

APLICACIONES DEL MÉTODO
REFLECTANCE TRANSFORMATION IMAGING
PARA EL ANÁLISIS POR IMÁGENES DE SUPERFICIES EN
LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE BIENES
CULTURALES

Autor: Silvia Noemi Manrique Tamayo

Tutores: Julia Oisca Pons
Juan Valcárcel Andrés



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



Resumen

Esta investigación explora el uso del *Reflectance Transformation Imaging* (RTI) como herramienta auxiliar de análisis no-destrutivo y medio de documentación de superficies para diversas tareas de conservación y restauración de los bienes culturales.

El RTI es un método de fotografía computacional que utiliza equipo fotográfico e informático convencional para generar una réplica digital de alta calidad de la forma, textura, reflectancia y color de los objetos. Debido a que el modelo producido puede ser re-iluminado por el usuario desde distintos ángulos y visto a través una variedad de filtros para mejorar considerablemente el contraste y la percepción de los detalles superficiales de las obras, el RTI ayuda a revelar información textural no accesible a través del examen empírico del objeto físico o utilizando otras tecnologías como la fotografía con luz rasante o los escáneres 3D.

A través del análisis de fuentes documentales y de la creación de imágenes RTI de diversas obras, incluyendo pinturas, documentos gráficos, textiles y objetos de madera, metal y piedra, en este trabajo se exponen los principios de funcionamiento y creación de imágenes RTI, se valoran sus ventajas y limitaciones para el registro y estudio preciso de las superficies y se examina en detalle la viabilidad de su implementación práctica en las tareas de conservación y restauración. Además, también se proponen y analizan diversas aplicaciones innovadoras en las que el método RTI puede ser de gran beneficio para los restauradores, tales como la documentación y caracterización de los bienes culturales, el diagnóstico de su estado de conservación, el monitoreo de deterioro, la evaluación de tratamientos y materiales de restauración, la conservación preventiva y la difusión de información.

Abstract

This research explores the use of Reflectance Transformation Imaging (RTI) as an auxiliary tool for non-destructive analysis and documentation of cultural heritage object's surfaces during conservation and restoration processes.

The RTI is a method of computational photography that uses conventional equipment to generate a high quality digital replica of an object's form, texture, reflectance and color. Since the user can re-lit this digital model from different angles and view it through a variety of filters to significantly improve the contrast and perception of the surface details, RTI helps reveal textural information not accessible through empirical examination of the physical object or using other technologies such as raking light photography or 3D scanning.

Through documentary sources and the actual imaging of various artworks, including paintings, documents, graphics, textiles and objects of wood, metal and stone, this paper examines the principles of RTI, evaluates its advantages and limitations for registration tasks and accurate study of surfaces, and scrutinizes in detail the feasibility of its implementation in the conservation workflow. In addition, we propose and analyze various applications for which the use of RTI can be of great benefit to conservators, such as documentation and characterization of cultural property, condition reporting, deterioration monitoring, evaluation of conservation treatments and materials, preventive conservation tasks, and information dissemination.

Agradecimientos

En primer lugar agradezco la guía y apoyo constante de mis tutores Julia Osca Pons y Juan Valcárcel Andrés quienes desde el principio me brindaron mucho más de su tiempo, ayuda y conocimiento de lo que era su responsabilidad.

Al Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, a la directora Carmen Pérez y a las coordinadoras Fanny Sarrió, Gemma Contreras y Marga Doménech por permitirme emplear el equipo, los espacios y las obras para las sesiones RTI y por consentir que utilizara mi tiempo como becaria, y el de muchos otros restauradores y becarios en el instituto, para tomar fotografías.

Este trabajo no habría sido posible sin la ayuda de Inmaculada “Chiti” Chulia Blanco, quien me brindó la oportunidad de experimentar con el RTI en el Instituto y me auxilió para conseguir todo el material necesario, incluidas las famosas bolas negras. De la misma manera aprecio la asistencia desinteresada de Pilar Rodríguez Rodríguez y Carolina Torices de Cabo, quienes dedicaron incontables horas a conectar cables, sujetar luces, hacer pruebas y tomar fotografías; y se convirtieron en mi “equipo oficial RTI”.

Agradezco a Chiara Santini, becaria del DCRB por su dedicación en las sesiones de captura en la UPV, a David Sánchez Cohas por los esquemas 3D, así como a todas aquellas personas que en algún momento me ofrecieron de su tiempo y de las obras a su disposición. Entre ellos están Amparo Linares, Eva Montesinos, Sofía Vicente, Eva Pérez, Montserrat Lastras, Susana Martín y Enriqueta González de la UPV; y Patricia Real, Rafael Martínez, Sabina Bellver y Rosi Román del IVC+R.

Estoy agradecida también por el amor, el ejemplo y apoyo de mi familia y mis amigos, quienes me alentaron para emprender este camino, sobre todo a Marco Inclán quien además ha tomado diligentemente las riendas del hogar para que pudiera terminar este trabajo.

Finalmente, mi más grande agradecimiento esta dedicado a mi León, por ser su luz la que, literalmente, me despierta cada día.

Tabla de Contenidos

Introducción	3
Objetivos	6
Metodología de investigación	7
a) Investigación documental	7
b) Investigación experimental	7
c) Análisis de resultados y propuesta	8
Capítulo 1. Reflectance Transformation Imaging	11
1.1 Mapas Polinomiales de Textura	13
1.2 El sistema de luces portátiles	17
Capítulo 2. Método de obtención de imágenes RTI	19
2.1 Captura RTI	20
2.2 Procesamiento	22
2.2.1 Pre-procesamiento	22
2.2.2 Procesamiento con RTI Builder	22
2.3 Visualización	24
Capítulo 3. RTI como herramienta de análisis de superficies	31
3.1 Caracterización de texturas	32
3.2 El RTI, ¿una alternativa a los escáneres 3D?	33
3.3 El RTI, ¿una alternativa a la fotografía con luz rasante?	37
Capítulo 4. Alcances y limitaciones del método RTI	45
4.1 Ventajas como instrumento de análisis por imágenes	45
4.2 Accesibilidad	51
4.3 Facilidad de implementación	52
4.4 Limitaciones del RTI	53

Capítulo 5. Aplicaciones de método RTI en las conservación y restauración de bienes culturales	55
5.1 Creación de réplicas digitales	56
5.2 Caracterización del objeto	57
5.3 Diagnóstico del estado de conservación	64
5.4 Evaluación de tratamientos	69
5.5 Evaluación de materiales de restauración	72
5.6 Conservación preventiva y difusión	78
Conclusiones	81
Bibliografía	85
Anexo 1. Fichas de registro	91
Anexo 2. Videos RTI	113 + CD

Human visual perception is a far more complex and selective process than that by which a film records. Nevertheless the camera lens and the eye both register images—because of their sensitivity to light—at great speed and in the face of an immediate event. What the camera does, however, and what the eye in itself can never do is to fix the appearance of that event. It removes its appearance from the flow of appearances and it preserves it, not perhaps forever but for as long as the film exists. The essential character of this preservation is not dependent upon the image being static; unedited film rushes preserve in essentially the same way. The camera saves a set of appearances from the otherwise inevitable supersession of further appearances. It holds them unchanging. And before the invention of the camera nothing could do this, except, in the mind's eye, the faculty of memory.

- John Berger

Introducción

Es innegable que en las últimas décadas el campo de la conservación y restauración se ha valido cada vez más de los nuevos adelantos tecnológicos e informáticos para obtener imágenes precisas de los bienes culturales que busca preservar. Muchos de estos medios gráficos están orientados a ayudar a interpretar la superficie de los objetos ya que es ahí donde se concentra la mayor parte del mensaje visual que indica la naturaleza del material, la forma en la que el hombre lo ha manipulado para crear un objeto cultural y en donde se revelan los cambios que ha sufrido.¹

Entre las herramientas tecnológicas empleadas, la fotografía es sin duda uno de los medios más antiguos, rápidos, sencillos y efectivos que se han utilizado para documentar y presentar la información observada en la superficie de los objetos. De hecho, de acuerdo con Sougez, autora de *La historia de la fotografía*,² desde los primeros estudios fotográficos de pinturas llevados a cabo en el laboratorio del museo del Louvre en 1930 hasta nuestros días este medio gráfico ha sido asimilado por restauradores en todos los ámbitos como un método complementario de análisis para la caracterización de obras de arte, la documentación, la examinación micro y macroscópica o para la localización y cuantificación de daños, entre otros.

Gracias a la llegada de la fotografía digital y las mejoras en la capacidad de las cámara, los sensores, y las luces, el registro preciso de los materiales ha avanzado a pasos agigantados en las ultimas décadas. Además, con la introducción de diversos tipos de iluminación, las imágenes fotográficas actualmente ayudan a revelar datos que antes no era posible apreciar tales como los dibujos preparatorios debajo de las capas pictóricas con ayuda de la luz infrarroja o la presencia de repintes a través de luces y sensores del espectro ultravioleta. Sorprendentemente, a pesar de que ahora podemos acceder incluso a los estratos más profundos de los objetos con técnicas

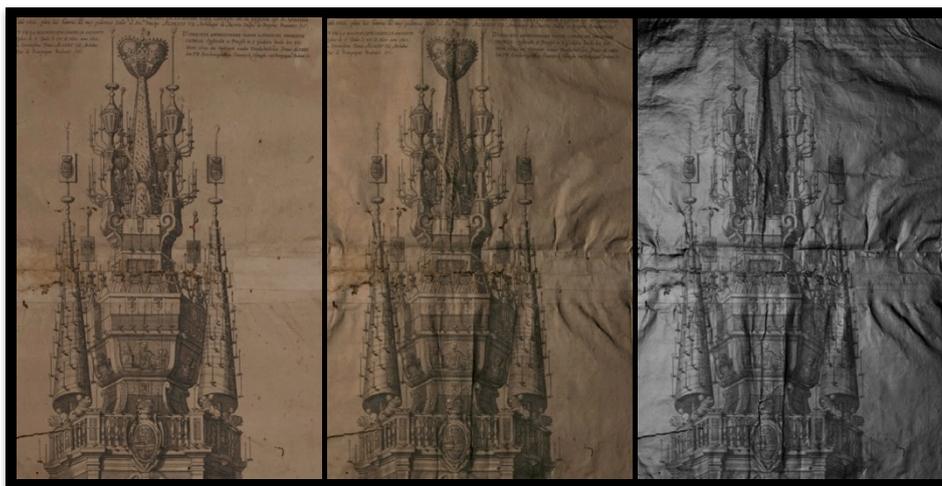
¹ Vernhes y Whitmore 2011, 36.

² Sougez 1988, p. 299.

de diagnóstico por imágenes tan avanzadas como la tomografía axial computarizada, el estudio y registro de las texturas sigue siendo hoy un reto.

La tridimensionalidad superficial o textura es, junto con la forma y el color, uno de los elementos visuales más importantes para identificar las características de la materia y de todo lo que nos rodea. Además de ser una cualidad inherente de los objetos, en el campo de la restauración la textura ayuda a reconocer el material del que está hecha una obra, las técnicas de factura o su estado de conservación. No obstante su relevancia, capturar y transmitir fácilmente la información textural completa de un objeto es todavía un asunto complejo en busca de solución. A pesar de todas sus cualidades, la fotografía con iluminación rasante, tradicionalmente utilizada para este fin, no puede mostrar íntegramente la naturaleza tridimensional de las superficies porque ésta se percibe de manera distinta, dependiendo de cómo se ha iluminado el objeto. Cuando se hace una captura con luz rasante, la compleja interacción perceptual entre la iluminación, la obra y el observador se condensa en una sola imagen definida subjetivamente por el fotógrafo, lo que limita el realismo y hace de dicha imagen una representación parcial de la superficie.³

Afortunadamente, el surgimiento de la Fotografía Computacional ha hecho posible la introducción de nuevos métodos de captura y procesamiento que extraen datos de una secuencia de fotografías digitales para generar una nueva imagen con información relevante que no se encuentra en ninguna de las tomas individuales originales.⁴ Entre estos métodos se encuentra el *Reflectance Transformation Imaging* (RTI), el cual resguarda una solución viable para la captura y representación fiel de las propiedades visuales superficiales de los bienes culturales ya que utiliza equipo fotográfico convencional para crear imágenes digitales interactivas que duplican en pantalla los patrones de color, textura y brillo del objeto en un modelo virtual que el usuario puede re-iluminar desde cualquier dirección y manipular para enfatizar de manera precisa y detallada sus rasgos más sutiles (ver ejemplo a).⁵



Ejemplo a. Configuración superficial de un grabado vista a través de distintos filtros RTI con la misma dirección de iluminación.

³ Rochester Institute of Technology 2008.

⁴ Schroer 2012, 42.

⁵ En español el nombre se traduce como Imágenes por modificación de la reflectancia.

Desde su concepción en los laboratorios *Hewlett Packard* en el 2001, el RTI fue reconocido como herramienta valiosa para la documentación del patrimonio cultural siendo, de hecho, una tablilla sumeria de 4000 años de antigüedad proveniente de la colección babilonia de la Universidad de Yale, uno de los primeros ejemplos usados para introducir esta nueva técnica.⁶ Tras la introducción un sistema de captura con luces portátiles y de programas informáticos automatizados en el 2006 por investigadores del *Cultural Heritage Imaging* (CHI) –institución dedicada al desarrollo de herramientas tecnológicas para la preservación del patrimonio- las imágenes RTI se empezaron a adoptar en diversos organismos culturales alrededor del mundo ya que la simplicidad del método, el formato final de presentación y la cantidad de información visual que proveen las convierte en un excelente medio de registro, estudio y difusión de los bienes culturales.

Entre las instituciones que han utilizado el RTI para el análisis de obra se encuentran el *Smithsonian's Museum Conservation Institute* (USA) -que durante el 2010 creó imágenes RTI para una colección de casi 400 relieves arqueológicos en papel provenientes del medio oriente-⁷ y el *Archaeological Computing Research Group* de la Universidad de Southampton (Inglaterra), quienes además han experimentado con la integración de la microscopía y las luces ultravioleta e infrarrojas con el RTI.⁸ En el campo de la restauración la información relativa al empleo del RTI es aún escasa, no obstante existen blogs, videos y sitios web de museos – como el *Fine Arts Museum of San Francisco* (USA), el *Georgia O'Keeffe Museum* (USA), o el *Worcester Art Museum* (Inglaterra)- que mencionan aplicaciones tales como la visualización de detalles sutiles de pinceladas, marcas de impresión, escamado de tintas en manuscritos ilustrados y grabados en papel; rasguños en placas y depósitos químicos en daguerrotipos; marcas de herramientas, relieves casi totalmente desaparecidos en monedas o incluso la evaluación de tratamientos en intervenciones sobre restos arqueológicos de madera.⁹

No obstante su origen reciente, la posibilidad que ofrece el RTI para crear réplicas digitales exactas de los bienes culturales que reproduzcan no una imagen fija sino una visualización completa de la interacción de la luz con la superficie utilizando equipo fotográfico convencional son cualidades únicas que deben ser estudiadas y aprovechadas por la restauración en beneficio del patrimonio. La implementación de un nuevo medio de documentación y de análisis no-destrutivo de superficies como el RTI permitirá a los restauradores acceder a información textural no discernible a través de luces rasantes, escáneres 3D o incluso observando directamente los objetos para ayudarle a conocer con mayor precisión los materiales y técnicas que conforman las obras, diagnosticar más objetivamente su estado de conservación, monitorear puntualmente las transformaciones que sufre, planear y evaluar mejor los materiales y tratamientos de intervención y servir como instrumento de prevención del deterioro y medio efectivo de difusión. Por estas razones, la presente investigación propone la adopción del *Reflectance Transformation Imaging* como herramienta auxiliar de diagnóstico por imágenes y como medio de documentación integral para la conservación y restauración de bienes culturales.

⁶ Malzbender, Gelb y Wolters 2001.

⁷ Wachowiak y Webb 2011.

⁸ Kotoula 2012.

⁹ Earl, Martinez y Malzbender 2010, 6.

Objetivos

El objetivo principal es el de investigar el uso del *Reflectance Transformation Imaging* como herramienta de análisis por imágenes y medio de documentación de superficies en los distintos ámbitos de actuación de la restauración, tales como el registro, la examinación, el diagnóstico de estado de conservación, la evaluación de procesos y materiales de restauración, las medidas de prevención, monitoreo y difusión de diversos tipos de bienes culturales.

Entre los objetivos particulares se encuentran:

- ⊙ Investigar y exponer los principios de funcionamiento del método RTI así como la metodología de captura, procesamiento y visualización de imágenes RTI.
- ⊙ Producir imágenes RTI de objetos culturales representativos de distintos materiales, tamaños, configuraciones y/o problemáticas de conservación, para probar la aplicabilidad del RTI en ellos y explorar las ventajas y desventajas que conlleva la implementación práctica del método.
- ⊙ A partir de la información obtenida de las imágenes RTI producidas, exponer los principales alcances y limitaciones del método RTI para la documentación y el análisis por imágenes de las superficies de los bienes culturales.
- ⊙ Plantear posibles aplicaciones del método RTI en las distintas tareas de la conservación y la restauración, tales como el registro de obra, la caracterización de los bienes culturales, el diagnóstico del estado de conservación, el monitoreo y evaluación de los tratamientos de intervención, la evaluación de los materiales de restauración, la conservación preventiva y la difusión de información.

Metodología de investigación

A) Investigación documental

El primer paso para la realización de este trabajo ha sido la búsqueda intensiva de publicaciones acerca de la adaptación del método Reflectance Transformation Imaging hacia el campo del patrimonio cultural y de las diversas instancias en las que se ha aplicado exitosamente para la documentación y estudio de obras particulares. Esta tarea también ha involucrado el estudio de los principios de reflectancia básicos por los cuales se producen los modelos digitales RTI así como los procedimientos de captura fotográfica, procesamiento y visualización. Ya que se trata de una tecnología emergente, las fuentes disponibles para comprender el método y los medios para su implementación se concentraron en un reducido número de actas de congresos, artículos de revistas y blogs de museos o instituciones educativas norteamericanas e inglesas; pero principalmente en las guías de usuario provistas por el sitio web del *Cultural Heritage Imaging*.

B) Investigación experimental

Espacio y equipo Para la fase experimental se buscaron instituciones de restauración en las que se pudiera poner en práctica el método RTI. Tomando en consideración el espacio disponible, la existencia de equipo fotográfico e informático, la facilidad de acceso a objetos culturales con grados de deterioro diversos y en distintas fases de restauración se identificaron dos instituciones ideales: el Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) y el Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales (IVC+R), con sede en Valencia. Ya que cada institución contaba con recursos, personal con experiencia fotográfica y espacios distintos, fue posible probar diversas metodologías de trabajo que ayudaron a promover la obtención de archivos RTI de alta calidad optimizando costos, tiempo y configuración de equipo.

Objetos de estudio En ambas instituciones se seleccionaron objetos que fueran representativos de diversos tipos de bienes culturales para verificar la utilidad del método en la reproducción exacta de formas, color, textura o propiedades reflectantes. Entre

las obras fotografiadas se encuentran pinturas sobre lienzo, tabla y papel, documentos manuscritos y grabados, así como objetos de madera, metal, piedra y textiles. Cada objeto presentaba rasgos de volumetría, textura y problemáticas de deterioro variados, por lo que la adaptación del método de captura sirvió para reconocer muchas de sus ventajas y limitantes técnicas.

En algunos casos fue posible fotografiar las obras tras ciertos procesos de restauración, lo cual sirvió para comparar la efectividad del RTI para registrar los cambios en la apariencia de las superficies durante la intervención y valorar los resultados mediante la comparación de los modelos digitales creados. Con el fin de explorar la aplicación del RTI en otros aspectos de la restauración también se fotografiaron algunas probetas de pastas de estucado para hueso y para madera policromada desarrollados por investigadores del Instituto de Restauración del Patrimonio de la UPV, antes y después de ser sometidos a pruebas de deterioro físico y/o químico.

Proceso En ambas instituciones se han seguido los pasos sugeridos en las guías de usuario RTI publicadas en línea por CHI, adaptándolos a los espacios y equipo disponibles durante esta investigación. El proceso general RTI se explica en el capítulo 2 de este documento.

Ya que la documentación y el archivo apropiado de las imágenes creadas es parte importante de una correcta práctica de preservación, se desarrolló una ficha de registro para cada objeto fotografiado, la cual contiene datos generales de la obra, del equipo fotográfico y de la iluminación utilizados; notas acerca de la sesión y el nombre de los archivos RTI producidos. Las fichas creadas se pueden consultar en el Anexo 1 de este documento.

Todas las imágenes producidas durante este proyecto han sido archivadas en la base de datos de la Unidad de Documentación y Registro del Departamento de Conservación y Restauración de la UPV para futura referencia.

C) Análisis de resultados y propuesta

La información obtenida durante el proceso de creación de imágenes así como los referentes documentales relativos a aspectos técnicos del método RTI dieron la pauta para valorar sus principales alcances y limitaciones como técnica de registro y herramienta auxiliar de diagnóstico, así como su accesibilidad y facilidad de implementación para las tareas cotidianas de restauración. Analizando la información contenida en las imágenes ayudo a crear una propuesta de para la aplicación del RTI en distintas áreas la conservación y restauración como

son la documentación y caracterización del objeto, el diagnóstico del estado de conservación, la prevención en la evaluación de materiales y procesos y en la difusión de obra, entre otros.

Es importante recordar que las imágenes RTI son modelos virtuales accesibles y manipulados a través de un programa informático interactivo; por lo tanto, las fotografías publicadas en este documento son únicamente tomas instantáneas –parciales- derivadas del archivo digital. Para comprender cabalmente la dinámica entre la iluminación y el objeto, y contemplar el poder de representación y comunicación que ofrece el método de *Reflectance Transformation Imaging* es imperativo ver las imágenes a través del software de vista RTI en un ordenador.

Capítulo 1

Reflectance

Transformation Imaging

El *Reflectance Transformation Imaging* es un método de fotografía computacional que hace uso de la toma sistemática de imágenes de un objeto fijo, iluminado desde diferentes ángulos, para así capturar su forma y propiedades reflectantes y con ello generar un modelo virtual fotorealista de alta calidad de su textura y color.¹⁰

Este modelo digital es interactivo, lo que significa que el usuario puede manipular la luz en pantalla e iluminar el objeto desde cualquier dirección, lo que permite amplificar la percepción de los detalles superficiales a través de la simulación de un número infinito de iluminaciones oblicuas y rasantes.¹¹ RTI no sólo es útil para ver al sujeto bajo diferentes ángulos de luz, sino que toma su nombre de la habilidad que tiene para modificar las propiedades reflectantes del modelo virtual sin afectar la información topográfica. A través de la aplicación de diversos filtros de renderizado es posible transformar el contraste entre altos- y bajo-relieves, acentuar los brillos locales, aumentar la luminosidad de toda la superficie o disminuir los valores de color para ver únicamente las texturas; lo que permite revelar detalles acerca de las irregularidades superficiales imposibles de obtener por otros medios fotográficos, espectros de iluminación, o incluso examinando empíricamente el objeto mismo (fig. 1).¹²



Datos de la obra (siguiente página):

Retrato masculino

Óleo sobre lienzo

Colección particular

Siglo XX

62 cm x 49 cm

#Registro: RTI2013_033

¹⁰ Malzbender, Gelb y Wolters 2001.

¹¹ Earl, Martinez y Malzbender 2010, 3.

¹² Schroer 2012, 39.



Fig. 1 Capturas extraídas del archivo RTI mostrando la textura de una obra pictórica. Sin filtro (arriba), con aumento en el contraste de los relieves (abajo izquierda) y con aumento de la reflectancia y disminución de color (abajo derecha).

1.1 Mapas Polinomiales de Textura

El RTI es un método que extrae datos de una secuencia de fotografías digitales y con ellas sintetiza una nueva representación que contiene información no reconocida previamente en la fuente original.¹³ Cuando se observa una imagen RTI en pantalla, normalmente se asume que éste método superpone las fotografías fijas, sin embargo, esta imagen no es sino la presentación final de un mapa digital que representa matemáticamente las cualidades de color, textura y reflectancia del objeto. Conocidos originalmente como *Polynomial Texture Maps* (PTM), estos mapas fueron introducidos en el 2001 por Tom Malzbender y Dan Gelb, de los Laboratorios de investigación Hewlett Packard, como una aplicación de renderizado para gráficos tridimensionales utilizando fotografías y fuentes de luz convencionales.¹⁴

De manera general, los PTM se crean a partir de la reflexión de luz sobre un cuerpo, la cual depende tanto de las particularidades de la fuente de luz como de la superficie sobre la que incide, es decir de la textura. La textura se puede definir como la descripción de las características topográficas exteriores de una forma o como el conjunto de irregularidades de la superficie que se captan mediante el tacto. No obstante, pese a que se habla de una característica táctil, no siempre es necesario manipular un objeto para reconocer su textura ya que visualmente se percibe gracias a los efectos del contraste entre brillos, sombras y color dados por los cambios en la reflexión de la luz sobre la rugosidad superficial.¹⁵

Los valores de reflectividad de un objeto -su reflectancia- son dependientes del ángulo de inclinación y profundidad relativa de cada segmento de la superficie. Cuando ésta es plana o lisa en comparación con la onda de luz incidente, se comporta como un espejo perfecto y presenta una *reflexión especular*, donde el haz se refleja en una dirección específica con el mismo ángulo que el haz incidente (fig. 2). Cuando un material es rugoso, la luz se encuentra con superficies inclinadas en diferentes grados por lo que los rayos se reflejan en distintas direcciones; dando lugar a lo que percibimos como *reflexión difusa*.¹⁶

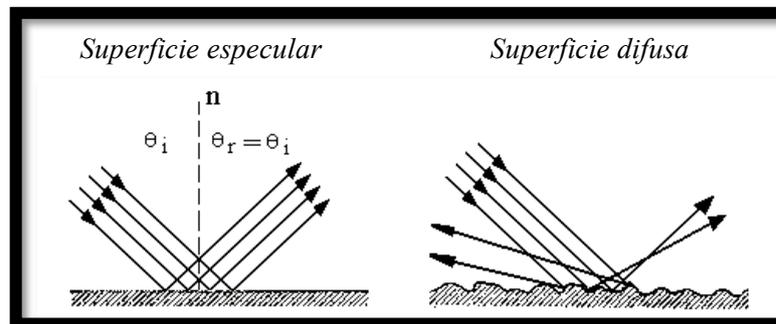


Fig. 2 Reflexión de luz. (Fuente: Velázquez 2011, 25)

¹³ Schroer 2012, 38.

¹⁴ Zanyl, et al. 2007, 3.

¹⁵ La iluminación es una guía visual importante para la visión ya que hace que las cosas se perciban en tres dimensiones. Sin el juego de luces y sombras los objetos aparecerían planos (Department of Mathematics y Computer Science 2012).

¹⁶ Velázquez 2011, 24; Barbosa 2009, 16.

Mientras que la reflexión especular produce brillos pequeños pero más intensos y sombras más oscuras y definidas, la reflexión difusa produce reflejos más amplios, con menos contraste en la escena y una transición más sutil entre luces y sombras (fig. 3).

