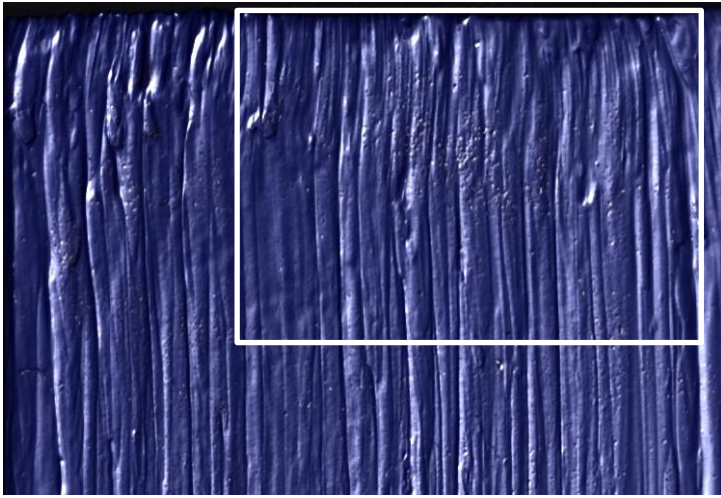


Fig. 31 RTI de gouache antes de limpiar.

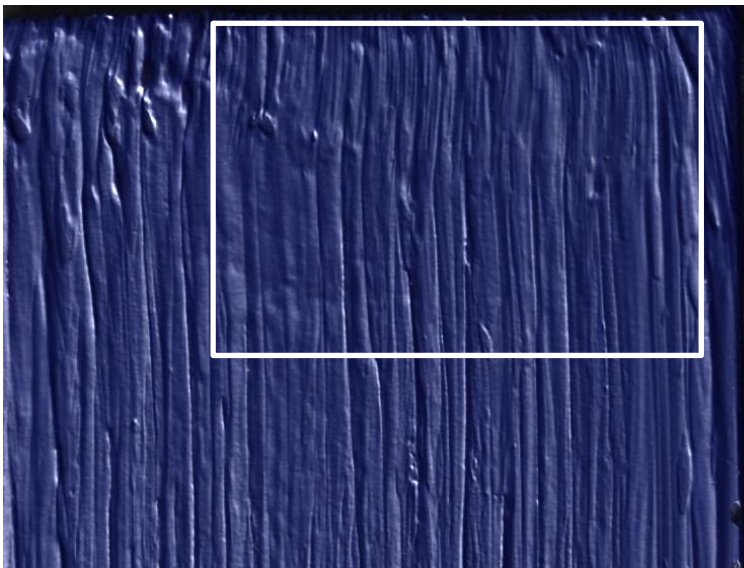


Fig. 32 RTI de gouache tratado con Saquito borrador Milan.

Las pinceladas se han erosionado y se han pulido a nivel general. La superficie tiene un aspecto "suavizado" tras el procedimiento de limpieza.

Las muestras frotadas con esponja de humo muestran abrasión y pulido de manera generalizada en la superficie (Fig.43 y 44).

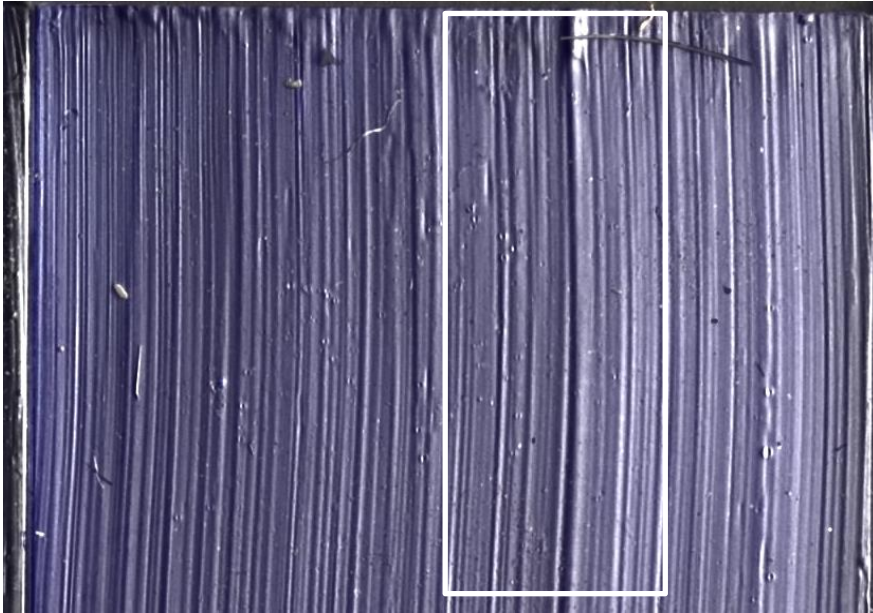
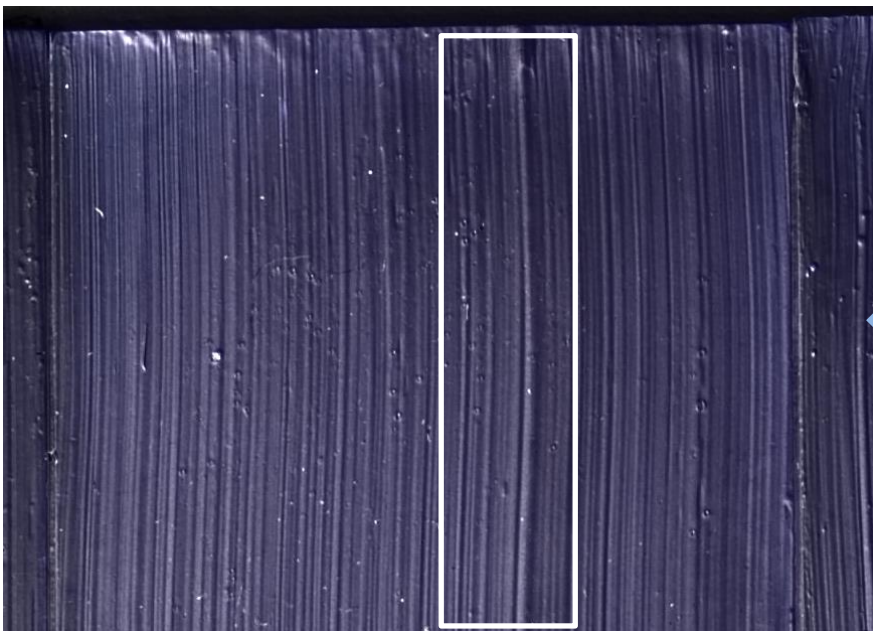


Fig. 33 Muestra de pintura acrílica con suciedad superficial.



Se puede apreciar abrasión y pulido en la totalidad de la superficie, siendo más notorio en secciones más pronunciadas.

Fig. 34 Muestra de pintura acrílica tratada con Esponja de humo.

La probeta tratada con el borrador maleable Groom Stick muestra leves efectos de la relación abrasión, erosión y pulido. Por lo tanto no se observan mayores alteraciones en la morfología de la superficie de la película pictórica (Fig.45 y 46).

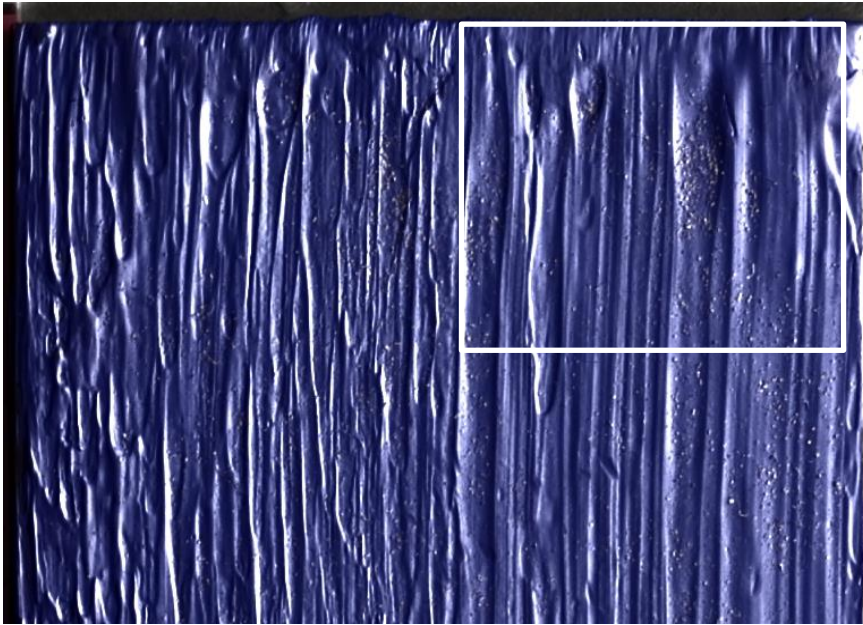
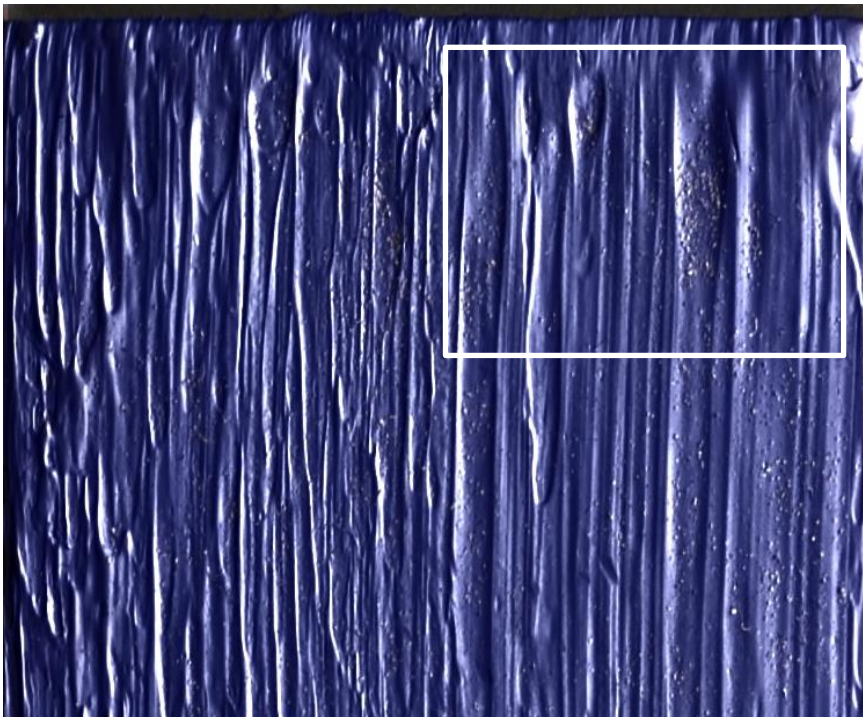


Fig. 35 RTI de probeta pintada con gouache antes de ser tratada con el borrador Groom Stick.



Se puede observar un ligero pulido de la superficie.

Fig. 36 RTI de probeta pintada con guache después del tratamiento de limpieza con Groom Stick.

4.2. Valoración de la relación abrasión y pulido en las superficies pictóricas

Tras observar cada probeta con la técnica fotográfica RTI (Reflectance transformation Imaging), se ha decidido realizar una valoración de los efectos de la relación abrasión, erosión y pulido sobre las muestras con un sistema de puntuación de 0 (ausencia) a 10 (exceso) aplicado por el *Cultural Heritage Agency of the Netherland* a estudios de similares características. Este sistema permite analizar cada variable de este trabajo para finalmente construir gráficas (que se construirán en capítulos posteriores) que ayuden a determinar la efectividad de la limpieza de cada material empleado (Tabla 8).³¹

Tabla 7 Nivel de abrasión y pulido de los borradores en las probetas.

BORRADOR	PUNTUACIÓN	OBSERVACIONES
Bic Galet	Abrasión: 9 Pulido:9	Abrasión y sus efectos de manera irregular en la superficie. Nivel de precaución en la aplicación alto.
Magic Rub	Abrasión:10 Pulido:10	Similar a Bic Galet, sin embargo es más abrasiva.
Groom Stick	Abrasión:1 Pulido:1	No se observa abrasión. Nivel de precaución en la aplicación bajo.
Saquito limpiador Milan	Abrasión: 4 Pulido:4	Abrasión generalizada y acabado pulido. Nivel de precaución en la aplicación medio-bajo.
Akapad blanca	Abrasión:2 Pulido:2	Similar a Milan, sin embargo es menos abrasiva.
Esponja de humo	Abrasión: 3 Pulido:5	Erosión generalizada y puntual. Nivel de precaución en la aplicación medio-alto.

4.3. Marcas producidas por los materiales de limpieza en los estratos pictóricos

En todas las probetas tratadas con los borradores compactos Bic Galet y Magic Rub se puede apreciar pequeñas marcas sin profundidad, aisladas y casi imperceptibles en las superficies pictóricas las cuales han sido producidas probablemente por el contacto del borrador con la película pictórica en la acción de la limpieza. Estas marcas no se observan a simple vista, sin embargo se debe tener precaución al momento de utilizar estos materiales, ya que son rígidos y no se adaptan fácilmente a las superficies (Fig.47 y 48).

³¹ Daudin-Schotte, M. *Dry Cleaning Approaches for Unvarnished Paint Surface*. p.213

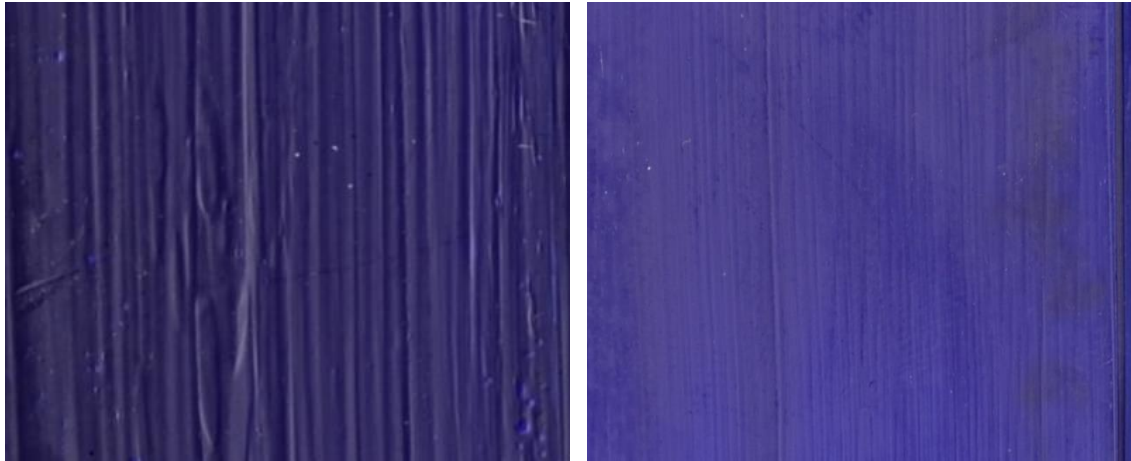


Fig. 37 Probeta de pintura alquídica tratada con borrador Bic Galet. Fig. 38 RTI de probeta acrílica tratada con Magic Rub.

En las probetas pintadas con gouache en las que se aplicó el tratamiento de limpieza con Bic Galet y Magic Rub se puede apreciar marcas de similares características a las de pintura acrílica y alquídica, sin embargo con una profundidad levemente mayor (Fig.49).

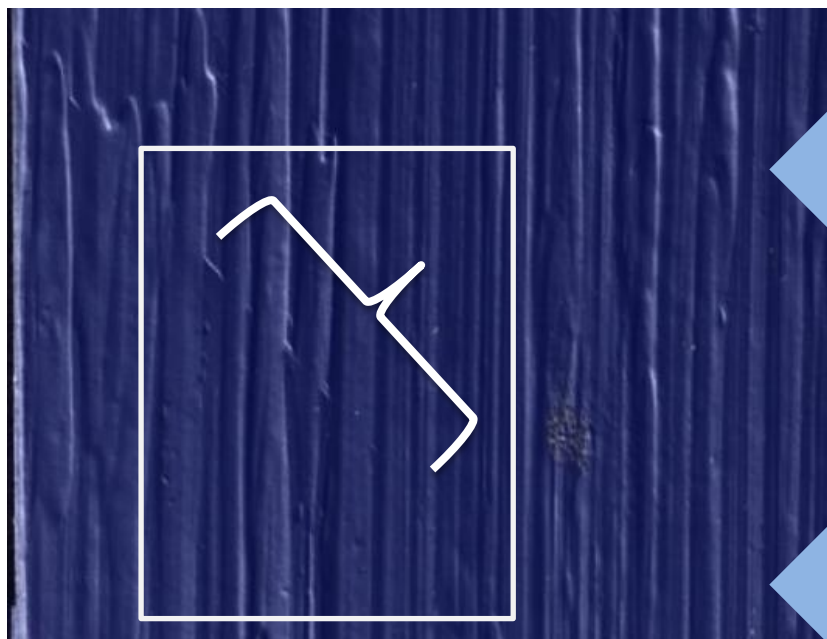


Fig. 39 RTI con luz especular de probeta pintada con gouache tratada con Bic Galet.

Se puede apreciar el mismo tipo de marca lineal que las probetas de pintura alquídica y acrílica tratadas con Bic Galet y Magic

Con la luz especular se puede apreciar una leve profundidad en la marca producida por el borrador aplicado.

Las probetas que se han limpiado con borradores en polvo (Milan y Akapad) no presentan marcas producidas por la acción de la limpieza.

Las probetas que han sido tratadas con esponja de humo no presentan un comportamiento homogéneo. La única superficie afectada ha sido la probeta de pintura alquídica, lo cual probablemente se deba al cambio de presión involuntaria durante el procedimiento de limpieza (Fig.50).

