

**ANÁLISIS INFRARROJO DE OBRA PICTÓRICA CONTEMPORÁNEA DE LA COLECCIÓN
DE LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE MÁSTER
Julio 2013

Alumno: Henar de la Sierra Dimas

Tutores: D. Juan C. Valcárcel Andrés

D^a. Victoria Vivancos Ramón

RESUMEN

Las técnicas de análisis de imágenes han demostrado ser una herramienta poderosa en el análisis científico y la documentación de pinturas en el campo de la Investigación y Conservación de Obras de Arte.

La técnica fotográfica infrarroja ha sido una de las más reveladoras en este sentido desde su descubrimiento y su uso para este fin. Desde entonces ha evolucionado velozmente hasta nuestros días, mejorando tanto los equipos utilizados como los resultados obtenidos, abriendo su campo de actuación a muy diversos tipos de obras de arte, y valorando otros muchos posibles resultados e investigaciones dentro de este ámbito, adaptándose paralelamente a los cambios que el arte ha experimentado en estos últimos años.

En este estudio se hace un análisis y revisión histórica de la evolución sufrida por esta técnica, tanto en equipamiento como en su propio concepto. Tras este análisis, se realiza un estudio con radiación infrarroja de la colección de arte contemporáneo bidimensional de la Universitat Politècnica de València mediante dos equipos fotográficos utilizados actualmente para este tipo de análisis. Esta investigación tiene dos objetivos principales: observar las cualidades técnicas de estos dos equipos e investigar y conocer las posibles y diferentes reacciones de las obras de arte contemporáneas ante este rango del espectro.

La mayoría de análisis con la técnica fotográfica infrarroja se han realizado siempre sobre obra, principalmente, de los siglos XV y XVI, cuyas características técnicas y matéricas resultan inmejorables para la obtención de los resultados deseados; el arte contemporáneo es mucho más heterogéneo, por lo que los resultados no son tan predecibles.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. OBJETIVOS	9
3. METODOLOGÍA	10
4. REVISIÓN HISTÓRICO-TÉCNICA DE LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS IR EN OBRAS DE ARTE	11
4.1. ANTECEDENTES	11
4.2. PRINCIPIOS TÉCNICOS	14
4.3. EVOLUCIÓN TÉCNICA	19
4.3.1. Fotografía Infrarroja Analógica	19
4.3.2. Reflectografía Infrarroja	20
4.3.3. Prototipos reflectográficos en la 1ª década del siglo XXI	23
4.3.4. Sistemas digitales IR	25
4.4. CONCLUSIONES	26
4.4.1. Fotografía IR analógica vs Reflectografía IR	26
4.4.2. Reflectografía IR vs Fotografía digital IR	27
5. EL ARTE CONTEMPORÁNEO	31
5.1. TÉCNICAS DE LOS PINTORES CONTEMPORÁNEOS	31
5.2. COLECCIÓN DE LA UPV. PINTURA VALENCIANA DE LA DÉCADA DE LOS 70	33
5.2.1. Encuadre histórico	33
5.2.2. El arte geométrico	34
5.2.3. Realismo intencional	35
5.2.4. Últimas adquisiciones	38
5.2.5. Obras seleccionadas para su estudio	38
6. PARTE EXPERIMENTAL	39
6.1. EQUIPOS FOTOGRÁFICOS UTILIZADOS	39
6.1.1. Equipo fotográfico digital compacto: Modo "Nightshot"	39
6.1.2. Equipo fotográfico digital del Área de Documentación y Registro del Dpto. de Conservación y Restauración de la UPV	39
6.2. ESTUDIO DE LAS OBRAS SELECCIONADAS	41
6.3. ANÁLISIS DETALLADO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	41
7. CONCLUSIONES	85
8. BILIOGRAFÍA	89
AGRADECIMIENTOS	
ANEXOS	

1. INTRODUCCIÓN.

Análisis no destructivos en el estudio de obras de arte.