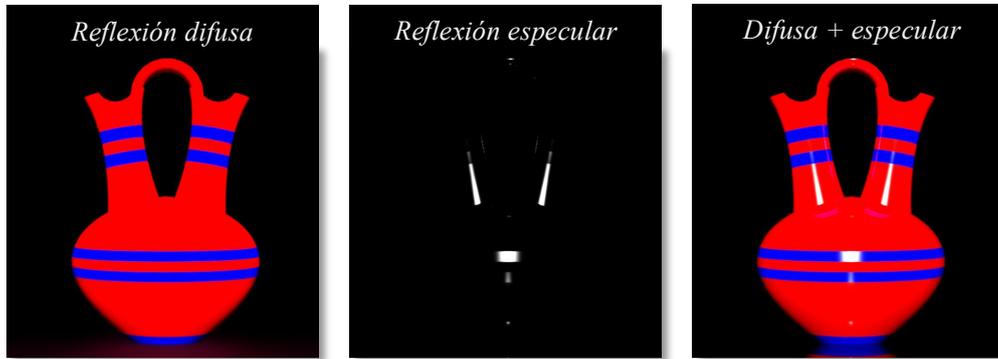


Fig. 3 Patrones básicos de reflectancia. (Fuente: Barbosa 2009, 17)

Gracias a que todos los cuerpos poseen zonas con cierta especularidad y otras con rugosidad, la infinita configuración de ambas es lo que le da a cada uno sus propios niveles de reflectividad, lo que aprovecha el RTI para calcular la textura.

Los reflejos revelan las formas al capturar los vectores direccionales llamados *normales*, que son perpendiculares al punto de la superficie que la luz toca y que marcan el punto medio exacto entre el ángulo de luz incidente y el reflejado (fig. 4).¹⁷

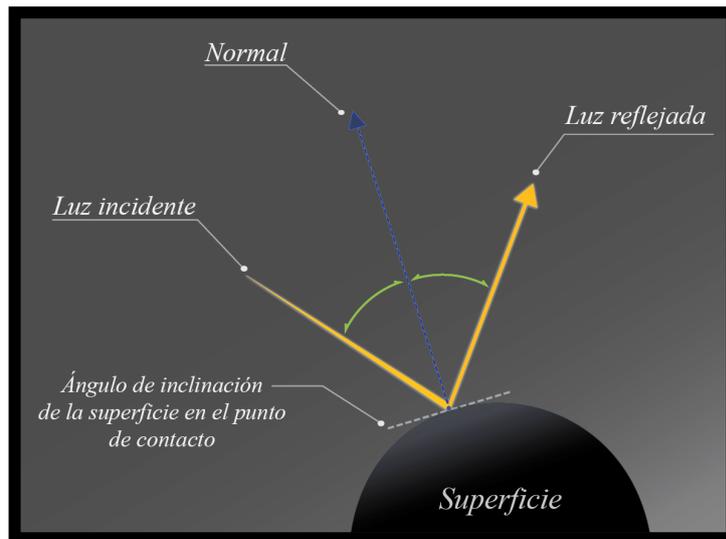


Fig. 4 Normales de superficie.

¹⁷ Mudge, Ashley y Schroer, 2007.

En el método RTI, cuando se toman diversas fotografías de un objeto fijo y en cada una la fuente de luz se coloca en posiciones distintas, los patrones de reflectancia de cada segmento de la superficie se capturan en el pixel correspondiente de cada fotografía. Posteriormente, a través de un conjunto de cálculos matemáticos hechos por un programa informático RTI se derivan las relaciones entre las direcciones de luz incidente y las reflejadas –que se denotan por la intensidad de los pixeles- y con ello se identifican las normales, es decir, los ángulo de inclinación de cada sitio exacto.¹⁸ Ya que cada normal codificada en la fotografía corresponde a un punto del objeto, en conjunto, todas las normales proporcionan una “descripción” exacta de la topografía completa (fig. 5).¹⁹

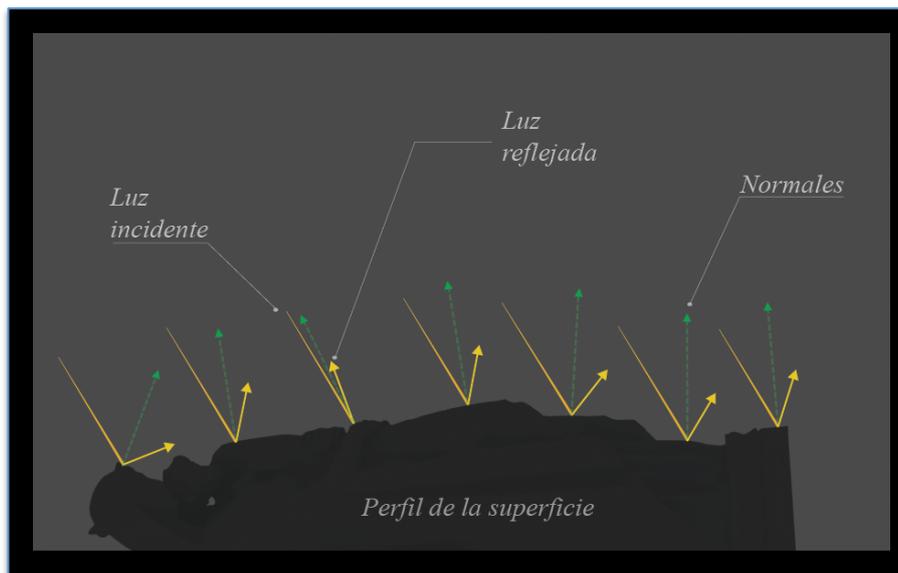


Fig. 5 Normales de superficie. En la realidad hay varias normales por cada pixel, lo que se traduce en millones de normales para cada objeto.

Una vez que se ha identificado la configuración de la superficie así como sus propiedades reflectantes, es posible crear un mapa digital que reproduzca, pixel por pixel, esa misma reflectancia, forma y color, cuando es iluminado por una fuente de luz virtual.²⁰ Cuando se le observa a través de un programa de visualización RTI, el mapa aparece como una imagen fotográfica convencional, pero a medida que el usuario mueve la luz en pantalla, el modelo duplica las propiedades reflectantes del objeto real y es capaz de proveer al sistema perceptual del cerebro con lo que necesita para verlo en tres dimensiones (fig. 6).²¹

Cuando la información de la superficie se ha digitalizado, el usuario puede seleccionar y destacar rasgos particulares al aumentar o disminuir la reflectividad, remover los datos de color

¹⁸ Mudge, et al. 2005.

¹⁹ Happa, et al. 2009.

²⁰ A la información pixel-normal se le conoce como *textel*. Redman, Mudge 2007, 358.

²¹ Cultural Heritage Imaging 2010, 11.

o colorear los contornos sin alterar la información topográfica o modificar el archivo informático.

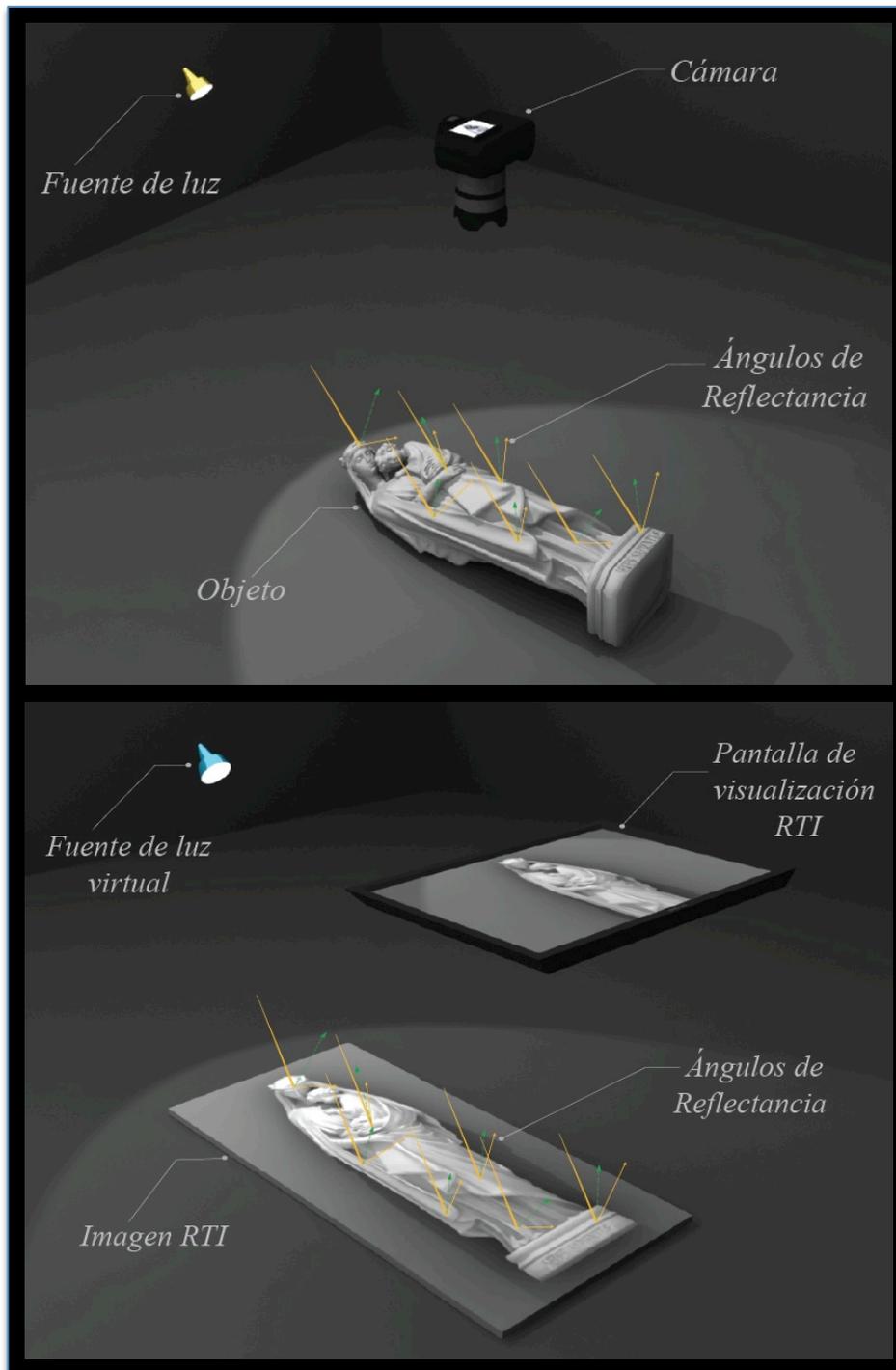


Fig. 6 Los patrones de reflectancia y textura del objeto (imagen superior) son reproducidos en pantalla por la imagen RTI (imagen inferior).

1.2 El sistema de luces portátiles

Para calcular cómo se refleja la luz sobre la textura y extraer información exacta de las normales se debe conocer la dirección precisa de la iluminación utilizada en cada fotografía, lo que se puede obtener por dos medios: empleando una estructura sólida con luces estacionarias o a través de los datos presentes en la misma imagen.²²

El sistema con luces estacionarias fue el primero utilizado por Malzbender para crear PTMs y consiste en construir una estructura rígida semiesférica con luces dispuestas en posiciones específicas que se conocen de antemano; es decir, se construye un domo de luces conectadas y controladas por un ordenador (fig. 7). Las ventajas de utilizar domos de luz radica en que se puede seleccionar rápidamente la configuración de las luces y el número de capturas que se hacen en cada rotación, además de que el proceso puede automatizarse y reducir considerablemente el tiempo de obtención.²³ Para objetos de tamaño y configuración similar este sistema es ideal ya que permite tomar secuencias de docenas de fotografías en unos pocos minutos.



Figura 7. Ejemplos de domos de luces.

(Fuente: <http://www.worcesterart.org/Collection/conservation/reflectance-transformation-imaging.html>;
<http://www.hpl.hp.com/research/ptm/MakingPtmNew.htm>)

Desafortunadamente, el método de luces estacionarias también tiene algunas desventajas: los objetos deben medir menos de un tercio de las dimensiones del domo por lo que el tamaño de los sujetos que se pueden fotografiar es muy limitado. Por otra parte, el costo de construcción de los domos es alto y, considerando que a mayor tamaño de los sujetos deben construirse estructuras más grandes, se puede incurrir en gastos onerosos. Además, existen restricciones en el transporte y adaptación para investigaciones de campo –donde las condiciones del contexto o

²² Earl, Martinez y Malzbender 2010, 2.

²³ Earl, Martinez y Malzbender 2010, 4.

la existencia de barreras físicas limitan el acceso- por lo que su uso generalmente se reserva a interiores o contextos de laboratorio.²⁴

En el 2006, Tom Malzbender colaboró con investigadores de CHI para desarrollar una técnica que fuera más sencilla, económica y flexible que el domo de luces. El resultado fue la creación del sistema con luces portátiles conocido como *Highlight RTI* (H-RT) el cual elimina el requerimiento de conocer de antemano la posición de la fuente de iluminación y en cambio permite que ésta sea registrada en la misma fotografía y calculada posteriormente.

En lugar de una estructura rígida, el método H-RTI únicamente requiere una luz móvil - ya sea un flash externo o una lámpara de luz continua- y de dos esferas negras altamente reflectantes que se colocan junto al objeto para ser incluidas en la composición (Fig. 8).



Fig. 8 Método H-RTI

Al hacer las tomas, el flash produce altos brillos especulares en la superficie de las esferas que quedan registrados en las fotografías. Cuando se procesa la secuencia, un programa informático detecta las esferas y los brillos y con ello determina la posición y el ángulo exacto de la fuente de luz para crear el mapa de textura.²⁵

Mark Mudge, director de CHI, afirma que la creación del método de luces portátiles propició la adopción y difusión del RTI porque ya no se necesita de una costosa estructura sino únicamente de que sostenga la luz en las distintas posiciones. Además, sin las restricciones dimensionales del domo se pueden fotografiar objetos de distintos tamaños, desde sujetos microscópicos hasta elementos arquitectónicos, de una manera rápida y económica. Este sistema es práctico, versátil y efectivo para trabajos en locaciones remotas o de difícil acceso; y utilizando las luces y filtros adecuados, se pueden fotografiar objetos en el exterior con luz del día.²⁶ Como expresa Joao Barbosa, uno de los creadores del programa informático H-RTI, esto “*demuestra que mientras se cumplan los requerimientos para la etapa de procesamiento RTI, la adquisición de imágenes está limitada únicamente por la imaginación.*”²⁷

Considerando que las cualidades del método de luces portátiles es lo que hace verdaderamente asequible y práctica la adquisición de imágenes RTI, éste es el método que estudiamos durante esta investigación y al cual nos referimos simplemente como RTI.

²⁴ Zanyl, et al. 2007, 5.

²⁵ Mudge et al. 2008.

²⁶ Barbosa 2009, 33.

²⁷ Barbosa 2009, 34.

Capítulo 2

Método de obtención de imágenes RTI

Una de las mayores ventajas del método Reflectance Transformation Imaging es que puede producir un modelo digital utilizando equipo fotográfico convencional y siguiendo una metodología muy específica pero relativamente sencilla de aprender. A grandes rasgos, el proceso se lleva a cabo a través de tres etapas: el primero es la captura fotográfica del objeto, el segundo, es la sintetización del propio mapa de textura, generado por un software especial llamado *RTI Builder*; y el último paso es la visualización del objeto virtual, que es la interpretación gráfica de los datos del mapa a través de un programa interactivo denominado *RTI Viewer* (fig. 9).

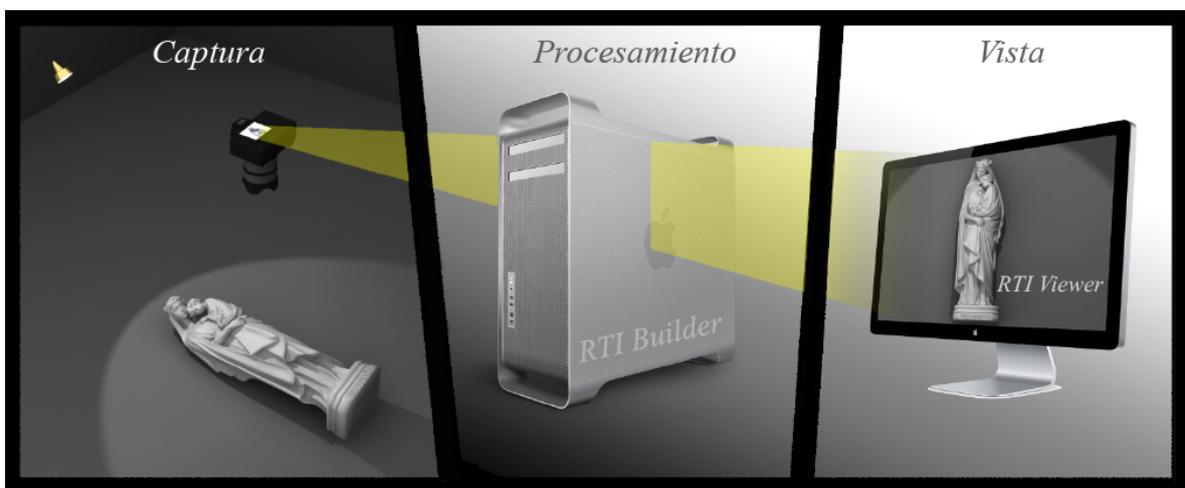


Fig. 9 Proceso de obtención de RTIs.

2.1 Captura RTI

El primer paso para crear una imagen RTI de una superficie es la captura de una secuencia de fotografías del objeto, completamente inmóvil, utilizando una cámara fija y una luz portátil. Ya que es importante conocer la dirección de iluminación, en el encuadre se colocan también las dos esferas reflectantes negras, que ayudarán al programa informático a detectar la posición exacta de la fuente de luz mediante la detección de los reflejos en su superficie.

La clave para que la captura sea efectiva - y el correspondiente mapa de textura preciso- es una iluminación constante; es decir que la fuente de luz tenga la misma potencia en todas las tomas, que se mantenga a la misma distancia del objeto y que las distintas posiciones elegidas se distribuyan uniformemente alrededor del objeto de modo que la muestra de brillos y sombras sea representativa. Para lograr esto, la secuencia de iluminación hace de manera sistemática tratando de crear un domo de luces imaginario que rodee al objeto.

Una forma sencilla de obtener una distribución uniforme es dividiendo en doce segmentos el espacio alrededor del objeto, como las horas de un reloj, y que cada hora represente una nueva posición de iluminación. Entonces, para cada posición horaria se coloca el flash o lámpara en tres, cuatro o hasta siete ángulos de inclinación distintos, entre los 15° y los 65° con respecto al plano, y se toma una fotografía con cada uno (fig. 10).

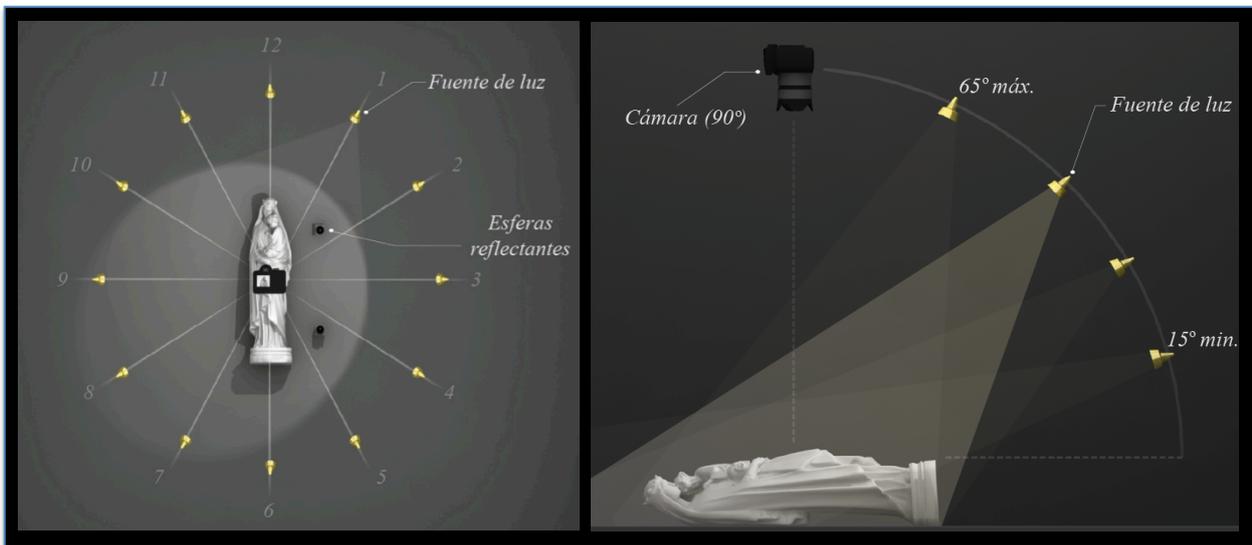


Fig. 10 Posiciones (izquierda) y ángulos (derecha) de la fuente de iluminación.

Ya que distancia entre objeto y fuente permanece constante –a aproximadamente 3 ó 4 veces la longitud del objeto- la combinación de las diferentes posiciones y ángulos forman una semiesfera imaginaria y como resultado se producen entre 40 y 80 fotografías cuyas direcciones de iluminación están bien distribuidas sobre el hemisferio (fig. 11).

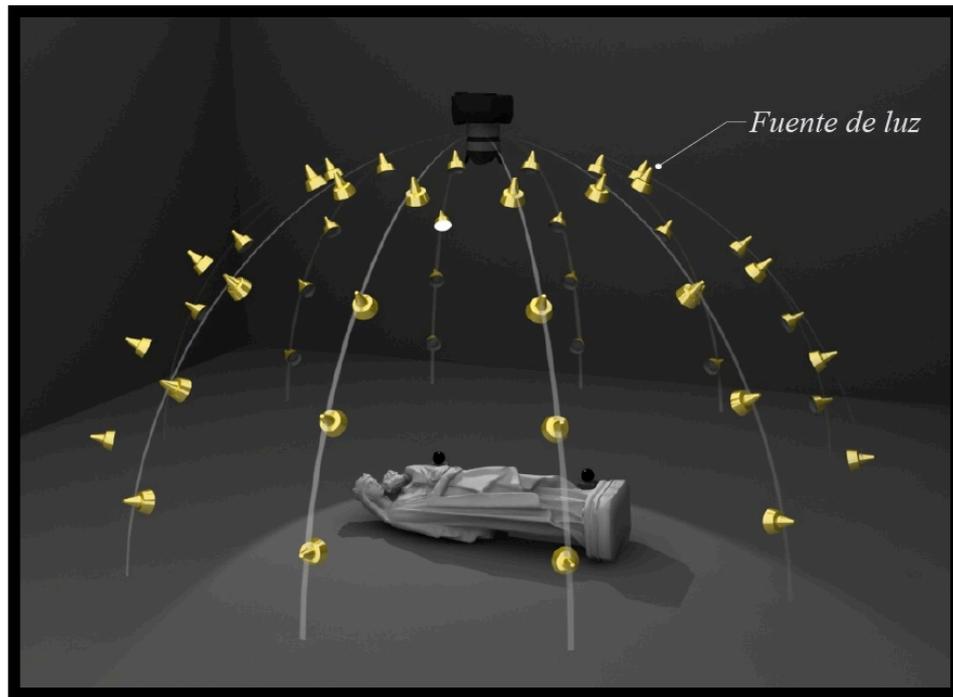


Fig. 11 La combinación de posiciones y ángulos de luz forman un domo de luces imaginario.

Uno de los requisitos indispensables para obtener un mapa de textura exacto es que no exista el más mínimo movimiento en el encuadre de cada fotografía, lo que significa que tanto la cámara como la base, las esferas y el objeto mismo deben permanecer completamente inmóviles durante toda la sesión. Esta es una cláusula crítica debido a que el cálculo de normales y la sintetización de la imagen final se llevan a cabo pixel por pixel; es decir, los cálculos son el resultado del análisis del mismo pixel a través de cada una de las imágenes de la serie, por lo tanto el más mínimo desplazamiento entre una fotografía y otra provocaría resultados de reflectancia inexactos y daría lugar a un modelo virtual borroso y con detalles poco nítidos.²⁸ Lo mismo sucede con el nivel de iluminación: manteniendo una medida constante entre el objeto y la fuente de luz y una misma velocidad y apertura del diafragma se evita que el programa de procesamiento interprete la variación en la intensidad de los pixeles como una variación en las características reflectantes de la superficie.²⁹

²⁸ Evitar movimiento alguno durante la captura también implica asegurarse de muchos otros detalles, incluyendo que el suelo no vibre cuando los participantes se muevan alrededor del lugar.

²⁹ Mudge et al. 2006, 3.

2.2 Procesamiento

2.2.1 Pre-procesamiento

Como regla general, las fotografías se capturan en formato RAW, el cual provee la máxima calidad de imagen, no agrega ajustes automáticos que afecten los datos de normales y permite un registro completo de la manipulación de las imágenes.³⁰ Una vez obtenida la muestra, se lleva a cabo un pre-procesamiento de las fotografías, que consiste en convertirlas a formato DNG,³¹ y de ser necesario, aplicarles idénticos ajustes de balance de blancos. En esta fase también se eliminan las fotografías con errores y se proveen metadatos, etiquetas y claves de identificación del objeto.

Con este proceso el formato DNG se convierte en la copia de archivo y fuente de datos principal, sin embargo, ya que el programa informático RTI funciona con imágenes JPEG, se exporta una copia de cada foto a este nuevo formato para realizar el procesamiento.

2.2.2 Procesamiento con RTI Builder

Para construir un mapa de textura se utiliza el software *RTI Builder*, el cual tiene un funcionamiento altamente automatizado por lo que el usuario únicamente aporta datos de identificación y acciones poco complejas para la construcción del mapa textural.³²

El objetivo de esta etapa es la localización de la fuente de luz que se utilizó en cada fotografía así como el análisis de los niveles de iluminación de cada pixel para definir las normales –y por ende la forma- de la superficie y sus propiedades reflectantes.³³ Este proceso se lleva a cabo a través de los siguientes pasos:



³⁰ Normalmente, la captura directa en formato JPEG aplica modificaciones automáticas en el brillo, la saturación y el enfoque de las imágenes que producirían errores en los cálculos de normales.

³¹ El DNG (*Digital Negative Format*) es un formato RAW universal más abierto que los formatos NEF (Nikon) o CR2 (Adobe).

³² Malzbender, Gelb y Wolters 2001.

³³ Barbosa 2009, 33.

Para detectar las esferas, el usuario indica al *RTI Builder* su localización aproximada en una de las imágenes y con ello el programa detecta tanto las esferas como el centro absoluto del brillo dejado por la luz, lo que le indica la posición y el ángulo preciso de la fuente utilizada en cada fotografía (fig. 12).

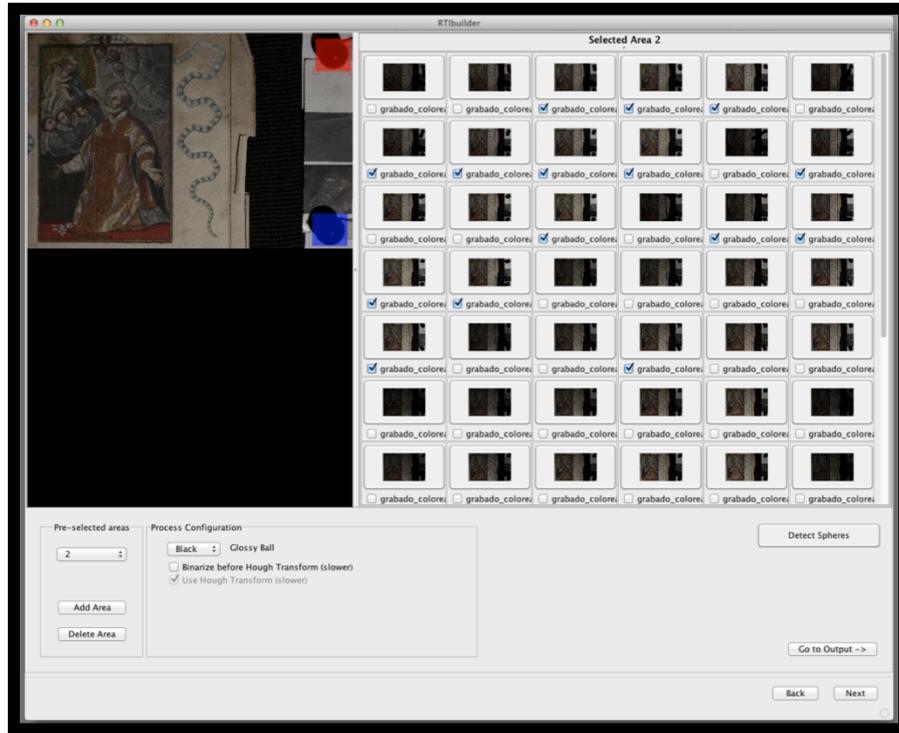


Fig. 12 Vista de pantalla del *RTI Builder* durante la detección de esferas.