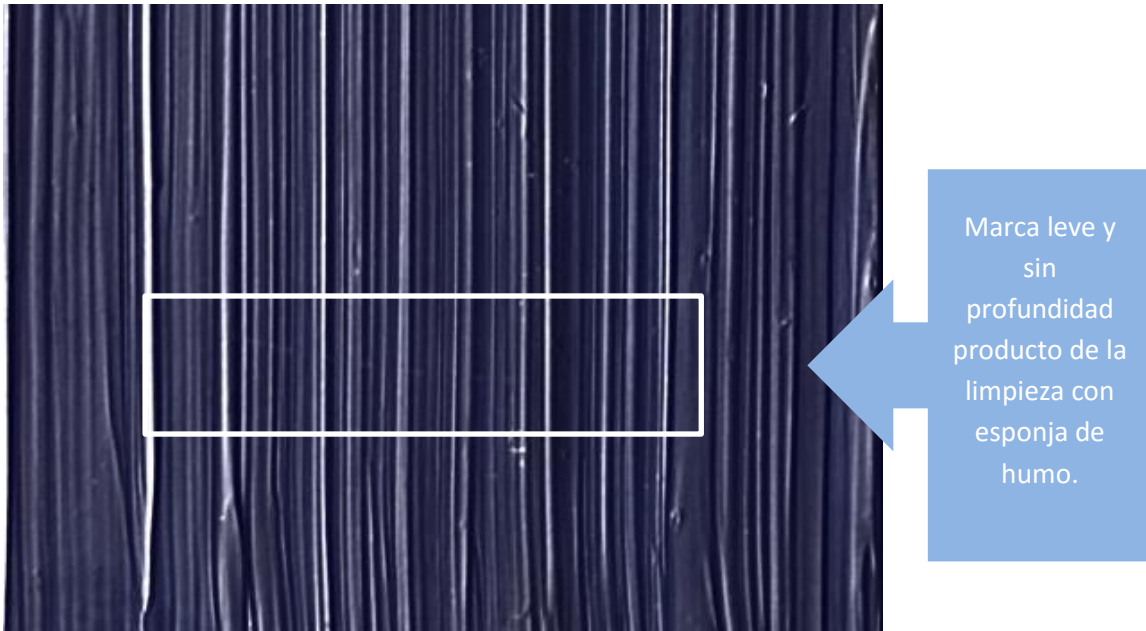


Fig. 40 RTI de probeta alquídica tratada con esponja de humo.

4.4. Diferencias de los efectos de los borradores en cada técnica pictórica

Abrasión y pulido se observa en todas las películas pictóricas de las probetas (acrílico, pintura alquídica, óleo y gouache), sin embargo es más evidente en las muestras de gouache, probablemente porque las pinceladas son más gruesas y es más evidente el efecto sobre este tipo de superficie más texturizada. Por lo tanto abrasión y pulido dependen mayormente del tipo de borrador, forma de aplicación del tratamiento de limpieza y de las características morfológicas de la superficie, así como del tipo de técnica. El aglutinante en el gouache es menos plástico que el del acrílico y por lo tanto es más frágil ante tratamientos de limpieza que impliquen abrasión.

Respecto a las marcas producidas en la topografía de las diferentes muestras, se puede decir que la probeta de gouache tratada con borradores compactos presenta marcas lineales levemente más profundas que las otras películas pictóricas, probablemente debido a que su aglutinante es menos plástico que el resto de técnicas.

Se podría concluir que el efecto de los borradores sobre las superficies de las probetas depende de las características del material que se utilice, de la forma y presión que se ejerce en el tratamiento de limpieza y de las características morfológicas del estrato pictórico. La técnica pictórica también es un factor determinante, ya que dependiendo de su aglutinante, depende la resistencia y plasticidad de una película pictórica ante la abrasión de los borradores. El grosor de una película pictórica, su textura, su estabilidad y el tipo suciedad y fijación de esta a la superficie, también es relevante, ya que determina la fuerza ejercida en durante el tratamiento de limpieza en seco.

CAPÍTULO 5

**VARIACIONES DE BRILLO EN LAS PROBETAS
DESPUÉS DEL TRATAMIENTO DE LIMPIEZA**

CAPÍTULO 5: VARIACIONES DE BRILLO EN LAS PROBETAS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO DE LIMPIEZA

Para comparar la variación del brillo en cada muestra antes y después de aplicar el tratamiento de limpieza, se ha medido el brillo de cada probeta en un ángulo de 60° para comparar la zona de control con la zona que se ha limpiado. En términos generales se puede determinar que existe un aumento de brillo tras el tratamiento de limpieza en la mayoría de las probetas pintadas con pintura acrílica, alquídica y gouache, sin embargo no todos estos cambios son perceptibles a ojo desnudo. Las probetas que no han aumentado sus niveles de brillo son la probeta acrílica A3 y todas las muestras de óleo (color verde en Tabla 16). En el primer caso, es probable que la disminución del brillo se deba a la ejecución y tipo de borrador utilizado en la limpieza. En las muestras de óleo es posible que se deba a que la suciedad depositada en las superficies ha sido aplicada antes del total proceso de polimerización se la película pictórica (6 meses), lo que ha producido que las partículas de polvo han quedado incrustadas en el estrato (Tabla 9).³²

Tabla 8 Mediciones del brillo antes y después del procedimiento de limpieza en ángulo de 60°.

PROBET A	BORRADOR	60°	60°	AUMENTO ABSOLUTO %
A1	Bic Galet	2.8	5.7	203
A2	Magic Rub	9.7	11	113
A3	Groom Stick	2	0.3	15
A4	Milan	1.8	2.2	122
A5	Akapad	2.7	3.9	144
A6	Esponja de humo	2.5	4.6	184
AI1	Bic Galet	8.2	13.8	168
AL2	Magic Rub	4.9	10.5	214
AL3	Groom Stick	3.3	4	121
AL4	Milan	7.9	8.7	110
AL5	Akapad	8.3	13.5	162
AL6	Esponja de humo	5	8.6	172
G1	Bic Galet	0.9	3.5	388
G2	Magic Rub	1.1	4.7	427
G3	Groom Stick	1.2	1.5	125
G4	Milan	1	1.5	150
G5	Akapad	1.1	1.6	145
G6	Esponja de humo	1.5	7	466
O1	Bic Galet	14.3	13	90
O2	Magic Rub	12.7	9.6	75
O3	Groom Stick	20.3	15.4	75
O4	Milan	12.7	10.4	81
O5	Akapad	10.7	7.2	67
O6	Esponja de humo	14.3	12.3	86

	=zona de control
	=zona limpia
	=máximo absoluto
	=mínimo absoluto
	=disminución de brillo

³² GARCÍA FERNÁNDEZ-VILLA. S. *Evaluación de sistemas de limpieza en seco sobre superficies mates contemporáneas*. file:///C:/Users/Jano/Desktop/LimpSeco-MNCARS2014.pdf . [Consulta: 14 de junio de 2016]

La primera evaluación que se ha realizado para interpretar los datos del brillómetro ha sido el aumento absoluto que ha tenido cada probeta después de tratamiento en seco, estos valores porcentuales determinan el aumento del brillo en cada probeta y los valores relativos cuya unidad de medida también es porcentual y que en teoría permiten dar a conocer el real aumento del brillo en cada muestra.

Los valores absolutos permiten determinar cuantitativamente qué material aumenta el brillo en cada grupo de probetas. En las probetas pintadas con acrílico y óleo el material que más varía porcentualmente el brillo es el borrador Bic Galet, en el grupo de pinturas alquídicas es Magic Rub y en las muestras de gouache es la Esponja de humo. El material que menos aumentan el brillo por grupo de probetas en las acrílicas y gouache es el borrador maleable Groom Stick, en las muestras de pintura alquídica es el Saquito borrador Milan y en las muestras de óleo el borrador Akapad blanco en polvo.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los valores porcentuales absolutos, se podría decir en general que los materiales que más afectan el brillo de las superficies pictóricas son los de formato compactos (Bic Galet, Magic Rub y Esponja de humo) y los que menos lo afectan es el material maleable (Groom Stick) y los de formato en polvo (Saquito borrador Milan y Akapad Blanca). La elección de cada borrador por lo tanto no estaría determinada por la técnica de la superficie a tratar, sino más bien por las características morfológicas y estabilidad de una película pictórica. Estos resultados coinciden con lo que se puede observar a simple vista, las probetas que presentan un notorio cambio de brillo son las tratadas con Bic Galet y Magic Rub, la esponja de humo presenta un leve cambio imperceptible y el resto de materiales no es posible observar cambios a ojo desnudo.

Estos valores son adecuados para tener una idea general el aumento porcentual del brillo por técnica, sin embargo al momento de estudiar el brillo, se debe analizar adecuadamente no solo los aumentos absolutos, sino que también se deben comparar los valores de cada medición realizada en cada probeta.

Teniendo como referencia el valor del brillo de la zona de control de cada probeta se puede comparar con el valor de la medición que se obtiene al limpiar cada muestra y establecer diferencias respecto al material aplicado para el tratamiento y /o la técnica del estrato pictórico. Los valores que se aplican son los que se han mencionado en el transcurso de este estudio en un ángulo de 60°, los cuales permiten clasificar las superficies de medición en superficies de brillo mate (<10), brillo medio (10 a 70) y brillo alto (>70).

Con estos valores se puede determinar que la zona de control de las muestras de pintura acrílica, alquídica y gouache tiene una superficie de brillo menor a 10, lo que significa que se

puede clasificar como superficie de brillo mate. Las probetas de pintura al óleo tienen valores superiores a 10 y por lo tanto una zona de control que se clasifica como de brillo medio.³³

Los valores que se obtienen después de aplicar el tratamiento de limpieza al grupo de pinturas acrílicas A1, A3, A4, A5 y A6 en términos generales son menores a 10, es decir que aumentan numéricamente el brillo pero siguen clasificándose dentro de una superficie de brillo mate, la probeta A2 a la cual se le ha aplicado el borrador Magi Rub, en cambio, adquiere un valor de 11, que en el rango de valores de mediciones del brillo se clasificaría como una superficie de brillo medio (10 a 70). Los resultados son bastante homogéneos a excepción de la probeta A2 que tiene un valor levemente mayor a 10, lo cual se deba probablemente a una limpieza involuntariamente de mayor duración que la del resto de probetas o a que Magic Rub es el borrador más abrasivo del grupo, ya que su componente principal es el PVC. En términos generales, en el grupo de probetas acrílicas la zona de control y la zona limpia medida por el brillómetro mantienen el rango de valores de superficie mate.

Las muestras de pintura alquídica AL1 (Bic Galet), AL2 (Magic Rub) y AL5 (Akapad blanca), después de ser tratadas con borradores, presentan valores mayores que 10, por lo tanto se podrían clasificar como superficies de brillo medio (10 a 70). Las muestras AL3 (Groom Stick), AL4 (Saquito limpiador Milan) y AL5 (Akapad blanca) presentan valores menores a 10, por lo tanto se trataría de superficies de brillo mate. En este caso los resultados son heterogéneos, la zona de control de las probetas AL1, AL2 y AL5 presentan una superficie de brillo mate que posterior a la limpieza se convierte en superficie de brillo medio (10 a 70). Las probetas AL3, AL4 y AL5, en cambio mantienen el rango de valor de brillo mate.

En el caso de las probetas de gouache, todas presentan superficies de brillo mate (valores menores a 10) en la zona de control y en la zona limpia de cada muestra, por lo tanto han aumentado el brillo, pero siguen clasificándose dentro del rango de este tipo de superficies.

Las muestras de óleo O1, O3, O4 y O6 tienen valores superiores a 10, por lo tanto aumentan su valor pero se mantienen en la clasificación de superficies de brillo medio. Las probetas O2 y O5 presentan valores menores a 10, por lo tanto se transforman en superficies brillo mate. En las probetas O1, O2, O3, O4 y O6 la zona de control y la zona de limpieza se mantiene en rangos de valor de superficie de brillo medio, en las muestras O2 y O5, en cambio, se transforma en superficie de brillo mate, probablemente porque no se ha eliminado adecuadamente la suciedad de la superficie (Tabla 10).

³³ CÁMARA TOMÁS, INÉS. *Evaluación de sistemas de métodos de limpieza en seco en pintura mural*. Trabajo final de Máster. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.p.21. Clasificación de superficies http://www.byk.com/fileadmin/byk/support/instruments/theory/appearance/es/Intro_Brillo.pdf. [Consulta: 13 de junio de 2016].

Tabla 9 Variación del brillo en el tratamiento de limpieza con borradores.

PROBETA	BRILLO DE LA ZONA DE CONTROL	VALOR	BRILLO DE LA SUPERFICIE DESPUES DE LA LIMPIEZA	VALOR	CAMBIO (SÍ/NO)
A1,A3,A4,A5,A6	Brillo mate	<10	Brillo mate	<10	No
A2	Brillo mate		Brillo medio	>10	Sí
Al1 , Al2, Al5	Brillo mate	<10	Brillo medio	>10	Sí
Al3,Al4,Al6	Brillo mate		Brillo mate	<10	No
G1,G2,G3,G4, G5,G6	Brillo mate	<10	Brillo mate	<10	No
O1,O3,O4,O6	Brillo medio	>10	Brillo medio	>10	No
O2,O5	Brillo medio		Brillo mate	<10	Sí

Con estos valores se podría concluir por lo tanto que el grupo de pinturas acrílicas presenta un comportamiento similar a las muestras de gouache, ya que la zona de control y la superficie que se obtiene posterior a la limpieza presenta brillo mate (a excepción de la probeta A2 como se ha mencionado anteriormente), independientemente del borrador que se aplique.

El grupo de probetas de pintura alquídica y óleo, muestran un comportamiento heterogéneo, ya que presentan variaciones de brillo diferentes dependiendo del borrador con el que se haya tratado cada superficie. Las probetas AL1 (Bic Galet), AL2 (Magic Rub) y AL5 (Akapad blanca en polvo) al compararlas con la zona de control, varían de superficie brillo mate a brillo medio, es decir que aumenta el brillo. Las probetas AL3 (Groom Stick), AL4 (Saquito limpiador Milan) y AL6 (Esponja de humo) en cambio, mantienen la superficie de brillo medio después de la limpieza.

En el caso de las probetas de óleo O1 (Bic Galet), O3 (Groom Stick), O4 (Saquito limpiador Milan) y O6 (Esponja de humo) mantienen el brillo medio y varía en las probetas O2 (Magic Rub) y O5 (Akapad en polvo blanca).

Por lo tanto, al comparar las probetas de pintura alquídica y las de óleo, se podría decir que los borradores varían el brillo dependiendo de la superficie.

A nivel general se puede comentar que los borradores Bic Galet, Groom Stick, Saquito Borrador Milan y Esponja de humo aumentan los niveles de brillo como todo borrador, sin embargo mantienen en una clasificación de superficie a las probetas, es decir que si la zona de control, por ejemplo es mate, tras la limpieza sigue siendo mate.

La diferencia del cambio del brillo por técnica de cada grupo de muestras se puede observar en el gráfico 1 en el que se expresan los resultados del brillómetro antes y después del

tratamiento de limpieza. En este gráfico se puede observar que algunos borradores aumentan el brillo, sin embargo este crecimiento depende del tipo de pintura sobre el cual se aplica cada borrador. También se puede observar el cambio de brillo de cada superficie que se ha expresado anteriormente en la tabla, en la que aquellas superficies que tienen un valor inferior a 10 tienen un brillo mate y aquellas que tienen un valor mayor a 10 tienen un brillo medio. Estos gráficos permiten plasmar el cambio de una superficie basado en datos del brillómetro, sin embargo, a pesar de que existen aumentos del brillo tras la aplicación de la limpieza en algunas probetas, no todas estas variaciones son percibidas ojo desnudo, de hecho hay grupos de probetas que aumentan numéricamente su valor al ser tratadas con borradores y podrían ser clasificadas dentro de otro tipo de superficie pero este cambio no se percibe empíricamente.

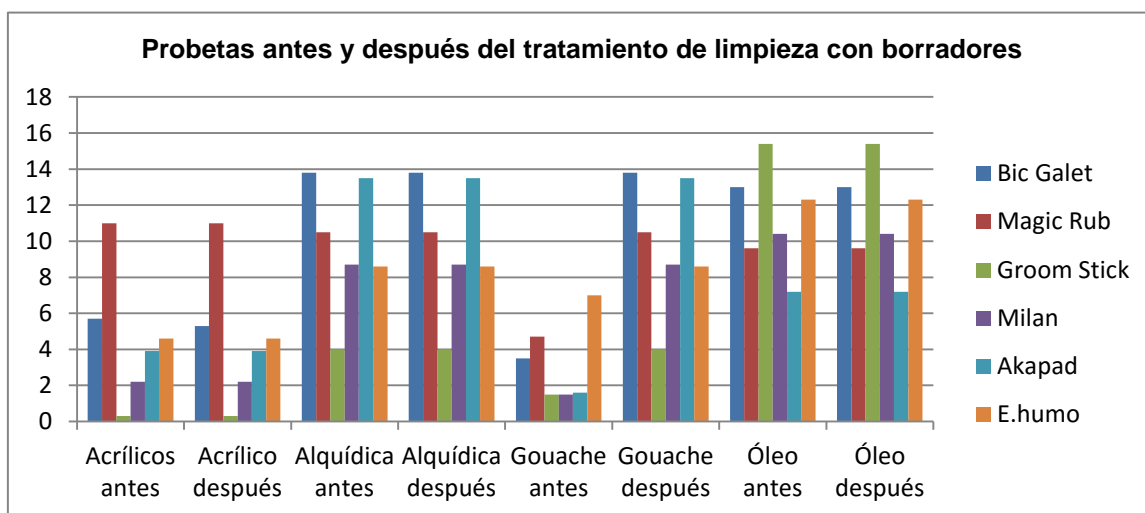


Gráfico 1 Gráfico de probetas tratadas con distintos borradores en las que se puede observar el cambio o mantenimiento del brillo de cada grupo de probetas.

Otra manera de expresar los resultados del brillómetro es por borrador, de esta manera se puede determinar mediante un gráfico el aumento del brillo en las probetas de distintas técnicas tratadas por el mismo borrador, valores que varían según la técnica pero que presentan ciertas similitudes en el tipo de aumento del brillo que se ve reflejado en el gráfico 3.

Los grupos de probetas tratadas con los borradores Bic Galet y Akapad presentan gráficas similares, pero con aumentos de brillo diferentes, es decir, que en ambos casos las probetas más brillantes son las muestras de acrílico (A1 y A5), en un rango intermedio están las de óleo (O1 y O5) y acrílico (A1 y A5) y las menor brillantes son las de gouache (G1 y G5). Las probetas tratadas por los borradores Groom Stick, Saquito borrador Milan y Esponja de humo, también presentan similitudes en el comportamiento del aumento del brillo, es decir que las probetas más brillantes son las de óleo (O3, O4 y O6), en un rango intermedio se encuentran las

alquídicas (AL3,AL4 y AL6), las de gouache (G3,G4y G6) y finalmente con menor brillo las acrílicas (A3,A4 y A6).