Desde siempre, el análisis de obras de arte ha ocupado gran parte del tiempo a investigadores de muy diversos ámbitos, especialmente desde la segunda mitad del siglo XX, convirtiéndose en un complemento casi obligatorio e imprescindible de la Historia del Arte. Su objetivo principal es desvelar el cuándo, el cómo y el porqué de la existencia de una obra, en base a la documentación histórica, la caracterización de los materiales, y la diagnosis de las alteraciones que ésta haya podido sufrir a lo largo del tiempo. Asimismo, son de gran utilidad estas investigaciones científicas en el campo de la conservación y restauración de obras de arte, aportando datos de gran importancia a la hora de elegir el procedimiento o intervención más adecuados.

Los llamados métodos de análisis “no destructivos” han sido especialmente reveladores en este ámbito; consisten en el examen global de la superficie de una obra de arte mediante técnicas que no “fragmentan” las obras. Estos métodos complementan a otras técnicas de análisis puntuales, llamadas “destructivas”, ya que se necesita parte de la obra o del material que la compone para poder llevar a cabo el estudio, aunque sea a niveles microscópicos¹.

Los métodos “no destructivos” se basan, esencialmente, en el empleo de radiaciones tanto visibles como no visibles al ojo humano. En el estudio de un objeto a través de las radiaciones no visibles es imprescindible la transformación de esta radiación en una imagen visible; el uso de estas radiaciones puede aportar información muy reveladora sobre la estructura técnica y el estado material de una obra pictórica, concretamente sobre su proceso de ejecución. Estos estudios pueden llevar a una mayor comprensión de la técnica de un determinado autor, de una escuela o, incluso, en lo relativo a su propia atribución.

Expertos investigadores de estas técnicas de estudio a través de radiaciones no visibles, como la doctora Carmen Garrido, el doctor Roger Van Schouter² o el equipo del Departamento Científico de Conservación del Instituto de Patrimonio Histórico Español (IPHE), en muchas de sus publicaciones, explican que este método debe ser siempre comparativo, ya sea entre las propias imágenes obtenidas a través de estas técnicas y las imágenes visibles de

¹GÓMEZ, María Luisa “Métodos de caracterización, datación y diagnóstico de los bienes culturales; Aplicación del examen científico al estudio de pinturas y policromías”. *La restauración. Examen científico aplicado a la conservación de obras de arte*. Madrid : Ediciones Cátedra (Grupo Anaya, S.A.), 1998, 2002. pp.147-245.

² “El estudio del dibujo subyacente de numerosas pinturas de un mismo maestro es de gran importancia para la aproximación histórica y estilística e incluso para la atribución y datación de las mismas”. PUIG SANCHÍS, Isidro. “Estudio de los dibujos subyacentes en la obra del pintor Jaume Ferrer I: el Retablo de la Piedad del Museu Episcopal de Vic”. En: *Quaderns del MEV* (Museu Episcopal de Vic), Vol. IV, 2012, pp.49-74. CAEM, Universitat de Lleida. www.caem.edl.cat. [Consulta: 18 de Agosto de 2011].

la obra, como entre éstos con otros estudios de obras de características estilísticas y técnicas similares; mediante el estudio de obras aisladas sería imposible obtener resultados realmente fiables³.

La aplicación de estos métodos, especialmente las radiaciones no visibles, y en esencia la radiación Infrarroja (IR), ha resultado muy práctica y efectiva en obras de arte de los siglos XV y XVI, como se ha mostrado en las dos grandes exposiciones realizadas recientemente en Madrid ("El trazo oculto", 2006) y en Valencia ("El nacimiento de una pintura: De lo visible a lo invisible", 2010).

En los catálogos publicados a raíz de estas exposiciones, los investigadores Roger Van Schoote y Carmen Garrido, explican que el uso de estas técnicas para el estudio de obras pictóricas nace, principalmente, en los años cincuenta del siglo XX, por la creencia de los investigadores en que "el estudio del dibujo subyacente en los cuadros iba a revolucionar la Historia de la Pintura"; no se ha llegado a producir tal revolución, pero sí un gran estremecimiento en este campo. Así lo demuestran los numerosos estudios realizados sobre el dibujo subyacente en reuniones científicas y centros de aprendizaje de diferentes países, celebrándose, a partir de 1975, y cada dos años, un Coloquio en Bélgica sobre este tema, de los cuales se han publicado las actas, con el objetivo de hacer la recesión del mayor número de publicaciones, junto con otras bibliografías de diversa procedencia⁴.