Con esta información se lleva a cabo el *RTI fitting*, que es la configuración matemática del mapa de textura y la condensación de los datos en un archivo informático de extensión *.rti* ó *.ptm*, dependiendo del algoritmo que el usuario elija al inicio del procesamiento. Esta decisión depende de lo que se considere prioritario: mientras que los archivos *.rti* producen imágenes con mayor fidelidad de color y textura, incluso para objetos muy brillantes o transparentes, los *.ptm* poseen menos datos pero tienen un mayor número de filtros de renderizado con los cuales visualizar la imagen.³⁴

³⁴ Schroer 2012; Happa, et al. 2009. El algoritmo para crear archivos *.ptm* fue creado en el 2001 por Tom Malzbender y la patente pertenece a los Laboratorios Hewlett Packard, mientras que el algoritmo HSH (Hemispherical Harmonics) utilizado para crear archivos *.rti* es *open-source*, lo que asegura que siempre estará disponible al público de forma gratuita. Por otra parte, los archivos RTI muestran a los objetos que son brillantes como brillantes mientras que las imágenes PTM son normalmente mate.

2.3 Visualización

El mapa de textura RTI se visualiza a través de un programa informático llamado *RTI Viewer*. Este programa permite al usuario utilizar una luz virtual para iluminar la superficie del objeto de forma interactiva de modo que cuando se cambia la dirección de la fuente, la reflectancia codificada en el archivo RTI muestra al objeto como si éste fuera tridimensional y la luz se moviera sobre una cúpula.³⁵ Así, cuando el mando de luz se mueve hacia el centro del hemisferio, la iluminación sobre la superficie es semejante a la cenital (o frontal) y a medida que se mueve hacia los lados es como si la iluminación fuera rasante (fig. 13).³⁶

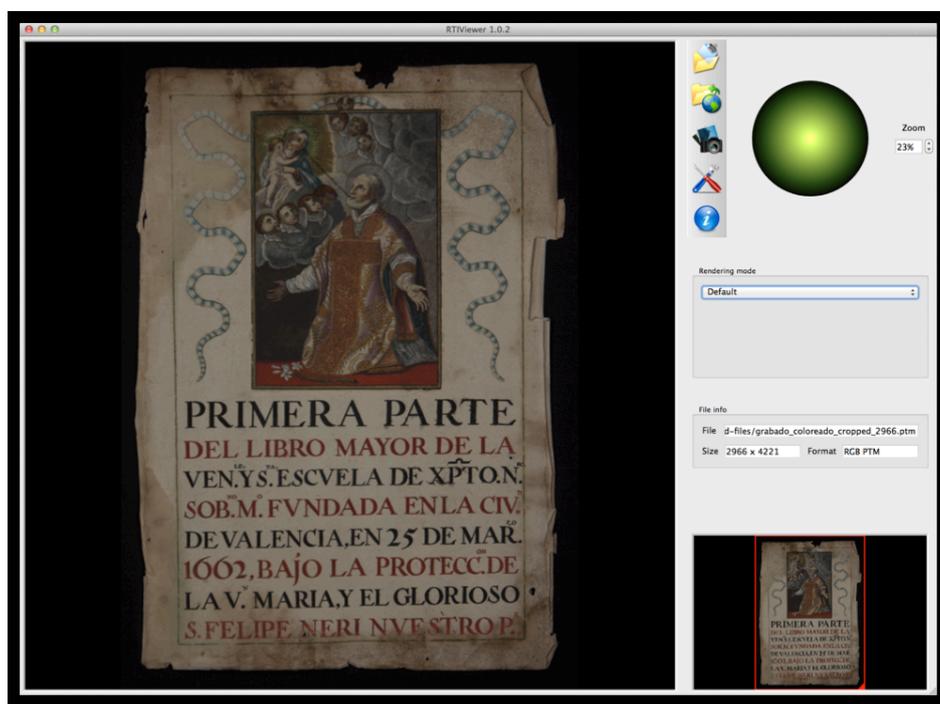


Fig. 13 Captura de pantalla del *RTI Viewer*.

Con el *RTI Viewer* se pueden utilizar una serie de filtros de renderizado o modificadores para ajustar la reflectancia de la superficie del objeto pero al mismo tiempo mantener la información topográfica fija. Además, después de que el usuario aplica los efectos deseados a la imagen, puede exportar fotografías instantáneas en formato JPG con las condiciones de iluminación y ajustes seleccionados, sin que se modifique el archivo RTI original. Entre los filtros disponibles están:

³⁵ Cultural Heritage Imaging 2010, 4.

³⁶ Mudge, et al. 2005.

Filtros de Renderizado

Predeterminado	
Ajuste Difuso	
Ajuste Especular	
Máscaras de enfoque	Imagen
	Luminancia
	Normales
	Coficiente
Luces múltiples	Estática
	Dinámica

- ⊙ **Predeterminado** (*Default*): el objeto es visto sin ningún filtro. En este modo como en todos los demás, la dirección de iluminación puede cambiarse para obtener múltiples imágenes con luces oblicuas y rasantes o hacer acercamientos para examinar detalles (fig. 14).
- ⊙ **Ajuste difuso** (*Diffuse gain*): es una variación artificial a las propiedades difusas del objeto para aumentar el contraste entre pixeles adyacentes.³⁷ En otras palabras, mejora la percepción de la morfología textural al incrementar la diferencia de profundidad entre depresiones y relieves. Este renderizado tiende a introducir cambios de color, por lo que no es recomendable para evaluar el color real (fig. 14).³⁸
- ⊙ **Ajuste especular** (*Specular gain*): mejora la percepción textural mediante la adición artificial de brillos especulares a objetos mayormente difusos;³⁹ es decir que hace más brillantes las superficies. Este modo puede separar y modificar independientemente el color (*Parámetro Kd*), la reflexión especular derivada de la topografía del objeto (*Parámetro Ks*) y el tamaño de los brillos especulares (*Parámetro N*), con lo que logra los efectos de imagen impresionantes y útiles (figs. 14 y 15).⁴⁰



Datos de la obra (siguiente página):

Libro de actas de La Escuela de Cristo
 Grabado coloreado y manuscrito,
 Archivo Diocesano de Valencia,
 1664-1687
 35 cm x 25 cm
 #Registro: RTI2013_005

³⁷ Earl, Martinez y Malzbender 2010, 3.

³⁸ Cultural Heritage Imaging 2010, 12.

³⁹ Earl, Martinez y Malzbender 2010, 3.

⁴⁰ Cultural Heritage Imaging 2010, 12.



Fig. 14 Captura de obra gráfica sin filtro (arriba izquierda), con luz rasante (arriba derecha), con ajuste difuso (abajo izquierda) y ajuste especular (abajo derecha).

Fig. 15

Detalle con iluminación convencional (arriba) y ajuste especular (abajo).

Esta obra ha sido hecha con dos papeles distintos. Las líneas verticales vistas en la imagen enmarcada denotan la dirección de las fibras, las cuales no aparecen en la textura del resto del documento.



⊙ **Máscaras de enfoque** (*Unsharp masking*): buscan y enfatizan los cambios de color y de profundidad que indican bordes, para hacer más nítidas las formas e incluso mejorar el enfoque de una imagen borrosa (fig. 16).⁴¹ Entre las máscaras de enfoque existen ciertas variaciones:

Imagen (*Image unsharp masking*): incrementa el contraste de bordes mediante el ajuste de los datos de color.

Luminancia (*Luminance unsharp masking*): amplifica el contraste de profundidad, modificando la información de normales pero sin afectar al color.

Normales (*Normal unsharp masking*): incrementa el contraste mediante el ajuste en la información de normales y de color.

Coefficiente (*Coefficient unsharp masking*): amplía las discontinuidades de reflectividad, lo que mejora la percepción de los detalles más sutiles en superficies de baja textura o con protuberancias y marcas pequeñas.

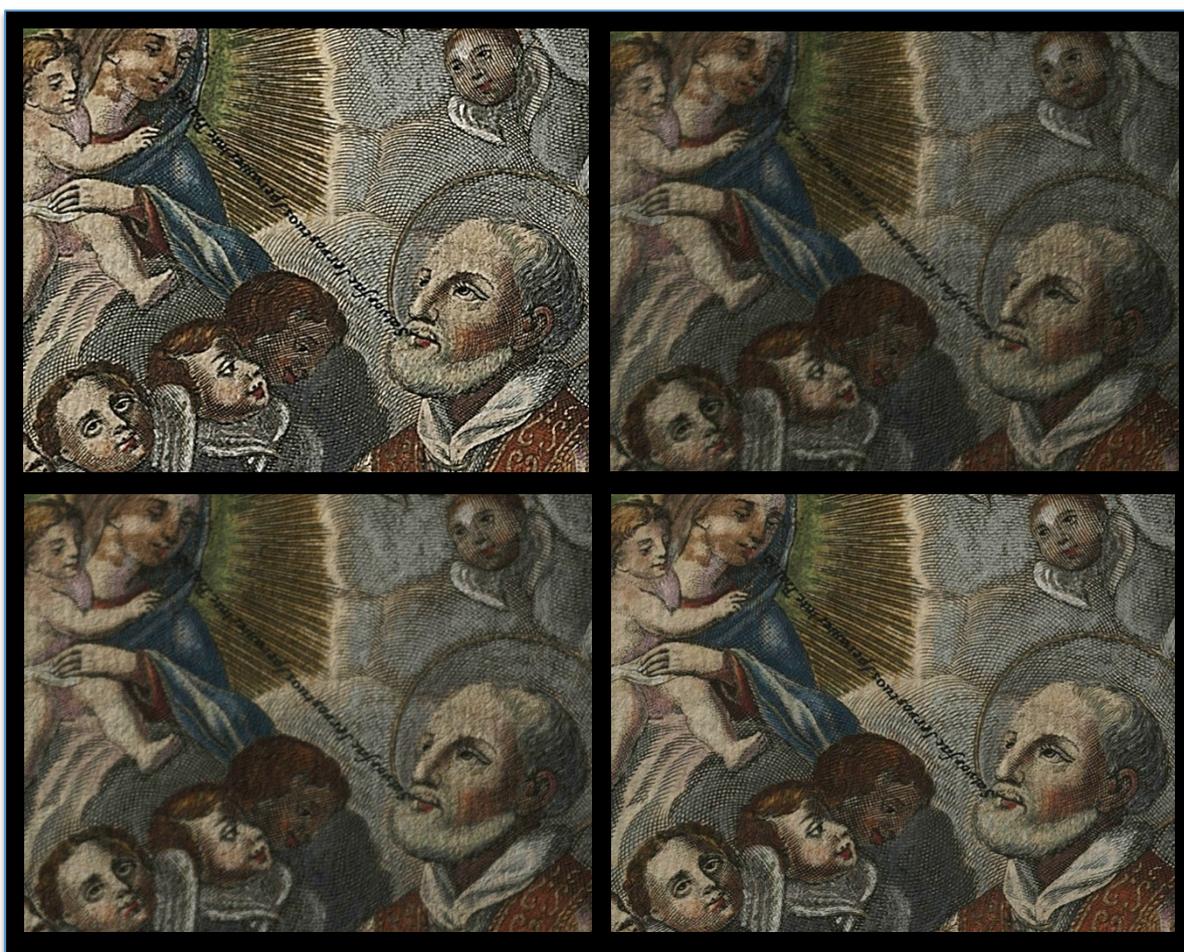


Fig. 16 Detalle de obra gráfica con máscara de enfoque de imagen (arriba izq.), luminancia (arriba der.), normales (abajo izq.) y coeficiente (abajo der.)

⁴¹ Cultural Heritage Imaging 2010, p. 13; Palma, et al. 2010, 5.

- ⊙ **Luces múltiples** (*multi-light*), que combinan distintos ángulos de iluminación en una sola vista, de manera que la imagen es optimizada, aunque no necesariamente coherente físicamente.⁴² De acuerdo con Palma, este modo

*[...] es capaz de reproducir de manera muy local lo que hacen los arqueólogos cuando usan una luz rasante para estudiar y comprender mejor el objeto mientras que al mismo tiempo se preserva una buena iluminación general [...] Este ambiente de iluminación virtual no se puede reproducir en el 'mundo real' por varias razones: el número de luces, el comportamiento muy localizado de la luz, el efecto de auto-reflexión del objeto que suele disminuir la nitidez de la imagen.*⁴³

Existen dos variaciones en las luces múltiples, la dinámica y la estática, que permiten mejorar el contraste y el brillo general de la imagen, e incrementar la percepción de profundidad (ver figs. 21 y 22).

Cabe enfatizar que todas las funciones del *RTI Viewer* son interactivas ya que su propósito no es el de crear una imagen única y perfecta, sino el de proporcionar una técnica participativa dependiente de la vista en donde la iluminación seleccionada por el usuario sea respetada y optimizada para permitir “una experiencia exploratoria dinámica y controlable que simula y mejora la examinación del objeto,” y que puede superar las limitaciones físicas de los análisis con luces en el mundo real.⁴⁴

⁴² Palma, et. al 2010, 3, 7.

⁴³ Palma, et. al 2010, 8.

⁴⁴ Palma, et. al 2010, 3.

RTI como herramienta de análisis de superficies

La valoración de muchos bienes culturales deriva de la observación e interpretación de su superficie ya que es sobre sus rasgos perceptibles donde se manifiestan las formas en las que el artista ha manipulado el material para crearlo y donde se contiene la mayor parte de su capacidad simbólica. De acuerdo con el libro *Conservation of Cultural Heritage: Key Principles and Approaches*, la apariencia de las obras también juega un importante papel en la percepción ya que a través de ella podemos intuir de qué materiales están compuestas, estimar aproximadamente su edad o saber cómo se les debe manipular. Además, revelan claves importantes para conocer las propiedades mecánicas o los cambios químicos o físicos que han ocurrido dentro del objeto y que se detectan como depósitos cristalinos, polvo proveniente de la actividad insectos, amarilleo de papel por contenido ácido, granulación en la superficie del mármol por degradación química, oscurecimiento o variación del color de la superficie del metal, etcétera.⁴⁵

De las cualidades visuales, la textura es uno de los elementos clave para la interpretación de los objetos debido a que provee información complementaria al color que permite identificar el material componente –su rugosidad, porosidad, dirección de veta o grano-, distinguir e interpretar la topografía original de la obra –ya sea un elemento decorativo intencional, como el esgrafiados o la talla, o resultado de una técnica particular, como el empaste en una pintura- o aquella causada por uso o deterioro –por ejemplo, pérdidas, deformaciones o abrasión. Además, por su interacción con la luz, la textura también determina las cualidades de reflexión que percibimos y con las cuales definimos a los objetos como translucidos, sólidos, brillantes o mate.

⁴⁵ Szczepanowska 2013, 66.

Mientras que para el color existen algunos medios tales como la colorimetría para definir objetivamente su tono, croma o luminancia, no existen muchos sistemas similares para calificar la apariencia de la textura o sus transformaciones, por lo que es usualmente expresada en términos generales de rugosidad, regularidad, brillo o granulación. La problemática de su caracterización precisa se complica además por el hecho de que las texturas no son cualidades inmutables de los objetos sino que pueden ser percibidas de forma distinta dependiendo de cómo son iluminadas: si es con luz directa (dura) o difusa, en dirección cenital, transmitida o rasante; e incluso, ya que la conexión a la idea del objeto procesado en nuestra mente es consecuencia de la experiencia, las observaciones están influenciadas por la subjetividad del observador.⁴⁶ No obstante esta dificultad, la determinación exacta de muchas cualidades texturales es posible gracias a las nuevas técnicas informáticas, en particular las de fotografía computacional.

3.1 Caracterización de texturas

Para ayudar a la interpretación de las texturas en los bienes culturales, en pos de una restauración más objetiva, se han utilizado múltiples medios, desde dibujos hechos a mano, moldes, improntas y calcas, fotografías con luces rasantes y escaneos 3D; hasta los más recientes adelantos en la fotografía computacional, capaces de construir modelos tridimensionales de un objeto con la cámara de un teléfono móvil.

El inconveniente con algunas de estas herramientas, como las improntas o moldes, es que pueden capturar detalles topográficos de manera puntual pero requieren del contacto directo con la obra, lo cual es arriesgado aún cuando la superficie estudiada esté en buenas condiciones. Por otro lado, los registros no invasivos como la fotografía o los dibujos se han utilizado con cierto éxito en el pasado, aunque debido a su naturaleza bidimensional difícilmente pueden representar íntegramente la tridimensionalidad de los objetos y, como se detalla más adelante, presentan un nivel de objetividad cuestionable. Por eso en las últimas décadas se ha puesto un marcado énfasis en la experimentación con técnicas informáticas no invasivas que permitan una evaluación precisa de la superficie, aunque la aplicación de éstos al campo del patrimonio cultural aún se encuentra en su infancia.

De manera general, el registro de la textura de bienes culturales utilizando medios informáticos se ha llevado a cabo de dos formas distintas: a través de mediciones espaciales precisas o por medio de imágenes que representen exactamente la textura. Mientras que los escáneres laser de 3D son reconocidos actualmente como la herramienta más avanzada para la medición tridimensional, la fotografía digital con luz rasante es prácticamente el único método por imágenes empleado por la mayoría de los restauradores.

⁴⁶ Vernhes y Whitmore 2011, 35.

Aunque las imágenes se han utilizado para registrar exámenes científicos, no se han empleado frecuentemente como herramientas analíticas, es decir, para relacionarlas con las propiedades físicas del arte, como se ha hecho en otros campos como el de la astronomía o la medicina.⁴⁷ Sin embargo, con el advenimiento de la fotografía computacional -que combina información de color con datos texturales objetivos y conjuga conocimientos acerca de la percepción humana, la formación de imágenes y la interacción de la luz con los materiales- se abre la posibilidad de utilizar imágenes para comunicar de manera inmediata y clara información muy precisa acerca de las superficies, auxiliando en la comunicación y sirviendo como evidencia objetiva en la construcción de argumentos críticos.

Según Bernard Frischer, editor del libro *Beyond Illustration: 2D And 3D Digital technologies as tools for discovery in archaeology*,⁴⁸ la información visual ofrecida por las nuevas tecnologías informáticas a través de imágenes promueve la comprensión en diferentes maneras: facilita la cognición de grandes cantidades de datos, promueve la percepción de propiedades emergentes imprevistas, puede destacar problemas en la calidad de los datos, hace más clara la relación entre los rasgos macro y microscópicos y nos ayuda a formular interpretaciones bien informadas.

En este sentido, el *Reflectance Transformation Imaging* ofrece un nuevo medio de diagnóstico por imágenes que eleva los alcances de la fotografía con luz rasante y al mismo tiempo aprovecha muchas de las ventajas de exactitud que ofrecen los escáneres de 3D, para dar acceso a información textural no asequible a simple vista o con otras técnicas convencionales; por lo que promete ser una herramienta útil para el estudio de superficies texturales en la restauración.

3.2 El RTI, ¿una alternativa a los escáneres 3D?

Desarrollados originalmente para aplicaciones en programas espaciales en los años 1960's, los escáneres 3D se han utilizado en otras industrias para crear modelos tridimensionales de objetos para investigación, juegos y animaciones virtuales. En el campo del patrimonio cultural se utilizan principalmente en arqueología para hacer estudios métricos, crear representaciones 2D y 3D fidedignas de las piezas o yacimientos, o para hacer inventarios tipológicos; por lo que es apreciado por su aportación de datos objetivos exactos.⁴⁹ En la conservación y restauración los escaneos 3D se han usado con el objetivo de medir y documentar superficies, hacer reconstrucciones de secciones perdidas (virtuales y analógicas), crear representaciones virtuales para exhibiciones en museos o difusión en documentos impresos y en línea, o para la construcción de embalajes; aunque su empleo es todavía bastante limitado.

⁴⁷ Berns 2005, 105.

⁴⁸ Frischer y Dakouri-Hild 2008, V.

⁴⁹ Rubio Gil, et al. 2010, 151.

A grandes rasgos el escaneo 3D es “*el proceso por el cual se calcula la posición en el espacio de un punto de la superficie del objeto, mediante la resolución de un triángulo formado por dos trayectorias luminosas que convergen en dicho punto desde una base fija.*”⁵⁰ Estos sistemas proveen medición topográfica de gran calidad y alta resolución geométrica de todo el objeto sin necesidad de tocarlo y los datos resultantes pueden complementar aquellos adquiridos con otras técnicas analíticas como la radiografía o la tomografía para revelar relaciones espaciales y estructurales entre la superficie y el interior de la obra.⁵¹

No obstante su rendimiento y utilidad, esta técnica también tiene algunas limitantes para la caracterización exacta de superficies. A pesar de que la medición de texturas lograda con escáneres de 3D puede llegar a niveles sub-milimétricos, la apariencia del modelo resultante generalmente no es muy veraz ya que la geometría del objeto se captura más precisamente si se remueven las texturas, por lo que en la mayoría de los casos los patrones de color, reflectancia o texturas más sutiles se documentan fotográficamente por separado y posteriormente se agregan al modelo digital, a modo de envoltura, para otorgarle más realismo.⁵²

Mientras que la documentación o adquisición de datos exacta es importante, también lo es la transmisión (la representación), de modo que para que una imagen generada digitalmente sea empleada como medio de diagnóstico, ésta debe crear el estímulo físico requerido para estimular la misma idea de apariencia del objeto. Las características del material, su comportamiento reflectante y textura ofrecen claves cognitivas y perceptuales importantes para el estudio de los objetos, por lo que las herramientas que únicamente codifican la forma tridimensional no pueden capturar todas las cualidades de las piezas.⁵³ Por esta razón, aunque la descripción geométrica de las texturas realizada con los escáneres 3D sea preciso, la información no resulta muy práctica para las tareas de diagnóstico ya que la manera en que esos rasgos son percibidos por los observadores no es directamente provista por el análisis. En contraste, mientras que el RTI no provee valores de medición absolutos y muestra una sola vista del objeto, sí ofrece una representación exacta de las texturas, el color y de los patrones de reflectancia -derivados de las normales de superficie- a través de imágenes que transmiten información tridimensional real a la percepción.

En un estudio comparativo de diversas técnicas de análisis por imágenes utilizados en restauración realizado por investigadores del Instituto de Arqueología del *University College London* se afirma que mientras que el escaneo 3D láser puede producir datos geométricos precisos y es suficiente para cuantificar la pérdida de material, la resolución proporcionada no es típicamente tan buena como la de fotografía ordinaria digital que se utiliza para la construcción de RTIs (que puede llegar hasta los 2–8µm⁵⁴):

La resolución superior proporcionada por el RTI combinada con la capacidad de ajustar interactivamente las imágenes [...], cambiando la dirección de la luz

⁵⁰ Rubio Gil, et al. 2010, 149.

⁵¹ Wachowiak y Karas 2009, 141.

⁵² Redman, Mudge 2007a, 359.

⁵³ Earl, Martínez y Malzbender 2010, 9

⁵⁴ Payne 2012; Barbosa 2009, 77. La resolución depende de la calidad del equipo que se utilice; y para ambas tecnologías, a mayor tamaño de objeto que se registre menor será la resolución o detalle obtenido.

*significa que el RTI puede ser más adecuado para la documentación de detalles sutiles de la superficie que el escaneo con láser.*⁵⁵

Una segunda investigación, realizada en el 2010 por el *English Heritage Research Department* de Kent, Inglaterra, concluyó también que la calidad y densidad de muestra obtenidos por medio del RTI son tan buenas o incluso mejores que las adquiridas por medio del escaneo 3D, por lo que los modelos resultantes poseen mayor detalle y, visualmente, representan mejor las cualidades materiales de los objetos (fig. 17).⁵⁶

Adicionalmente, el RTI puede generar modelos de todo tipo de materiales, incluyendo aquellos que son completamente lisos, muy brillantes o transparentes, como el jade o el oro, sin la pérdida de datos causada por los reflejos especulares que afectan a los escáneres laser.⁵⁷

El trabajo realizado por el *English Heritage* resalta también otras limitantes importantes de los escáneres 3D: su alto costo y el nivel de especialización necesario para su empleo. Actualmente, los equipos láser comerciales utilizan proyectores, cámaras y formatos de archivo patentados que elevan su costo considerablemente y los ponen fuera del alcance de muchos restauradores independientes e incluso de instituciones con bajo presupuesto. Además, aunque la captura de datos se ha vuelto menos compleja, el post-procesamiento aún demanda de varias horas de trabajo y de un considerable nivel de conocimiento técnico que limitan su adopción generalizada.⁵⁸ En cambio, las imágenes RTI se obtienen con equipo y técnicas fotográficas convencionales y los resultados pueden ser experimentados y comunicados inmediatamente.

Cabe enfatizar que cada ambas técnicas proveen datos complementarios útiles para el estudio de las texturas: mientras que el escáner 3D dan información espacial precisa, las imágenes RTI poseen un poder comunicativo y evocativo exacto. No obstante, para aquellas instituciones o individuos con limitantes económicas, que carezcan de equipo, conocimientos de procesamiento o apoyo técnico, o para quienes ya poseen equipo fotográfico e informático básico, el método RTI es la opción más práctica y accesible para documentar y transmitir información sobre la configuración superficial de los bienes culturales.



Datos de la obra (siguiente página):

San Pablo
Óleo sobre tabla
Catedral de Valencia,
s. XVI
187 cm x 95 cm
#Registro: RTI2013_010

⁵⁵ Payne 2012 [traducción de la autora]. El artículo original usa las siglas PTM para referirse a la técnica RTI.

⁵⁶ Karsten y Earl 2010, 21.

⁵⁷ Zanyl et al. 2007, 3.

⁵⁸ Karsten y Earl 2010, 19.



Fig. 17

Capturas del detalle de una pintura sobre tabla deteriorada por calor, con iluminación convencional (arriba), filtro especular (centro) y con extra magnificación y filtro especular (abajo).

Los filtros RTI ayudan a percibir mejor los detalles más sutiles de la textura.

3.3 El RTI ¿una alternativa a la fotografía con luz rasante?

La luz rasante es una técnica de examinación topográfica que usa luz visible dirigida hacia la superficie en un ángulo oblicuo bajo (menor de 20° con respecto al plano) para crear contrastes entre los alto- y bajo-relieves y con ello enfatizar la conformación de dicha superficie.⁵⁹ Como método de examinación visual la luz rasante es económica, fácil de implementar y de probada utilidad, principalmente para identificar grosor y dirección de pinceladas o localizar y registrar deformaciones en los soportes o en las capas pictóricas, pérdidas, hundimientos, distensiones en los lienzos, etcétera.