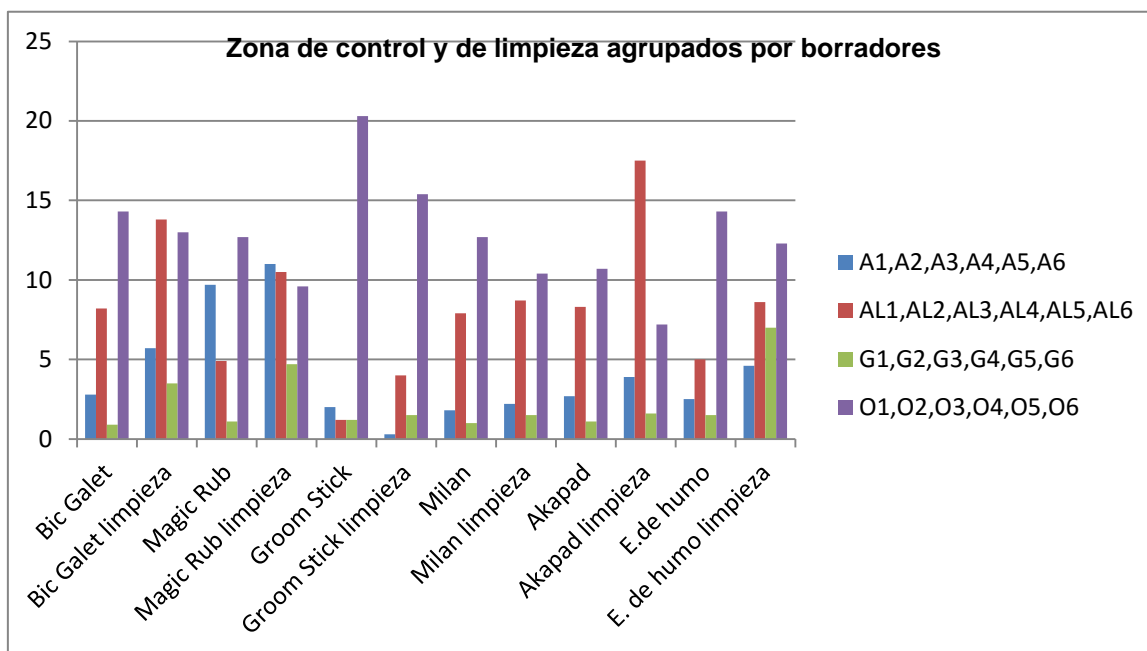


Gráfico 2 Brillo de la zona de control.

Para que el aumento del brillo tras el procedimiento de limpieza quede más claro se realiza un promedio de los valores del brillómetro. En el gráfico 3 se puede observar que el borrador que más aumenta el brillo en las probetas es Bic Galet, posteriormente y mostrando un comportamiento muy similar, viene Magic Rub, luego Esponja de humo, Akapad blanca, Saquito limpiador Milan y finalmente Groom Stick.³⁴

³⁴ VERÍSSIMO MENDES.B. *New Approaches tu Surface Cleaning of Unvarnished Contemporary Oil Paintings-Moist Sponges and Cloths.*

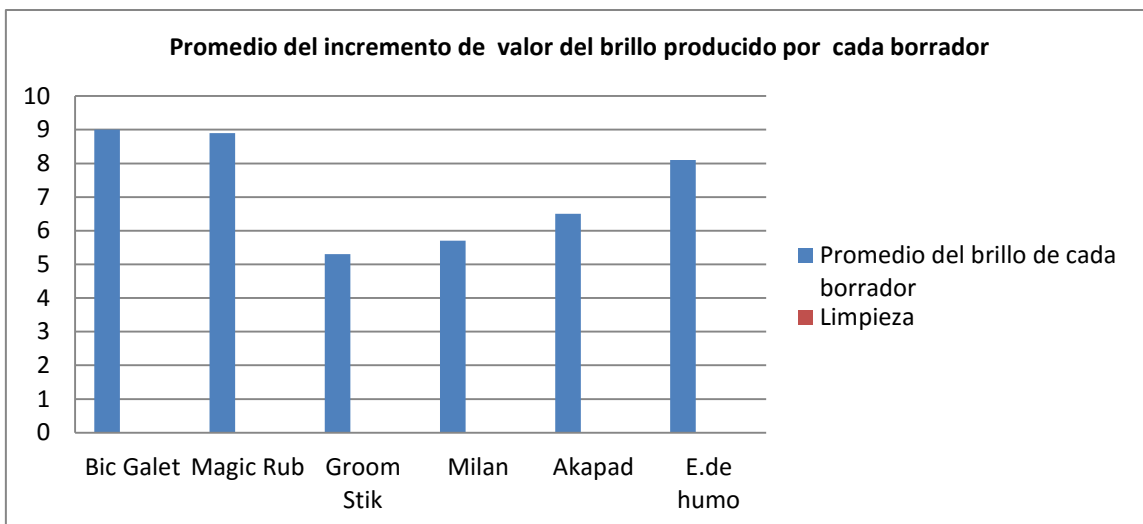


Gráfico 3 Promedio de la acción de cada borrador sobre las muestras.

Teniendo en cuenta el Gráfico 5, en resumen se podría decir que los datos del brillómetro son de utilidad ya que registran variaciones de brillo imperceptibles, sin embargo siempre se contrastarán los datos con lo que se puede percibir empíricamente, ya que en las probetas las únicas superficies que generaron cambios visuales fueron las tratadas con Bic Galet y Magic Rub, en un nivel muy inferior de cambio se podría mencionar al material Esponja de humo, el cual produce cambios que a ojo desnudo son casi imperceptibles.

Para poder interpretar estos datos en el capítulo de efectividad de la limpieza y construir los diagramas para determinar diferencias entre la acción del sistema en seco de distintos borradores, se puntuarán las variaciones del brillo teniendo en cuenta el sistema del *Cultural Heritage Agency of the Netherland*, en el cual se valora los cambios del brillo en una escala de 0 (ausencia) y 10 (exceso). (Tabla 11).

Tabla 10 Puntuación del brillo en una escala de 0 a 10.

BORRADOR	PUNTUACIÓN
Bic Galet	10
Magic Rub	9
Groom Stick	2
Milan	3
Akapad	4
Esponja de humo	7



CAPÍTULO 6





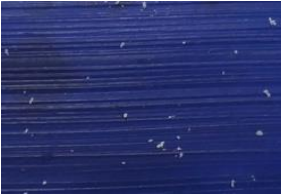
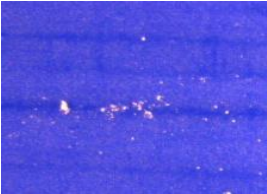


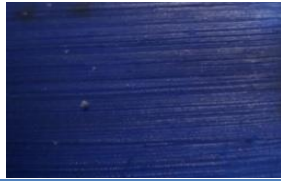
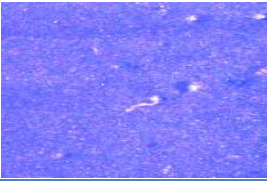

**ANÁLISIS DE LA PRESENCIA DE RESIDUOS
SOBRE LA SUPERFICIE PICTÓRICA DESPUÉS
DE LA LIMPIEZA**

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE LA PRESENCIA DE RESIDUOS SOBRE LA SUPERFICIE PICTÓRICA DESPUÉS DE LA LIMPIEZA

6.1. Caracterización de los residuos de cada borrador

Para determinar la presencia de residuos en la película pictórica se identifica la morfología de los restos de cada borrador con macrofotografías y microscopio en 1cm² de cada muestra. (Tabla 12).

Tabla 11 Morfología de restos de borradores.

BORRADOR	MACROFOTOGRAFÍA	MICROSCOPIO 4x	OBSERVACIONES
Bic Galet			Residuos alargados y de diferentes tamaños. Después de la limpieza presentan una leve tinción. El borrador desprende restos abundantes.
Magic Rub			Mismas características que el borrador Bic Galet.
Saquito borrador Milan			Residuos "esféricos" y del mismo tamaño. Se dispersan fácilmente por la superficie. Residuos abundantes y difíciles de eliminar completamente. No se observa tinción.
Wishab			Residuos pequeños y de morfología esférica similar. Se dispersan fácilmente por la superficie. Residuos abundantes y difíciles de eliminar completamente. No se observa tinción.
Esponja de humo			Residuos redondeados e irregulares irregulares de diferentes tamaños. Desprende pocos residuos.
Groom Stick		No se observan residuos en las muestras, pero probablemente exista pequeños rastros imperceptibles en las películas pictóricas.	En este estudio no se observaron residuos en las probetas. El borrador no deja residuos a simple vista.

Es importante destacar que el concepto residuo hace alusión a lo que está en contacto permanente con la película pictórica, que no se puede eliminar completamente por métodos mecánicos (aspirador y brocha) y cuya presencia en una superficie pictórica podría producir daños químicos. Estos deterioros se generan principalmente por la propia presencia de residuos sobre un estrato pictórico, por el envejecimiento de los materiales que componen cada residuo y su comportamiento ante factores ambientales que podrían provocar alteraciones en su composición que decantarían en problemas sobre la película pictórica.³⁵

En la tabla se puede apreciar macrofotografías de lo que se desprenden de un borrador tras ser frotado en una superficie. Estos restos que difieren morfológicamente entre sí, no son residuos, ya que se pueden eliminar y no permanecerán adheridos a la superficie afectándola de manera negativa en un futuro. Sin embargo se han incorporado estas imágenes para caracterizar la morfología de los residuos y poder distinguirlos en la observación mediante microscopio.³⁶

6.2. Residuos en la superficie de cada probeta

La presencia de residuos es un problema inherente al sistema de limpieza en seco con borradores, sin embargo la cantidad de partículas que se depositan en una superficie puede depender del tipo de material que se utiliza para el tratamiento, del sistema de extracción de los residuos de la superficie (en este caso con un pincel y/o aspirador), del tiempo que se invierte en eliminar los residuos (es recomendable llevar a cabo este proceso en más de una oportunidad) y de las características de la superficie pictórica en la que se aplican, es decir que a mayor textura y complejidad morfológica de la superficie hay mayores probabilidades de que los residuos se adhieran en los estratos y que no se puedan eliminar completamente.³⁷

³⁵ VERÍSSIMO MENDES, B. *New Approaches to Surface Cleaning of Unvarnished Contemporary Oil Paintings-Moist Sponges and Cloths*. p.380.

³⁶ DAUDIN-SHOTTE, M. "Dry Cleaning Approaches for Unvarnished Paint Surfaces". *New Insights into the cleaning of painting:proceedings from de Cleaning 2010 International COntference Universidad Politécnica de Valencia and Museum Conservation Institute*.Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.p.212.

³⁷ CÁMARA. TOMÁ. *Evaluación de Sistemas de métodos de limpieza en Seco de Pintura Mural*. Trabajo final de Máster. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
EO. H.T. GINNIS.C.M. (2006). *Preservation of Deteriorated Documents Manuals*. Iowa: Iowa State University.
http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1005&context=pres_workshops . [Consulta: 01/07/2016]

En este estudio se ha observado mediante distintas técnicas de análisis no invasivas que todos los borradores dejan residuos en la superficie pictórica, sin embargo la cantidad es variable, y se puede medir según la escala de puntuación de 0 (ausencia) a 10 (exceso) del *Cultural Heritage Agency of the Netherland*. Los resultados que se obtienen se pueden observar en la Tabla 13.

Tabla 12 Técnicas no invasivas.

BORRADOR	PUNTUACIÓN	OBSERVACIONES
Bic Galet	4	Se observan una cantidad de residuos media, que probablemente podría ser reducida por aspiración.
Magic Rub	4	Similar a Bic Galet.
Groom Stick	0	No se observa residuos.
Milan	8	Se observa una gran cantidad de residuos depositados en la superficie.
Akapad	8	Similar a Milan.
Esponja de humo	2	No se observa un exceso de residuos.

En esta escala se puede establecer que el borrador que no muestra residuos observables en las superficies es el material maleable Groom Stick y los que más residuos desprenden en las superficies, de manera homogénea y generalizada son Saquito borrador Milan y Akapad blanca. Posteriormente en una escala intermedia vienen los borradores compactos Bic Galet y Magic Rub que desprenden residuos pero que no son excesivos ni incontrolables y finalmente la Esponja de humo desprende residuos moderados y aislados.

En cuanto al tipo y tiempo de extracción de los residuos son factores importantes a considerar en cuanto a la presencia cuantitativa de estas partículas sobre una superficie. En este estudio los materiales de limpieza que se extrajeron mediante aspiración fueron los de formato en polvo (Milan y Akapad), el resto se eliminó con una brocha suave. Probablemente la presencia de residuos iría en detrimento si se aplicara aspiración en todas las probetas, se realizara la limpieza de manera sistemática y se repitiera el tratamiento de limpieza como mínimo tres veces. Teniendo en cuenta estas pautas de extracción de residuos mejoraría el tratamiento con borradores, sin embargo, se debería tener especial precaución con los materiales en polvo, ya que sus partículas son difíciles de controlar y se dispersan fácilmente.

La textura de una película pictórica, también es un elemento que interfiere en la retención de residuos, cuanto menos lisa y/o más poros es una topografía más posibilidades tiene un residuo de incrustarse y producir daños químicos. En las figuras 51 y 52 se puede observar como los residuos se incrustan en los relieves de las probetas, en la probeta de pintura acrílica se puede apreciar un grupo de depósitos de goma Milan agrupados en una protuberancia del estrato pictórico, en la muestra de óleo alquídico se puede vislumbrar una superficie más lisa pero más porosa en la cual los residuos no producen acumulaciones puntuales sino generales (Fig. 53).

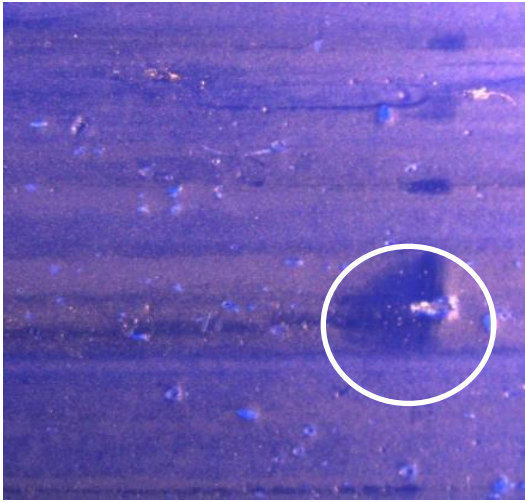


Fig. 51 Probeta de pintura acrílica.

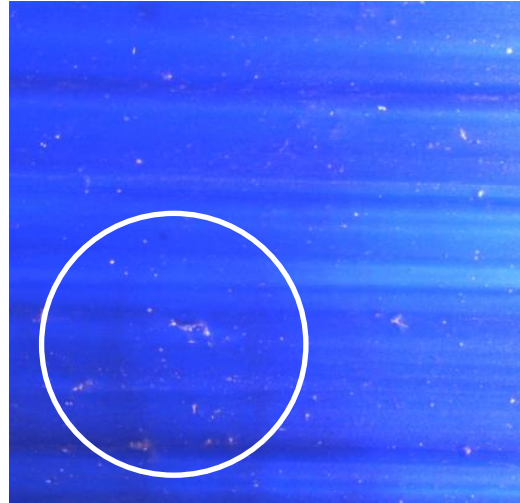


Fig. 52 Probeta de pintura alquídica.

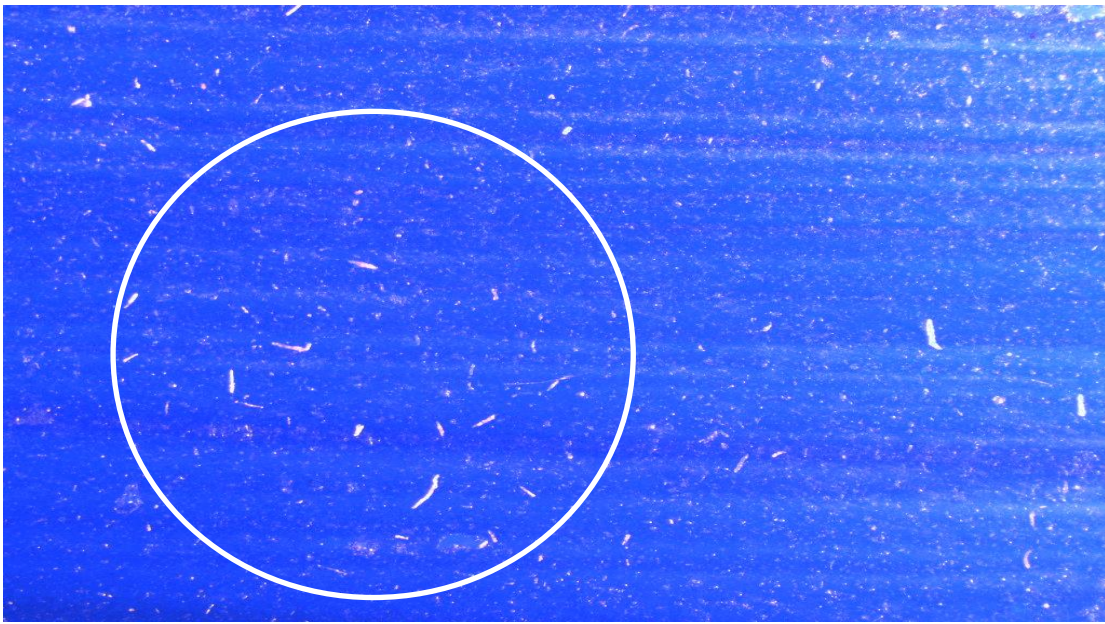


Fig. 41 Probeta de óleo vista con microscopio 4x con residuos dispersados en la superficie.

6.3. Diferencias en las técnicas de análisis no invasivas aplicadas a la observación de residuos en probetas monocromas

Como se ha mencionado desde el principio de este estudio las probetas se han analizado con macrofotografías, microscopio y RTI (Reflectance Transformation Imaging).

Con macrofotografías se puede obtener imágenes de alta resolución en las cuales se puede apreciar adecuadamente los residuos que no se ven a simple vista en la superficie, sin embargo es una visión adecuada para tener un contexto de la situación pero no se puede observar el tipo de residuo, la cantidad real que hay en la superficie o la posición exacta en el estrato pictórico.

El microscopio, como ya es sabido, es una herramienta óptima para determinar la existencia de residuos persistentes en la superficie pictórica, permite distinguir la distribución de los residuos, su morfología e incrustación. (Fig. 54-56).

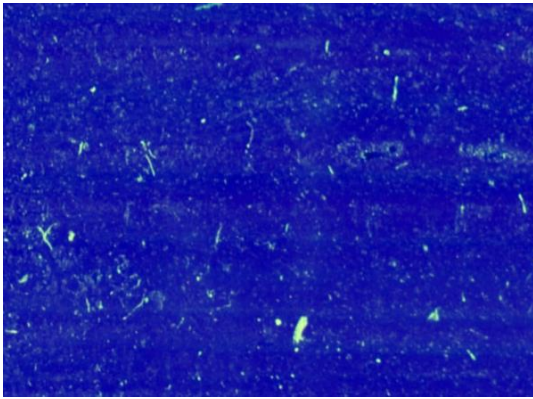


Fig. 54 Probeta de pintura al óleo vista con microscopio.