No obstante, en la mayoría de los casos estudiados a lo largo de la historia, es común la falta de datos archivados suficientes para cotejar una obra con otras del mismo autor o escuela, con vistas a su autenticación o atribución. Cuanto más se aplique el método científico y más datos comparativos existan, mayor será su utilidad. Asimismo, mediante un trabajo común multidisciplinario entre profesionales científicos, restauradores, e historiadores, se puede llegar a obtener sorprendentes e inmejorables resultados, como ha sucedido en el caso de estas dos exposiciones⁵.

³ "... un estudio de una sola obra individualmente no puede aportar información técnica y compositiva realmente concluyente y verificable. Para que un estudio por medio de infrarrojos pueda ser relativamente seguro y concluyente, se debe realizar por comparación de los estudios de varias obras (preferiblemente con características técnicas, materias y compositivas similares) atribuidas a un mismo autor, taller o época, pudiendo así contrastar y argumentar los datos y resultados obtenidos". ANTELO, T., GABALDÓN, A. y VEGA, C. "El retablo de Santa María La Mayor de Trujillo: Dibujo subyacente". En: *Instituto de Patrimonio Histórico Español (IPHE)*, 2005-06. www.mcu.es [Consulta: 24 de Septiembre de 2012].

⁴ VAN SCHOYTE, Roger; GARRIDO, Carmen. "El dibujo subyacente: Principios y características esenciales". *Catálogo exposición "El nacimiento de una pintura: de lo visible a lo invisible"*. Valencia: Generalitat Valenciana y Museo de Bellas Artes de Valencia, julio-octubre 2010, pp.31-33.

⁵ Estas dos exposiciones son el resultado de un excelente trabajo de investigación llevado a cabo en colaboración entre el Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, el Centro di Riflettografia IR e Diagnostica di Beni Culturali dell'Università degli Studi di Milano y el Gabinete de Documentación Técnica del Museo Nacional del Prado, con diferentes técnicas de análisis científico, fundamentalmente mediante la aplicación de la reflectografía infrarroja a las pinturas y su interpretación, con el fin de dar a conocer al mayor número de público posible

Métodos y experimentación en obra contemporánea.

Al contrario que sucede con la pintura tradicional, donde los estudios realizados a través de la radiación IR han dado claros resultados, en la pintura contemporánea, a parte de ser pocas las investigaciones efectuadas, no se han llegado a concretar qué resultados se podrían obtener o con qué fin. En este campo se deben destacar las investigaciones realizadas por Pilar Bustinduy⁶.

La realización de este estudio nace con el fin de cubrir, en parte, este vacío existente.

Acotación de autores y épocas para la ejecución del estudio.

La diversidad y amplitud de características de las obras de arte contemporáneas y sus autores, ha hecho necesaria la acotación y definición tanto de una determinada época, como de un determinado estilo o movimiento artístico para poder abordar con un mínimo de fundamento este estudio. Con este fin se ha seleccionado la colección de obra pictórica de la Universitat Politècnica de València, centrada en la pintura valenciana de la década de los 70, que cuenta con obras de significativos artistas valencianos de esa etapa.

Los 70 fue una época de importante transición en todos los ámbitos de la sociedad, incluido el artístico, el cual, por su intencionalidad en aquel momento, estaba muy ligado al político-social. Tanto, que en muchas ocasiones, los artistas no se detenían a pensar en el proceso de ejecución de una obra, ni en la bondad y compatibilidad de una u otra técnica. En la mayoría de los casos, utilizaban los materiales y las técnicas con el único objeto de conseguir su mensaje, es decir, "subordinaban la materia a la idea"⁷; el proceso de ejecución era un paso efímero, sin ninguna importancia, mediante el cual podían llegar al verdadero fin de su obra: transmitir un mensaje determinado, "su mensaje".