Desafortunadamente, como instrumento de diagnóstico por imágenes, las fotografías con luz rasante poseen limitaciones importantes: existe pérdida de información, están sujetas a decisiones editoriales y es difícil de reproducir los ángulos de iluminación exactos cuando se desea hacer comparaciones. De acuerdo con el artículo *Imaging Techniques in Conservation*, de Emma Payne,⁶⁰ para que una fotografía hecha con luz rasante represente correctamente la tridimensionalidad de un objeto debe haber buen contraste tonal entre los relieves, pero ya que los diferentes patrones topográficos pueden ser visibles sólo cuando se les ilumina desde ángulos particulares, es difícil conseguir un contraste suficiente para destacar algunos rasgos sin ocultar otros. Esto resulta en imágenes de limitada veracidad ya que el fotógrafo debe seleccionar y condensar en unas pocas tomas lo que en realidad es una experiencia interactiva entre la iluminación, la superficie y el observador; reduciendo la cantidad de información capturada y sometiéndola a las decisiones subjetivas de quien hace las tomas. Además, las fotografías fijas también tienen el inconveniente de dificultar el registro de la posición exacta de la luz por lo que es casi imposible volver a colocarla en la misma ubicación cuando se quiere comparar imágenes hechas antes y después de llevar a cabo tratamientos de restauración o cuando se desea monitorear el deterioro.⁶¹

En contraste, dado que las imágenes RTI pueden iluminarse virtualmente desde cualquier dirección –incluyendo innumerables posiciones rasantes– o aplicársele distintos filtros de renderizado, es posible seleccionar de manera sencilla aquellos ajustes que transmitan la mayor cantidad de información, independiente de las direcciones de luz empleadas para crear la imagen (fig. 18; ver también fig. 23). La experiencia tradicional de examinar una fotografía fija de la obra es entonces transformada en un “*proceso de visualización y exploración intencional e intuitiva*” donde la elección para enfatizar rasgos particulares puede ajustarse a los requerimientos de cada usuario y hacerse mucho después de realizar la captura fotográfica. Estas cualidades ofrecen ventajas documentales significativas sobre la naturaleza editorial, y fundamentalmente arbitraria, que tiene incluso la mejor fotografía tradicional.⁶²

⁵⁹ MFA Boston 2013.

⁶⁰ Payne 2012.

⁶¹ Padfield, Saunders y Malzbender 2005, 504

⁶² Mudge, et. al 2005, 9.

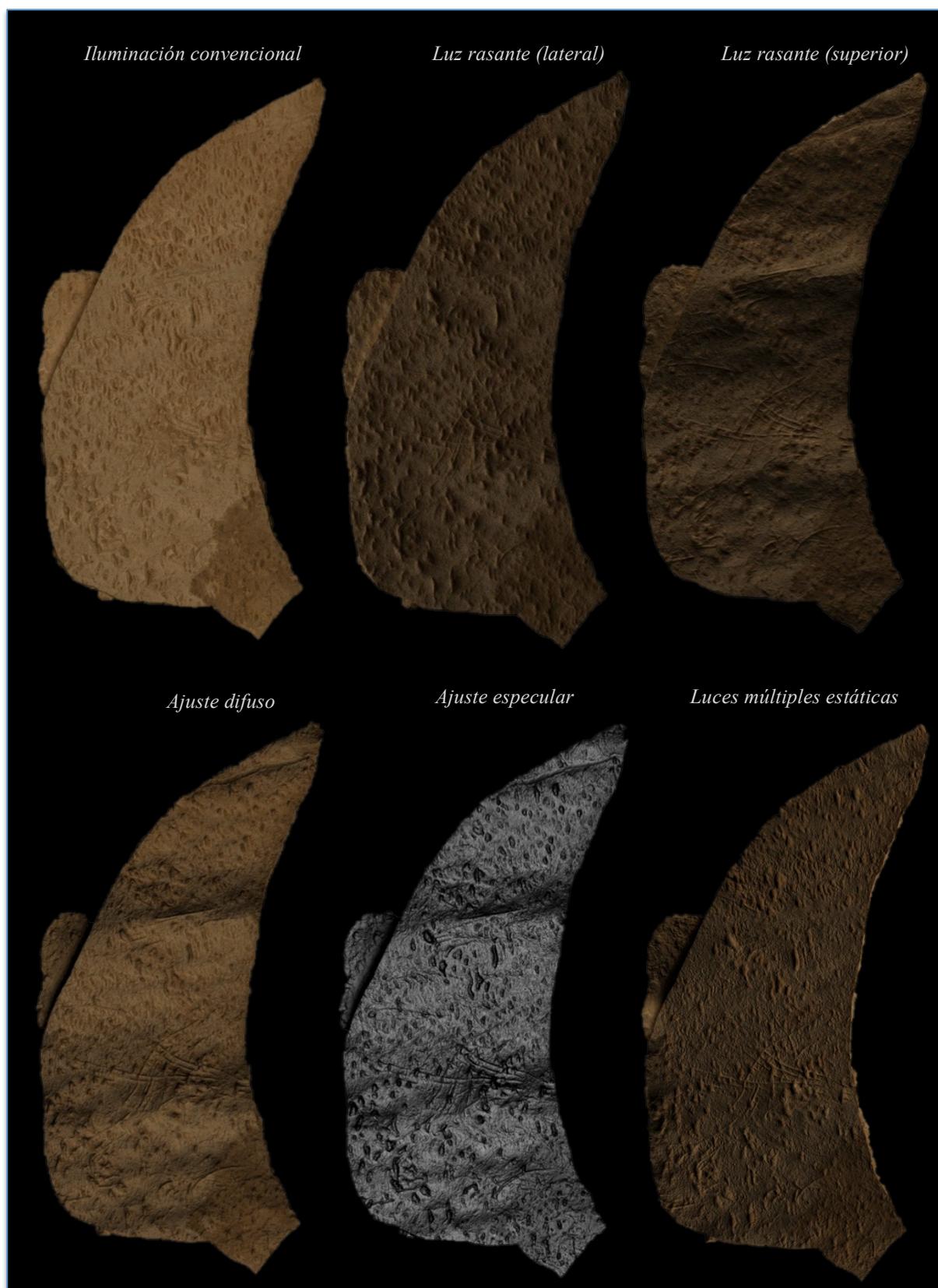


Fig. 18 El RTI enfatiza la conformación de la superficie utilizando distintas direcciones de iluminación y filtros de renderizado; todos seleccionados por el usuario.

Por otro lado, la combinación de color, textura e iluminación transmitida por el RTI produce una visualización más cercana a la percepción real de las propiedades tridimensionales de los objetos, lo que ayuda a conocer más certeramente sus rasgos físicos y a interpretarlos mejor. El artículo de Payne afirma que un estudio hecho en el 2006 por *The National Gallery* y el *Tate Museum Britain* concluyó que el RTI provee una correcta representación de la textura completa en obras pictóricas y que, aunado a los filtros de iluminación difusa y especular, ayuda a percibir rasgos superficiales mucho mejor de lo que es posible con las fotografías con luz rasante, por lo que puede considerarse una alternativa viable a este método.⁶³

La creación de modelos digitales con información tridimensional, la selección de diferentes iluminaciones y efectos de renderizado que resalten la textura del objeto y la posibilidad de que cada usuario elija la imagen que mejor transmita los datos texturales *después* de haberse llevado a cabo la captura son cualidades valiosas y únicas del RTI. La combinación de estas funciones hace posible obtener información empírica no discernible a simple vista, con aparatos de aumento o por medio de otras técnicas de fotografía tradicionales, lo que hace de éste una herramienta poderosa para el análisis visual (fig. 19-22).



Datos de la obra (página opuesta):

[sin título] *Costra arqueológica*
 Material calcáreo
 Cueva de Don Juan, Jalance, Valencia
 12000 A.C.
 10 cm x 21 cm
 #Registro: RTI2013_002



Datos de la obra (siguiente página):

La caída de San Pablo
 Placa de xilografía (madera de boj)
 Real Academia de San Carlos, Valencia
 Siglo XIX
 14 cm x 10 cm x 2.3 cm
 #Registro: RTI2013_014

⁶³ Payne 2012.



Fig. 19 Captura general de placa de xilografía sin filtro.



Fig. 20 Captura general de xilografía con aumento de reflectancia y disminución de color (filtro especular)



Fig. 21

Capturas de detalle de placa xilográfica bajo la misma dirección de iluminación pero a través de diferentes filtros:

Luces múltiples dinámicas

Ajuste especular

Máscara de enfoque de imagen



Fig. 22

Luces múltiples estáticas



Ajuste especular con color



Máscara de enfoque de coeficientes

Alcances y limitaciones del método RTI

Durante el transcurso de esta investigación se fotografiaron 36 piezas provenientes del Departamento de Conservación y Restauración de la UPV, del Instituto Valenciano de Conservación y Restauración y del Museo de Bellas Artes de Valencia, incluyendo pinturas sobre lienzo y tabla, esculturas en madera, objetos arqueológicos de metal y piedra, textiles, dibujos, grabados y diversas probetas de estucos de restauración. De ellos se crearon alrededor de 50 imágenes RTI (entre vistas generales y detalles), lo que significó la toma y procesamiento de más de 2500 fotografías. Los conocimientos y experiencia adquiridos en el transcurso de este trabajo han permitido hacer una valoración general acerca de los alcances y limitaciones prácticos más significativos que tiene el método de RTI para la documentación y análisis de los bienes culturales, los cuales se describen a continuación.

4.1 Ventajas como instrumento análisis por imágenes

Además de las ventajas descritas en el capítulo anterior, entre las cualidades más sobresalientes del RTI se incluyen las siguientes:

- ⊙ Es una técnica no destructiva (no necesita de toma de muestras) y no invasiva (el contacto con la obra es mínimo, similar al de la toma fotográfica convencional).

- ⊙ La extrapolación de direcciones de luz permite que se obtengan iluminaciones más rasantes de lo que se realizó durante la captura, lo que a su vez permite la representación de posiciones de iluminación mucho más inclinadas de lo que es físicamente posible.⁶⁴
- ⊙ No hay pérdida de información debido a las sombras o los brillos especulares. Cuando se cuenta con un número suficiente de muestras de iluminación para generar un patrón exacto de la reflexión de luz sobre la superficie, la pérdida ocasional de datos causada por las sombras o brillos intensos puede ser reemplazada por la interpolación precisa de los valores disponibles.⁶⁵ Esto significa que es posible extraer imágenes bien iluminadas cuando las fotografías originales presenten brillos por la incidencia de la luz del flash sobre superficies lisas o áreas completamente oscurecidas por las sombras causadas por la topografía propia de la obra (fig. 23).

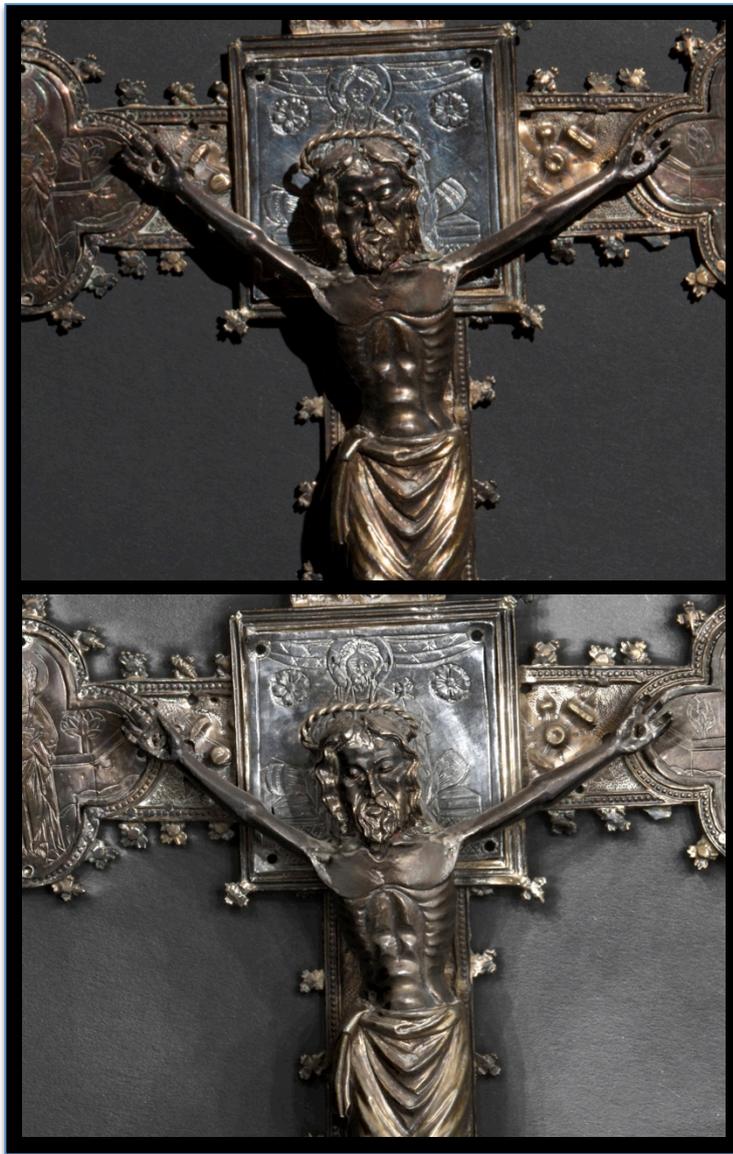


Fig. 23

Fotografía con luz rasante (arriba) y captura RTI con filtro especular (abajo), ambas iluminadas desde la misma dirección oblicua.

Mientras que ambas imágenes muestran la brillantez de la superficie, la captura RTI revela información textural que en la fotografía convencional es completamente oscurecida por las sombras.

⁶⁴ Earl, Martinez y Malzbender 2010, 3.

⁶⁵ Mudge, et. al 2005, 7.



Datos de la obra (página opuesta):

Cruz
Plata dorada
Parroquia Sn. Bartolomé, Benicarló
s. XVI
55 cm x 42 cm
#Registro: RTI2013_004

- ⊙ Al igual que las fotografías convencionales, la resolución de las imágenes RTI dependen la capacidad de la cámara (número de píxeles), de la distancia de enfoque y de los lentes utilizados; sin embargo, gracias a la información obtenida a través de las normales es posible magnificar la imagen más allá de lo que se lograría a través de una fotografía digital. La combinación de comandos de magnificación e iluminación permiten visualizar las superficies con mucho mayor detalle y exactitud (figs. 24-25).



Fig. 24 Captura de detalle de bordado de seda entorchada a 27% de magnificación.

Fig. 25

Captura de detalle de bordado de seda entorchada

A 100% magnificación



A 100% con filtro especular,
utilizando la misma dirección de
iluminación.



A 200% con filtro especular





Datos de la obra (página opuesta):

Estola

Tejido de seda entorchada con hilos metálicos

Iglesia del Carmen, Requena

Siglo XVIII-XIX

16.5 cm x 16 cm [sección]

#Registro: RTI2013_018

- ⊙ Muchos rasgos son mejor visualizados con los filtros de renderizado que a través de la examinación visual directa del objeto.⁶⁶ Por ejemplo, mediante la disminución del color y el aumento en la reflectancia es posible ver más claramente la textura (fig. 26).
- ⊙ Tanto el formato DNG como el programa *RTI Builder* guardan los metadatos de procedencia empírica requeridos para la creación de réplicas digitales; es decir, que en el futuro otros investigadores podrán consultar los archivos y conocer las mejoras o cambios que se han aplicado a las imágenes originales de modo que puedan repetir el proceso exacto o validar la veracidad de la información gráfica.⁶⁷
- ⊙ Como archivo documental, las imágenes RTI son baratas y de creación rápida, fáciles de archivar y ofrecen muchos de los beneficios asociados con los escáneres 3D y la fotogrametría.⁶⁸
- ⊙ A partir de los archivos RTI se pueden extraer fácilmente infinidad de fotografías instantáneas mostrando la iluminación y los efectos de renderizado que el usuario elija. Además, se pueden crear videos o animaciones para compartir en Internet o presentaciones en pantalla.
- ⊙ Es posible utilizar el RTI en combinación con otras herramientas como los microscopios o las iluminaciones UV e IR.



Datos de la obra (siguiente página):

El Calvario

Óleo sobre tabla

Colección particular

Siglo XVI

103 cm x 86 cm x 5 cm

#Registro: RTI2013_015

⁶⁶ Happa, et al. 2009, 13.

⁶⁷ Barbosa 2009, 55.

⁶⁸ Earl, Martinez y Malzbender 2010, 10.

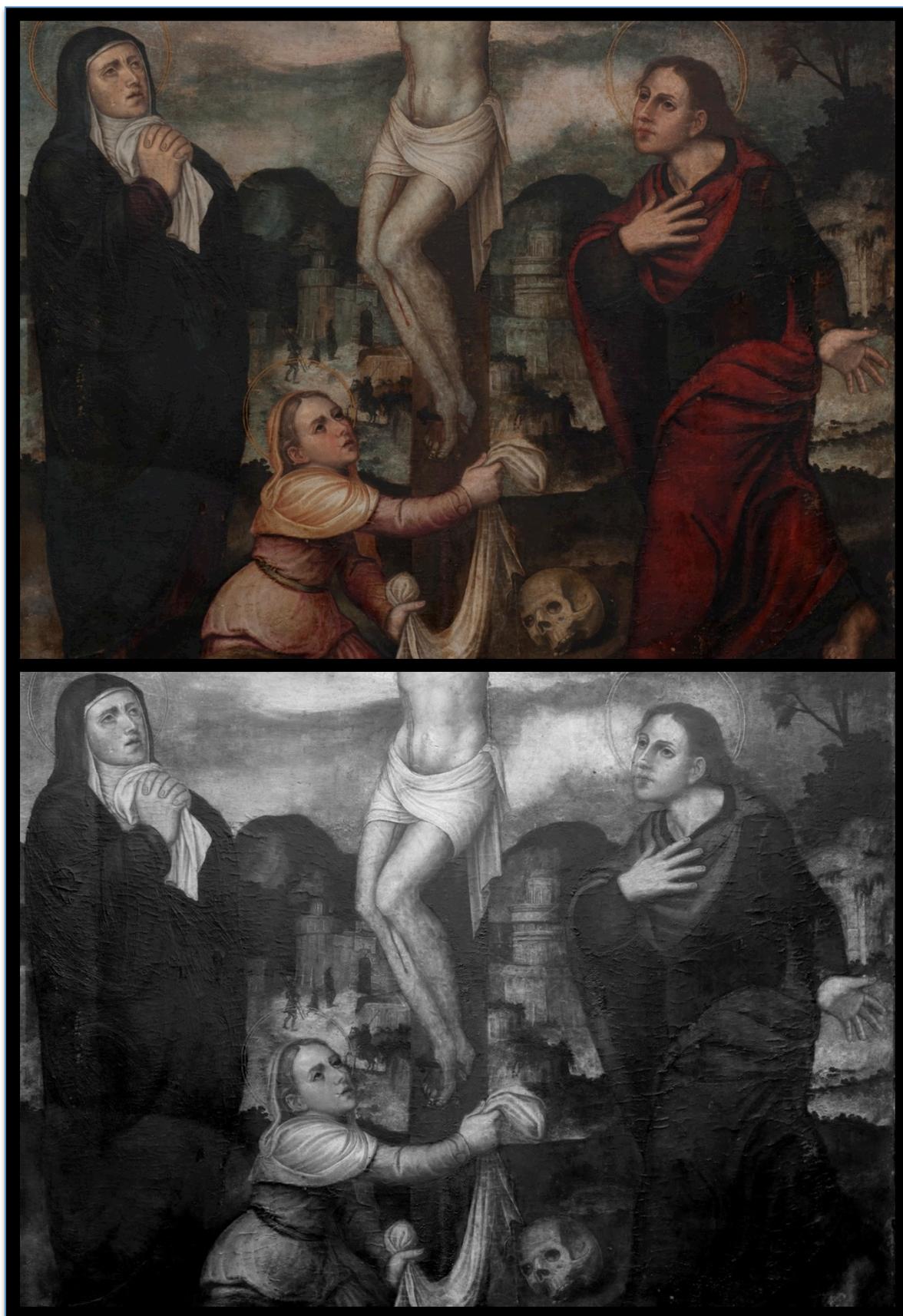


Fig. 26 Captura de detalle de pintura sobre tabla sin filtro (arriba) y con filtro especular (abajo). La reducción de color y el aumento en la reflectancia permite percibir mejor las craqueladuras en la capa pictórica.

4.2 Accesibilidad

- ⊙ Por su bajo costo es una técnica muy asequible. Existe una enorme variedad de calidades y precios tanto en aparatos fotográfico como informáticos que se pueden utilizar, sin embargo, la precisión del mapa de textura no depende tanto del equipo como del cuidado que se ponga para seguir una metodología rigurosa durante la sesión de captura y procesamiento.

El equipo fotográfico e informático utilizado para la creación de imágenes RTI fue determinado por lo que ya se encontraba disponible en cada institución o que podía obtenerse sin incurrir a gastos mayores:

Equipo	UPV	IVC+R
Cámara fotográfica	<i>Nikon D3X</i> <i>Nikon D5000</i>	<i>Canon EOS 1Ds Mark III</i> <i>Canon EOS 1000D</i>
Software captura	<i>Sofortbild</i>	<i>Canon EOS Utility</i>
Ordenador	<i>Mac Book Pro OS X</i>	<i>Mac Book Pro OS X</i>
Lentes	<i>60 mm, 18-55 mm</i> <i>28-105 mm</i>	<i>100 mm, 24-70 mm</i> <i>18-55 mm</i>
Luz Continua:	<i>Flash/Estrobo SLS 3001-ML</i> <i>Leica L2, halogen (8V-20W)</i>	<i>LED FEM Progetti 24 vcd</i>
Flash:	<i>Speedlite SB-80DX</i>	<i>Speedlite 580EX</i>
Software de edición	<i>Adobe Camera Raw</i> <i>(Photoshop 6)</i>	<i>Adobe Camera Raw</i> <i>(Photoshop 6)</i>

- ⊙ Ya que se utiliza equipo convencional, es posible que los restauradores o instituciones culturales actualmente cuenten con la mayoría de los materiales necesarios, lo que promueve su rápida adopción.
- ⊙ En el caso de materiales específicos como las lámparas o las esferas negras, éstos puede adquirirse localmente o adaptarse a bajo costo (fig. 27).



Fig. 27

Construcción de esferas reflectantes.

- ⊙ El software *RTI Builder* y *RTI Viewer* son *open-source*, por lo que están disponibles gratuitamente en el Internet. Para la captura fotográfica remota también se pueden utilizar programas gratuitos como el *Canon EOS Utility* o el *Sofortbild*.

4.3 Facilidad de implementación

- ⊙ El RTI es un método compatible con diferentes configuraciones para capturar obras de distintos tamaños y formas (fig. 28). Por su facilidad de adaptación también es posible utilizarlo en campo en espacios reducidos o de difícil acceso.



Fig. 28 Distintas configuraciones de captura.

- ⊙ Es un método sencillo que puede aprenderse rápidamente. Su carácter simple e intuitivo hace que el mayor esfuerzo recaiga mayormente en la obtención de una exposición fotográfica correcta.⁶⁹
- ⊙ La mayoría de los restauradores cuentan con los conocimientos de fotografía digital necesarios para obtener imágenes RTI de buena calidad por lo que únicamente se requiere de unas horas para aprender todo el proceso.
- ⊙ La combinación de conocimientos previos y la facilidad del método contribuyen a que el costo de la implementación del RTI en el trabajo del restaurador se reduzca drásticamente.⁷⁰
- ⊙ Una vez establecido el encuadre y las condiciones de captura, las toma de hasta 80 fotografías puede hacerse en alrededor de 20 minutos. El tiempo de procesamiento normalmente no excede 1 hora.
- ⊙ Los programas informáticos RTI están mayormente automatizados y son intuitivos, de modo que no se requiere de soporte técnico mayor para utilizarlos.
- ⊙ Contando con las luces y filtros adecuados, se pueden hacer fotografías en el exterior a luz de día, por lo que es adaptable para uso en yacimientos arqueológicos u otros sitios donde no se tenga un estudio fotográfico apropiado.

4.4 Limitaciones del RTI

Entre las principales limitantes del método RTI observadas durante esta investigación se encuentran las siguientes:

- ⊙ Las imágenes muestran una sola vista del objeto. No obstante que la tecnología para crear modelos de múltiples vistas está ya disponible, aún no se ha logrado el nivel de automatización necesario para su difusión.⁷¹
- ⊙ A pesar de que la textura se representa realísticamente, la imagen no provee mediciones de profundidad.
- ⊙ Ya que las cualidades texturales de un objeto varían de acuerdo con la iluminación, es importante que los usuarios reconozcan cuando están observando una textura real o un efecto óptico para no identificar información falsa.

⁶⁹ Mudge, et al. 2006, 7.

⁷⁰ Barbosa 2009, 55.

⁷¹ Earl, Martinez y Malzbender 2010, 10.

- ⊙ La información contenida en las imágenes no será confiable para fines de diagnóstico si quienes las producen no guardan los metadatos de captura y procesamiento o introducen errores, como la variación en la distancia o intensidad de la iluminación, durante la toma fotográfica.
- ⊙ Definitivamente toma más tiempo y esfuerzo que tomar un par de fotografías rasantes convencionales y normalmente se requiere de dos o tres personas para disparar, medir y mover las luces.
- ⊙ El proceso de captura genera una gran cantidad de fotografías, algunas de las cuales pueden ser de hasta 60MB, lo que requiere de mucho espacio de memoria en el ordenador (varios GB) para guardarlas y procesarlas.
- ⊙ Aún no existe un programa de visualización en línea que permita ver y compartir fácilmente los archivos RTI sin tener que descargar el programa RTI en el ordenador.
- ⊙ El método de luces portátiles permite la captura de objetos de distintos tamaños, sin embargo también presenta algunos retos técnicos: ya que la distancia entre el objeto y la fuente de luz debe ser por lo menos dos veces el tamaño del primero, en ocasiones el espacio de captura no es suficientemente grande para crear un domo completo, es difícil alcanzar ciertos ángulos o se necesitan luces más poderosas para iluminar la obra adecuadamente.

A pesar de sus limitantes, los aportes que ofrece el RTI deben ser considerados cuidadosamente puesto que permitirán aprovechar el potencial informativo que poseen las superficies texturales a través de modelos digitales exactos, de fácil obtención y bajo costo. Además, la posibilidad de extraer un número infinito de imágenes distintas para observar, documentar e interpretar los objetos de acuerdo con las necesidades de cada investigador hace del RTI una herramienta innovadora, que aún no siendo una solución analítica *per se*, puede fácilmente convertirse en un instrumento complementario de diagnóstico para el trabajo rutinario de restauración.

Aplicaciones de método RTI en la conservación y restauración de bienes culturales

Uno de los pasos primordiales de todo proceso de restauración es el análisis detallado del objeto a intervenir para conocer su origen –dónde, cuándo y quién lo produjo-, los materiales y métodos utilizados para su creación, su condición física y química, las causas de su deterioro y su vulnerabilidad a las condiciones de almacenaje o exhibición presentes y futuras. Los resultados de este análisis proveerán los hechos y fundamentos materiales que justifican la restauración, así mismo establecerán una base para el diseño de la metodología del tratamiento propuesto y formará parte de la documentación integral la obra.

En particular, la información extraída de la observación del objeto es fundamental para planear los tratamientos y evaluar los resultados porque son parte de su realidad física y actúan como base para las acciones que se van a seguir. Conocer detallada y precisamente la apariencia de las obras preparará a los restauradores para introducir interpretaciones teóricas más acertadas acerca de origen, composición o estado de conservación, y por lo tanto, a preservarlas mejor; por lo que las herramientas que incrementan su habilidad de identificar, documentar, estudiar y monitorear las superficies y sus transformaciones antes, durante y después de las intervenciones son fundamentales. Una de tales herramientas es el RTI, el cual ofrece una nueva manera de documentar y de analizar las superficies fiel y detalladamente de una forma sencilla, económica y rápida.