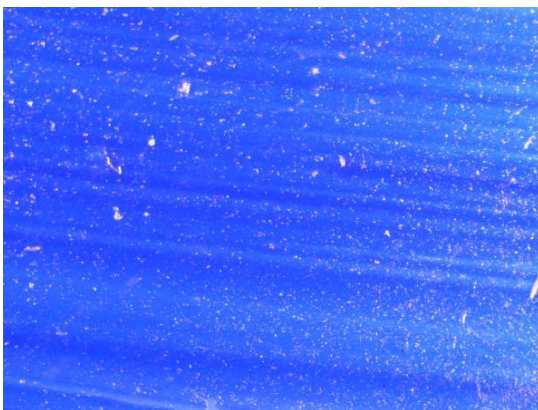


Fig. 55 Probeta de pintura acrílica vista con microscopio.



Fig. 56 RTI de probeta de pintura acrílica.

RTI posibilita una visión de la textura de la superficie, permitiendo analizar la posición e incrustación de un residuo en el estrato pictórico.

Las macrofotografías permiten una visión global de la presencia o ausencia de residuo, el microscopio muestra la cantidad real de residuos que tiene cada muestra y RTI permite la observación de residuos volumétricamente, pudiendo determinar la posición exacta en el estrato pictórico gracias a la visión en "tiempo real" que permite recorrer y observar detalladamente cada muestra.

CAPÍTULO 7

**ESTUDIO DE LA EFICACIA DE LA LIMPIEZA
SOBRE DISTINTAS TÉCNICAS PICTÓRICAS**

CAPÍTULO 7: ESTUDIO DE LA EFICACIA DE LA LIMPIEZA SOBRE DISTINTAS TÉCNICAS PICTÓRICAS

La eficacia de la limpieza se puede determinar teniendo en cuenta todos los puntos desarrollados anteriormente, es decir abrasión, erosión y pulido de cada borrador sobre las probetas, marcas en la superficie, variaciones del brillo y presencia de residuos.

Como se ha mencionado el transcurso de esta investigación se ha establecido un sistema de valoración aplicado por la *Cultural Heritage Agency of the Netherland* que permite elaborar diagramas que indican la efectividad de la limpieza y la funcionalidad de cada borrador en los cuales se puede valorar el poder de limpieza de los materiales, integridad de la topografía de las películas pictóricas (abrasión, erosión, pulido y marcas), variación del brillo, presencia de residuos en la superficie y nivel de precaución al momento de aplicar cada borrador.(Gráfico 4).³⁸

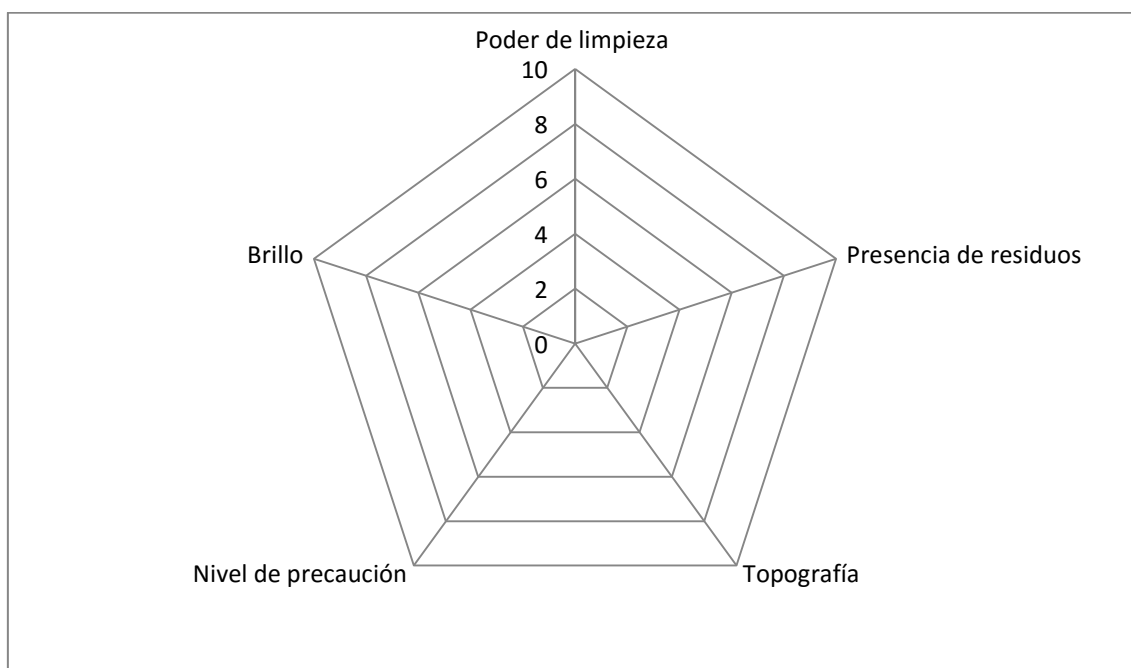


Gráfico 4 Estructura de los diagramas que se han utilizado en este estudio para evaluar cada borrador.

³⁸ DAUDIN-SHOTTE, M. "Dry Cleaning Approaches for Unvarnished Paint Surfaces". New Insights into the cleaning of painting: proceedings from the 2010 International Conference Universidad Politécnica de Valencia and Museum Conservation Institute. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. p.212-214.

El borrador Bic Galet tiene un buen poder de limpieza y desprende residuos en la superficie que se pueden controlar por aspiración sucesiva, sin embargo al ser un material relativamente rígido afecta la topografía de las películas pictóricas y aumenta el brillo, motivos por los cuales se debe tener precaución en su aplicación (Gráfico 5).

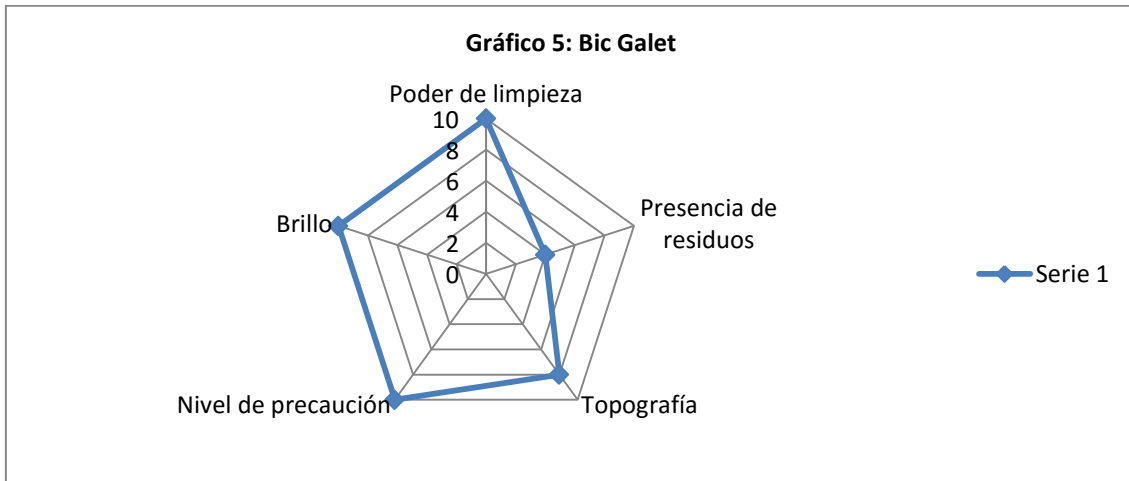


Gráfico 5 Diagrama de eficacia de la limpieza de Bic Galet.

El borrador Magic Rub es menos elástico que Bic Galet por su composición, sin embargo ambos materiales se comportan de manera similar. La única diferencia es que este borrador varía menos la medida del brillo de las películas pictóricas. A pesar de esta diferencia, ambos borradores son muy similares y son poco recomendables para películas pictóricas monocromas, ya que interfieren con la integridad de la topografía y sobretodo, dejan un halo de brillo que se puede apreciar a simple vista. (Gráfico 6).

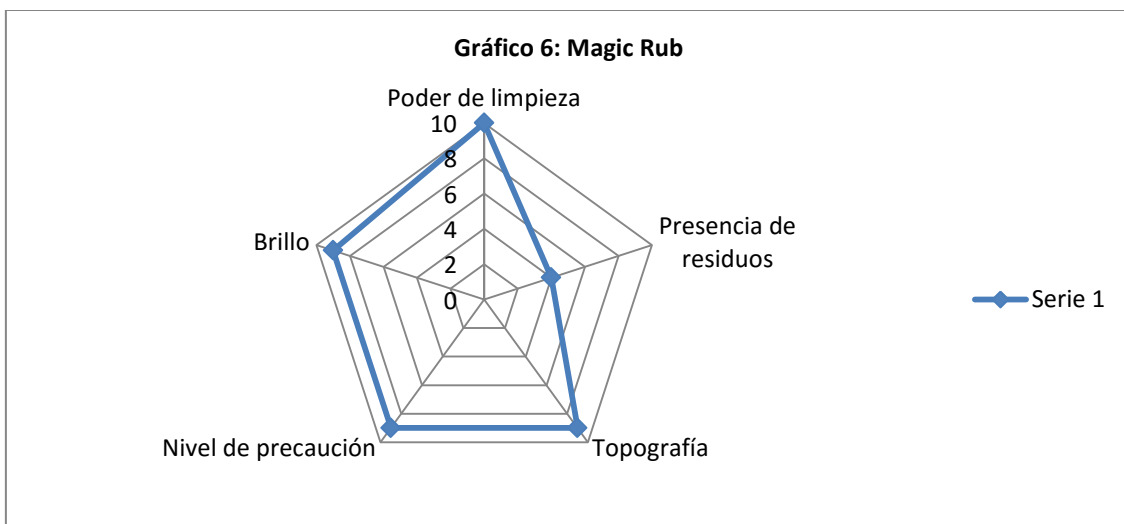


Gráfico 6 Diagrama de la eficacia de la limpieza de Magic Rub.

Groom Stick es un material con un adecuado poder de limpieza, que no deja niveles de residuos elevados, que mantiene la integridad de la película pictórica y que no varía considerablemente el brillo en las películas pictóricas, por lo tanto el nivel de precaución en la aplicación para un tratamiento de limpieza es bajo. Este material es el más recomendable de todos los que se han aplicado en este estudio (Gráfico 7).

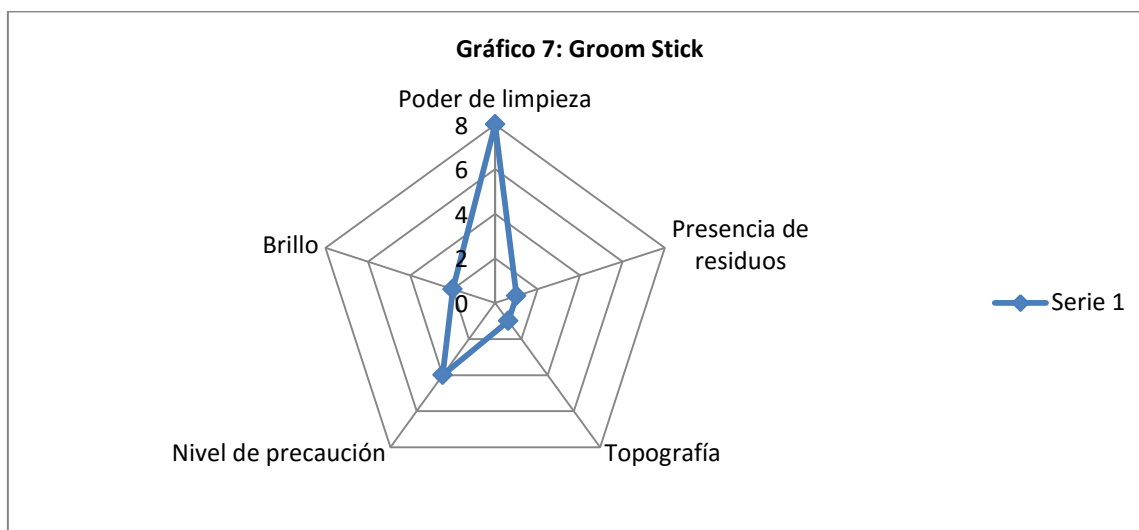


Gráfico 7 Diagrama de la eficacia de la limpieza de Groom Stick.

El material en polvo Saquito limpiador Milan tiene un buen nivel de limpieza para suciedad generalizada, sin embargo tiene dificultades para arrastrar manchas acumuladas, en las probetas se aprecia una gran cantidad de residuos, mantiene la topografía del estrato pictórico gracias a su formato que es menos abrasivo que un borrador compacto, aumenta el brillo pero no es visible a ojo desnudo y el nivel de precaución en la aplicación es relativamente bajo. El mayor problema que podría generar este material es la dispersión e incrustación de los residuos en la superficie (Gráfico 8).

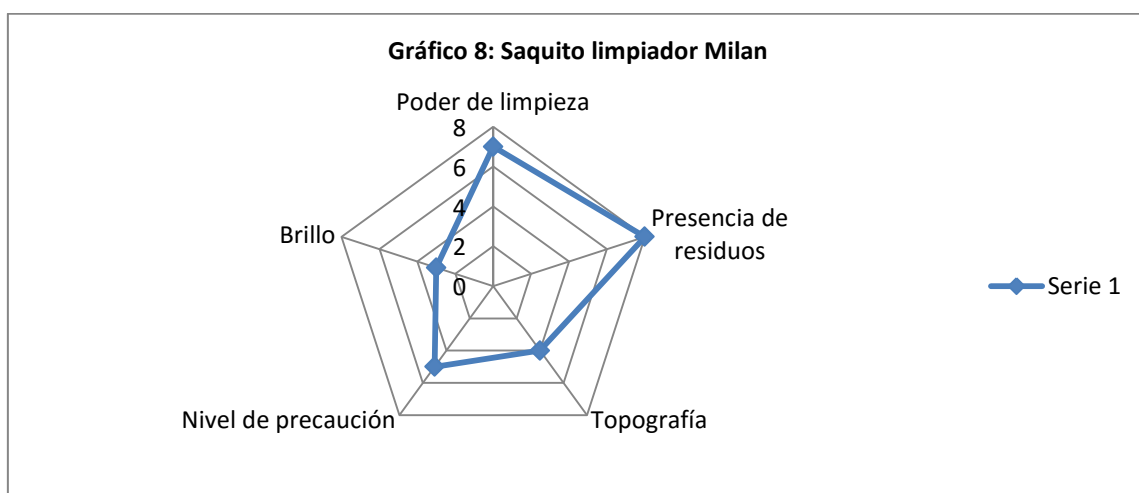


Gráfico 8 Diagrama de la eficacia de la limpieza de Saquito limpiador Milan.

Los resultados de Akapad en polvo blanca son similares a las de Saquito limpiador Milan, sin embargo es menos abrasivo, probablemente porque se trata de partículas esponjosas. El problema fundamental de este material, por lo tanto es el mismo que el de Saquito limpiador Milan, la cantidad de residuos que se propagan fácilmente por la superficie y que son difíciles de extraer (Gráfico 9).

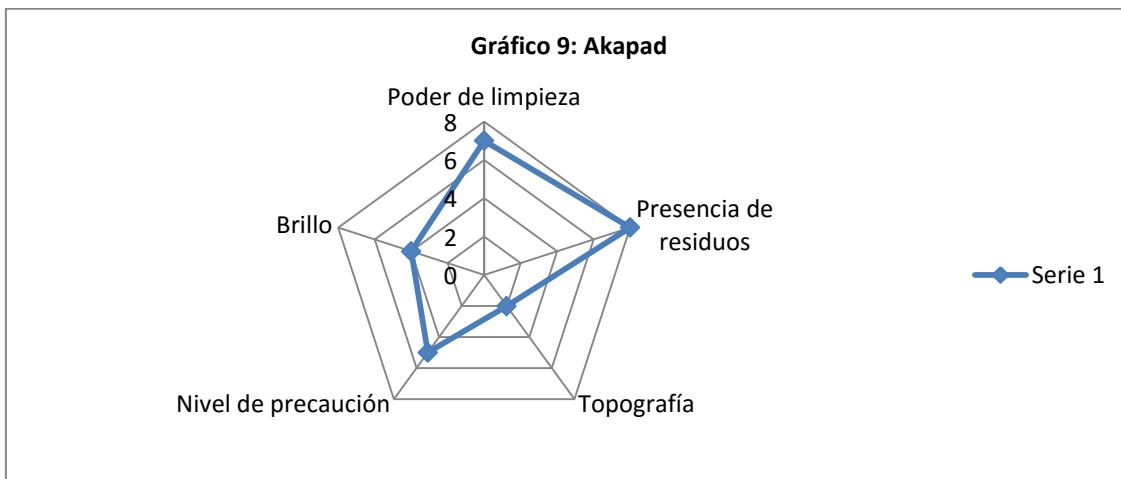


Gráfico 9 Eficacia de la limpieza de Akapad blanca.

Esponja de humo es un material con una buen poder de limpieza, deja pocos residuos y no interfiere mayormente en la topografía de las películas pictóricas, sin embargo su nivel de precaución es relativamente alto, ya que dependiendo de la presión que se ejerce sobre un estrato, puede dejar marcas indeseables. Por otra parte, es un material que aumenta el brillo en las topografías en las cuales se aplica, sin embargo no es percibido a ojo desnudo (Gráfico 10).

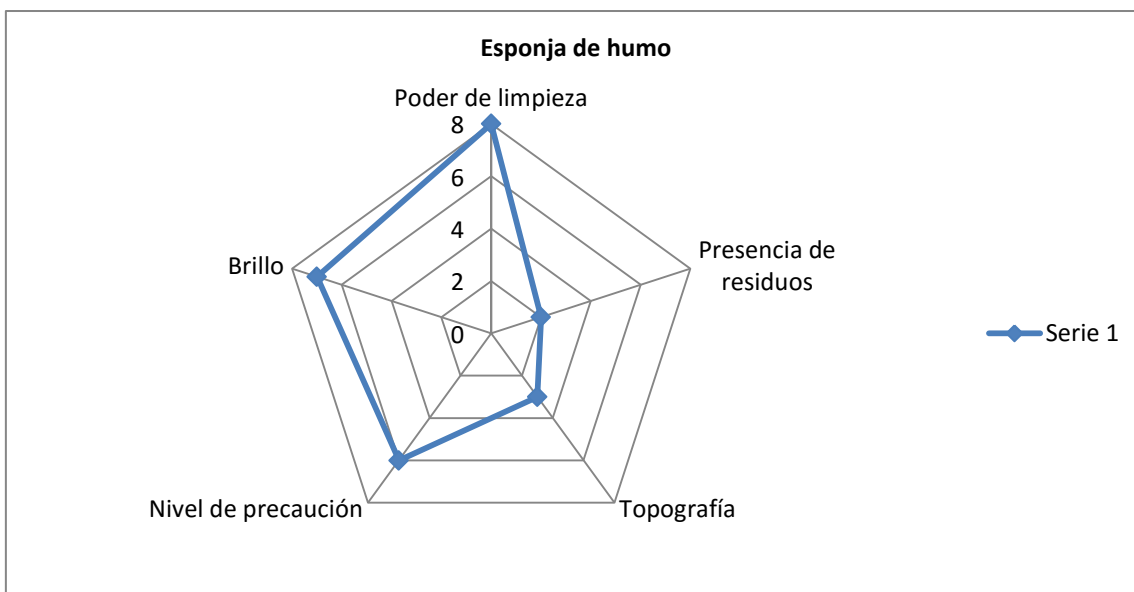


Gráfico 10 Diagrama de eficacia de la limpieza de Esponja de humo.



CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES

CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES

Después de aplicar el tratamiento en seco con borradores a las probetas de diferentes técnicas pictóricas, se ha podido realizar un estudio con tres herramientas de análisis no invasiva, fotografías, microscopio óptico y fotografías mediante ordenador llamadas RTI (*Reflectance transformation imaging*), cada uno de estos sistemas de registro es adecuado para los objetivos y diferentes niveles de observación requeridos en este estudio. Las fotografías son apropiadas para tener una visión general e inicial sobre los residuos presentes en las películas pictóricas de las muestras, el microscopio óptico es eficaz para determinar la cantidad real de residuos que hay en una superficie, posibles incrustaciones y la morfología de los depósitos de cada material utilizado tras el tratamiento de limpieza, y RTI (*Reflectance transformation imaging*) ha resultado ser una excelente herramienta de análisis no invasiva, ya que permite analizar detalladamente y de manera interactiva la topografía de las probetas gracias al programa *RTI Viewer* en el cuál se puede observar cada conjunto de muestras como si se estuviesen analizando en tiempo real. Esta técnica fotográfica ha permitido analizar cambios morfológicos del estrato pictórico de las muestras tras la aplicación de materiales de limpieza y la posición exacta de los residuos en la superficie.

Tras analizar los residuos con estas tres técnicas de análisis no invasivas se ha podido determinar que todos los materiales de limpieza depositan residuos en las superficies pictóricas, sin embargo, en este estudio no se han observado rastros del borrador maleable Groom Stick, lo cual no significa que sea inocuo, sino que probablemente deje una mínima cantidad de residuos en las películas pictóricas.³⁹ A pesar de que todos los materiales desprenden residuos, existen algunos que son más propensos a dejar vestigios innecesarios en los estratos pictóricos, como es el caso de Saquito borrador Milan y Akapad en polvo blanca, que al estar configuradas por pequeñas partículas, tienden a propagarse fácilmente y a incrustarse en recovecos de superficies irregulares y porosas. Los borradores compactos Bic Galet y Magic Rub, también depositan restos en los estratos, sin embargo la cantidad es menor que los borradores en polvo debido a su formato compacto. La Esponja de humo ha dado resultados bastante satisfactorios, ya que con un adecuado procedimiento de limpieza se podría controlar los pocos residuos que desprende en las películas pictóricas.

Por lo tanto uno de los aspectos que se debería tener en consideración para la elección de un material de limpieza en seco es la cantidad de residuos que deposita en una superficie pictórica, cuya incrustación en películas monocromas es nociva, ya que no presentan una capa protectora de barniz y podrían migrar al interior del estrato de este tipo de obras produciendo encapsulaciones y problemas químicos.

³⁹ DAUDIN-SHOTTE, M. "Dry Cleaning Approaches for Unvarnished Paint Surfaces". New Insights into the cleaning of painting: proceedings from the 2010 International Conference Universidad Politécnica de Valencia and Museum Conservation Institute. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. p.217.

Otra característica que se debería tener en cuenta respecto a la acumulación de residuos, es la morfología de la superficie, es decir, que existen estratos que facilitan los depósitos de materiales. Si una obra presenta texturas o es muy porosa, es probable que residuos de borrador queden depositados y provoquen problemas químicos a futuro, estas texturas o porosidad pueden ser evidentes a ojo desnudo o no, como en el caso de las probetas monocromas de este trabajo, en el cual se aplicó pintura de la misma manera en todas las muestras, pero el resultado de la textura de las superficies visto con microscopio y RTI difiere según la técnica con la cual se haya pintado cada una. Por lo tanto, a pesar de que una pintura monocroma, en muchos casos, visualmente pareciera ser un plano de color homogéneo, pulido e impoluto, se debería analizar previamente la morfología de la superficie para la elección del material de limpieza.

Otro factor que influye en la presencia de residuos, es el sistema de extracción de estas partículas. En este estudio se extrajeron con aspirador los borradores en polvo y el resto con una brocha suave. Es probable que si se extraen residuos con ambos sistemas, disminuiría el índice de estos elementos. También es importante el tiempo que se invierte en la extracción de residuos, ya que es probable que sea necesario eliminarlos en más de tres sesiones.

Otro aspecto que debería ser considerado al momento de seleccionar un material de limpieza para el tratamiento de pinturas monocromas son los daños que producen los borradores al entrar en contacto con una superficie, los cuales dependen de las características de cada material y de la metodología de limpieza, es decir la relación entre presión y movimiento ejercida sobre una película pictórica. Abrasión y pulido, junto con pequeñas marcas que pueden quedar en la superficie tras aplicar cada borrador, no se aprecian a ojo desnudo, sin embargo se observan detalladamente con RTI. También es importante considerar la técnica sobre la cual se aplica el tratamiento, ya que hay películas menos plásticas como las de gouache que son más sensibles a tratamientos abrasivos.

Los materiales más abrasivos y que dejan algunas marcas en las superficies debido a su "rigidez" producida por sus componentes son Magic Rub (PVC) y Bic Galet (factis), ambos materiales son compactos y tienen baja adaptabilidad a la morfología de las superficies, por lo tanto son los que más la afectan. Magic Rub es levemente más dañina que Bic Galet, ya que el PVC aumenta su rigidez, sin embargo ambas tienen un efecto muy similar sobre las superficies. Un material que es menos abrasivo gracias a su estructura esponjosa, pero que al ser compacto genera ciertas marcas aisladas en el estrato pictórico es Esponja de humo. Posteriormente Saquito Borrador Milan y Akapad blanca no varían mayormente la superficie gracias a su formato en polvo, ambos actúan de manera similar, sin embargo Akapad al estar formada de un material esponjoso y por lo tanto más adaptable a la superficie es menos abrasiva que el borrador Milan. Finalmente, el material que menos cambios produce en la topografía de las muestras es Groom Stick, gracias a su maleabilidad.

La variación del brillo tras aplicar ciertos borradores es el agente de cambio más evidente a simple vista, sin embargo no todos los cambios de brillo detectados por el brillómetro se aprecian a ojo desnudo.

En este estudio todas las probetas tras el tratamiento de limpieza han aumentado el brillo en comparación a la zona de control según los valores detectados por la herramienta de medición, a excepción de una probeta del grupo de acrílicos tratada con Groom Stick y todas las probetas de óleo. En el primer caso es probable que se deba al mecanismo de limpieza (relación presión, tiempo y movimiento) y al tipo de borrador con el que se aplica el tratamiento. En el segundo caso es probable que se deba a que no se ha respetado el tiempo de completa polimerización del estrato pictórico (6 meses) y se ha aplicado partículas de polvo para ensuciar las superficies, las cuales han quedado incrustadas en la película pictórica generando valores de brillo más bajos que la zona de control.

Sin embargo donde se percibe realmente este cambio es en las probetas tratadas con Bic Galet y Magic Rub, los cuales dejan un halo brillante del recorrido que realizaron en la superficie, por lo tanto no serían materiales adecuados para superficies monocromas, cuyo valor estético y discursivo radica en la pulcritud de su estrato pictórico. Las probetas tratadas con otros borradores no presentan cambios visibles a simple vista, a excepción de Esponja de humo que presenta una leve variación casi imperceptible por el observador. Por lo tanto, a pesar de que las mediciones de brillo han detectado diferentes aumentos para cada técnica, visualmente, el cambio de brillo se comporta de manera homogénea, aquellas probetas a las que se les ha aplicado materiales compactos muestran variaciones de brillo en la superficie.

Para medir la efectividad de la limpieza de cada borrador se ha aplicado el sistema de valoración de la *Cultural Heritage Agency of the Netherland* con el cual se han podido construir diagramas para cada borrador, en los cuales se han incorporado como factores de medición el poder de limpieza de cada borrador, la cantidad de residuos que deja en las superficies, el nivel de precaución que se debe tener en su aplicación, las variaciones de brillo tras el procedimiento de limpieza y la integridad de la topografía dentro de la cual se incluye abrasión, erosión, pulido y marcas en el estrato pictórico.

Tras estudiar todas estas variables, se ha podido determinar que probablemente para las pinturas monocromas no sería recomendable el uso de borradores Bic Galet y Magic Rub, ya que son los únicos borradores que tras su aplicación es percibida a ojo desnudo el cambio de brillo que producen en todas las superficies, independiente de la técnica. El borrador que mejores resultados produce es Groom Stick, gracias a que se adapta adecuadamente a distintas superficies, no produce mayores cambios en la topografía de las muestras, no desprende residuos, y si lo hace es en cantidades mínimas y no varía mayormente el brillo a ojo desnudo ni en las mediciones con el brillómetro. Este material por lo tanto, podría ser útil en tratamientos de limpieza de obra contemporánea, ya que es el que menos afectaría una

superficie monocroma, sin embargo es menos efectivo que los borradores compactos en aquellas zonas de suciedad localizada y persistente.

Los materiales que podrían ser evaluados para ser aplicados en un tratamiento de limpieza de pinturas monocromas son principalmente Groom Stick, Esponja de humo y aquellos de formato en polvo (Saquito borrador Milan y Akapad blanca). La correcta selección para la aplicación de estos borradores podría depender de los factores que se han mencionado anteriormente para determinar la efectividad de la limpieza, sin embargo también están relacionados con el tipo de suciedad que se desea eliminar (general, puntual, superficial, composición), por las características morfológicas de la superficie (densidad de la textura, grosor, porosidad), por el estado de conservación de la película pictórica (estabilidad) y por la técnica, ya que hay pinturas que al tener un secado lento como las pinturas al óleo (6 a 12 meses) son más propensas a que la suciedad forme parte del estrato pictórico y por lo tanto se produce una superficie difícil de tratar sobre la cual se podría generar riesgos de abrasión si se aplica determinados materiales de limpieza. Las pinturas acrílicas por ejemplo generalmente se encuentran blandas a temperatura ambiente generando un ambiente adecuado para que la superficie de la pintura colecciona polvo y suciedad, este problema se exagera aún más debido a que las resinas acrílicas son no conductoras y tienden a tener cargas electrostáticas en sus superficies que atraen la suciedad.⁴⁰

Groom Stick se podría aplicar a cualquier superficie, Esponja de humo al ser un material compacto produce algunas pequeñas y aisladas marcas en la superficie que no son visibles a ojo desnudo, tienen como ventaja que si se aplica un correcto método de extracción de residuos varía en gran medida su presencia en la superficie y varían el brillo de madera moderada e imperceptible a simple vista, por lo tanto se podría aplicar a diferentes superficies pero valorando constantemente variaciones de brillo y cambios topográficos en el estrato pictórico. Los materiales en polvo, no afectan mayormente la topografía de la superficie ni el brillo, sin embargo la cantidad de residuos depositados en el estrato pictórico son un problema, ya que pueden migrar la interior del estrato y quedar encapsulados, por lo tanto no son recomendables para pinturas porosas.

Por lo tanto, se podría decir que el sistema de limpieza en seco se podría evaluar para su aplicación en pintura monocroma contemporánea, porque implica un procedimiento sin aportación de disolventes, perjudiciales para ciertas pinturas sintéticas, y porque algunos borradores no presentan cambios visuales que pueda interferir con la correcta lectura de este tipo de obras, sin embargo su aplicación sobre un estrato no solo depende de la efectividad de limpieza de un borrador (nivel de limpieza, presencia de residuos, cambios en la morfología de la película pictórica, variaciones de brillo y nivel de precaución en la aplicación), sino también

⁴⁰ SMITHSONIAN MUSEUM CONSERVATION INSTITUTE. *Care of Acrylic paintings*. http://www.si.edu/mci/english/learn_more/taking_care/acrylic_paintings.html . [Consulta: 1 de julio de 2016]

de las características morfológicas de la película ,técnica, tipo de suciedad, estabilidad de la pintura y sistema de exposición.

Por lo tanto, en resumen:

- ❖ RTI es un sistema adecuado para estudiar cambios morfológicos en una superficie, observar la presencia de residuos y su posición exacta en el estrato pictórico.
- ❖ Todos los borradores utilizados en este estudio dejan residuos, a excepción del material maleable Groom Stick. Los materiales que más partículas depositan son los de formato en polvo.
- ❖ La presencia de residuos en un estrato puede estar determinada por el tipo de borrador que se aplica en una superficie, por el tipo de extracción y tiempo que se invierte en eliminar los residuos en una topografía, y por la textura del estrato pictórico, el cuál puede facilitar la incrustación de partículas del material de limpieza.
- ❖ Abrasión, pulido e incisiones está determinada por el tipo de borrador que se utiliza, la presión y movimiento que se ejerce sobre una superficie y por la técnica pictórica del estrato, ya que hay pinturas cuyo aglutinante es menos plásticos y son más frágiles a la abrasión, como las probetas de gouache.
- ❖ Los materiales más abrasivos son Magic Rub y Bic Galet. El primero es un poco más abrasivo ya que está compuesto de PVC. El borrador menos abrasivo es Groom Stick.
- ❖ Los borradores que realmente alteran el brillo a ojo desnudo son Bic Galet y Magic Rub. Esponja de humo lo altera levemente.
- ❖ Al medir la efectividad de la limpieza (nivel de limpieza, presencia de residuos, cambios morfológicos, variaciones de brillo y nivel de precaución en la aplicación) para pinturas contemporáneas se ha podido determinar que probablemente no sea recomendable utilizar los borradores Bic Galet y Magic Rub, ya que son materiales altamente abrasivos y varían el brillo a simple vista.
- ❖ El resto de borradores podrían ser adecuados en limpieza de obra contemporánea tras un proceso de evaluación que podría considerar, además de los criterios de efectividad de limpieza, las características morfológicas del estrato pictórico, técnica, tipo de suciedad, estabilidad de la pintura y sistema de exposición.

Bibliografía

ALTHÖFER, H. (1985). Restauración de Pintura Contemporánea. Tendencias, materiales, técnica. Madrid: Istmo.

AXA. Tate AXA Art Modern Paints Project (TAAMPP):2006-2009.

BURNSTOCK.A. "An Investigation of Water-Sensitive Oil Paints in Twentieth-Century Paintings". Modern paints uncovered.A symposium Organized by Getty Conservation Institute, Tate and the National Gallery Art. Los Angeles,California: The Getty Conservation Institute.p.177-188.

CÁMARA TOMÁS, I. Evaluación de sistemas de métodos de limpieza en seco en pintura mural. Trabajo Final de Máster. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

CASOLI.A y otros. (2013). "Evaluation of the effect of cleaning on the morphological properties of ancient paper Surface". Springer.p. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10570-013-9975-6#page-1> [Consulta: 15 de diciembre de 2015].

COWAN, J.GUILD, S. (2001).Dry Methods for surface cleaning paper. Technical bulletin no.11. Canadá: Canadian Conservation Department of Canadian Heritage. <https://www.cci-icc.gc.ca/resources-ressources/publications/downloads/technicalbulletins/eng/TB11-DryMethodsforSurfaceCleaningPaper.pdf> [Consulta: 5 febrero 2016]

CROOK,J.LEARNER,T (2000). The impact of Modern Paints. Londres: Tate Gallery Publishing Ltd.

DAUDIN-SCHOTTE, M. VAN KEULEN. H, VAN DEN BERG.K.J. Analisis and application of dry cleaning materials on unvarnished paints surfaces RCE Project from 2006 to 2009. Saonara: Il Prato.

DAUDIN-SHOTTE, M."Dry Cleaning Approaches for Unvarnished Paint Surfaces". New Insights into the cleaning of painting:proceedings from de Cleaning 2010 International COntference Universidad Politécnica de Valencia and Museum Conservation Institute.Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.p.210-219.

DIGNEY-PEER, S.ARSLANOGLU, J. E. (2010)."Extended Abstract-Residues on Unvarnished Surfaces after Absorene Sponge Dry Cleaning".New Insights into the cleaning of painting:proceedings from de Cleaning 2010 International Conference Universidad Politécnica de Valencia and Museum Conservation Institute.Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.p.229-232.

DOMENECH CARBO, M. T. FUSTER LOPEZ L y OSETE CORTINA, L. (2012). "Aproximación al estudio de los procesos de limpieza en obra pictórica contemporánea". Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. <http://www.worldcat.org/search?q=isbn%3A9788483637739> [Consulta: 3 noviembre de 2015].

DOMENECH-CARBO,M.T. "Multitechnique Approach to Evaluate Cleaning Treatments for Acrylic and Polyvinyl Acetate Paints"Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. P.125-134. <https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/20499/21.Domenech-Carbo.SCMC3.Mecklenburg.Web.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . [Consulta 25 de noviembre de 2015].

E. J, PEARLSTEIN y otros. "Effects of eraser treatment on paper" en JAIC.vol.22,nº1,artículo 1,p.

GETTY INSTITUTE. Modern Paints. An Evaluation of Cleaning Methods for Modern Paintings.

http://www.getty.edu/conservation/our_projects/science/modpaints/modpaints_component3.html

[Consulta: 25 de noviembre].

GLOSSMETERS. <http://www.gloss-meters.com/GlossIntro.html> [Consulta: 10 de febrero de 2016].

HACKNEY, STEPHEN. "The Art and Science of Cleaning Paintings". New Insights into the cleaning of painting: proceedings from the Cleaning 2010 International conference Universidad Politécnica de Valencia and Museum Conservation Institute. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.p.11-15.

IGLESIAS-CAMPOS, M. RUIZ-RECASENS, C. (2014)."Surface cleaning of intaglio prints with microblasting powdered cellulose and erasing: Treatment effects on inks and support texture". Barcelona: Universidad de Barcelona.p.329-337. <http://www.em-consulte.com/es/article/977267/article/surface-cleaning-of-intaglio-prints-with-microblas> [Consulta: 11 de diciembre de 2015].

JABLONSKI.E y otros. "Conservation Concerns for Acrylic Emulsion Paints: A Literature Review". Tate papers. Tate's online research journal. <http://www.tate.org.uk/download/file/fid/7414> [9 de octubre de 2015].