2. OBJETIVOS.

Dos cuestiones principales tiene como objeto la realización de esta investigación:

1. La consecución de información sobre las técnicas de los artistas contemporáneos: con este estudio se pretende entender y conocer con mayor exactitud el proceso

la técnica de los antiguos maestros. Los artífices principales de estas investigaciones han sido Carmen Garrido y Duilio Bertani.

⁶ Profesora titular de Restauración de Arte contemporáneo en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) y Directora del Servicio de reflectografía y radiografía de obras de arte.

⁷ LLAMAS PACHECO, Rosario. "Nuevas técnicas en un arte nuevo: la experimentación como generadora de obras no convencionales". *Conservar y Restaurar el Arte Contemporáneo: Un campo abierto a la investigación*. Valencia: Universitat Politècnica de València (UPV), 2010. pp.7-44.

creativo de algunos de estos artistas o grupos artísticos, tanto técnica como históricamente; descubrir el cómo y el por qué, o para qué, de su trabajo.

2. La obtención de conclusiones respecto de las técnicas infrarrojas utilizadas hasta el momento, y la optimización de dicha técnica de captación en obra bidimensional de artistas contemporáneos: hacer un análisis y puesta a punto de la evolución de la técnica IR y de su situación actual, especialmente en cuanto a las especificidades técnicas de los diversos equipos utilizados a lo largo de la historia, su alcance en el espectro infrarrojo y la calidad y versatilidad de la imagen final obtenida.

3. METODOLOGÍA.

El trabajo se ha dividido en dos bloques específicos: en primer lugar, un estudio de la evolución técnica del registro infrarrojo en obras de arte y, en segundo lugar, el análisis a través de la radiación IR de la colección pictórica de la Universitat Politècnica de València (UPV). La metodología seguida para la obtención de resultados en ambos bloques temáticos, es la siguiente:

1. Revisión bibliográfica, tanto de publicaciones sobre la técnica IR como de la colección objeto de estudio.
2. Selección del sistema de captación IR que mejor se adapte a las características de las obras y los posibles resultados a obtener: se pretende utilizar, al menos, dos sistemas o equipos distintos de captación de IR, uno más convencional y otro más profesional, con el fin de poder comparar los resultados obtenidos con cada uno de ellos.
3. Selección de las obras objeto de estudio: además de por su accesibilidad y calidad, se han elegido de los fondos de la colección de la UPV aquellas obras que por su representatividad en el arte contemporáneo y por su heterogeneidad, se suponía que permitirían descubrir y obtener resultados de muy diversa naturaleza. El estudio se centra en obras con ciertas similitudes con obras convencionales y/o tradicionales, intentando buscar resultados y reacciones similares a las obtenidas en éstas bajo la radiación IR, como puede ser un dibujo o esquema preparatorio o, simplemente, un mínimo orden en la ejecución de la película pictórica, así como la reacción general de los diferentes materiales que la componen.
4. Realización de las tomas fotográficas: se realizarán en primer lugar, fotografías con el equipo más convencional para una primera visualización. Según los resultados obtenidos, se realizará un estudio más exhaustivo con el equipo de tipo profesional.

5. Interpretación de resultados, comparando la imagen visible con la imagen IR obtenida mediante estos equipos. En este sentido, siguiendo, en un inicio, las pautas tradicionales, es fácil que se puedan encontrar lo que los restauradores llamamos “arrepentimientos”, como sucede en la pintura tradicional, aunque en este caso, es probable que no sean técnicos ni matéricos, sino “éticos” o “espirituales”, dentro del mensaje que en su momento quisieran transmitir; adentrarse no sólo en la técnica y en la materia de una obra, sino en el propio espíritu de cada una de ellas, y de todas en su conjunto.

Se podría, incluso, llegar a entender o comprender, personalmente, la trayectoria, tanto técnica como histórica, de algunos de estos artistas, así como el momento que le tocó vivir a España en aquel entonces; convertir la obra de arte en un “libro abierto” al conocimiento de la historia.

4. REVISIÓN HISTÓRICO-TÉCNICA DE LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS IR EN OBRAS DE ARTE.

4.1. ANTECEDENTES.

El infrarrojo es una técnica fotográfica de estudio de carácter no destructivo, pues no daña al objeto material estudiado. Por esta razón, su uso y aplicación se han difundido extraordinariamente en muy diversos ámbitos en estos últimos años, especialmente en el de la ciencia y en el del arte.