5.1 Creación de réplicas digitales

La documentación en restauración se refiere a los “registros textuales y visuales recogidos durante el cuidado y tratamiento de un objeto.”⁷² Estos documentos pueden incluir la composición material del objeto y su tecnología, datos de su condición y su historia, los tratamientos realizados, las observaciones o conclusiones hechas por el restaurador, así como los detalles sobre las condiciones ambientales pasadas y presentes que proveerán la información necesaria para la valoración de su estado, y en el futuro, evaluar la eficacia o el fallo de los métodos y materiales de intervención. La documentación de los bienes culturales es crucial para su preservación debido a que en algunos casos es posible que ésta permanezca por más tiempo que el objeto mismo, volviéndose la única prueba de su existencia.⁷³ Por esa razón se procura que los documentos visuales tales como la fotografía, los dibujos o las reconstrucciones virtuales capturen y transmitan la realidad presente lo más fielmente posible.

Como un nuevo método fotográfico computacional, el RTI extrae datos de una secuencia fotográfica y sintetiza una nueva representación que contiene información no reconocible en las imágenes originales individuales -tales como las propiedades reflectantes de los objetos gracias a las cuales percibimos volúmenes, texturas y brillos- y que hacen que el sujeto fotografiado pueda percibirse como lo haría el real bajo distintos ángulos de iluminación. De esta manera, una imagen RTI no únicamente digitaliza⁷⁴ el objeto sino que crea una réplica digital (*digital surrogate*) que “representa contenidos del mundo real en un formato digital y facilita el estudio científico y el disfrute personal sin tener la experiencia física directa del objeto.”⁷⁵ En otras palabras, las réplicas digitales son copias fieles útiles para inferir información textural del objeto, independientemente de cómo fue iluminado durante la captura, y las cuales pueden ser manipuladas para que cada usuario estudie o compare rasgos particulares de la superficie cuando ésta haya sufrido transformaciones por envejecimiento o deterioro, haya sido intervenida o incluso haya sido destruida.

El RTI puede crear réplicas digitales exactas usando como base datos empíricos, fotografías y procesos matemáticos bien documentados para generar la representación final. La información empírica a partir de la cual se construye es comprobable y permite a otros investigadores reproducirla y evaluar su calidad, lo cual lo distingue de las representaciones digitales especulativas. De acuerdo con Barbosa, durante la captura de fotografías digitales con luz rasante o la creación de modelos 3D necesariamente se toman decisiones acerca de la relevancia de ciertos rasgos de los objetos debido a que no es posible establecer una sola iluminación que capture todas sus características en una única escena. Esto resulta en una imagen con información parcial y que no representa las propiedades superficiales reales.⁷⁶ La inclusión de datos especulativos e interpretativos subjetivos a los modelos digitales modifican el contenido, lo que puede llevar a otros investigadores a rechazarlos como fuentes de información.

⁷² Moore 2001, 1.

⁷³ National Park Services 2012, 8.

⁷⁴ La digitalización o captura digital ‘convierte’ un objeto a un formato digital (2D o 3D) que puede ser procesado electrónicamente (Redman y Mudge 2007a, 355).

⁷⁵ Mudge, Ashley y Schroer 2007 [traducción de la autora].

⁷⁶ Barbosa 2009, 3.

Además de los metadatos contenidos en las imágenes RAW originales y la información capturada en las fichas de registro, cuando el programa *RTI Builder* produce el mapa textural, también crea un documento que guarda todos los datos y modificaciones introducidas por el usuario durante el proceso, tales como los algoritmos utilizados, y con ello cimienta su procedencia empírica. Mudge afirma que cuando las réplicas digitales se construyen de manera transparente y siguiendo una metodología correcta, es posible obtener representaciones auténticas y fiables de los objetos.⁷⁷

Diversos museos e instituciones culturales y arqueológicas como el *Cultural Heritage Imaging* (San Francisco, USA), el *Smithsonian's Museum Conservation Institute* (Washington, USA) o el *Archaeological Computing Research Group* de la Universidad de Southampton (Inglaterra) han creado réplicas digitales RTI de monedas, teselas, textiles, papel, pinturas, grabados, petroglifos, madera, piedra, metales, cerámicas, fragmentos arquitectónicos, hueso, metal, etcétera, que han servido para interpretar marcas muy erosionadas, aspectos estilísticos sutiles, comparar marcas de corte e incisiones o verificar características osteológicas.⁷⁸ Graeme Earl, uno de los principales investigadores del RTI en el ámbito arqueológico, afirma que este método se ha utilizado en aplicaciones de restauración para el registro de pinturas, superficies metálicas corroídas, madera y pinturas murales; y en combinación con técnicas como la tomografía de rayos X, se han podido leer caracteres en piezas arqueológicas que han ayudado a entender mejor su función.⁷⁹

Las repercusiones positivas que derivan de contar con un formato documental como el RTI que refleje la estructura tridimensional, el color, el brillo y la textura de manera exacta, junto con todos los datos de procedencia de la información, pueden ser aprovechadas por la restauración más allá de lo que hasta ahora es posible con la documentación convencional. Al utilizar RTI un restaurador no solo estará construyendo una presentación visual sino creando una réplica del objeto en formato digital que, utilizada en conjunto con el estudio directo de la obra, el resto de la documentación fotográfica y los análisis físico-químicos, puede ayudarle a encontrar evidencias para la caracterización del objeto, el diagnóstico del estado de conservación, el monitoreo y evaluación de tratamientos, la difusión, el seguimiento preventivo de obras o incluso a la investigación de nuevos materiales de restauración.

5.2 Caracterización del objeto

Cuando una obra va a ser intervenida es fundamental establecer primeramente qué es, cómo fue hecha, cuáles son los materiales originales y cuál ha sido su historia. Esta información es necesaria para entender cómo y por qué se ha deteriorado y, principalmente, para establecer los objetivos apropiados para su tratamiento.

⁷⁷ Mudge, Ashley, Schroer 2007.

⁷⁸ Earl, Martinez y Malzbender 2010, 6.

⁷⁹ Earl, Martinez y Malzbender 2010, 6.

Entre las muchas evidencias materiales, el aspecto superficial puede revelar al restaurador información valiosa para la caracterización del objeto y le indican la dirección hacia la cual debe dirigir análisis más específicos. En particular, las propiedades texturales le ayudan a reconocer el material del que está hecha una obra: si es un elemento duro o suave, poroso o denso; las técnicas de factura: el grosor de las cargas utilizadas, las huellas de las herramientas, si el acabado es pulido, rugoso, brillante o mate, si se aprecia la dirección de las pinceladas o un patrón de textura intencional; o su historia a través del tiempo: si hay inscripciones posteriores, marcas o abrasiones que denoten uso, reparaciones, cambio de función, etcétera.

Es en las tareas de caracterización de los bienes culturales donde hasta ahora el RTI ha tenido una de sus mayores aplicaciones y en donde se ha reconocido su utilidad para resaltar fácil y rápidamente cualidades de factura en diversos materiales tales como elementos y patrones decorativos, calidad de los acabados, inscripciones e impresiones; marcas de agua, abrasiones por uso, huellas de herramientas, uniones, grosor y dirección de pinceladas, orden de aplicación de materiales pictóricos. El RTI ha ayudado a restauradores a descubrir rasgos que son imperceptibles a la vista o a través de otras técnicas de inspección; por ejemplo, en un caso singular, el *Thaw Conservation Center* de New York descubrió que la obra sobre papel *Danaë Receiving the Golden Rain* de Bloemaert, clasificada anteriormente como dibujo, presentaba evidencia de ser una litografía.⁸⁰

De las obras analizadas durante esta investigación, un dibujo al agua del siglo XVII proveniente del Colegio del Corpus Christi de Valencia es un buen ejemplo de los rasgos de factura ocultos que se pueden evidenciar a través del empleo del RTI. En este caso, al reducir los valores de color para ver la textura, el dibujo “desaparece”, ya que la técnica de acuarela no deja una impresión en el soporte, excepto en donde las formas se delinearon con lápiz o tinta, dejando una impresión sutil en el papel que es perceptible únicamente al aumentar considerablemente la reflectancia del objeto (figs. 29-30).



Fig. 29

Captura de detalle de acuarela, sin filtro.

⁸⁰ Thaw Conservation Center, 2006.

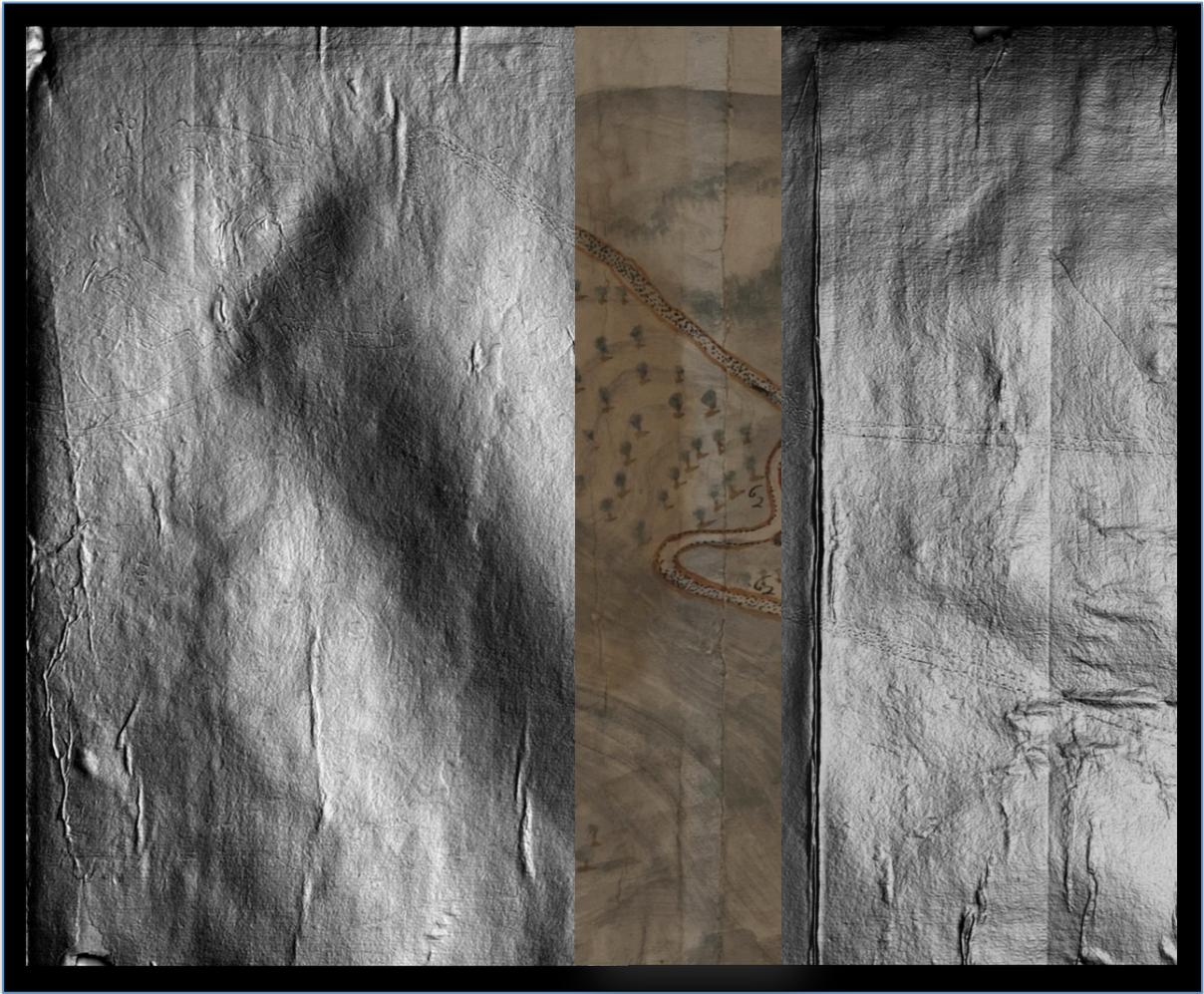


Fig. 30 Captura de detalle de acuarela con filtro especular (inserción central sin filtro). Debido a que la acuarela no deja una impresión en el papel la imagen ‘desaparece’ al disminuir los valores de color, excepto en donde las líneas se han remarcado y han dejado una impresión en la textura.



Datos de la obra:

[sin título] acuarela
Real Colegio del Corpus Christi, Val.
Siglo XVII
30.5 cm x 78.5 cm
#Registro: RTI2013_001

En este otro ejemplo, la pintura al óleo *Virgen cuzqueña* (fig. 31-32), utilizando los filtros de reflexión difusa y especular, se puede apreciar claramente la diferencia de grosor entre la fina capa de pintura del fondo del manto –que deja entrever la trama de la tela– y los gruesos elementos decorativos formados por la brocatería dorada y blanca, característicos de esta escuela pictórica.



Fig. 31 Captura de pintura al óleo con brocatería dorada con iluminación oblicua (izquierda) y filtro especular (derecha).

Datos de la obra:

Virgen Cuzqueña
Óleo con brocatería dorada sobre tela
Colección particular
Siglo XX
58 cm x 38 cm
#Registro: RTI2013_036



Fig. 32

Detalle de brocatería con distintos renderizados para resaltar el grosor y la textura de la capa pictórica.

Sin filtro (arriba), con ajuste difuso (centro) y con ajuste especular y magnificación (abajo).

El RTI también provee información relevante para estudios de técnicas pictóricas de artistas u obras particulares al ayudar a resaltar grosor, anchura y dirección de las pinceladas no solo mediante el aumento de contraste entre los relieves de la pintura por iluminación rasante y filtros difusos (fig. 33), sino a través de las máscaras de enfoque que facilitan la lectura direccional de la textura (fig. 34).



Fig. 33 Captura sin filtro (arriba) y con filtro difuso (abajo) para denotar textura.

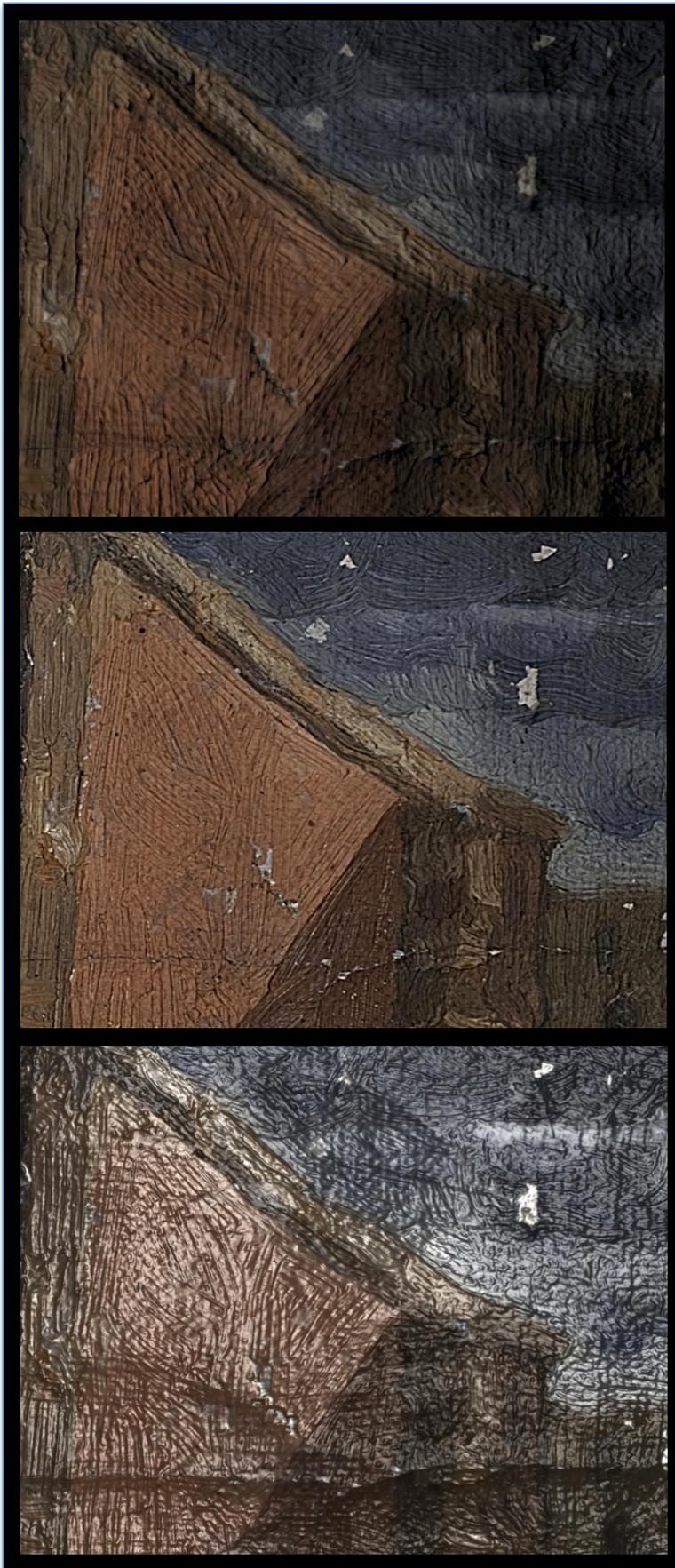


Fig. 34

Captura de detalle con filtros de renderizado para resaltar la dirección y grosor de las pinceladas.

Ajuste difuso (arriba), con máscara de enfoque de imagen (centro) y con filtro especular (abajo).

Datos de la obra:

Casa
Óleo sobre algodón
Colección particular
Siglo XX
20 cm x 25 cm

#Registro: RTI2013_016

5.3 Diagnóstico del estado de conservación

Tal vez ninguna aplicación de la técnica RTI en la conservación y restauración de los bienes culturales es tan clara y útil como la de ayudar a diagnosticar su estado de conservación. Entre las principales metas de este análisis están la de determinar la presencia de alteraciones y sus implicaciones para la seguridad física y la permanencia del objeto y la de determinar la presencia de componentes o condiciones que podrían influir en el tratamiento de restauración y ayudar en la evaluación a lo largo de la intervención.

El estado de conservación varía de obra a obra debido a que cada una está constituida por distintos materiales, técnicas o calidades de factura, porque han servido distintas funciones a lo largo del tiempo o porque han sido resguardadas en condiciones ambientales diferentes. Ya que el diagnóstico es una conclusión a la que el restaurador llega a través de la comparación del estado actual de la obra con alguno anterior, presumiblemente mejor,⁸¹ el estudio de su apariencia es fundamental para determinarlo, porque ahí es donde se manifiestan la mayoría de los hechos físicos que actuarán como evidencia de la necesidad de la intervención y servirán como base para la planificación del tratamiento.⁸²

En la búsqueda de evidencias de la condición del objeto, el método RTI es un instrumento poderoso ya que con los distintos ángulos de iluminación, la amplificación de la imagen y los filtros de renderizado es posible descubrir y documentar muchas de las alteraciones que introducen cambios, aún mínimos, de textura o brillo que no son fácilmente evidentes bajo observación directa o con técnicas de imágenes convencionales. Entre los deterioros que se pueden evidenciar con RTI están las craqueladuras, descamaciones, pérdidas, eflorescencias de sales, depósitos superficiales e incrustaciones, materiales descohesionados, arañazos, piteado, orificios, estriado, incisiones, productos de corrosión metálica y patinados, enconchamiento, deformación de soportes, encogimiento, roturas, desfases, delaminación y descamación, separación, mineralización, etcétera. Además, ya que el estado de conservación tiene estrecha relación con la historia del objeto, es posible identificar incongruencias en la textura, color o brillo que indiquen discontinuidad por reconstrucción, repintes o tratamientos previos de restauración.

El RTI es capaz de enfatizar rasgos particulares pero también puede documentar condiciones generales para ayudar a diagnosticar la naturaleza, tamaño, ubicación, extensión y carácter aparente del daño; qué propiedades visuales o estructuras se han perdido o disminuido - comparadas con las áreas sin deterioro circunvecinas- e incluso, cuando se crean imágenes de un objeto periódicamente (monitoreo), se puede saber si su estado está cambiando activamente.⁸³

En la pintura sobre tabla *El Calvario* el RTI revela información que no podría ser fácilmente discernible con otras técnicas digitales, tales como los trazos de pinceladas o la detallada serie de craqueladuras (fig. 35).

⁸¹ Appelbaum 2007, 22.

⁸² Appelbaum 2007, 30.

⁸³ Dalekronkright 2012.



Fig. 35 Capturas de detalle de la pintura sobre tabla *El Calvario* enfatizando la textura que denota deterioro en la capa pictórica. Sin filtro (izquierda) y con filtro especular (derecha).

En otra imagen de la misma pintura, eliminando el color y aumentando la reflectancia de la superficie es posible distinguir áreas de distinto brillo que parecen corresponder con diferentes grosores de barniz, vistos a través de luz UV (fig. 36). Las áreas menos reflectantes, donde el barniz se ha limpiado, aparecen negras y mate, lo que podría servir como referencia para confirmar los hallazgos hechos con otras técnicas.



Fig. 36 Fotografía de la pintura sobre tabla *El Calvario* con iluminación UV (izquierda) y captura RTI con filtro especular (derecha). La imagen RTI muestra el brillo de la superficie, que corresponde con las áreas con barniz presente. Las zonas donde se ha eliminado el barniz manifiestan menos brillo, por lo aparecen como negras y opacas.

Gracias a que la dirección de iluminación y los parámetros de color o reflectancia pueden modificarse y adaptarse a las cualidades de los distintos materiales, el método RTI es capaz de resaltar y ayudar a diagnosticar deterioros en diferentes tipos de obras (figs. 37-38). Además, la información potencial contenida en un medio tan compacto hace del RTI un método efectivo para documentar y comunicar las evidencias físicas que les han ayudado a formular ciertas interpretaciones acerca del objeto y de su deterioro.

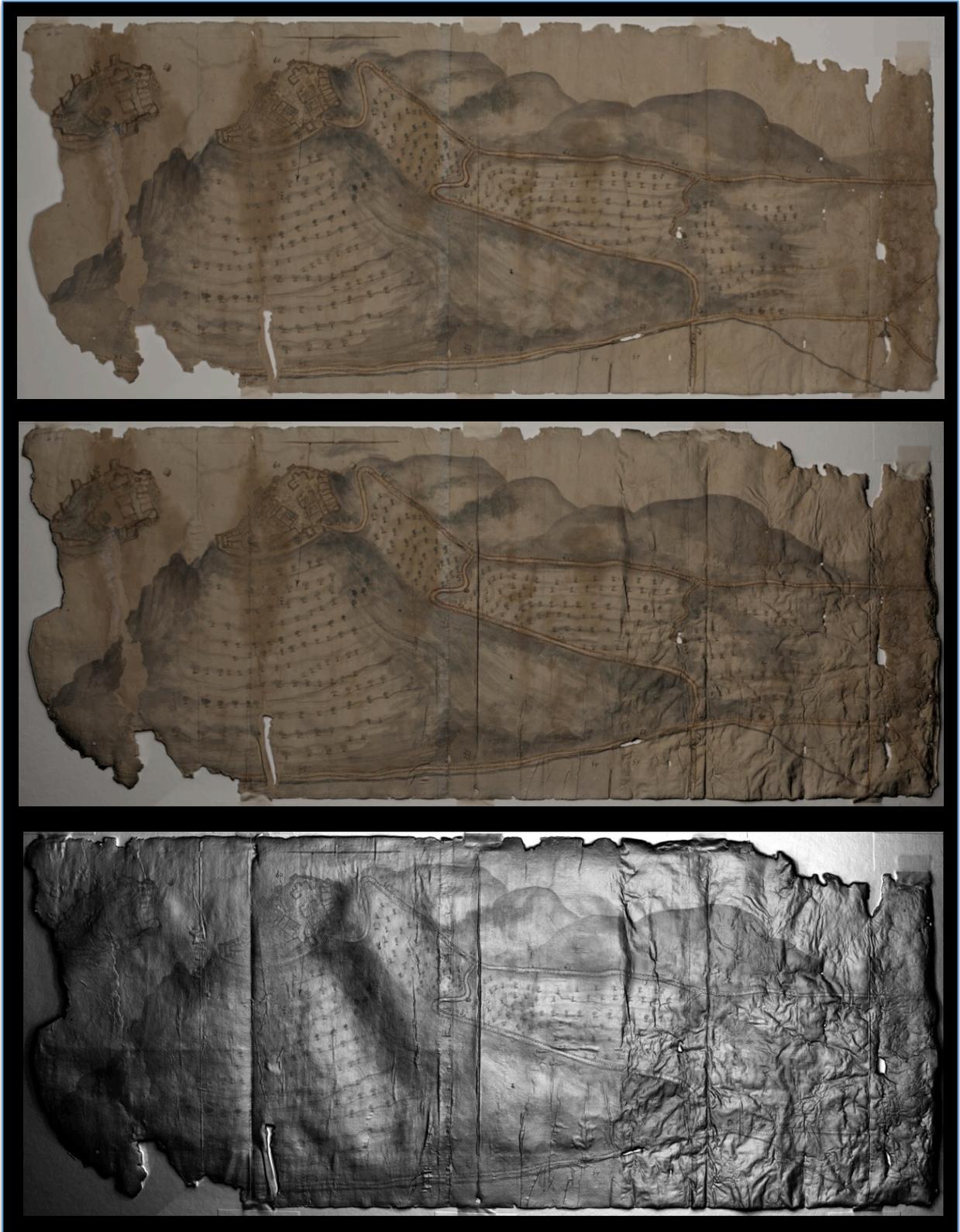


Fig. 37 Capturas generales de acuarela a través de distintos filtros de renderizado para resaltar la deformación en el soporte de papel. Sin filtro (arriba), con ajuste difuso (centro) y con ajuste especular (abajo). El ajuste difuso enfatiza el contraste entre altos y bajo-relieves mientras que el ajuste especular puede disminuir los valores de color y aumentar la reflectancia, para percibir mejor la textura.



Fig. 38 Capturas de una escultura en madera policroma con considerables pérdidas de policromía y cubierta con repintes vista a través de distintos filtros de renderizado y grados de magnificación.

Datos de la obra:
Virgen con niño
Escultura en madera policromada
Sta. María La Mayor, Oliva
Siglo XVI-XVI
100 cm x 35 cm
#Registro: RTI2013_012

5.4 Evaluación de tratamientos

La textura es una cualidad inherente, pero no inmutable, del objeto; de modo que el envejecimiento y deterioro pueden causar alteraciones o pérdidas que modifican los patrones topográficos, de color y de brillo de las superficies, alterando el mensaje visual de la obra. Para tratar de resolver estas transformaciones negativas se recurre a los tratamientos de conservación y restauración, los cuales a su vez no deben introducir modificaciones al carácter original de los objetos, por lo que los restauradores tienen el reto de desarrollar tratamientos efectivos pero que provoquen los menores cambios en su apariencia. Sin embargo, aún los tratamientos más delicados tienen el riesgo de causar cambios en la superficie que pueden ir desde los imperceptibles hasta los casos más extremos en donde la consolidación, limpieza o barnizado, por ejemplo, llegan a modificar considerablemente la textura, el brillo y la percepción del color de las obras.