KAMPASKALI. E Y OTROS. (2011). "A preliminary evaluation of the surfaces of acrylic emulsion paint-films and the effects of wet-cleaning treatment by atomic force microscopy (AFM)". The International for Conservation of Historic and Artistic Works. P.216-230. https://www.academia.edu/6900945/A_preliminary_evaluation_of_artists_and_conservation_varnishes_for_acrylic_emulsion_paint_films [Consulta:25 de noviembre de 2015].

KEEF.M y otros. (2011). "Art and Industry:Novel Approaches to the Evaluation and Development of Cleaning Systems for Artist's ACrylic Latex Paints". https://www.researchgate.net/publication/279959992_Art_and_Industry_Novel_Approaches_to_the_Evaluation_and_Development_of_Cleaning_Systems_for_Artists'_Acrylic_Latex_Paints [Consulta:5 de febrero de 2016].

LEARNER, T. (2009). "Analysis of Modern Paints". Modern paints uncovered. A symposium organized by Getty Conservation Institute, Tate and the National Gallery Art. Los Angeles,California: The Getty Conservation Institute.

LEARNER,T.(2009). "Modern and Contemporary Art: New Conservation Challenges, Conflicts , and Considerations". Los Angeles, California: The Getty Conservation Institute. p.1-4.http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/newsletters/24_2/feature.html [Consulta: 9 de octubre de 2015].

LEARNER, T. (2009). "Modern Paints: Uncovering the Choices". Modern paints uncovered. A symposium o rganized by Getty Conservation Institute, Tate and the National Gallery Art. Los Angeles,California: The Getty Conservation Institute.p.3-16.

LLAMAS PACHECO, R. (2014). Arte Contemporáneo y restauración o cómo investigar lo esencial y lo simbólico. Madrid: Editorial Tecnos.

LLAMAS PACHECO, R. CHICO SELVI, E. "Conservar la Pintura Contemporánea: el Arte Monocromo y de Superficie Plana de Color".p.11-31. <https://riunet.upv.es/handle/10251/30038> [Consulta: 23 de octubre de 2015].

LLAMAS PACHECO, R. (2004). "Técnicas especiales de conservación y restauración. Conservación de arte contemporáneo". Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

MANFREDI.M y otros. (2014). "A new Quantitative Method for the Non –Invasive Documentation of Morphological Damage in Paintings Using RTI Surface Normals". <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25010699> [Consulta: 27 de octubre de 2015].

MANRIQUE TAMAYO, S. Reflectance Transformation imaging en el análisis y conservación de superficies de los bienes culturales. Tesis. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/handle/10251/39136> [Consulta: 18 de septiembre de 2016].

MARK MUDGE y otros. (2006). "New Reflation Transformation Imaging Methods for Rock Art and Multiple-Viewpoint Display. The 7th International Symposium on Virtual Reality, Archeology" and Cultural Heritage VAST. http://culturalheritageimaging.org/What_We_Do/Publications/vast2006/VAST2006_final.pdf [31 de septiembre de 2015].

MARK MUDGE y otros. (2005). "Reflection Transformation Imaging and Virtual Representations of Coins from the Hospice of the Grand St. Bernard. The 7th International Symposium on Virtual Reality, Archeology and Cultural Heritage VAST". http://culturalheritageimaging.org/What_We_Do/Publications/vast2005/ [Consulta: 1 de octubre de 2016].

MECKLENBURG, M.F. Charola A.E y KOESTLER R.J. (2013). New Insights into the Cleaning of Paintings. Proceedings from the Cleaning 2010 International Conference Universidad Politécnica de Valencia and Museum Conservation Institute. Washington D.C: Smithsonian Institution Scholarly Press.

MORALES MUÑOZ.C. (2010). "Surface modification of plasticized PVC by dry cleaning methods: Consequences for artworks". <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169433209018789>. [Consulta: 27 de octubre de 2015].

MORRISON.R. (2007). "An investigation of Parameters for the use of citrate solutions for Surface cleaning unvarnished paintings. Studies in conservation". P.255-270. https://www.researchgate.net/publication/259829822_An_Investigation_of_Parameters_for_the_Use_of_Citrate_Solutions_for_Surface_Cleaning_Unvarnished_Paintings. [Consulta: 13 de enero de 2016].

ORMSBY.B Y OTROS. "An ftrr-based exploration of the effects of wet cleaning treatments on artists' acrylic emulsion paint films". <http://www.morana-rtd.com/e-preservationscience/2009/Ormsby-30-06-2008.pdf> . [Consulta: 25 de noviembre de 2015].

ORMSBY.B. LEARNER.T. (2014). "Artistic acrylic emulsion paints: materials, meaning and conservation treatment options". P.57-65. <https://aiccm.org.au/sites/default/files/docs/Bulletin2014/BulletinVol34/6932%20AICCM%20Bulletin%20v34-Ormsby.pdf>

ORMSBY, BRONWYN. (2011). "A preliminary evaluation of artist's and conservation varnishes for acrylic emulsion paint films". [Consulta: 25 de noviembre de 2015].

ORMSBY, B. HODGKINS,R Y ADERAKS VON,N. (2012). "Preliminary investigations into two new acrylic emulsion paint formulations: W&N artists acrylic colours and golden open acrylics". p.9-16. <http://www.morana-rtd.com/e-preservationscience/2012/Ormsby-24-04-2012.pdf>. [Consulta: 26 de noviembre de 2015].

ORMSBY ,B.SMITHEN.P Y LEARNER.T. "Translating research into practice-evaluating the surface cleaning treatment of an acrylic emulsion painting by Jeremy Moon". Modern Paints Uncovered.A symposium Organized by Getty Conservation Institute, Tate and the National Gallery Art. Los Angeles, California:The Getty Conservation Institute.p.97-109.

ORMSBY.B y otros. (2015). "The Effects of Surface Cleaning on Acrylic Emulsion Paintings: A Preliminary Investigation". Tate Papers no.6.p.1-16. <http://www.tate.org.uk/research/publications/tate-papers/06/effects-of-surface-cleaning-on-acrylic-emulsion-painting-preliminary-investigation> [Consulta: 3 de octubre de 2015].

PERRY, ROY. (1990). "Problems of Dirt accumulation and its removal from unvarnished paintings: a practical review *and Pictures Separated*". UKIC conference Ed. Todd, N, UKIC, London.p.3-6.

RIJKSDIENTS VOOR HET CULTUREEL ERFGOED MINISTERIE VAN ONDERWIJS,CULTUUR EN WETENSCHAP. Dry Cleaning of 20 Th Century Proyect. Unvarnished oil paintings. <http://www.kennisvoorcollecties.nl/en/projects/objects-in-context/dry-cleaning-of-20th-century-unvarnished-oil-paintings-/>[Consulta: 05/01/2016].

RIVAS.J y PLAZA.M. (2011).Del expresionismo abstracto al arte Pop. Experiencias metodológicas en restauración de arte norteamericano contemporáneo. Conservación de Arte Contemporáneo 12^a Jornada.Madriv: Museo de Bellas Artes Reina Sofía. P.55-67.

SILVA.M. Analytical study of accelerated light ageing and cleaning effects on acrylic and PVAc dispersion paints used in Modern and Contemporary Art. Tesis doctoral. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/handle/10251/13829?show=full> [Consulta: 13 de febrero de 2016].

SIMPSON, B. RICHARD. (2002).Rubber basics. Reino Unido: Ismithers Rapra.

SUSAN DUHL, NANCY NITZBERG. "Surface cleaning", No14, 8th Edición Copyright AIC/BPG 1992. http://cool.conservation-us.org/coolaic/sq/bpg/pcc/14_surface-cleaning.pdf [Consulta: 5 de enero de 2016].

SEO HILARI.T.MC y GINNIS CARIE.M. (2006). Preservation of Deteriorated Documents Manual.Iowa State University. http://lib.dr.iastate.edu/pres_workshops/6/ [Consulta: 13 de febrero de 2016].

TACÓN CLAVÍN, JAVIER.(2009).La restauración en libros y documentación. Técnicas de intervención. Madrid: Ollero y Ramos.

TSANG, J.S. (2011). "Scoot removal from acylic emulsion paints test panels: a study of dry and non contac cleaning".p.1-9.

VAN KEULEN y otros. (2010). Dry Cleaning Products analysed and tested at the Netherlands Institute of Cultural Heritage. 05/01/2016: <http://cultureelerfgoed.nl/sites/default/files/documenten/drycleaning%20table.pdf> . [Consulta: 5 de enero de 2016].

VAN DEN BERG, KLAAS JAN. (2014). Issues in Contemporary Oil Paints.Suiza: Springer.

VAN DEN HEUVEL, E. Estudio técnico y de conservación de un documento notarial del siglo xviii evaluación de diferentes materiales de limpieza en seco. Trabajo Final de Grado. Valencia. Universitat Politècnica de València.

VERÍSSIMO MENDES,B.(2014).New Approaches to Surface Cleaning of Unvarnished Contemporary Oil Paintings-Moist Sponges and Cloths.p.373-387.

WOLBERS, R. NORBUTUS, A y LAGALANTE,A. (2010). Cleaning of Acrilyc Emulsion Paints: Preliminary Extractive Studies with Two Commercial Paint Systems. 10 de febrero de 2016].

HACKNEY, STEPHEN. "The Art and Science of Cleaning Paintings". New Insights into the cleaning of painting: proceedings from the Cleaning 2010 International conference Universidad Politécnica de Valencia and Museum Conservation Institute. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. 10 de febrero de 2016].

HACKNEY, STEPHEN. "The Art and Science of Cleaning Paintings". New Insights into the cleaning of painting: proceedings from the Cleaning 2010 International conference Universidad Politécnica de Valencia and Museum Conservation Institute. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.p.147-157. <https://repository.si.edu/handle/10088/20502> [Consulta: 21 de febrero de 2016].

ZERVOS, S. ALEXOPOULOU, I.(2015).Paper conservation methods: a literature review. Springer. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10570-015-0699-7#page-1> [Consulta: 3 de febrero de 2016].

Anexos

1. Listado de Instrumental utilizado en el estudio

Cámara Nikon 5100:



<http://www.topfotografia.net/Fotografia/camaras/nikon-d-5-100/nikon-d-5-100.html>

Microscopio óptico:



<http://www.leica-microsystems.com/es/productos/microscopios-opticos/detalles/product/leica-dm4-p/>

RTI (Reflectance Transformation Imaging):



http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/rti_kits.html

Brillometro Konica Minolta MultiGloss268:



<https://aqinstruments.files.wordpress.com/2013/06/ug60>.

2. Registro inicial

Tabla 1 Fotografías de probetas acrílicas.


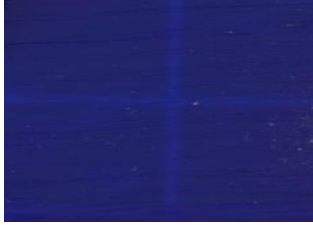



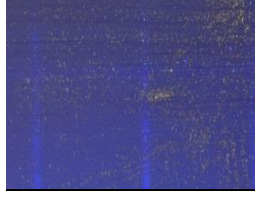




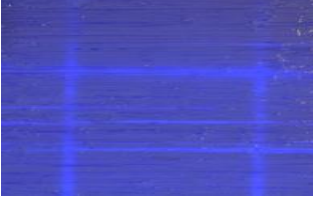
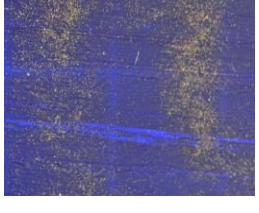

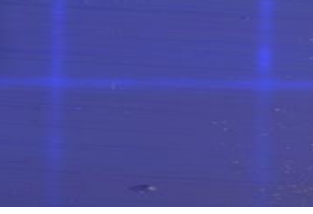
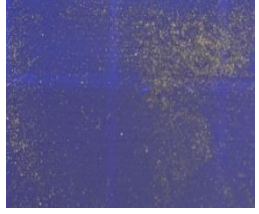



NOMBRE	ENCUADRE GENERAL	ZONA LIMPIA	ZONA SUCIA
A.1			
A.2			
A.3			
A.4			
A.5			
A.6			

Tabla 2 Fotografías de probetas alquídicas.

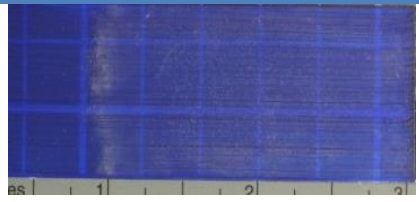
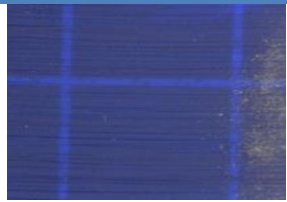
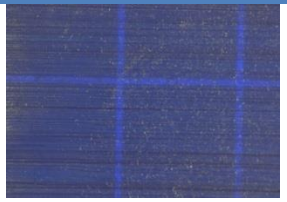

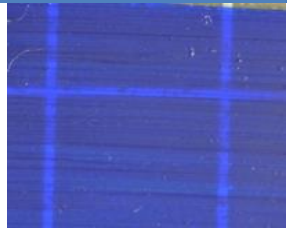
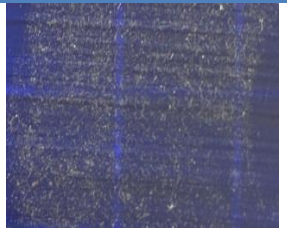
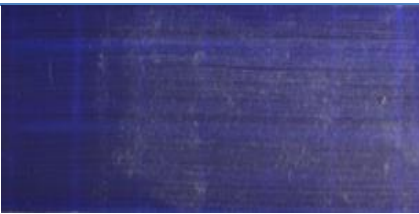
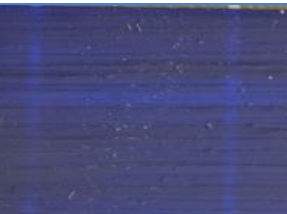
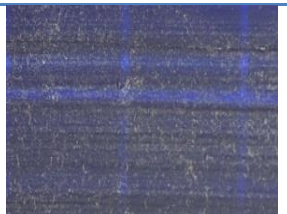

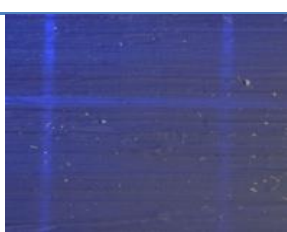


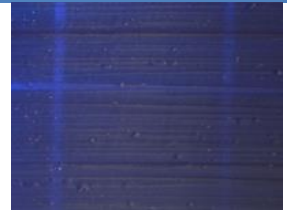
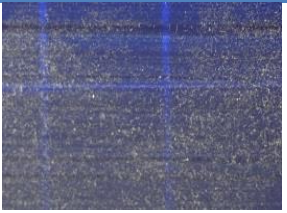
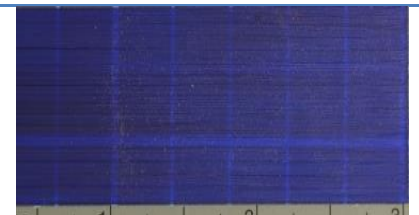
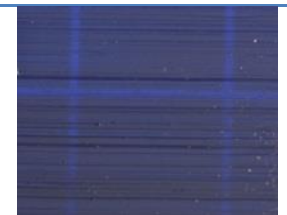
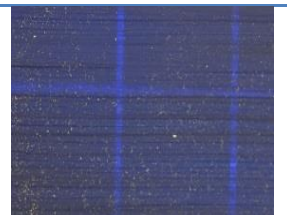
NOMBRE	ENCUADRE GENERAL	ZONA LIMPIA	ZONA SUCIA
Al.1			
Al.2			
Al.3			
Al.4			
Al.5			
Al.6			

Tabla 3 Fotografías de probetas de gouache.






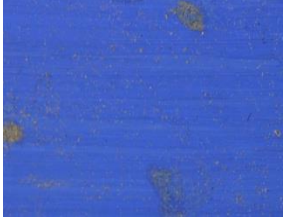








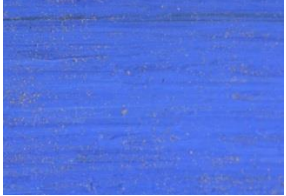



NOMBRE	ENCUADRE GENERAL	ZONA LIMPIA	ZONA SUCIA
G.1			
G.2			
G.3			
G.4			
G.5			
G.6			

Tabla 4 Fotografías de probetas de óleo.


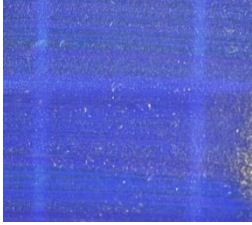
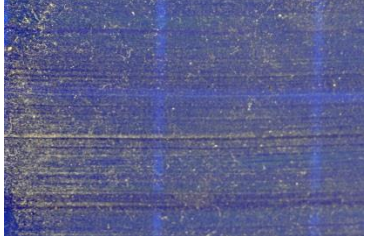
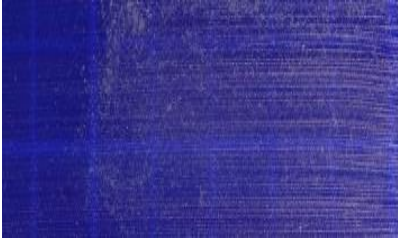
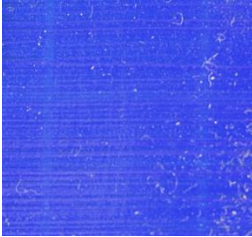
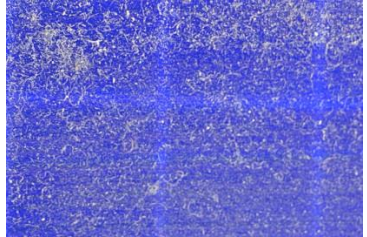
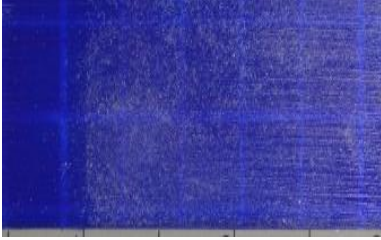
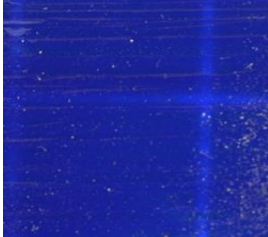
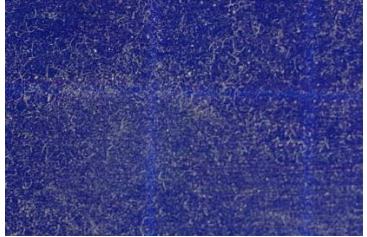

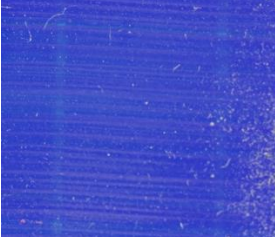
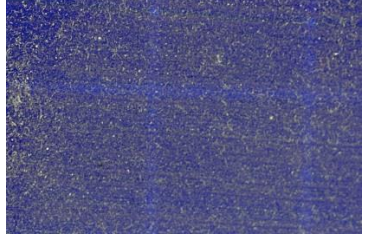

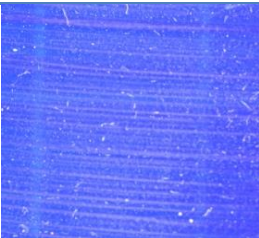
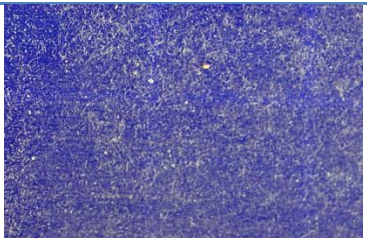
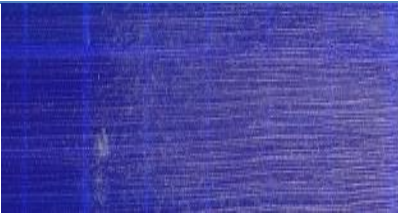
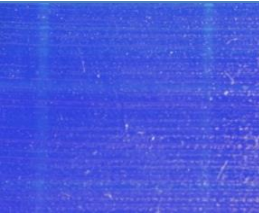
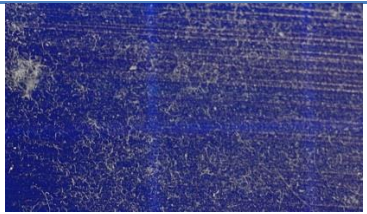
NOMBRE	ENCUADRE GENERAL	ZONA LIMPIA	ZONA SUCIA
0.1			
0.2			
0.3			
0.4			
0.5			
0.6			

Tabla 5 Imágenes microscopio de probetas de acrílico.