Muchos son los estudios y publicaciones realizados sobre las diversas aplicaciones de esta técnica fotográfica y su evolución histórica y técnica, aunque no se ha encontrado ninguna referencia certificada respecto al momento de su descubrimiento y a sus primeras aplicaciones, especialmente sobre las obras de arte; estos documentos han permitido hacer una aproximación.

Los estudios más antiguos publicados datan de 1975, tras el primer Coloquio para el estudio subyacente en la pintura, celebrado en Lovaina⁸. Ya en los años 80 se publicó uno de los primeros estudios técnicos de dibujo subyacente realizado en España por José María Cabrera y Carmen Garrido⁹.

En los mismos años 80 un equipo de químicos italianos publicó un estudio en el que clasifican y describen diversas técnicas científicas de estudio con posible aplicación en el campo de la conservación y la restauración de obras de arte¹⁰. Desvelan, minuciosamente, las

⁸ *Actas de los Coloquios I al XVI*. Universidad Católica de Lovaina, 1975-2009.

⁹ ANTELO, Tomás, GABALDÓN, Araceli; VEGA, Carmen. "El retablo de Santa María La Mayor de Trujillo: Dibujo subyacente". En: *Instituto de Patrimonio Histórico Español (IPHE)*, 2005-06. www.mcu.es [Consulta: 24 de Septiembre de 2012].

¹⁰ MATTEINI, M.; MOLES, A. *Ciencia y Restauración. Método de investigación*. Sevilla: Editorial Nerea, S.A., 2001.

características principales de la técnica IR en aquel momento, el principio sobre el que está basada y algunas de sus posibles aplicaciones prácticas en el mundo del arte; la clasifican dentro del grupo denominado “técnicas fotográficas especiales”, designando así a “aquellos métodos de registro sobre una emulsión fotográfica de los fenómenos ópticos producidos por las radiaciones reflejadas, transmitidas o emitidas por la materia cuando la misma es incidida por radiaciones diferentes a la luz visible”¹¹; se refieren, en todo momento, a las radiaciones próximas al espectro visible, es decir, a los fenómenos provocados por las radiaciones ultravioleta e infrarroja.

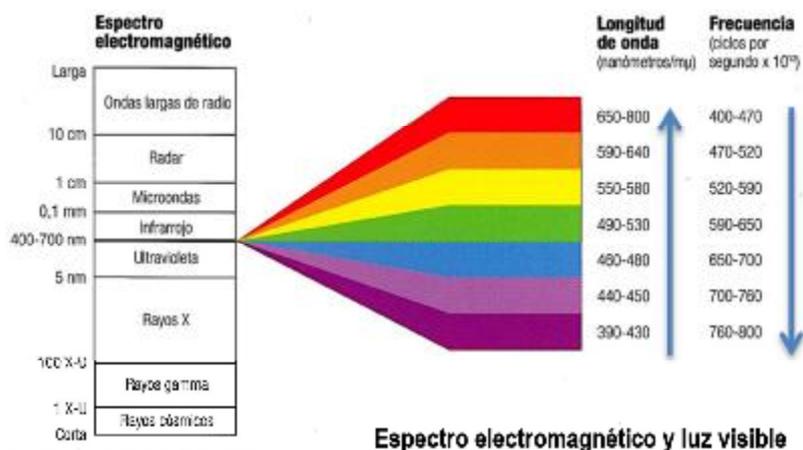


Fig. 1¹² 1 nanómetro = 1 milimicrómetro (µm) = 10⁻⁹m

En el gráfico de la Fig.1 se puede apreciar que las radiaciones en que se basan estas denominadas “técnicas fotográficas especiales” (UV e IR), se encuentran a ambos extremos del espectro de la luz visible, teniendo la infrarroja mayor longitud de onda que la ultravioleta.