Para ayudar a valorar los cambios producidos en las superficies durante los tratamientos de intervención el RTI ofrece una buena opción debido a que provee representaciones visuales exactas de sus rasgos en una manera controlable y reproducible. Puesto que las réplicas digitales imitan la experiencia de observar el objeto real, esto hace posible comparar fielmente el estado de una superficie en distintos momentos del proceso de restauración para verificar, por ejemplo, si un consolidante ha hecho más brillante un área, si hay abrasión o aplanamiento de texturas, o si un estuco ha imitado apropiadamente el acabado del original. De hecho, el RTI fue utilizado con propósitos de comparación por un proyecto del *English Heritage* (Kent, Inglaterra)⁸⁴ para comparar objetos de madera arqueológica anegada durante las distintas tareas de restauración y verificar si había modificaciones en las marcas de herramientas o la veta de la madera. El RTI también se ha empleado en el *Tate Museum* (Londres, Inglaterra)⁸⁵ como medio para registrar cambios en la condición de las pinturas, verificar si hay aplanamiento en las texturas durante los tratamientos o para cotejar su estado de conservación antes y después de un préstamo. Adicionalmente, en un artículo publicado por *e-Conservation Magazine* a inicios del 2013,⁸⁶ se describe la reciente utilización del RTI en una colección de monedas griegas y romanas antes y después de su limpieza para evaluar la efectividad de la operación y determinar si una segunda limpieza era necesaria.

Durante esta investigación el RTI se utilizó en la pintura sobre tabla *San Pablo*, tratada en el IVC+R, para analizar la efectividad del proceso de consolidación y corrección de plano. Esta obra, perteneciente a la Catedral de Valencia, presentaba una gran cantidad de ampollas causadas por el calor de un incendio durante la Guerra Civil Española de 1936. Mientras que las deformaciones más grandes eran fáciles de observar y documentar con luz rasante, las zonas con las ampollas más pequeñas no eran registradas adecuadamente. Utilizando imágenes RTI fue posible capturar en detalle la condición de la capa pictórica antes y después del tratamiento de consolidación y corrección de plano, lo que ha servido para evaluar también la efectividad del proceso (figs. 39-40).

⁸⁴ Earl, Martínez y Malzbender 2010, 6.

⁸⁵ Payne 2012; Padfield, Saunders y Malzbender 2005.

⁸⁶ Kotoula y Kyranoudi 2012, 81.



Fig. 39

Capturas de detalle del deterioro en la pintura sobre tabla *San Pablo* antes de ser intervenida. Sin filtro (arriba); acercamiento en el área del hombro izquierdo, sin filtro (centro); mismo detalle con filtro especular (abajo). En esta última imagen se aprecian también las ampollas minúsculas causadas por el calor y las pérdidas de capa pictórica.



Fig. 40 Capturas de detalle de *San Pablo* antes del tratamiento de corrección de plano y consolidación (izquierda) y después (derecha), utilizando direcciones de iluminación y filtros de renderizado similares.

Es importante recalcar que en estudios comparativos de texturas, la iluminación juega un papel fundamental en la percepción por lo que se deben establecer relaciones entre la información que se conoce acerca de la obra con aquella que se percibe a través de las imágenes RTI para diferenciar correctamente la textura real de los efectos ópticos causados por la luz y evitar llegar a conclusiones erróneas.

A pesar de que las capturas instantáneas no representan la apariencia dinámica que se obtiene a través de la visualización interactiva del objeto en pantalla, es posible vislumbrar el potencial que tiene el método RTI para monitorear puntualmente el estado de la obra durante cada uno de los procesos y efectuar valoraciones más objetivas sobre los resultados perceptibles de una manera sencilla e intuitiva que promueve la autocritica y ayuda a mejorar el desempeño de las intervenciones.

5.5 Evaluación de materiales de restauración

En estrecha relación con los tratamientos, los materiales aplicados también influyen en la apariencia que tendrá la obra después de una restauración. Por eso es deseable que los adhesivos, barnices, consolidantes, estucos, pinturas u otros materiales introducidos sean efectivos en su tarea adhesiva, estabilizadora o protectora, pero que no causen cambios en el aspecto del original y, en el caso de las reintegraciones volumétricas y cromáticas, que imiten adecuadamente sus cualidades visuales. Por ejemplo, además de asegurar la cohesividad de una capa de pintura contemporánea monocroma mate, un consolidante no debe dejar manchas o aportar brillo a la superficie pictórica ya que esto añadiría un elemento perturbador que afectaría de manera irreversible la lectura correcta del mensaje visual.

El análisis científico y la selección de materiales apropiados para los tratamientos de restauración es una actividad que se lleva a cabo continuamente al descubrir nuevas sustancias o encontrar nuevas aplicaciones a productos tradicionales. Los resultados de las pruebas de envejecimiento o desgaste a las que se someten los materiales de restauración para descubrir su idoneidad pueden ser cuantificados y comparados por la cantidad y tipo de gases que desprenden, su peso, por las transformaciones que sufren a nivel molecular, pero también por los cambios perceptibles a nivel superficial tales como la pérdida de brillo, la aparición de grietas, burbujas, deformación, picado, abrasión, etcétera que denotan su respuesta al deterioro. En otras ocasiones, como en el caso de las pastas de estuco o de nuevos soportes, algunas pruebas están destinadas a descubrir su resistencia a la abrasión o si el material tiene las cualidades apropiadas para imitar la textura, el brillo o maticidad del objeto original al que serán aplicados.

Hasta ahora no existen publicaciones describiendo el uso del RTI en el análisis de nuevos materiales, no obstante que su habilidad para resaltar rasgos superficiales hacen de éste un medio ideal para registrar y evaluar cambios en el brillo y textura que normalmente se realizan

con iluminación rasante. Para explorar esta posibilidad, durante esta investigación se utilizó el RTI para fotografiar probetas de dos nuevas pastas de estuco que están siendo desarrolladas actualmente en el Instituto de Restauración del Patrimonio de la UPV.

El primer grupo de probetas fotografiado fue del estucos para material óseo arqueológico hecho a base de resinas acrílicas e identificados como MH-P-20-1 AH y MH-P-25-1.⁸⁷ Estas probetas fueron sometidas a pruebas de resistencia a la abrasión con un abrasímetro lineal a 5, 10 y 15 ciclos, tras ser sometidas a diferentes condiciones de humedad, temperatura e iluminación UV. Los resultados de las pruebas se observaron a través de imágenes RTI, las cuales permitieron aumentar considerablemente el contraste entre los relieves de la textura, consiguiendo una mejor y más objetiva comparación (figs. 41-42).



Fig. 41 Captura general de probetas de estuco para material óseo tras pruebas con abrasímetro lineal, con iluminación oblicua. Cada probeta mide 4 cm x 4 cm.

⁸⁷ Carrascosa y Linares 2013.

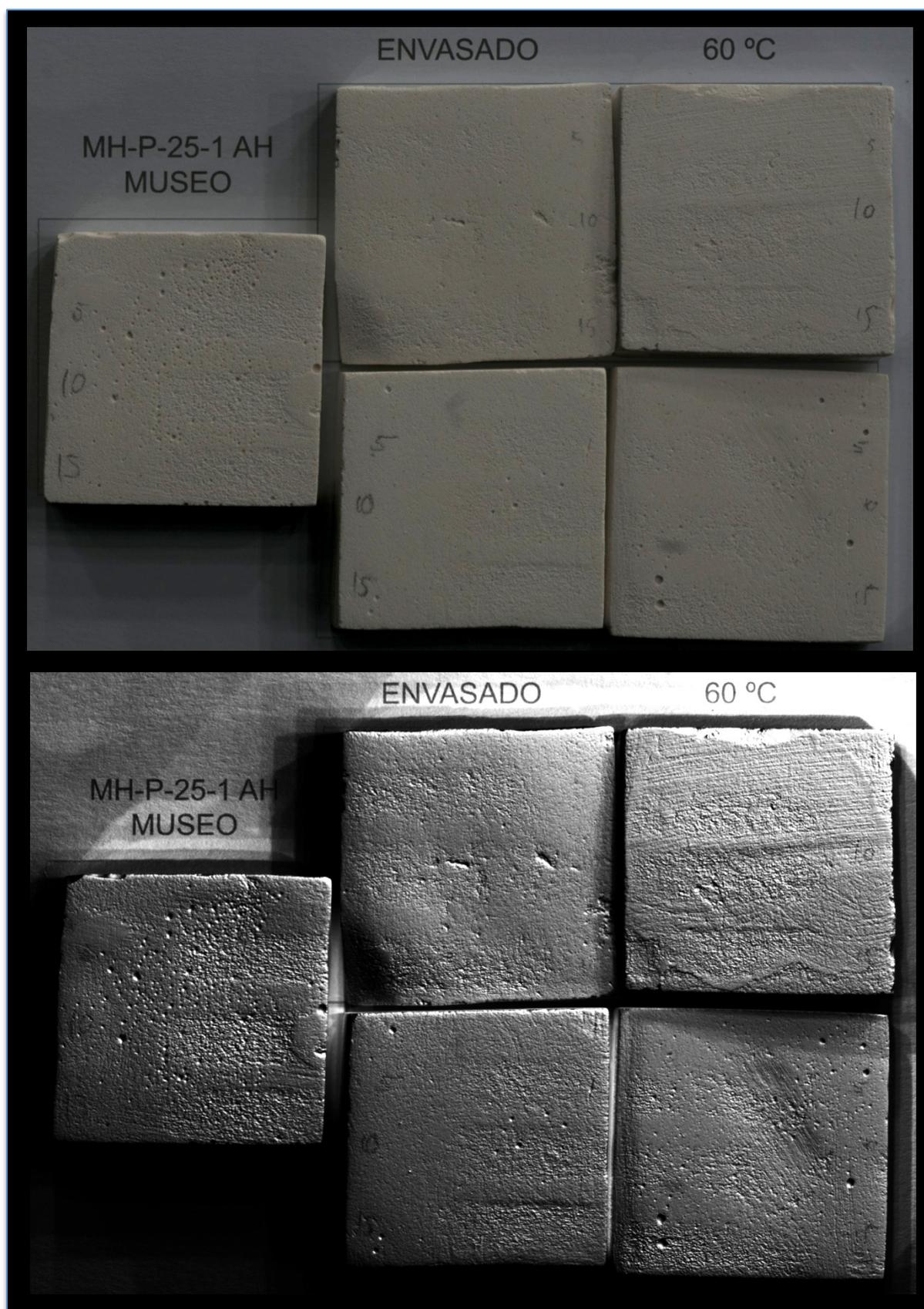


Fig. 42 Captura general de probetas de estuco para material óseo tras pruebas con abrasímetro lineal. Iluminación rasante (arriba) y filtro especular (abajo).

En otra prueba, la superficie de las probetas MH-P-20-1 AH y MH-P-25-1 fueron talladas con distintas herramientas para verificar la facilidad con la que el material permitía lograr ciertos acabados texturales (lo que se denomina como trabajabilidad). Las figuras 43 y 44 son ejemplos de cómo los detalles topográficos más tenues pueden verse con mayor claridad a través de RTI.



Fig. 43

Capturas de probetas de estuco para material óseo tras pruebas de trabajabilidad de texturas. Con iluminación rasante (arriba) y filtro especular (abajo).

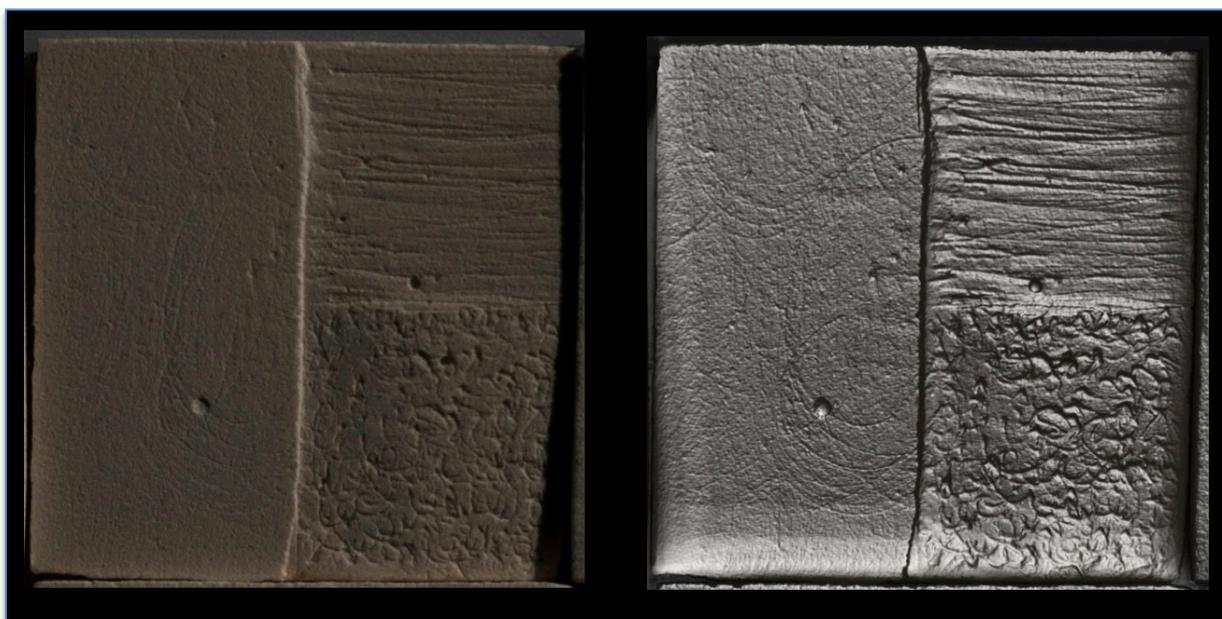


Fig. 44 Captura de detalle de una probeta de estuco para material óseo tras pruebas de trabajabilidad de texturas. Con iluminación rasante (izquierda) y filtro especular (derecha).

El segundo grupo fotografiado fueron probetas de Stuc-Bol®, un material semi-sintético diseñado para la restauración de superficies policromas y doradas.⁸⁸ Para comprobar la resistencia de este estuco al deterioro, las probetas se fotografiaron antes y después de someterlas por dos semanas a contaminación atmosférica con vapores de ácido sulfúrico y a condiciones extremas de HR y temperatura en una cámara de envejecimiento acelerado. El RTI hizo posible seleccionar condiciones de iluminación similares previa y posteriormente a las pruebas para hacer comparaciones de los cambios en la textura del estuco. Gracias a este estudio se comprobó que las probetas no sufrieron deterioros significativos (fig. 45-46).

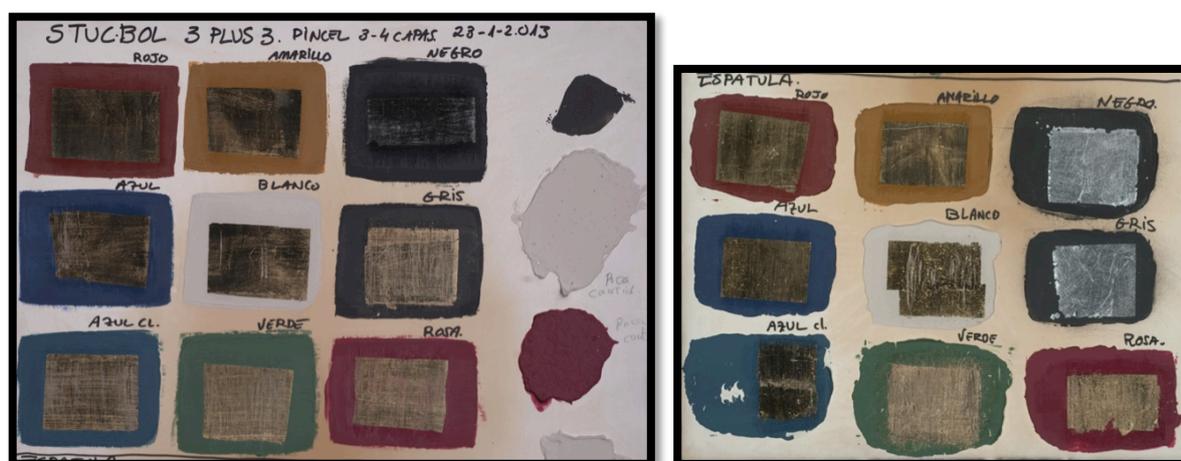


Fig. 45 Vista general de las probetas de Stuc-bol® aplicadas con pincel (izq.) y espátula (der.)

⁸⁸ Comunicación Enriqueta González Martínez-Alonso, Valencia, Mayo 2013.

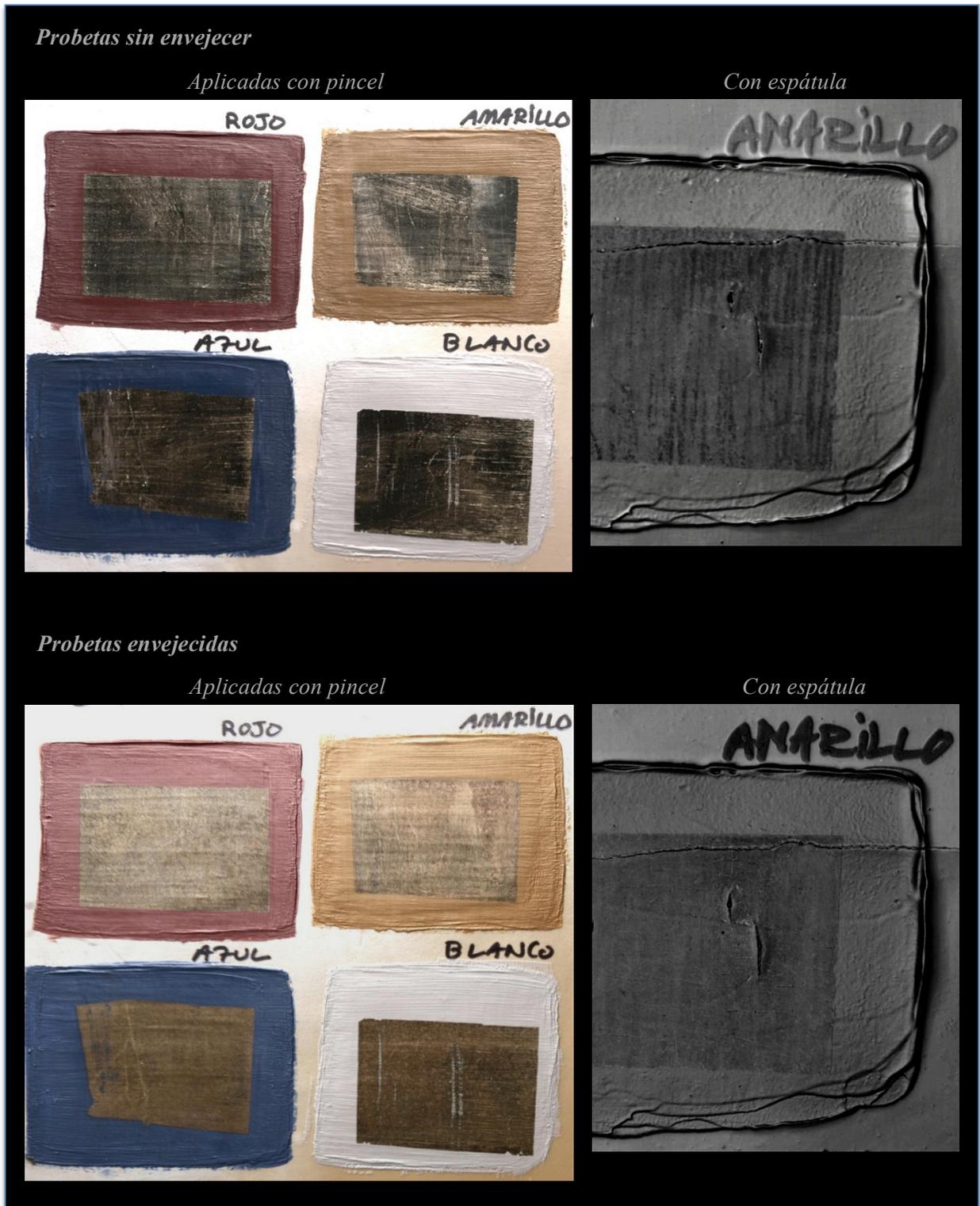


Fig. 46 Capturas de detalles de probetas de Stuc-bol® antes de ser sometidas a envejecimiento acelerado (arriba) y después. Cada probeta mide aproximadamente 3cm x 5cm.

5.6 Conservación preventiva y difusión

Uno de los objetivos del trabajo del restaurador es el de salvaguardar los objetos mediante la implementación de medidas de prevención y a través de su difusión para que el público conozca, comprenda y aprecie el patrimonio y de ese modo también contribuya a su permanencia. La creación de réplicas físicas o virtuales de los bienes culturales funciona como una medida de conservación preventiva debido a que algunos objetos son frágiles, únicos o tan valiosos que por razones de seguridad no es permitido que viajen o que sean físicamente accesibles al público. En estos casos, la mejor alternativa es la de registrar y almacenar información documental y réplicas del objeto o la de reemplazar el original con la réplica.⁸⁹

El RTI puede contribuir enormemente a las tareas de prevención de daños ya que un registro digital que transmita de manera realista la apariencia de los objetos -una réplica digital- permite que éstos puedan ser estudiados o disfrutados sin ser manipulados, evitando riesgos de degradación del original y al mismo tiempo ofreciendo acceso a la información a un mayor número de personas.⁹⁰ Un ejemplo del potencial del RTI en la prevención del deterioro en los bienes culturales es la colección de numismática del *Hospice of the Grand St. Bernard*, Suiza. Antes del 2005, el acceso a estas monedas antiguas estaba restringido debido a los riesgos de seguridad -algunas piezas son muy valiosas, pero también muy pequeñas y pueden ocultarse fácilmente- a lo remoto de su ubicación y a las condiciones climáticas de la región, normalmente bajo nieve. Debido a que el estudio de las monedas normalmente requiere que éstas sean examinadas de cerca y manipuladas para descubrir los detalles más pequeños a través de diferentes direcciones de iluminación, se necesitaba de una solución que permitiera a los visitantes estudiar las monedas pero sin poner en constante riesgo a los frágiles ejemplares. Tras el proyecto RTI, las monedas se pusieron a disposición del público en una exposición virtual en donde los archivos eran examinados con distintos grados de magnificación e iluminación, incrementando la legibilidad de los caracteres y las cualidades de su superficie sin poner en peligro los originales.⁹¹

Las imágenes RTI son medios visuales poderosos y a la vez compactos que pueden compartirse desde cualquier lugar del mundo, removiendo efectivamente las barreras físicas y permitiendo el acceso a información de los bienes culturales que hasta ahora era limitado únicamente a quienes tienen un contacto directo con esos objetos.⁹² Al diseminar más información de las obras y de su condición aumentamos sus posibilidades de permanencia porque, como remarca Mudge, “*la conservación y la preservación son mejor entendidas puesto que es fácil de demostrar tanto la sutileza del arte como la frágil condición de algunos objetos.*”⁹³

Las réplicas digitales RTI también tienen un poder comunicativo inmediato y ofrecen un control completo para seleccionar el énfasis, contraste y atención que se le da a cada rasgo superficial por lo que son ideales para presentar información visual selecta en publicaciones

⁸⁹ Kotoula 2011.

⁹⁰ Schroer 2012, 38.

⁹¹ Mudge, et al. 2005, 3.

⁹² Earl, Martinez y Malzbender 2010, 10.

⁹³ Mudge, et al. 2010, 17 [traducción de la autora].

impresas o en línea, conferencias, exhibiciones o contextos educativos a través de fotografías fijas, videos o animaciones interactivas. Además, el intercambio de registros RTI entre restauradores u otros profesionales de museos, sitios arqueológicos o instituciones culturales puede contribuir a la permanencia del patrimonio al almacenar y transmitir más información del objeto, fomentar investigaciones conjuntas o llevar a cabo un monitoreo más preciso del deterioro de obras en exhibiciones itinerantes o locaciones remotas.

En resumen, las imágenes RTI son una excelente manera de documentar y preservar los objetos en peligro de deterioro o destrucción así como de transmitir información real a una amplia audiencia en cualquier lugar del mundo, de una manera económica, sencilla, flexible y efectiva.



Fig. 47 Captura de moneda arqueológica

Datos de la obra:

moneda
metal arqueológico
2 cm diam.

#Registro: RTI2013_024

Conclusiones

La información obtenida a través de las imágenes RTI, la valoración hecha durante la fase experimental y los resultados del análisis documental han mostrado que el método *Reflectance Transformation Imaging* puede ser aplicado efectivamente al campo de la conservación y la restauración como herramienta auxiliar de diagnóstico por imágenes y como un medio de documentación de las superficies de los bienes culturales.

En cumplimiento con los objetivos de este trabajo, el estudio de los principios de funcionamiento y metodología de creación de imágenes RTI dio como resultado la optimización del proceso y la captura exitosa de imágenes de decenas de bienes culturales, incluyendo pinturas sobre lienzo, tabla y papel, grabados, textiles, objetos de piedra, madera y metal. Las imágenes RTI creadas han servido para descubrir nuevas evidencias de materiales constitutivos, técnicas de manufactura, estado de conservación, transformaciones debidas a pruebas de envejecimiento o a los tratamientos de restauración, así como para obtener un registro gráfico completo con información tridimensional de las obras. A partir de la experimentación también se logró optimizar el equipo, los espacios y los procedimientos de creación de imágenes RTI en dos instituciones de restauración importantes en la Comunidad Valenciana como lo son el Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la UPV y el Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Ambas entidades ahora cuentan con los medios necesarios para la creación de RTIs, pero principalmente, con una nueva herramienta para llevar a cabo análisis por imágenes de superficies texturales.

En cuanto a la valoración del método RTI como medio práctico y útil para documentar y analizar las características superficiales de los bienes culturales, señalamos las siguientes conclusiones:

- ⊙ El RTI es un método no invasivo y no destructivo pero eficaz para registrar y transmitir fielmente las propiedades de textura, color, forma y brillo de las superficies de distintos tipos de obras, tanto bidimensionales como tridimensionales, y de sus materiales y estado de conservación.
- ⊙ El bajo costo de su implementación, la sencillez del método, su fácil adaptación a distintas configuraciones de captura y de equipo fotográfico, así como la rapidez de su producción hacen del RTI un método de documentación asequible, económico y fácilmente adoptable para las tareas rutinarias de examen y registro de los bienes culturales.
- ⊙ La habilidad única del RTI de permitir al usuario observar a los objetos fotografiados bajo distintas direcciones de iluminación, grados de magnificación y filtros de renderizado ofrecen a los restauradores una mayor capacidad para percibir y analizar tanto patrones de textura y brillo generales de las superficies como los rasgos más sutiles mediante un proceso de visualización y selección dinámico e intuitivo.
- ⊙ La información textural provista por este método es útil para establecer y analizar las características materiales y las técnicas de factura de los objetos. Igualmente es ventajosa para registrar y evaluar los cambios que pueden ocurrir en las superficies por causa del envejecimiento, del deterioro o incluso por los tratamientos de conservación y restauración.
- ⊙ El RTI exhibe ciertas ventajas sobre otras técnicas que producen imágenes digitales fijas, como la fotografía con luz rasante, porque en un medio compacto se contienen miles de imágenes potenciales de la obra –incluyendo innumerables luces rasantes– que el usuario puede manipular para resaltar atributos específicos de acuerdo con sus objetivos particulares, independientemente de la intención del fotógrafo y de las direcciones de iluminación utilizadas durante la captura.
- ⊙ A pesar de que el RTI no proporciona mediciones espaciales absolutas, las imágenes producidas nos proveen información tridimensional a la percepción que comunica de forma inmediata, clara y exacta datos de color, textura y patrones de luces, sombras y brillos de los bienes culturales con una resolución que iguala o supera a muchos escáneres de 3D; con la ventaja adicional de requerir únicamente de equipo y procesos fotográficos convencionales.
- ⊙ Cuando la captura, el procesamiento y el archivo de las imágenes RTI se lleva a cabo metódicamente y registrando los datos de procedencia empírica, éstas pueden utilizarse como réplicas digitales fieles de las obras para derivar información real de sus cualidades materiales. Este hecho rompe en cierta medida las barreras físicas y hace de este método una herramienta útil para la comparación y evaluación de las superficies en distintos momentos o cuando no se está en contacto con el objeto mismo.
- ⊙ Como principales desventajas, el RTI muestra únicamente una vista del objeto, no provee mediciones de profundidad, requiere de más tiempo que la captura de fotografías con luz rasante convencionales y que existe un límite en las dimensiones de los objetos que se pueden capturar fácilmente (aprox. 2m).