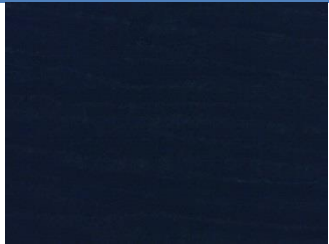
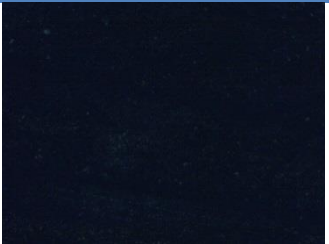
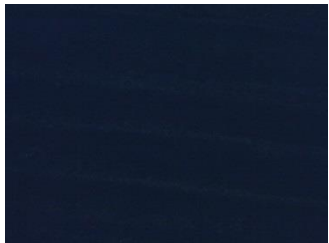

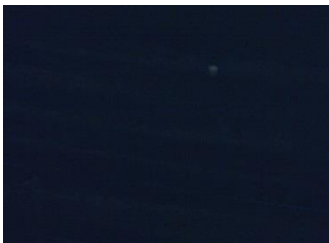
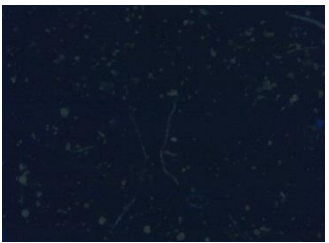
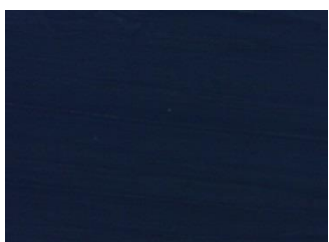
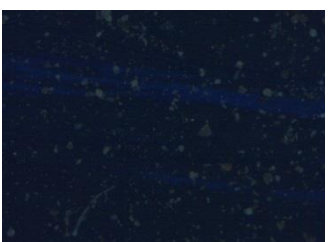
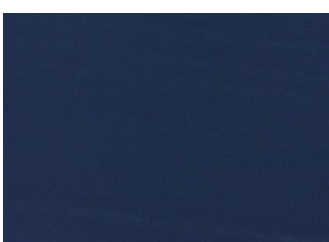
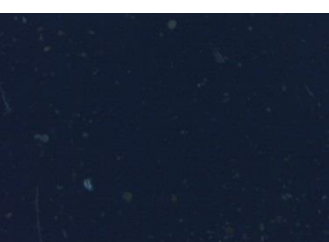
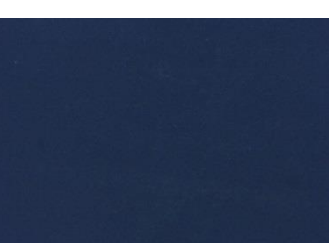
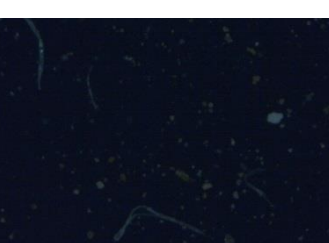
NOMBRE	ZONA LIMPIA	ZONA SUCIA
A.1		
A.2		
A.3		
A.4		
A.5		
A.6		

Tabla 6 Imágenes microscopio de probetas alquídicas.

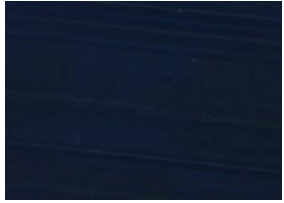
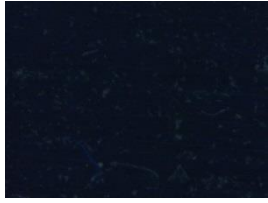


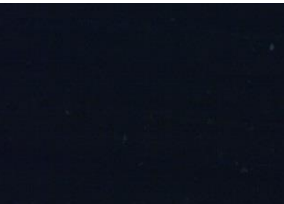
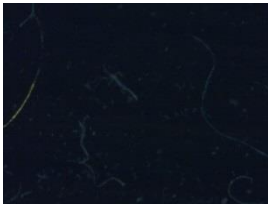
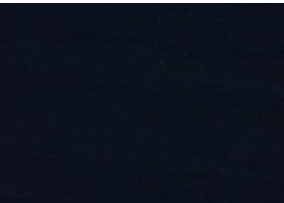
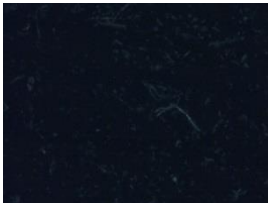
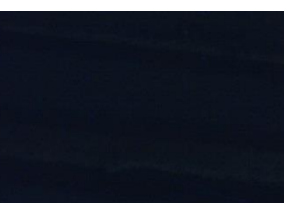
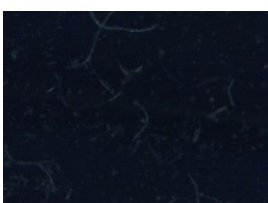
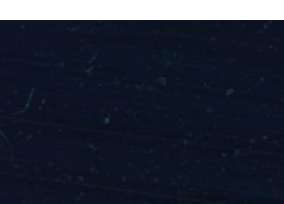
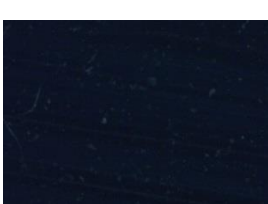
NOMBRE	ZONA LIMPIA	ZONA SUCIA
Al.1		
Al.2		
Al.3		
Al.4		
Al.5		
Al.6		

Tabla 7 Imágenes microscopio de probetas de gouache.








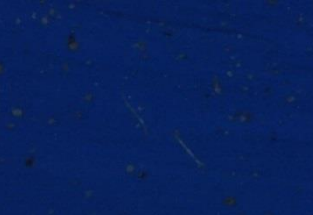




NOMBRE	ZONA LIMPIA	ZONA SUCIA
G.1		
G.2		
G.3		
G.4		
G.5		
G.6		

Tabla 8 Imágenes de probetas al óleo.




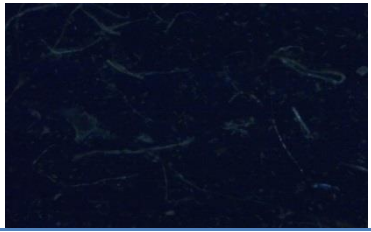
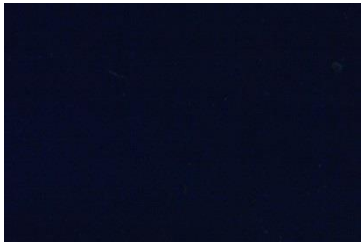


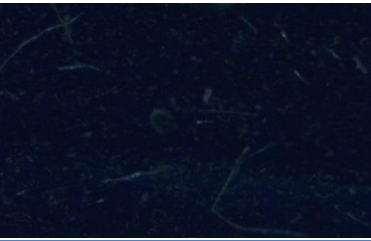

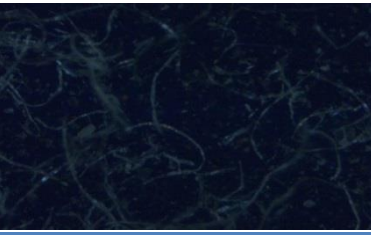


NOMBRE	ZONA LIMPIA	ZONA SUCIA
O.1		
O.2		
O.3		
O.4		
O.5		
O.6		

Tabla 9 Acercamientos de imágenes producidas por RTI



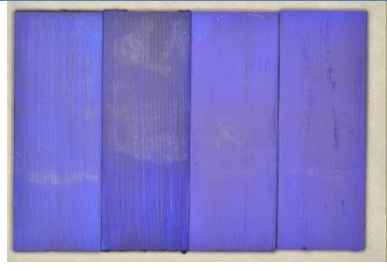

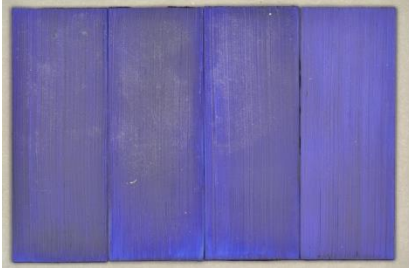
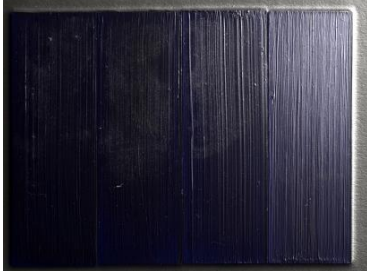
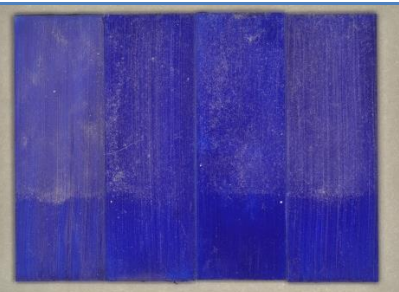
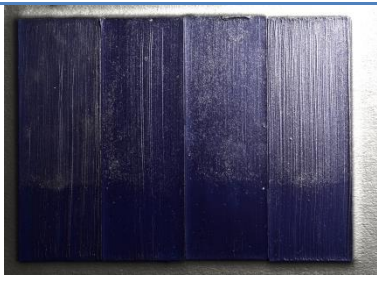
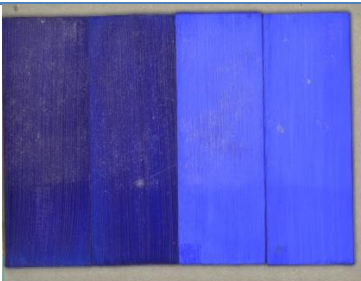
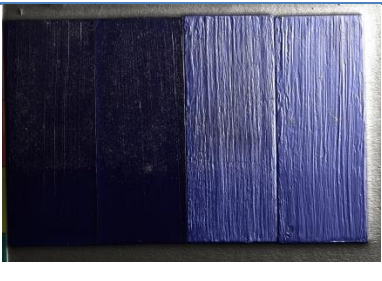



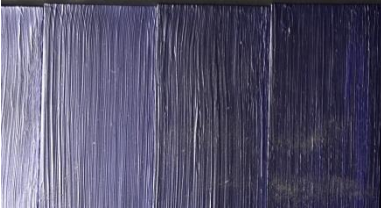










NOMBRE	IMAGEN POR RTI SIN AJUSTES	IMAGEN CON AJUSTE ESPECULAR
A1,A2,A3,A4		
A5,A6,A11,A12		
A13,A14,A15,A16		
O1,O2,O3,O4		
O5,O6,G1,G2		
G3,G4,G5,G6		

Tabla 10 Acercamientos de imágenes producidas por RTI

NOMBRE	AJUSTES DE LUZ ESTÁNDAR	AJUSTE CON LUZ ESPECULAR
A1,A2,A3,A4		
A5,A6,A11,A12		
A13,A14,A15,A16		
O1,O2,O3,O4		
O5,O6,G1,G2		
G3,G3,G5,G6		

3. Registro posterior a la limpieza

Tabla 11 Fotografías de probetas pintadas con acrílico después de la limpieza.

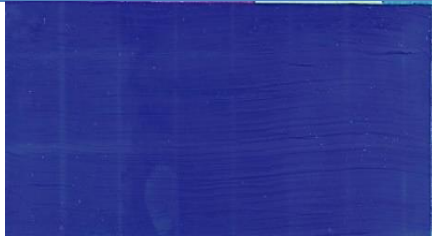

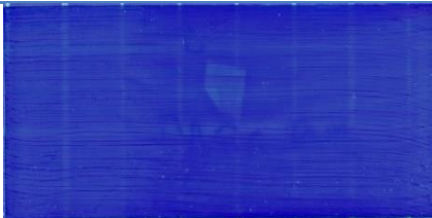
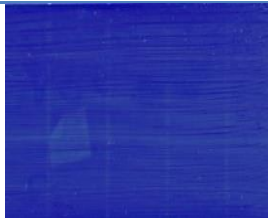
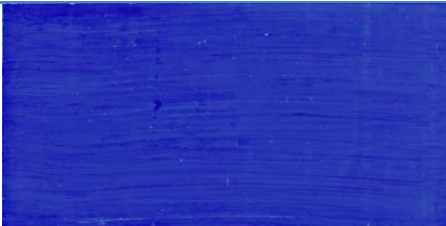

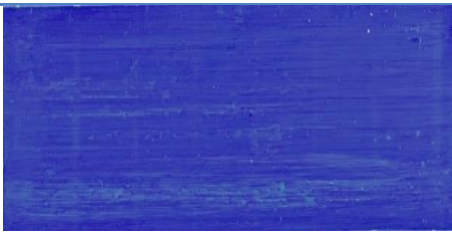
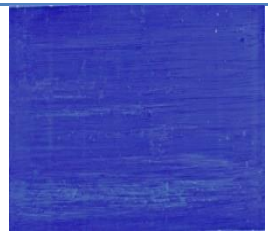
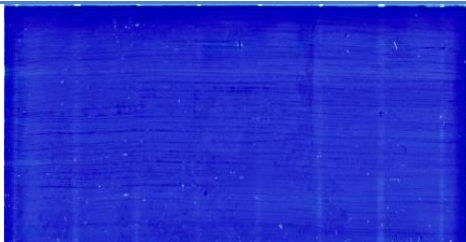
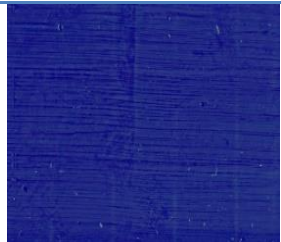

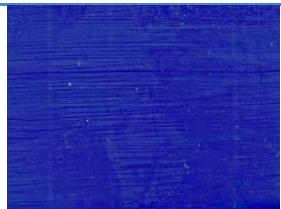
PROBETA	BORRADOR	FOTOGRAFIA GENERAL	FOTOGRAFIA ZONA DE LIMPIEZA
A1	Bic Galet		
A2	Magic Rub		
A3	Groom Stick		
A4	Saquito borrador Milan		
A5	Akapad		
A6	Esponja de humo		

Tabla 12 Macrofotografías de probetas pintadas con pintura alquídica después de la limpieza.

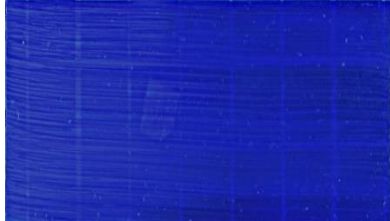
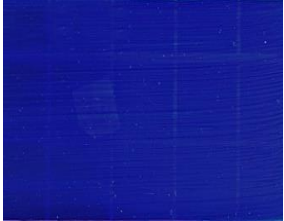
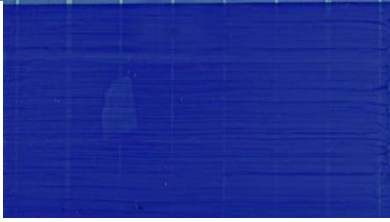
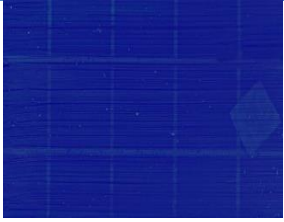
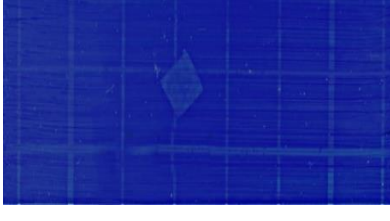



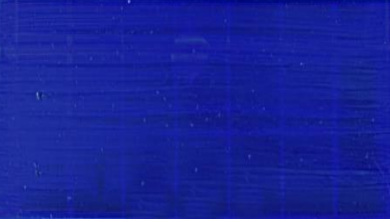
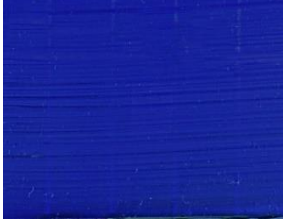

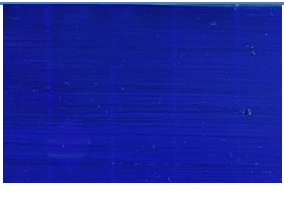
PROBETA	BORRADOR	FOTOGRAFIA GENERAL	FOTOGRAFIA ZONA DE LIMPIEZA
AL1	Bic Galet		
AL2	Magic Rub		
AL3	Groom Stick		
AL4	Saquito limpiador Milan		
AL5	Akapad		
AL6	Esponja		

Tabla 13 Macrofotografías de probetas pintadas con gouache después de la limpieza.