Como se observa, el rango de la radiación infrarroja corresponde a la zona del espectro electromagnético comprendido entre 0,7 a 1000 micrómetros de longitud de onda¹³. Según el grado de proximidad con el espectro de la luz visible se divide en tres secciones denominadas infrarrojo cercano (780nm a 2.500nm), infrarrojo medio (2.500nm a 5.000nm) e infrarrojo lejano (50µm a 1.000µm).

Generalmente la radiación infrarroja está asociada al calor¹⁴; es emitida por cualquier cuerpo que genere calor, cuya temperatura sea mayor al llamado cero absoluto (0 Kelvin), a 273,15 grados por debajo del cero Celsius.

¹¹ Fenómeno designado a menudo con la expresión “remote sensing”. MATTEINI, M.; MOLES, A. *Ciencia y Restauración. Método de investigación*. Sevilla: Editorial Nerea, S.A., 2001. pp.167.

¹² Imagen disponible en: Fisiquéame2. <http://fisiqueameciencias2.blogspot.com.es> [Consulta: 24 de Noviembre de 2012].

¹³ Un rango cien veces más grande que el que corresponde a la luz visible. Hector's Home Page. IAC. www.iac.es [Consulta: 25 de Noviembre de 2012].

¹⁴ Su descubrimiento, en el año 1800, se atribuye a William Herschel, astrónomo inglés de origen alemán, mediante la medición con un termómetro de mercurio del calor emitido por cada uno de los colores del espectro, obtenidos por un

Desde sus inicios, estas radiaciones se han utilizado en muy diversos campos, especialmente en el científico. En las siguientes imágenes¹⁵ comparativas se pueden observar algunos ejemplos de estas aplicaciones: en sistemas especiales de comunicaciones o en equipos de visión nocturna cuando no hay suficiente luz visible para ver los objetos (Fig.2-3), a través de la niebla (Fig.4-5) o el humo (Fig.6-7), etc.; la radiación que estos objetos reciben, se refleja posteriormente en una pantalla, convirtiéndose los objetos más calientes en los más luminosos.



Fig.2



Fig.3



Fig.4



Fig.5



Fig.6



Fig.7

prisma de cristal. Herschel descubrió, de esta forma, que el calor era más fuerte en el lado del rojo del espectro en el que no había luz visible. Ésta fue la primera investigación que mostró que el calor puede transmitirse por una forma invisible de luz. En un principio, Herschel llamó a esta radiación "rayos calóricos" y así se denominó durante el siglo XIX hasta que, finalmente, se pasaron a denominar "radiación infrarroja". Ecured. Conocimiento con todos y para todos. www.ecured.cu [Consulta: 24 de Noviembre de 2012].

¹⁵ Imágenes disponibles en: Sensor Unlimited Inc. www.sensorsinc.com [Consulta: 03 de Juno de 2013].

La capacidad que tiene la radiación infrarroja de hacer visible al ojo humano ciertas “formas” o aspectos de los objetos, no visibles en la zona visible del espectro, ha creado también un gran interés y expectación en el mundo del arte, especialmente en la expertización, conservación y restauración de obras de arte pictóricas, ya que puede proporcionar información muy valiosa tanto histórica como artísticamente de la propia obra y su autor.

La *técnica fotográfica infrarroja* es el método por el cual se pueden llevar a cabo estos estudios. Inicialmente se empezó a utilizar en un sistema militar para detectar camuflajes, extendiéndose su uso, posteriormente, en la astronomía, ya que gracias a estas radiaciones se puede apreciar casi el 90 % de la materia que compone el universo, no apreciable en el espectro lumínico visible, pues son zonas que no irradian este tipo de ondas o solamente dejan pasar la radiación infrarroja. También se utiliza en medicina para diagnosticar ciertos tipos de cáncer, detectando en la piel temperaturas anormales, o para guías en armas, en los que se usan detectores de calor para descubrir cuerpos móviles en la oscuridad, en mandos a distancia o telecomandos, etc.¹⁶. En el campo del arte, ya desde la década de 1960, son conocidas las experimentaciones de diversos artistas con la fotografía infrarroja analógica¹⁷.