Finalmente, a través de ejemplos de obra real se ha mostrado que el RTI ofrece considerables ventajas cuando es aplicado a la conservación y restauración de bienes culturales:

- ⊙ Las imágenes RTI ponen en evidencia datos no fácilmente discernibles a simple vista tales como técnicas de aplicación de pintura, patrones texturales decorativos, deformaciones en soportes de madera, lienzo o papel, patrones de craqueladuras, brillos diferenciales en el barniz, pérdidas de capas de policromía o bases de preparación, agrietamientos, corrosión, ampollas, abrasión, rasguños, picado, entre muchos otros.
- ⊙ Debido a que las imágenes RTI tienen un poder comunicativo formidable que facilita el reconocimiento inmediato de grandes cantidades de datos, promueve la percepción de propiedades emergentes imprevistas y que hace más clara la relación entre los rasgos macroscópicos y microscópicos de las superficies, éste método auxilia efectivamente en las tareas de identificación de las obras, a la documentación, al diagnóstico de estado de conservación, a la evaluación de tratamientos y materiales intervención o a la difusión de información.
- ⊙ Las imágenes RTI se pueden emplear para comparar y evaluar la condición de la superficie con el objetivo de obtener un control efectivo del deterioro, o tras los tratamientos de conservación y restauración, con el fin de evaluar la efectividad de los procesos a corto o largo plazo.
- ⊙ Entre las propuestas más innovadoras del RTI en el campo de la restauración está la evaluación de materiales de intervención. El RTI demostró ser un instrumento ventajoso para resaltar cambios en la textura y brillo de varias probetas que fueron sujetas a deterioro acelerado por abrasión o por agentes físico-químicos, por lo que se puede inferir que este método también sirve para la documentación, la comparación y evaluación en pruebas donde la evidencia de cambios de textura, brillo o forma superficiales sean importantes.

Mientras que en este trabajo se ha demostrado que el RTI es una herramienta viable y útil para diversas tareas conservación y restauración, aún es necesario estudiar más profundamente su eficacia como técnica de análisis por imágenes de materiales y tratamientos de restauración en obras específicas o su uso en combinación con otros instrumentos como la microscopía o la espectrometría con luz UV e IR. Como toda herramienta tecnológica, los avances en los programas software RTI, en las cámaras digitales y en la fotografía computacional continúan, por lo que en un futuro será posible investigar y proponer nuevas aplicaciones, mejores formas de implementación del método o encontrar medios más rápidos y efectivos para su difusión.

A pesar de ser una tecnología naciente, el *Reflectance Transformation Imaging* tiene un formidable potencial como herramienta de diagnóstico y de documentación de superficies en la restauración. La enorme cantidad de información contenida en los archivos RTI y el poder de comunicación de datos inmediata que las imágenes proveen ayudará a los restauradores que la utilicen a conocer más detallada y precisamente a las obras, a obtener evidencias que les permitan hacer comparaciones más objetivas y, en consecuencia, a estar mejor preparados para introducir interpretaciones teóricas acertadas acerca de la composición de los bienes culturales,

su estado de conservación, y sobre todo, de la efectividad de nuestras intervenciones para su preservación.

Bibliografía

APPELBAUM, Barbara, 2007, *Conservation Treatment Methodology*. Great Britain: Elsevier Ltd. ISBN 13-978-0-75068-274-9.

BARBOSA, Joao Carlos Garcia da Cunha, 2009, *RTI-based techniques and tools for digital surrogates* [en línea]. Portugal : Universidade do Minho. [Consultado: 18 Octubre 2012]. Disponible en: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/hyle/1822/11382>

BERNS, Roy S., 2005, Color-Accurate Image Archives Using Spectral Imaging. En : *Sackler NAS Colloquium* [en línea]. Washington, DC : THE National Academy of Sciences. 2005. p. 105–113. [Consultado: 23 Marzo 2013]. Disponible en: https://download.nap.edu/catalog.php?record_id=11413#toc The National Academies Press

CARRASCOSA, Begoña y LINARES, Amparo, 2013, Estuco para la conservación y restauración de materiales óseos [en línea]. A61L27/02. 2013. Universidad Politécnica de Valencia. [Consultado: 25 Junio 2013]. Disponible en: <http://patentados.com/patente/estuco-conservacion-restauracion-materiales-oseos.1/>

CHULIA BLANCO, Inmaculada, 2013, PGV/79: *Restauración de la pintura sobre tabla “San Pablo”*. Reporte de intervención. Valencia, España : Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Departamento de Restauración de Obras Pictóricas.

CULTURAL HERITAGE IMAGING y SCHROER, Carla, 2012, HSH or PTM - How to choose the best fitter - Processing RTI Data. *Cultural Heritage Imaging Forums, Processing Data* [en línea]. Septiembre 2012. [Consultado: 10 Marzo 2013]. Disponible en: <http://forums.culturalheritageimaging.org/index.php?/topic/190-hsh-or-ptm-how-to-choose-the-best-fitter/>

CULTURAL HERITAGE IMAGING, 2010, *Guía para el RTIViewer, versión 1.0.2SP* [en línea]. 2010. Cultural Heritage Imaging. [Consultado: 25 Octubre 2012]. Disponible en: http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/Spanish/index.html

DALEKRONKRIGHT, 2012, Digital Photographic 3D Imaging for Preservation: What’s the Buzz? *Georgia O’Keeffe Museum Imaging Project* [en línea]. 23 Agosto 2012. [Consultado: 2 Octubre 2012]. Disponible en: <http://okeeffeimagingproject.wordpress.com/blog/>

DEPARTMENT OF MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE, 2012, The Depth Buffer and the Depth Test. CS424 Notes, 15 Febrero 2012. *Hobart y William Smith College’s Department of Mathematics y Computer Science* [en línea]. 2012. [Consultado: 9 Marzo 2013]. Disponible en: <http://math.hws.edu/eck/cs424/s12/notes/feb15.html>

EARL, Graeme, MARTINEZ, Kirk y MALZBENDER, Tom, 2010, Archaeological applications of polynomial texture mapping: analysis, conservation y representation. *Journal of Archaeological Science*. 2010. Vol. 37, no. 8, p. 1–11. DOI 10.1016/j.jas.2010.03.009.

FORTE, Maurizio, 2008, Virtual Archaeology: Communication in 3D and ecological thinking. In : *Beyond Illustration: 2D y 3D Digital technologies as tools for discovery in archaeology* [en línea]. Oxford : Archaeopress. p. 20–34. British Archaeological Reports International Series, TKTK. [Consultado: 15 Mayo 2013]. ISBN 9781597402651. Disponible en: https://catalyst.library.jhu.edu/catalog/bib_3838638

FRISCHER, Bernard y DAKOURI-HILD, Anastasia, 2008, *Beyond illustration: 2D y 3D digital technologies as tools for discovery in archaeology* [en línea]. Oxford : Archaeopress. [Consultado: 20 Mayo 2013]. British Archaeological Reports International Series, TKTK. ISBN 9781597402651. Disponible en: https://catalyst.library.jhu.edu/catalog/bib_3838638

GEORGIA O'KEEFFE IMAGING PROJECT, 2012, What is RTI? *Georgia O'Keeffe Museum Imaging Project* [en línea]. 2012. [Consultado: 2 Octubre 2012]. Disponible en: <http://okeeffeimagingproject.wordpress.com/workflow/what-is-rti-2/>

HAMILTON KERR INSTITUTE, 2009, Photographic Services: Lighting Techniques. *Hamilton Kerr Institute, Fitzwilliam Museum* [en línea]. 2009. [Consultado: 22 Mayo 2013]. Disponible en: http://www-hki.fitzmuseum.cam.ac.uk/services/photo_lighting.html

HAPPA, Jassim, MUDGE, Mark, DEBATTISTA, Kurt, ARTUSI, Alessyro, GONCALVES, Alexyrino y CHALMERS, Alan, 2009, “Illuminating the Past: State of the Art” en Cultural Heritage Imaging | CHI Publication for VAST 2009, Malta. [Consultado: 1 Octubre 2012]. Disponible en: http://culturalheritageimaging.org/What_We_Do/Publications/vast2009/index.html

KARSTEN, Angela y EARL, Graeme, 2010, *The Stirling Castle wood recording project. A pilot study to compare traditional and innovative recording techniques for waterlogged wood. Archaeological conservation report*. [en línea]. Archaeological Conservation Report. HMS Stirling Castle, Kent : English Heritage. [Consultado: 7 Marzo 2013]. Research Department Report Series 65-2010. Disponible en: http://eprints.soton.ac.uk/342682/1/065_2010WEB.pdf

KOTOULA, Eleni y KYRANOUDI, Maria, 2012, Study of Ancient Greek y Roman coins using Reflectance Transformation Imaging. *e-conservation magazine* [en línea]. Spring 2012. No. 25. [Consultado: 28 Mayo 2013]. Disponible en: <http://www.e-conservativenline.com/content/view/1101>

KOTOULA, Eleni, 2011, Old interventions and new possibilities: Applications of digital technology in re-conservation. *e-conservation magazine*. 2011. No. Núm. 19, p. 40–47.

KOTOULA, Eleni, 2012, Infrared RTI: Experimentation towards the development of multispectral RTI. *Archaeological Computing Research Group, University of Southampton* [en línea]. 11 Noviembre 2012. [Consultado: 7 Marzo 2013]. Disponible en: <http://acrg.soton.ac.uk/blog/1569/>

LODEIRO, José y JIMENEZ, Jorge, 2011, Documentación gráfica del Patrimonio. En : *Documentación gráfica del Patrimonio. Presente y futuro* [en línea], Madrid : Ministerio de Cultura. [Consultado: 1 Octubre 2012]. Monografías del Instituto del Patrimonio Cultural de España. Disponible en: <http://en.calameo.com/read/0000753358b142b1c934c>

MALZBENDER, Tom, GELB, Dan, WOLTERS, Hans y ZUCKERMAN, Bruce, 2000, HPL-2000-38R1: *Enhancement of Shape Perception by Surface Reflectance Transformation* [en línea]. Hewlett Packard Labs. [Consultado: 2 Octubre 2012]. Disponible en: <http://www.hpl.hp.com/techreports/2000/HPL-2000-38R1.html>

MALZBENDER, Tom, GELB, Dan y WOLTERS, Hans, 2001, Polynomial Texture Maps. En : *Proceedings of the 28th Annual Conference on Computer Graphics and interactive techniques* [en línea]. Los Angeles, California, USA : ACM. 2001. p. 519–528. [Consultado: 2 Octubre 2012]. ISBN 1-58113-374-x. Disponible en: <http://www.hpl.hp.com/research/ptm/se.html>

MFA BOSTON, 2013, CAMEO: Conservation & Art Material Encyclopedia En línea. MFA Boston: Material Record. *Museum of Fine Arts, Boston* [en línea]. 2013. [Consultado: 7 Marzo 2013]. Disponible en: <http://cameo.mfa.org/browse/record.asp?subkey=7764>

MOORE, Michelle, 2001, Conservation Documentation and the Implications of Digitisation. *Journal of Conservation & Museum Studies* [en línea]. 2001. [Consultado: 30 Noviembre 2012]. Disponible en: <http://www.jcms-journal.com/article/view/jcms.7012/20>

MUDGE, Mark, ASHLEY, Michael y SCHROER, Carla, 2007, A Digital future for Cultural Heritage. En: *Proceedings of the XXIst International Symposium* [en línea]. Athens, Greece. 2007. [Consultado: 7 Diciembre 2012]. Disponible en: http://culturalheritageimaging.org/What_We_Do/Publications/cipa2007/index.html

MUDGE, Mark, MALZBENDER, Tom, CHALMERS, Alan, et al., 2008, Image-Based Empirical Information Acquisition, Scientific Reliability, and Long-term Digital Preservation for the Natural Sciences y Cultural Heritage. En: *Eurographics 2008* [en línea]. Crete, Greece : Eurographics Association. Abril 2008. [Consultado: 1 Octubre 2012]. Disponible en: http://culturalheritageimaging.org/What_We_Do/Publications/eurographics2008/index.html

MUDGE, Mark, MALZBENDER, Tom, SCHROER, Carla, et al., 2006, New Reflection Transformation Imaging Methods for Rock Art y Multiple-Viewpoint Display. En: *The 7th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology y Cultural Heritage VAST 2006* [en línea]. Nicosia, Cyprus : Eurographics Association. Noviembre 2006. [Consultado: 1 Octubre 2012]. ISBN 3-905673-42-8. Disponible en: http://culturalheritageimaging.org/What_We_Do/Publications/vast2006/index.html

MUDGE, Mark, SCHROER, Carla, EARL, G., et al, 2010, Principles y Practices of Robust, Photography-based Digital Imaging Techniques for Museums. In : *Cultural Heritage Imaging* [en línea]. The Louvre, Paris, France. 21 Septiembre 2010. p. 111–137.

[Consultado: 1 Octubre 2012]. Disponible en:

http://culturalheritageimaging.org/What_We_Do/Publications/vast2010/index.html

MUDGE, Mark, VOUTAZ, Jean-Pierre, SCHROER, Carla and LUM, Marlin, 2005, Reflection Transformation Imaging and Virtual Representations of Coins from the Hospice of the Grand St. Bernard. En : *The 6th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage* [en línea]. Pisa, Italy : Eurographics Association. 2005.

[Consultado: 13 Octubre 2012]. ISBN 3-905673-28-2. Disponible en:

http://culturalheritageimaging.org/What_We_Do/Publications/vast2005/index.html

NATIONAL PARK SERVICES, 2012, Chapter 8: Conservation Treatment. En: *Museum Handbook, Part 1: Museum Collections* [en línea]. National Park Services. Museum

Management Program. [Consultado: 20 Mayo 2013]. Disponible en:

<http://www.nps.gov/history/museum/publications/mhi/mushbkl.html>

PADFIELD, Joseph, SAUNDERS, David and MALZBENDER, Tom, 2005, Polynomial texture mapping: a new tool for examining the surface of paintings. En: *Preprints of the 14th Triennial Meeting, The Hague* [en línea]. London : James & James. 2005. p. 504–510. ISBN 1-84407-253-3. Disponible en:

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.63.5227&rep=rep1&type=pdf>

PALMA, Gianpaolo, CORSINI, Massimiliano, CIGNONI, Paolo, et al., 2010, Dynamic Shading Enhancement for Reflectance Transformation Imaging. *ACM Journal on Computing y Cultural Heritage (JOCCH)* [en línea]. Septiembre 2010. Vol. 3, no. 2. [Consultado: 1 Octubre 2012].

Disponible en:

http://culturalheritageimaging.org/What_We_Do/Publications/acmdl2010/index.html

PAYNE, Emma Marie, 2012, Imaging Techniques in Conservation. *Journal of Conservation & Museum Studies*. 2012. Vol. 10, no. 2, p. 17–29. DOI <http://dx.doi.org/10.5334/jcms.1021201>.

RABINOWITZ, Adam, MUDGE, Mark y SCHROER, Carla, 2009, Grass-roots Imaging: A case Study in Sustainable Heritage Imaging at Chresonesos, Ukraine. En: *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA) 2009* [en línea]. University of Texas, Austin, Texas, USA : CAA2009 Williamsburg. 2009. [Consultado: 21 Noviembre 2012]. Disponible en:

http://culturalheritageimaging.org/What_We_Do/Publications/caa2009/index.html

RASKAR, Ramesh y TUMBLIN, Jack, [sin fecha], Computational Photography, Imaging and Video. *MIT Media Lab* [en línea]. [Consultado: 18 Enero 2013]. Disponible en:

<http://web.media.mit.edu/~raskar/photo/>

REDMAN, John y MUDGE, Mark, 2007a, Advances in Digital Imaging for Fine Art y Cultural Heritage. In : *NIP23 y Digital Fabrication 2007* [en línea]. Anchorage, Alaska. 2007a. p. 355–363. [Consultado: 30 Noviembre 2012]. ISBN 0-89208-273-9. Disponible en:

<http://www.imaging.org/IST/store/epub.cfm?abstrid=34920>

REDMAN, John y MUDGE, Mark, Mayo 21-24, 2007b, The simultaneous Capture of Spectral y Textural Information. En: *Archiving 2007* [en línea]. Arlington, Virginia : The Society for Imaging Science y Technology. Mayo 21-24, 2007b. p. 2–5. [Consultado: 1 Octubre 2012].

ISBN 978-0-89208-270-4. Disponible en:

http://culturalheritageimaging.org/What_We_Do/Publications/ist2007/index.html

ROCHESTER INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2008, Multi-Channel Visible Spectrum Imaging. Research Projects. *Art Spectral Imaging* [en línea]. 2008.

[Consultado: 23 Marzo 2013]. Disponible en: <http://www.art-si.org/>

RUBIO GIL, Daniel, MARTINEZ RUBIO, José, BAENA PREYSLER, Javier, et al., 2010, Nuevos métodos para viejas tecnologías: análisis y documentación de los materiales arqueológicos mediante la aplicación de sistemas Láser-scanner 3D. *Virtual Archaeology Review* [en línea].

Abril 2010. Vol. 1, no. 1. [Consultado: 28 Septiembre 2012]. Disponible en:

<http://varjournal.es/inicio.html>

SCHROER, Carla, 2012, Advanced Imaging Tools for Museum y Library Conservation y

Research. *Bulletin of the American Society for Information Science y Technology*. Marzo 2012.

Vol. 38, no. 3, p. 38–42.

SOUGEZ, Marie-Loup, 1988, *Historia de la fotografía*. 3a. ed. Madrid : Ediciones Cátedra, S.A. ISBN 8437602882.

STANCO, Filippo, BATTIATO, Sebastiano and GALLO, Giovanni, 2011, *Digital Imaging for Cultural Heritage Preservation Analysis Restoration and Reconstruction of Ancient Artworks*

Digital Imaging and Computer Vision [en línea]. Italia : CRC Press. [Consultado: 18 Octubre

2012]. Digital Imaging and Computer Vision. Available from:

<http://www.scribd.com/doc/78645468/Digital-Imaging-for-Cultural-Heritage-Preservation-Analysis-Restoration-and-Reconstruction-of-Ancient-Artworks-Digital-Imaging-and-Computer-Vision>

SZCZEPANOWSKA, Hanna M., 2013, *Conservation of Cultural Heritage: Key Principles y Approaches* [en línea]. 1a. Edición. New York, USA : Routledge. [Consultado: 24 Abril 2013].

ISBN 978-0-415-67475-1. Disponible en:

http://books.google.es/books?id=yu9_LZ1AD_gC&pg=PA63&lpg=PA63&dq=rti+in+conservation&source=bl&ots=1FWBMoGFuQ&sig=E4NhQ7jjSOROcES-sfExddl6YZI&hl=es&sa=X&ei=NIp1UbfPMjrOsHBgbgF&ved=0CEEQ6AEwAjgo#v=onepage&q=rti%20in%20conservation&f=false

THAW CONSERVATION CENTER, 2006, From Drawing to print: Abraham Bloemaert's Danae Receiving the Golden Rain. *The Morgan Library and Museum* [en línea]. 2006.

[Consultado: 22 Mayo 2013]. Disponible en:

<http://www.themorgan.org/collections/conservation/bloemaert/imaging-process.asp>

VELAZQUEZ ARTEAGA, Juan C., 2011, *Reflectividad difusa del Tyvek en agua y en aire*.

Mexico : Instituto Politecnico Nacional.

VERNHES, Pierre y WHITMORE, Paul, 2011, Texture Vision: A view from art conservation.

En : Y. Cai (Ed.) *Computing with Instinct: Rediscovering Artificial Intelligence* [en línea].

Berlin : Springer-Verlag. p. 35–46. [Consultado: 2 Marzo 2013]. ISBN LNAI 5897. Disponible

en:

<http://books.google.es/books?id=iRfpaePQNZoC&pg=PA35&lpg=PA35&dq=texture+vision:+a+view+from+art+conservation&source=bl&ots=rEYCPS67Zx&sig=v1E8w8vuw34r9c-DuAmT3CK3b5s&hl=en&sa=X&ei=z4vwULWPEIfLoQWPnoDACQ&ved=oCEIQ6AEwAw>

WACHOWIAK, Mel y WEBB, E. Keats, 2011, Squeeze Imaging Project. *MCI Imaging Studio, Smithsonian Museum Conservation Institute* [en línea]. 2011. [Consultado: 7 Marzo 2013]. Disponible en: <http://www.si.edu/mci/ImagingStudio/paperSqueeze.html>

WACHOWIAK, Melvin y KARAS, Basiliki V., 2009, 3D Scanning and replication for museum and cultural heritage applications. *Journal of the American Institute for Conservation*. 2009. Vol. 48, no. 2, p. 141–158. DOI <http://dx.doi.org/10.1179/019713609804516992>.

WEBB, E. Keats y WACHOWIAK, Mel, 2011, *Imaging Studio Technical Note: QuadriFlash Mantis for Reflectance Transformation Imaging (RTI)*. Agosto 2011. Smithsonian Museum Conservation Institute.

WEISSTEIN, Eric, [sin fecha], Reflectance. *Wolfram Research. Eric Weisstein's World of Physics* [en línea]. [Consultado: 9 Marzo 2013]. Disponible en: <http://scienceworld.wolfram.com/physics/Reflectance.html>

WHITMORE, Paul, 2005, The Scientific Examination of Works of Art on Paper. En: *Proceedings of the National Academy of Sciences* [en línea]. Washington, DC : National Academy of Sciences. 2005. p. 27–39. [Consultado: 24 Abril 2013]. Disponible en: http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11413

WORCESTER ART MUSEUM, [no date], Conservation - Images. *Worcester Art Museum* [en línea]. [Consultado: 22 Mayo 2013]. Disponible en: <http://www.worcesterart.org/Collection/conservation/etruscan.html>

ZANYL, Eva, SCHROER, Carla, MUDGE, Mark y CHALMERS, Alan, 2007, Lighting y Byzantine Glass Tesserae. In : *EVA london 2007 Conference Proceedings* [en línea]. London : London College of Communications, Elephant & Castle, SE1. 2007. [Consultado: 23 Octubre 2012]. ISBN 0-9543146-8-9. Disponible en: http://culturalheritageimaging.org/What_We_Do/Publications/eva2007/index.html

Anexo 1

Fichas de Registro RTI

Lista de obras

# Registro RTI	Obra	Material	Institución
RTI2013_001	[sin título] acuarela	Acuarela	IVC+R
RTI2013_002	Costra arqueológica Don Juan	Mat. calcáreo	IVC+R
RTI2013_003	Cruz	Plata dorada	IVC+R
RTI2013_004	Cruz – detalle	Plata dorada	IVC+R
RTI2013_005	Grabado coloreado - Libro de actas de La Escuela de Cristo	Grabado sobre papel	IVC+R
RTI2013_006	Grabado coloreado- Libro de actas de La Escuela de Cristo – detalle	Grabado sobre papel	IVC+R
RTI2013_007	Grabado funeral Pompa fúnebre del Archiduque Alberto de Austria	Grabado sobre papel	IVC+R
RTI2013_008	San Pablo A– detalle hombro	Óleo sobre tabla	IVC+R
RTI2013_009	San Pablo B– detalle sección superior	Óleo sobre tabla	IVC+R
RTI2013_010	San Pablo - pie – detalle pie	Óleo sobre tabla	IVC+R
RTI2013_011	San Pablo – consolidación - detalle sección superior	Óleo sobre tabla	IVC+R
RTI2013_012	Virgen con niño - frontal	Madera policroma	IVC+R
RTI2013_013	Virgen con niño – lado derecho	Madera policroma	IVC+R
RTI2013_014	Xilografía – La Caída de San Pablo	Placa xilográfica	Museo de Bellas Artes de Val.
RTI2013_015	El Calvario	Óleo sobre tabla	DCRBC-UPV
RTI2013_016	Casa	Óleo sobre algodón	DCRBC-UPV
RTI2013_017	Estola	Tejido seda entorchada	DCRBC-UPV
RTI2013_018	Estola - detalle	seda entorchada	DCRBC-UPV
RTI2013_019	Estuco de hueso 1 – abrasímetro lineal	Probeta	DCRBC-UPV
RTI2013_020	Estuco de hueso 2 – abrasímetro lineal	Probeta	DCRBC-UPV
RTI2013_021	Estuco de hueso 3 – trabajabilidad	Probeta	DCRBC-UPV
RTI2013_022	Estuco de hueso4 – reversibilidad	Probeta	DCRBC-UPV
RTI2013_023	Moneda arqueológica	Metal	DCRBC-UPV
RTI2013_024	Moneda arqueológica reverso	Metal	DCRBC-UPV
RTI2013_025	Virgen de la paloma	Óleo sobre lienzo	DCRBC-UPV
RTI2013_026	Paisaje	Óleo sobre lienzo	DCRBC-UPV
RTI2013_027	[sin título] papel con ataque de insectos	Papel	DCRBC-UPV
RTI2013_028	Pendiente	Metal	DCRBC-UPV
RTI2013_029	Probeta Stuc-bol 1	Probeta	DCRBC-UPV
RTI2013_030	Probeta Stuc-bol 2	Probeta	DCRBC-UPV
RTI2013_031	Probeta Stuc-bol 1 envejecida	Probeta	DCRBC-UPV
RTI2013_032	Probeta Stuc-bol 2 envejecida	Probeta	DCRBC-UPV
RTI2013_033	Retrato masculino	Óleo sobre lienzo	DCRBC-UPV
RTI2013_034	La transición de San José	Pintura sobre tabla	DCRBC-UPV
RTI2013_035	Virgen del Socorro	Óleo sobre lienzo	DCRBC-UPV
RTI2013_036	Virgen Cuzqueña	Óleo sobre lienzo	DCRBC-UPV