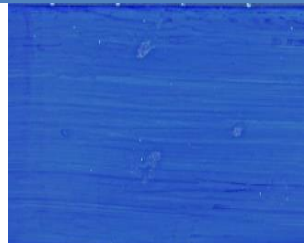
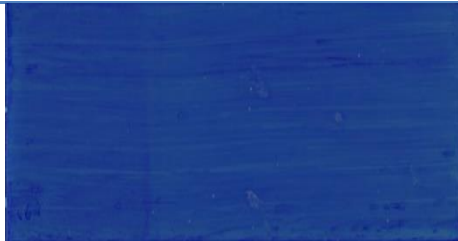
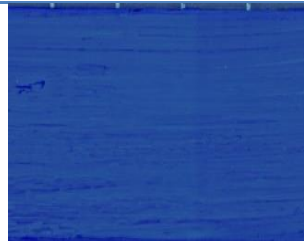

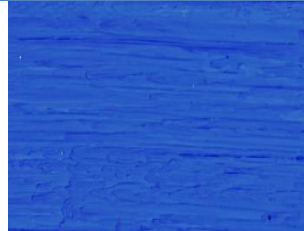
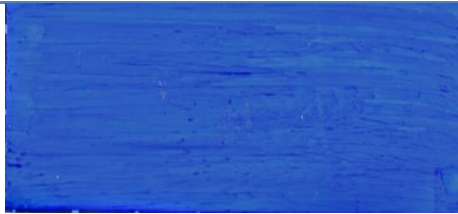
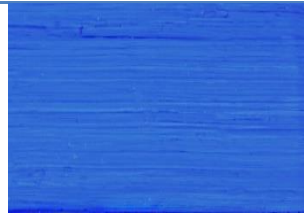
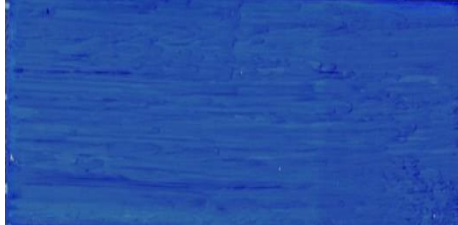

PROBETA	BORRADOR	FOTOGRAFÍA GNERAL	FOTOGRAFÍA ZONA DE LIEMPIEZA
G1	Bic Galet		
G2	Magic Rub		
G3	Groom Stick		
G4	Saquito limpiador Milan		
G5	Akapad		
G6	Esponja		

Tabla 14 Macrofotografías de probetas pintadas al óleo después de la limpieza.

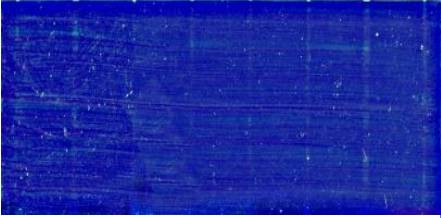
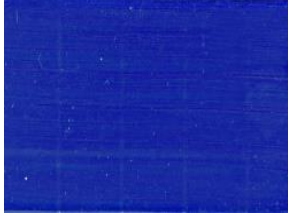
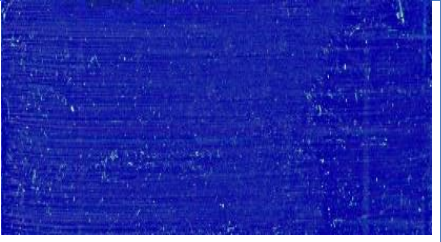



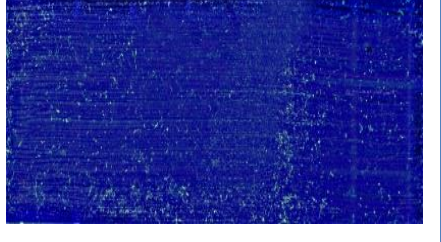

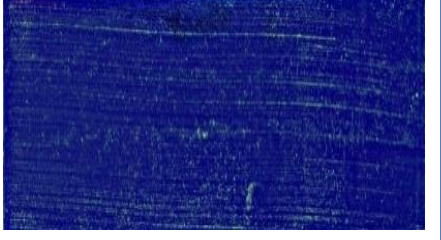



PROBETA	BORRADOR	FOTOGRAFÍA GENERAL	FOTOGRAFÍA ZONA LIMPIEZA
O1	Bic Galet		
O2	Magic Rub		
O3	Groom Stick		
O4	Saquito limpiador Milan		
O5	Akapad		
O6	Esponja		

Tabla 15 Probetas de acrílico vistas con microscopio.

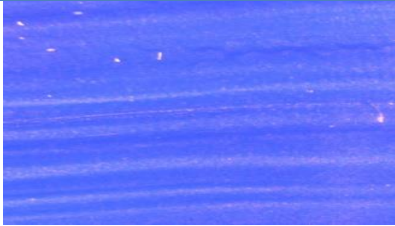

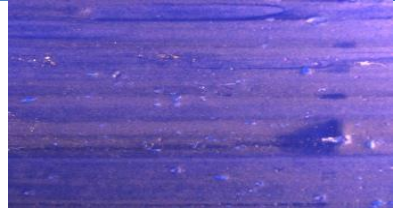
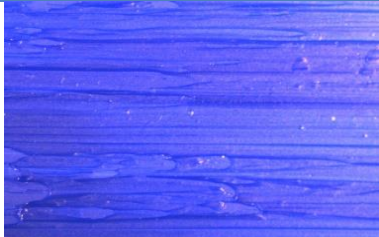
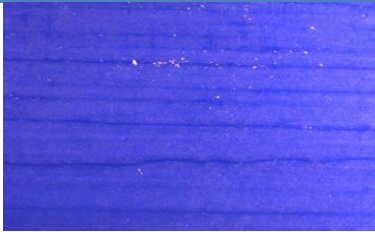

PROBETA	BORRADOR	MICROSCOPIO 4X
A1	Bic Galet	
A2	Magic Rub	
A3	Groom Stick	
A4	Saquito limpiador Milan	
A5	Akapad	
A6	Esponja	

Tabla 16 Probetas de pintura alquídica vistas con microscopio.



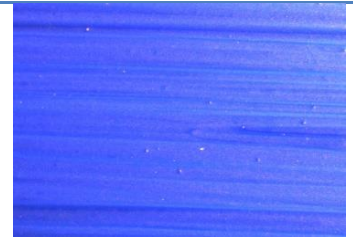


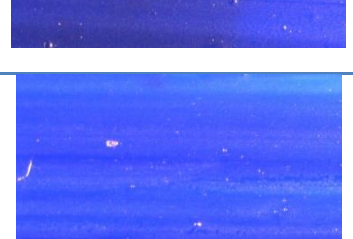
PROBETA	BORRADOR	MICROSCOPIO 4X	
AI1	Bic Galet		
AI2	Magic Rub		
AI3	Groom Stick		
AI4	Saquito limpiador Milan		
AI5	Akapad		
AI6	Esponja		

Tabla 17 Probetas de gouache vistas con microscopio.




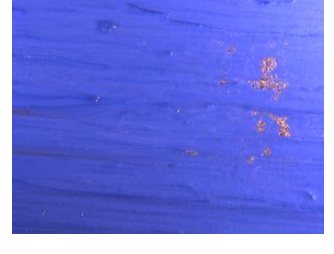
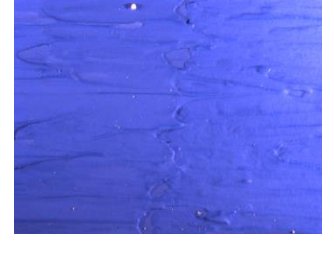

PROBETA	BORRADOR	MICROSCOPIO 4X	
G1	Bic Galet		
G2	Magic Rub		
G3	Groom Stick		
G4	Saquito limpiador Milan		
G5	Akapad		
G6	Esponja		

Tabla 18 Probetas de óleo vistas con microscopio.

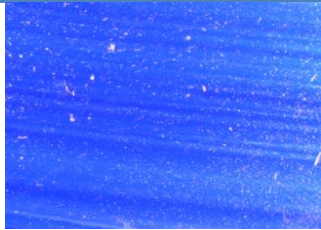



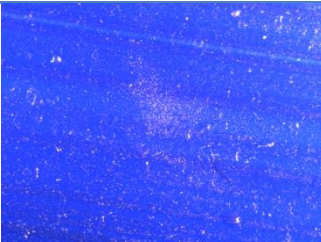










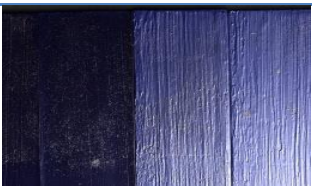


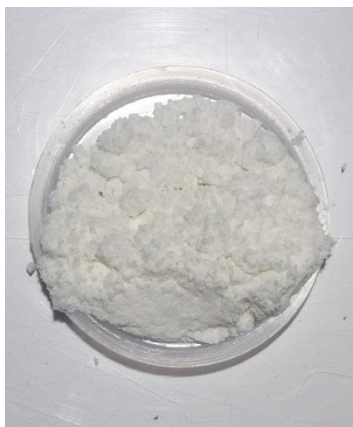
PROBETA	BORRADOR	MICROSCOPIO 4X
O1	Bic Galet	
O2	Magic Rub	
O3	Groom Stick	
O4	Saquito limpiador Milan	
O5	Akapad	
O6	Esponja	

Tabla 19 Probetas analizadas con RTI posterior a la limpieza.

NOMBRE	AJUSTES DE LUZ ESTÁNDAR	AJUSTE CON LUZ ESPECULAR
A1,A2,A3,A4		
A5,A6,A11,A12		
A13,A14,A15,A16		
O1,O2,O3,O4		
O5,O6,G1,G2		
G3,G3,G5,G6		

4. Fichas de materiales de limpieza

AKAPAD EN POLVO BLANCA



Descripción	Generalmente conocida como Wishab es un borrador esponjoso relleno de látex vulcanizado de pH neutro. La Akapad blanca es más suave que la de color amarillo y se puede desintegrar fácilmente para utilizarla en polvo.
Composición	Látex vulcanizado, antioxidante NG-2246, aceite de ricino vulcanizado.
Características	Es útil en suciedad general y localizada. Textura esponjosa.

BIC GALET



Descripción	Borrador sintético compacto de color blanco
Composición	Caucho, aceite vegetal vulcanizado (factis), tiza y plastificantes.
Características	Se utiliza para suavizar material y recoger suciedad en algunas superficies pictóricas.

ESPONJA DE HUMO



Descripción	Es un material esponjoso, suave y flexible pero con una superficie rugosa de estructura similar a la de una colmena de abejas, cuya capa externa con el tiempo se torna frágil y abrasiva.
Composición	Compuesta de goma de caucho natural vulcanizada, una pequeña cantidad de jabón natural y tiza.
Características	La esponja es útil en limpieza general de suciedad superficial y depositada en pinturas con empastes y relieves. Cuando se oxida se rigidiza.

SAQUITO LIMPIADOR MILAN



Descripción	Saquito realizado en tejido de algodón elástico, que contiene en su interior 120 gramos de fino polvo de gomas MILAN.
Composición	Caucho sintético.
Características	El saquito limpiador está especialmente recomendado para la limpieza y restauración de papeles y cartones

GROOM STICK



Descripción	Es una preparación pegajosa de pH neutro que recoge y arrastra distintos tipos de suciedad. A diferencia de otros borradores, el Groom Stick no es abrasivo, no mancha, no deja migas, ni restos de adhesivo.
Composición	Caucho natural y tiza.
Características	Se puede utilizar en diferentes superficies gracias a su maleabilidad.

MAGIC RUB



Descripción:	Borrador poco flexible y pegajoso al tacto.
Composición:	PVC (policloruro de vinilo), plastificante pftalo y carbonato de calcio.
Características:	Es el borrador más rígido utilizado en este estudio.

Índice de tablas

Tabla 1 Tiempo de secado de cada técnica pictórica.	15
Tabla 2 Nombres de probetas.	15
Tabla 3 Valores de mediciones del brillo de zona de control y sucia de cada probeta.	26
Tabla 4 Clasificación de superficies según su rango de medición del brillo en ángulo de 60°.	26
Tabla 5 Materiales de limpieza en seco.	31
Tabla 6 Mediciones del brillo posterior a la limpieza de cada probeta.	38
Tabla 7 A1	38
Tabla 8 Nivel de abrasión y pulido de los borradores en las probetas.	46
Tabla 9 Mediciones del brillo antes y después del procedimiento de limpieza en ángulo de 60°.	51
Tabla 10 Variación del brillo en el tratamiento de limpieza con borradores.	54
Tabla 11 Puntuación del brillo en una escala de 0 a 10.	57
Tabla 12 Morfología de restos de borradores.	59
Tabla 13 Técnicas no invasivas.	61

Índice de tablas de registro de limpieza (inicial y posterior)

Tabla 1 Fotografías de probetas acrílicas.	83
Tabla 2 Fotografías de probetas alquídicas.	84
Tabla 3 Fotografías de probetas de gouache.	85
Tabla 4 Fotografías de probetas de óleo.	86
Tabla 5 Imágenes microscopio de probetas de acrílico.	87
Tabla 6 Imágenes microscopio de probetas alquídicas.	88
Tabla 7 Imágenes microscopio de probetas de gouache.	89
Tabla 8 Imágenes de probetas al óleo.	90
Tabla 9 Acercamientos de imágenes producidas por RTI	91
Tabla 10 Acercamientos de imágenes producidas por RTI	92
Tabla 11 Fotografías de probetas pintadas con acrílico después de la limpieza.	93
Tabla 12 Macrofotografías de probetas pintadas con pintura alquídica después de la limpieza.	94
Tabla 13 Macrofotografías de probetas pintadas con gouache después de la limpieza.	95
Tabla 14 Macrofotografías de probetas pintadas al óleo después de la limpieza.	96
Tabla 15 Probetas de acrílico vistas con microscopio.	97
Tabla 16 Probetas de pintura alquídica vistas con microscopio.	98
Tabla 17 Probetas de gouache vistas con microscopio.	99
Tabla 18 Probetas de óleo vistas con microscopio.	100
Tabla 19 Probetas analizadas con RTI posterior a la limpieza.	101

Índice de gráficos

Gráfico 1 Gráfico de probetas tratadas con distintos borradores en las que se puede observar el cambio o mantenimiento del brillo de cada grupo de probetas.	55
Gráfico 2 Brillo de la zona de control.	56
Gráfico 3 Promedio de la acción de cada borrador sobre las muestras.	57
Gráfico 4 Estructura de los diagramas que se han utilizado en este estudio para evaluar cada borrador.	66
Gráfico 5 Diagrama de eficacia de la limpieza de Bic Galet.	67
Gráfico 6 Diagrama de la eficacia de la limpieza de Magic Rub.	67
Gráfico 7 Diagrama de la eficacia de la limpieza de Groom Stick.	68
Gráfico 8 Diagrama de la eficacia de la limpieza de Saquito limpiador Milan.	68
Gráfico 9 Eficacia de la limpieza de Akapad blanca.	69
Gráfico 10 Diagrama de eficacia de la limpieza de Esponja de humo.	69

Índice de figuras

Fig. 1 Esquema de metodología	10
Fig. 2 Materiales para la confección de probetas.	12
Fig. 3 Probetas agrupadas por tipo de pintura.	13
Fig. 4 Primera capa de pintura de izquierda a derecha.	14
Fig. 5 Segunda capa de pintura de derecha a izquierda.	14
Fig. 6 División en dos zonas de cada probeta.	15
Fig. 7 Probetas secas y protegidas.	16
Fig. 9 Ensuciado de las probetas con polvo.	16
Fig. 8 Ensuciado de probetas con rodillo de esponja.	16
Fig. 10 Probeta completa.	17
Fig. 12 Zona sucia.	17
Fig. 11 Zona limpia.	17
Fig. 13 Captura de imagen en el centro de la zona limpia.	18
Fig. 14 Captura de imagen en el centro de la zona sucia.	18
Fig. 16 (a) Probeta acrílica con suciedad superficial.	19
Fig. 18 (c) Probeta de óleo con suciedad superficial.	19
Fig. 15 (b) Probeta alquídica con suciedad superficial.	19
Fig. 17 (d) Probeta de gouache con suciedad superficial.	19
Fig. 19 Captura de imagen en el centro de la zona sucia.	20
Fig. 20 Captura de imagen en el centro de la zona.	20
Fig. 22 Posición de la luz continua por cada punto de captura.	21
Fig. 21 Ángulo mínimo de la fuente de luz para la captura.	21
Fig. 23 Ángulo máximo de la fuente de luz para la captura.	21
Fig. 26 Medida de la diagonal del conjunto de probetas y posición de las esferas reflectantes.	23
Fig. 24 Puntos desde los cuales se realizan las fotografías.	22
Fig. 25 Esquema de captura de cada imagen.	22
Fig. 27 RTI de probetas monocromas.	23
Fig. 28 Cambios de iluminación de probetas monocromas con RTI Viewer.	24
Fig. 29 Residuos en una probeta acrílica.	33
Fig. 30 Residuos en una probeta de óleo.	33
Fig. 31 Probeta de gouache tratada con Groom Stick.	34
Fig. 32 Probeta de gouache tratada con Esponja de humo.	34
Fig. 33 Probeta de óleo tratada con Saquito borrador Milan.	34
Fig. 34 pintura alquídica y óleo con Groom Stick, Akapad blanca y Saquito borrador Milan.	35
Fig. 35 Probeta de gouache.	36
Fig. 36 Probetas de óleo y gouache registradas con RTI.	37
Fig. 37 RTI de probeta pintada con gouache antes de aplicar un tratamiento de limpieza en seco (G1).	41
Fig. 38 RTI de probeta pintada con gouache tratada con borrador Magic Rub.	41
Fig. 39 RTI de probeta de pintura alquídica antes del tratamiento de limpieza.	42
Fig. 40 RTI de probeta de pintura alquídica después del tratamiento de limpieza con borrador Akapad.	42
Fig. 41 RTI de gouache antes de limpiar.	43
Fig. 42 RTI de gouache tratado con Saquito borrador Milan.	43
Fig. 43 Muestra de pintura acrílica con suciedad superficial.	44
Fig. 44 Muestra de pintura acrílica tratada con Esponja de humo.	44
Fig. 45 RTI de probeta pintada con gouache antes de ser tratada con el borrador Groom Stick.	45
Fig. 46 RTI de probeta pintada con guache después del tratamiento de limpieza con Groom Stick.	45

Fig. 49 RTI con luz especular de probeta pintada con gouache tratada con Bic Galet.	47
Fig. 47 RTI de probeta acrílica tratada con Magic Rub.....	47
Fig. 48 Probeta de pintura alquídica tratada con borrador Bic Galet.	47
Fig. 50 RTI de probeta alquídica tratada con esponja de humo.	48
Fig. 52 Probeta de pintura acrílica.	62
Fig. 53 Probeta de óleo vista con microscopio 4x con residuos dispersados en la superficie. ...	62
Fig. 51 Probeta de pintura alquídica.	62
Fig. 55 Probeta de pintura al óleo vista con microscopio.	63
Fig. 56 Probeta de pintura acrílica vista con microscopio.....	63
Fig. 54 RTI de probeta de pintura acrílica.	63