Técnicamente, la fotografía infrarroja ha evolucionado enormemente desde su descubrimiento, complementándose conjuntamente con el desarrollo de la tecnología y los avances en los sistemas de adquisición de imágenes; desde sus primeras aplicaciones y experiencias mediante el uso de película analógica hasta los últimos métodos y experimentos con cámaras fotográficas digitales, pasando por muy diversos y complejos sistemas de captación y de estudio. De una forma u otra, el fin de estos métodos, es crear una imagen fotográfica, lo más nítida posible, de elementos inicialmente no visibles en la zona del espectro visible.

4.2. PRINCIPIOS TÉCNICOS.

Es imprescindible para poder hacer fotografía infrarroja, mediante cualquiera de los métodos experimentados, la existencia de una fuente de radiación infrarroja. Como se ha apuntado anteriormente, todo cuerpo caliente emite radiación en el infrarrojo¹⁸. El principio básico sobre el que esta técnica está fundamentada es el diverso comportamiento o, dicho de

¹⁶ Spitzer Space Telescope. *Astronomía Infrarroja*. <http://legacy.spitzer.caltech.edu> [Consulta: 25 de Noviembre de 2012].

¹⁷ Las tonalidades pictóricas que se consiguen con las fotografías infrarrojas, tanto en color como en blanco y negro, muy diferentes a las conseguidas en el espectro visible, han llamado la atención de numerosos artistas como Lindsay Garret, Seth Mayer, Donald Aaby, Sergio Cárdenas y el prestigioso Simon Marsden, creando mundos casi fantasmagóricos o surrealistas. instantShift. www.instantshift.com [Consulta: 13 de Enero de 2013].

¹⁸ Cualquier lámpara para luz visible, desde las de filamento de tungsteno hasta el flash, contienen suficiente cantidad de radiaciones de IR para poder realizar la fotografía de infrarrojo. MATTEINI, M.; MOLES, A. *Ciencia y Restauración. Método de investigación*. Sevilla: Editorial Nerea, S.A., 2001. pp.181.

otra forma, modo de reflexión, absorción o transmisión de la “luz”¹⁹ sobre una determinada superficie o materia, en función tanto de sus propiedades intrínsecas, como de sus características más externas (espesor, textura superficial, etc.).

Cualquier elemento (por ejemplo una película pictórica o una policromía), puede ser más o menos cubriente y transparente según su espesor y su capacidad de reflejar las radiaciones de manera difusa²⁰. Incluso puede ser que un elemento que no es transparente con luz visible, se haga menos cubriente y más transparente a la radiación infrarroja, llegando a permitir la reflexión de ésta por parte de los elementos o estratos inmediatamente inferiores.

La capacidad de penetración de la radiación infrarroja viene dada gracias a su mayor longitud de onda dentro del espectro no visible. Gracias a esta capacidad, mediante la fotografía IR se pueden observar e inspeccionar capas o rasgos subyacentes de una superficie pictórica, como son el dibujo preparatorio, los cambios realizados en su construcción (“arrepentimientos”), inscripciones u otras marcas, etc., en caso de existir. Dependiendo de las características técnicas de los materiales y los procesos utilizados en la ejecución de una obra, el grado de penetración puede ser muy variado²¹. Los dos parámetros principales de los que depende la visualización de estos rasgos o capas son el contraste y la transparencia²².

En el examen global de los bienes culturales, se utiliza solamente el IR próximo debido a la creciente propiedad térmica de estas ondas según se avanza en el espectro, y a que el índice de refracción de los materiales disminuye al aumentar la longitud de onda de la radiación incidente. Asimismo, mediante las investigaciones realizadas, se ha verificado que la capa pictórica no debe tener un gran espesor, ya que el poder de penetración de las ondas infrarrojas, generalmente, no es demasiado poderoso²³.

Van Schoute y Garrido resumen esta cuestión en que “la observación del dibujo subyacente no puede ser realizada más que en ciertos casos, siendo necesarias dos

¹⁹ Entendiendo “luz” en su sentido más amplio, que incluye todo el campo de la radiación conocido como espectro electromagnético.