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_001	Fecha	21/1/13
Título	[Sin título] acuarela		
Material	Pintura al agua sobre papel		
Autor	Anónimo		
Procedencia	Real Colegio del Corpus Christi, Valencia		
Fecha creación	Siglo XVII		
Dimensiones	30.5 cm x 78.5 cm		
Institución	IVC+R		
Responsable	Gemma Contreras		
Participantes	Silvia Manrique, Carolina Torices, Pilar Rodríguez		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_001_acuarela_cropped_5463.rti RTI2013.001_acuarela_cropped_5570.ptm		
Cámara / lente	Canon EOS 1Ds Mark III - 100mm	Parámetros	f/7.1 1/4s ISO 100
Iluminación	Speedlite 580EX 1/32	Distancia	150cm
Observaciones	Configuración vertical. Diagnóstico y registro de estado de conservación.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_002	Fecha	25/4/13
Título	Costra arqueológica Don Juan		
Material	Costra calcárea		
Autor	-		
Procedencia	Cueva de Don Juan, Jalance, Valencia		
Fecha creación	12000 – 13000 A.C.		
Dimensiones	10 cm x 21 cm		
Institución	IVC+R		
Responsable	Rafael Martínez		
Participantes	Silvia Manrique, Carolina Torices, Jordy		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013-002_costra_sanjuan_RGB_cropped_5429.ptm		
Cámara / lente	Canon EOS 1Ds Mark III - 100mm	Parámetros	f/13 1/125s ISO 100
Iluminación	Speedlite 580EX 1/32	Distancia	60 cm
Observaciones	Configuración horizontal. Identificación de líneas paralelas, posible diseño zoomorfo.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_003	Fecha	6/6/13
Título	Cruz		
Material	Plata dorada		
Autor	Anónimo		
Procedencia	Parroquia Sn. Bartolomé, Benicarló, Val.		
Fecha creación	Siglo XV		
Dimensiones	55 cm x 42 cm		
Institución	IVC+R		
Responsable	Inma Traver		
Participantes	Silvia Manrique, Carolina Torices, Fanny Sarrió		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_003_cruz_cropped_3568.rti		
Cámara / lente	Canon EOS 1Ds Mark III – 24-70@48mm	Parámetros	f/11 1/25s ISO 100
Iluminación	Speedlite 580EX 1/4	Distancia	150cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_004	Fecha	6/6/13
Título	Cruz - detalle		
Material	Plata dorada		
Autor	Anónimo		
Procedencia	Parroquia Sn. Bartolomé, Benicarló, Val.		
Fecha creación	Siglo XV		
Dimensiones	55 cm x 42 cm [pieza completa]		
Institución	IVC+R		
Responsable	Inma Traver		
Participantes	Silvia Manrique, Carolina Torices, Fanny Sarrió		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_004_cruz_detalle_cropped_4179.rti RTI2013_004_cruz_detalle_cropped_4215.ptm		
Cámara / lente/	Canon EOS 1Ds Mark III – 24-70@48mm	Parámetros	f/11 1/25s ISO 100
Iluminación	Speedlite 580EX 1/4	Distancia	50 cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_005	Fecha	19/4/13
Título	Grabado coloreado - Libro de actas de La Escuela de Cristo		
Material	Manuscrito y grabado sobre papel		
Autor	Anónimo		
Procedencia	Archivo Diocesano de Valencia		
Fecha creación	1664-1687		
Dimensiones	35 cm x 25 cm		
Institución	IVC+R		
Responsable	Sabina Bellver, Gemma Contreras		
Participantes	Silvia Manrique, Carolina Torices, Pilar Rodríguez, Sabina Bellver		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_005_grabado_coloreado_cropped_2966.ptm RTI2013_005_grabado_coloreado_cropped_2866.rti		
Cámara / lente	Canon EOS 1Ds Mark III – 24-70@50mm	Parámetros	f/8 1/4s ISO 100
Iluminación	Speedlite 580EX 1/32	Distancia	100 cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_006	Fecha	16/4/2013
Título	Grabado coloreado - Libro de actas de La Escuela de Cristo - detalle		
Material	Manuscrito y grabado sobre papel		
Autor	Anónimo		
Procedencia	Archivo Diocesano de Valencia		
Fecha creación	1664-1687		
Dimensiones	35 cm x 25 cm [pieza completa]		
Institución	IVC+R		
Responsable	Sabina Bellver, Gemma Contreras		
Participantes	Silvia Manrique, Carolina Torices, Pilar Rodríguez, Sabina Bellver		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_006_grabado_coloreado_detalle_cropped_3362.ptm RTI2013_006_grabado_coloreado_detalle_cropped_3864.rti		
Cámara / lente	Canon EOS 1Ds Mark III – 100 mm	Parámetros	f/9 1/4s ISO 100
Iluminación	Speedlite 580EX 1/64	Distancia	40 cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_007	Fecha	22/4/3013
Título	Grabado funeral – Pompa fúnebre del Archiduque Alberto de Austria		
Material	Buril/papel		
Autor	-		
Procedencia	Real Colegio del Corpus Christi, Valencia		
Fecha creación	1623		
Dimensiones	76 cm x 39 cm		
Institución	IVC+R		
Responsable	Patricia Real, Gemma Contreras		
Participantes	Silvia Manrique, Carolina Torices, Pilar Rodríguez		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_007_grabado_funeral_cropped_2751.ptm		
Cámara / lente	Canon EOS 1Ds Mark III - 100mm	Parámetros	f/9 0.60 s ISO100
Iluminación	Speedlite 580EX 1/32	Distancia	150cm
Observaciones	Configuración vertical		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_008	Fecha	4/12/12
Título	San Pablo –A detalle		
Material	Oleo sobre Tabla		
Autor	Anónimo		
Procedencia	Catedral de Valencia		
Fecha creación	Siglo XVI		
Dimensiones	187 cm x 95 cm [obra completa]		
Institución	IVC+R		
Responsable	Inmaculada Chulia, Fanny Sarrió		
Participantes	Silvia Manrique, Inmaculada Chulia, Carolina Torices, Pilar Rodríguez		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_008_San_Pablo_A_cropped_3037.ptm RTI2013_008_San_Pablo_A_cropped_3024.rti		
Cámara / lente	Canon EOS 1Ds Mark III – 24-70@51 mm	Parámetros	f/5.6 1.60 s ISO100
Iluminación	LED FEM Progetti 24 vcd	Distancia	-
Observaciones	Configuración vertical.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_009	Fecha	11/12/12
Título	San Pablo –B detalle		
Material	Oleo sobre Tabla		
Autor	Anónimo		
Procedencia	Catedral de Valencia		
Fecha creación	Siglo XVI		
Dimensiones	187 cm x 95 cm [obra completa]		
Institución	IVC+R		
Responsable	Inmaculada Chulia, Fanny Sarrió		
Participantes	Silvia Manrique, Inmaculada Chulia, Carolina Torices, Pilar Rodríguez		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_009_San_Pablo_B_cropped_4555.rti RTI2013_009_san_pablo_B_RGB_cropped_4670.ptm		
Cámara / lente	Canon EOS 1Ds Mark III - 24-70@52 mm	Parámetros	f/5.6 1.00 s ISO 100
Iluminación	LED FEM Progetti 24 vcd	Distancia	200 cm?
Observaciones	Configuración vertical		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_010	Fecha	12/12/12
Título	San Pablo –pie		
Material	Oleo sobre Tabla		
Autor	Anónimo		
Procedencia	Catedral de Valencia		
Fecha creación	Siglo XVI		
Dimensiones	187 cm x 95 cm [obra completa]		
Institución	IVC+R		
Responsable	Inmaculada Chulia, Fanny Sarrió		
Participantes	Silvia Manrique, Inmaculada Chulia, Carolina Torices, Pilar Rodríguez		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_010_San_Pablo_pie_cropped_3731.rti RTI2013_010_San_Pablo_pie_cropped_3733.ptm		
Cámara / lente/	Canon EOS 1Ds Mark III – 24-70@51 mm	Parámetros	f/5.6 1.60 s ISO100
Iluminación	LED FEM Progetti 24 vcd	Distancia	-
Observaciones	Configuración vertical.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_011	Fecha	30/4/13
Título	San Pablo – consolidación		
Material	Oleo sobre Tabla		
Autor	Anónimo		
Procedencia	Catedral de Valencia		
Fecha creación	Siglo XVI		
Dimensiones	187 cm x 95 cm [obra completa]		
Institución	IVC+R		
Responsable	Inmaculada Chulia, Fanny Sarrió		
Participantes	Silvia Manrique, Inmaculada Chulia, Carolina Torices, Pilar Rodríguez		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_011_San_Pablo_consolidacion_cropped_4917.rti RTI2013_011_San_Pablo_consolidacion_RGB_cropped_4930.ptm		
Cámara / lente	Canon EOS 1Ds Mark III – 24-70@50 mm	Parámetros	f/5.6 1.00 s ISO 100
Iluminación	Speedlite 580EX 1/32	Distancia	200 cm?
Observaciones	Configuración vertical		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_012	Fecha	29/1/13
Título	Virgen con niño		
Material	Escultura en madera policromada		
Autor	Anónimo		
Procedencia	Par. Sta. Ma. La Mayor, Oliva, Valencia		
Fecha creación	Siglo XV-XVI		
Dimensiones	100 cm x 35 cm		
Institución	IVC+R		
Responsable	Fanny Sarrió		
Participantes	Silvia Manrique, Inmaculada Chulia, Carolina Torices, Pilar Rodríguez		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_012_Virgen_con_nino_cropped_3259.ptm RTI2013_012_Virgen_cropped_3240.rti		
Cámara / lente	Canon EOS 1Ds Mark III – 24-70@50 mm	Parámetros	f/7.1 1/8 s ISO 100
Iluminación	LED FEM Progetti 24 vcd	Distancia	120 cm
Observaciones	Configuración vertical.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_013	Fecha	29/1/13
Título	Virgen con niño – lado derecho		
Material	Escultura en madera policromada		
Autor	Anónimo		
Procedencia	Par. Sta. Ma. La Mayor, Oliva, Valencia		
Fecha creación	Siglo XV-XVI		
Dimensiones	100 cm x 35 cm x 30		
Institución	IVC+R		
Responsable	Fanny Sarrió		
Participantes	Silvia Manrique, Inmaculada Chulia, Carolina Torices, Pilar Rodríguez		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_013_Virgen_derecho_cropped_3119.ptm		
Cámara / lente	Canon EOS 1Ds Mark III – 100 mm	Parámetros	f/9 1/4 s ISO 100
Iluminación	LED FEM Progetti 24 vcd	Distancia	120 cm
Observaciones	Configuración vertical.		

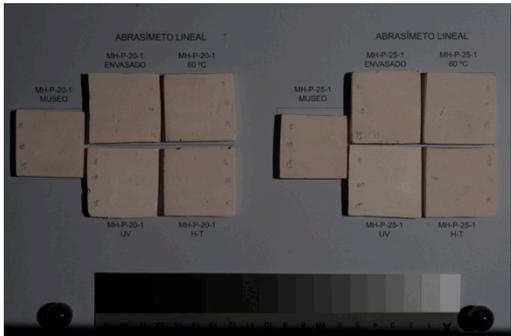
FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_014	Fecha	10/4/13
Título	Xilografía La caída de San Pablo		
Material	Madera de boj		
Autor	Mullor		
Procedencia	Real Academia de San Carlos, Valencia		
Fecha creación	Siglo XIX - XX		
Dimensiones	14 cm x 10 x 2.3		
Institución	Museo de Bellas Artes de Valencia		
Responsable	Pilar Ineba		
Participantes	Silvia Manrique, Carolina Torices, Pilar Rodríguez		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_014_xilografia_cropped_1835.ptm		
Cámara / lente	Canon EOS 1000D – 18-55@53 mm	Parámetros	f/8 1/60 s ISO 100
Iluminación	Kaiser Videolight 8	Distancia	56 cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

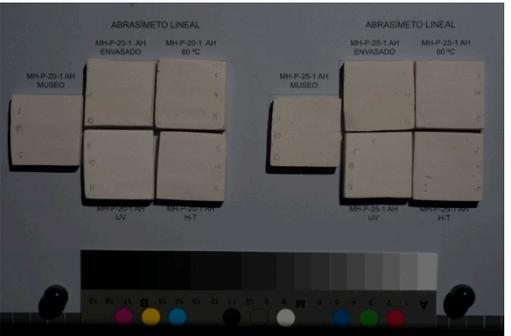
FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_015	Fecha	18/1/13
Título	El Calvario		
Material	Oleo sobre tabla		
Autor	Gaspar Requena (atribución)		
Procedencia	Colección particular		
Fecha creación	Siglo XVI		
Dimensiones	103 cm x 86 cm x 5 cm		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	Eva Pérez		
Participantes	Silvia Manrique, Juan Valcárcel, Julia Osca		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_015_Calvario_cropped_3655.rti RTI2013_015_Calvario_cropped_3662.ptm		
Cámara / lente	Nikon D3X - 60 mm	Parámetros	f/8 1/10 s ISO 100
Iluminación	Flash/Estrobo SLS 3001-ML	Distancia	250 cm
Observaciones	Configuración vertical.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_016	Fecha	5/2/13
Título	Casa		
Material	Oleo sobre algodón		
Autor	Anónimo		
Procedencia	Colección particular		
Fecha creación	Siglo XX		
Dimensiones	20 cm x 25 cm		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	Susana Martín		
Participantes	Silvia Manrique, Chiara Santini, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_016_Casa_cropped_4309.ptm		
Cámara / lente	Nikon D3X - 60 mm	Parámetros	F/6.3 1/3 s ISO 100
Iluminación	Flash/Estrobo SLS 3001-ML	Distancia	80 cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

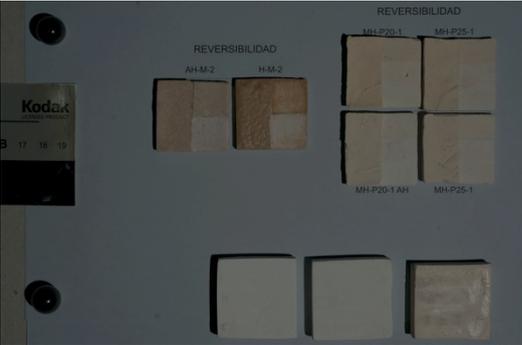
FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_017	Fecha	15/4/13
Título	Estola		
Material	Seda entorchada con hilos metálicos		
Autor	-		
Procedencia	Iglesia del Carmen, Requena		
Fecha creación	Siglo XVIII-XIX		
Dimensiones	16.5 cm x 16 cm [sección]		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	Sofía Vicente, Eva Montesinos		
Participantes	Silvia Manrique, Eva Montesinos, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013-017_estola__cropped_3222.rti RTI2013_017_estola__cropped_3038.ptm		
Cámara / lente	Nikon D5000 – 18-55@48 mm	Parámetros	f/16 1/60 s ISO 200
Iluminación	Speedlite SB-80DX 1/32	Distancia	45 cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

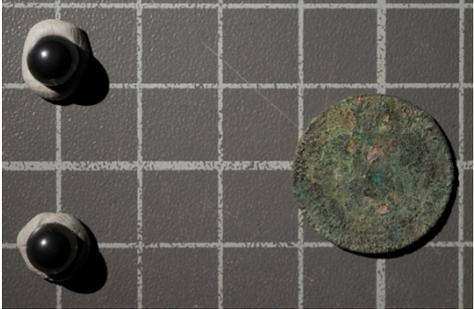
FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_018	Fecha	15/4/13
Título	Estola - detalle		
Material	Seda entorchada con hilos metálicos		
Autor	-		
Procedencia	Iglesia del Carmen, Requena		
Fecha creación	Siglo XVIII-XIX		
Dimensiones	16.5 cm x 16 cm [sección]		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	Sofía Vicente, Eva Montesinos		
Participantes	Silvia Manrique, Eva Montesinos, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_018_estola_detalle_cropped_5242.rti		
Cámara / lente	Nikon D5000 – 60 mm	Parámetros	f/11 1/100 s ISO 100
Iluminación	Speedlite SB-80DX 1/128	Distancia	20 cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_019	Fecha	5/3/13
Título	Estuco de hueso 1 – abrasímetro lineal		
Material	Probetas de estuco para material óseo		
Autor	Amparo Linares		
Procedencia	IRP- UPV		
Fecha creación	2012-13		
Dimensiones	4 cm x 4 cm (cada probeta)		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	Amparo Linares		
Participantes	Silvia Manrique, Amparo Linares, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_019_estuco_hueso_1_cropped_6006.ptm		
Cámara / lente	Nikon D3X - 60 mm	Parámetros	F/11 1/320 s ISO 100
Iluminación	Speedlite SB-80DX 1/32	Distancia	75 cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_020	Fecha	5/3/13
Título	Estuco de hueso 2 – abrasímetro lineal		
Material	Probetas de estuco para material óseo		
Autor	Amparo Linares		
Procedencia	IRP- UPV		
Fecha creación	2012-13		
Dimensiones	4 cm x 4 cm (cada probeta)		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	Amparo Linares		
Participantes	Silvia Manrique, Amparo Linares, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_020_estuco_hueso2_cropped_6032.ptm RTI2013_020_estuco_hueso2_cropped_5825.rti		
Cámara / lente	Nikon D3X - 60 mm	Parámetros	F/11 1/320 s ISO 100
Iluminación	Speedlite SB-80DX 1/32	Distancia	75 cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_021	Fecha	5/3/13
Título	Estuco de hueso 3 – trabajabilidad		
Material	Probetas de estuco para material óseo		
Autor	Amparo Linares		
Procedencia	IRP- UPV		
Fecha creación	2012-13		
Dimensiones	4 cm x 4 cm (cada probeta)		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	Amparo Linares		
Participantes	Silvia Manrique, Amparo Linares, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_021_estuco_hueso3_cropped_6032.ptm		
Cámara / lente	Nikon D3X - 60 mm	Parámetros	F/10 1/200 s ISO 100
Iluminación	Speedlite SB-80DX 1/32	Distancia	75 cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_022	Fecha	5/3/13
Título	Estuco de hueso 4 – reversibilidad		
Material	Probetas de estuco para material óseo		
Autor	Amparo Linares		
Procedencia	IRP- UPV		
Fecha creación	2012-13		
Dimensiones	4 cm x 4 cm (cada probeta)		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	Amparo Linares		
Participantes	Silvia Manrique, Amparo Linares, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_022_estuco_hueso4_cropped_4528.ptm		
Cámara / lente	Nikon D3X - 60 mm	Parámetros	F/10 1/160 s ISO 100
Iluminación	Speedlite SB-80DX 1/32	Distancia	75 cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_023	Fecha	25/1/13
Título	Moneda - verso		
Material	Metal arqueológico (cobre)		
Autor	-		
Procedencia	ONT. C1/52		
Fecha creación	-		
Dimensiones	2 cm diámetro		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	Montserrat Lastras		
Participantes	Silvia Manrique, Chiara Santini, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_023_moneda_verso_cropped_2835.ptm RTI2013_023_moneda_verso_cropped_2884.rti		
Cámara / lente	Nikon D3X - 60 mm	Parámetros	f/11 1/3 s ISO 200
Iluminación	Leica L2, halogen OSRAM (8V-20W)	Distancia	16 cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_024	Fecha	25/1/13
Título	Moneda - reverso		
Material	Metal arqueológico (cobre)		
Autor	-		
Procedencia	ONT. C1/52		
Fecha creación	-		
Dimensiones	2 cm diámetro		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	Montserrat Lastras		
Participantes	Silvia Manrique, Chiara Santini, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_024_moneda_reverso_cropped_3428.ptm		
Cámara / lente	Nikon D3X - 60 mm	Parámetros	f/8 1/6 s ISO 100
Iluminación	Leica L2, halogen OSRAM (8V-20W)	Distancia	16 cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_025	Fecha	6/2/13
Título	Virgen de la paloma		
Material	Oleo sobre tela		
Autor	Anónimo		
Procedencia	Colección particular		
Fecha creación	Siglo XVII		
Dimensiones	40 cm x 32 cm (detalle)		
Institución	ç-UPV		
Responsable	Eva Pérez		
Participantes	Silvia Manrique, Chiara Santini, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_025_Virgen_dela_paloma_cropped_4027.rti		
Cámara / lente	Nikon D3X - 60 mm	Parámetros	f/5.6 0.60 s ISO 100
Iluminación	Flash/Estrobo SLS 3001-ML	Distancia	120 cm
Observaciones	Configuración vertical.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_026	Fecha	19/2/13
Título	Paisaje		
Material	Oleo sobre tela		
Autor	Santiago Rusiñol		
Procedencia	Colección Privada		
Fecha creación	Siglo XIX-XX		
Dimensiones	30 x 50 cm (detalle)		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	--		
Participantes	Silvia Manrique, Chiara Santini, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_026_Paisaje_Rusinol_cropped_6040.rti		
Cámara / lente	Nikon D3X - 60 mm	Parámetros	f/7.1 1/250 s ISO 100
Iluminación	Speedlite SB-80DX 1/32	Distancia	100 cm
Observaciones	Configuración vertical.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_027	Fecha	26/5/13
Título	[sin título] papel manuscrito		
Material	Papel (con ataque de insectos)		
Autor	Anónimo		
Procedencia	Colección particular		
Fecha creación	--		
Dimensiones	30 cm x 21 cm		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	Laura Fuster		
Participantes	Silvia Manrique, Chiara Santini, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_027_papel_ataque_insectos_cropped_3696.ptm		
Cámara / lente	Nikon D3X - 60 mm	Parámetros	f/8 1/100 s ISO 100
Iluminación	Speedlite SB-80DX 1/32	Distancia	90 cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_028	Fecha	10/3/13
Título	Pendiente		
Material	Metal arqueológico (cobre)		
Autor	--		
Procedencia	REQ. 5		
Fecha creación	--		
Dimensiones	2 cm x 1 cm		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	Montserrat Lastras		
Participantes	Silvia Manrique, Chiara Santini, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_028_pendiente__cropped_3982.ptm RTI2013_028_pendiente__cropped_3873.rti		
Cámara / lente	Nikon D3X - 60 mm	Parámetros	f/11 1/30 s ISO 100
Iluminación	Leica L2, halogen OSRAM (8V-20W)	Distancia	10 cm
Observaciones	Configuración vertical.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_029	Fecha	5/3/13
Título	Probeta Stuc-bol 1		
Material	Probetas de Stuc-bol aplicadas con pincel		
Autor	Enriqueta González		
Procedencia	IRP- UPV		
Fecha creación	2013		
Dimensiones	3 cm x 5 cm (cada probeta)		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	Enriqueta González		
Participantes	Silvia Manrique, Chiara Santini, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_029_Probeta_Stucbol_1_cropped_4738.ptm RTI2013_029_probeta_Stucbol_1_cropped_4763.rti		
Cámara / lente	Nikon D3X - 60 mm	Parámetros	f/8 1/200 s ISO100
Iluminación	Speedlite SB-80DX 1/32	Distancia	108 cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_030	Fecha	22/4/13
Título	Probeta Stuc-bol 2		
Material	Probetas de Stuc-bol aplicadas con espátula		
Autor	Enriqueta González		
Procedencia	IRP- UPV		
Fecha creación	2013		
Dimensiones	3 cm x 5 cm (cada probeta)		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	Enriqueta González		
Participantes	Silvia Manrique, Chiara Santini, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_030_Probeta_Stucbol_2_cropped_4780.ptm		
Cámara / lente	Nikon D3X - 60 mm	Parámetros	f/8 1/250 s ISO 100
Iluminación	Speedlite SB-80DX 1/32	Distancia	108 cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_031	Fecha	23/5/13
Título	Probeta Stuc-bol 1 - envejecida		
Material	Probetas de Stuc-bol aplicadas con pincel		
Autor	Enriqueta González		
Procedencia	IRP- UPV		
Fecha creación	2013		
Dimensiones	3 cm x 5 cm (cada probeta)		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	Enriqueta González		
Participantes	Silvia Manrique, Chiara Santini, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_031_probeta_Stucbol_1_envejecida_cropped_4864.rti RTI2013_031probeta_Stucbol_1_envejecida_cropped_4898.ptm		
Cámara / lente	Nikon D3X - 28-105@60 mm	Parámetros	f/8 1/250 s ISO 100
Iluminación	Speedlite Speedlite SB-80DX 1/32	Distancia	108 cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_032	Fecha	5/3/13
Título	Probeta Stuc-bol 2 - envejecida		
Material	Probetas de Stuc-bol aplicadas con espátula		
Autor	Enriqueta González		
Procedencia	IRP- UPV		
Fecha creación	2013		
Dimensiones	3 cm x 5 cm (cada probeta)		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	Enriqueta González		
Participantes	Silvia Manrique, Chiara Santini, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_030_Probeta_Stucbol_2_cropped_4780.ptm		
Cámara / lente	Nikon D3X - 28-105@60 mm	Parámetros	f/8 1/250 s ISO 100
Iluminación	Speedlite SB-80DX 1/32	Distancia	108 cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_033	Fecha	3/5/13
Título	Retrato masculino		
Material	Oleo sobre tela		
Autor	Anónimo		
Procedencia	Colección particular		
Fecha creación	Siglo XIX-XX		
Dimensiones	62 cm x 49 cm		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	Eva Pérez		
Participantes	Silvia Manrique, Chiara Santini, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_033_retrato_masculino_cropped_4018.ptm RTI2013_033_retrato_masculino_cropped_4025.rti		
Cámara / lente	Nikon D3X - 60 mm	Parámetros	f/9 1/100 s ISO 100
Iluminación	Speedlite SB-80DX 1/32	Distancia	108 cm
Observaciones	Configuración vertical.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_034	Fecha	17/1/13
Título	La transición de San José		
Material	Oleo sobre tela		
Autor	Anónimo		
Procedencia	Real Colegio del Corpus Christi, Valencia		
Fecha creación	Siglo XVIII		
Dimensiones	30 cm x 20 cm		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	Eva Pérez		
Participantes	Silvia Manrique, Chiara Santini, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_034_San_Jose_transicion_cropped_3325.ptm		
Cámara / lente	Nikon D3X - 60 mm	Parámetros	f/7.1 0.50 s ISO 100
Iluminación	Flash/Estrobo SLS 3001-ML	Distancia	90 cm
Observaciones	Configuración vertical.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_035	Fecha	5/2/13
Título	Virgen del Socorro		
Material	Oleo sobre tela		
Autor	Anónimo		
Procedencia	Colección particular		
Fecha creación	Siglo XVII		
Dimensiones	33 cm x 23 cm		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	Susana Martín		
Participantes	Silvia Manrique, Chiara Santini, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_035_Virgen_Socorro_cropped_3439.ptm		
Cámara / lente	Nikon D3X - 60 mm	Parámetros	f/3.5 1.00 s ISO100
Iluminación	Flash/Estrobo SLS 3001-ML	Distancia	cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

FICHA DE REGISTRO RTI			
# Registro RTI	RTI2013_036	Fecha	28/2/13
Título	Virgen cuzqueña		
Material	Oleo con brocatería dorada sobre tela		
Autor	Anónimo		
Procedencia	Colección particular		
Fecha creación	Siglo XX		
Dimensiones	58 cm x 38 cm		
Institución	DCRBC-UPV		
Responsable	Enriqueta González		
Participantes	Silvia Manrique, Juan Valcárcel		
Nombre de los archivos RTI	RTI2013_036_Virgen_cusquena_cropped_2401.rti RTI2013_036_Virgen_cuzqueña_cropped_2458.ptm		
Cámara / lente	Nikon D3X - 60 mm	Parámetros	f/7.1 1/250 s ISO100
Iluminación	Speedlite SB-80DX 1/16	Distancia	138 cm
Observaciones	Configuración horizontal.		

Anexo 2

Videos RTI

VIDEO 1

# Registro RTI	RTI2013_001
Título	[Sin título] acuarela
Material	Pintura al agua sobre papel
Autor	Anónimo
Procedencia	Real Colegio del Corpus Christi, Valencia
Fecha creación	Siglo XVII
Dimensiones	30.5 cm x 78.5 cm
Institución	IVC+R

**VIDEO 2**

# Registro RTI	RTI2013_014
Título	Xilografía La caída de San Pablo
Material	Madera de boj
Autor	Mullor
Procedencia	Real Academia de San Carlos, Valencia
Fecha creación	Siglo XIX - XX
Dimensiones	14 cm x 10 x 2.3
Institución	Museo de Bellas Artes de Valencia

**VIDEO 3**

# Registro RTI	RTI2013_016*
Título	Casa
Material	Oleo sobre algodón
Autor	Anónimo
Procedencia	Colección particular
Fecha creación	Siglo XX
Dimensiones	20 cm x 25 cm
Institución	DCRBC-UPV



Archivo RTI incluido:

RTI2013_016_Casa_cropped_4309.ptm