²⁰ La reflexión difusa es un fenómeno que se produce cuando un haz de ondas (luz) incide en una superficie que no es del todo lisa, y brillante, reflejando sólo parte de esas ondas en todas direcciones y absorbiendo otras. MATTEINI, M.; MOLES, A. *Ciencia y Restauración. Método de investigación*. Sevilla: Editorial Nerea, S.A., 2001. pp.203.

²¹ Por ejemplo, la radiación IR es capaz de traspasar las veladuras y la capa de barniz viejo y nebuloso de un cuadro, aunque éstas se encuentren totalmente oxidadas. MATTEINI, M.; MOLES, A. *Ciencia y Restauración. Método de investigación*. Sevilla: Editorial Nerea, S.A., 2001. pp.181.

²² El contraste viene dado por el material utilizado para realizar estos rasgos y la reflectividad de la capa directamente subyacente a ésta; la transparencia es función de las capas de pintura y el tipo de pigmento utilizado. OBRUTSKY, Alba.E.; ACOSTA, Daniel. "Infrared Reflectography, an NDT Technique for images diagnosis". Grupo de Diagnóstico por imágenes en Bienes Culturales del ENDE.CNEA. *Conferencia Panoamericana de Ensayos No Destructivos-PANNDT*. Río de Janeiro, Brasil, Junio 2003.

²³ En este sentido, la técnica IR se puede aplicar en todo tipo de soportes, además de tabla o lienzo, como son el mural o las pinturas rupestres, etc. OSPITALI, F.; RATTAZZI, A.; COLOMBINI, M.P.; ANDREOTTI, A.; DI LONARDO, G. "XVI century wall paintings in the Messer Filippo cell of the tower of Spilamberto: Microanalyses an monitoring". En: *Journal of Cultural Heritage*, Vol. 8, 2007, pp.323-327. www.sciencedirect.co [Consulta: 19 de Enero de 2013].

condiciones base: la existencia de una capa pictórica permeable a los infrarrojos, y la presencia de un dibujo subyacente impermeable a éstos²⁴. En general, las pinturas de artistas de los siglos XV y XVI, construidas mediante superposición de delgadas capas de materia, cumplen perfectamente estas dos condiciones, dando excelentes resultados en la mayoría de los estudios realizados.

No obstante, se debe tener en cuenta que hay casos en los que el dibujo subyacente se manifiesta combinado con gran parte de la imagen visible, por lo que en una primera identificación, es normal que prevalezca el estilo dominante en la fase de color; asimismo, existen otras restricciones de acceso al dibujo además de en función del poder cubriente y del grado de empaste de la fase de color, como es la reafirmación con éste del dibujo inicial, en cuyo caso los trazos resultan superpuestos²⁵.

Debido al diferente grado de penetración y absorción de esta radiación en los diversos materiales utilizados en una obra (pigmentos, cargas, adhesivos, barnices, etc.), se puede llegar a realizar una primera aproximación de su identificación. Esta diferencia viene dada por el diverso comportamiento de los materiales frente a estos efectos lumínicos, debido a sus componentes y propiedades físico-químicas, de forma que materiales que en la luz visible se observan claros, pueden aparecer oscuros en la zona del espectro infrarrojo, y viceversa²⁶. De esta forma, las composiciones iniciales realizadas con materiales carbonosos son perfectamente visibles en el espectro infrarrojo (aparecen oscuros en la pantalla), ya que absorben totalmente estas radiaciones. Los mejores resultados se han obtenido con pigmentos opacos en visible, pero transparentes para la luz infrarroja, como el blanco de plomo, utilizado mucho en policromía tradicional, permitiendo el paso de la radiación hasta “chocar” con pigmentos como los nombrados anteriormente, totalmente absorbentes a esta radiación, o con la capa de preparación, tradicionalmente realizada con sulfato de calcio, donde es retrodispersada²⁷. La siguiente tabla (Fig.8) relaciona algunos de estos pigmentos y sus

²⁴ Por ejemplo, “en casos de preparaciones coloreadas o dibujo subyacente hecho en blanco (clarión, albayalde), con lápiz rojo o sanguina, tierras ocres diferentes y tintas sepias ferrogálicas, los dibujos no son visibles”, limitando estos estudios; “también el grosor de los estratos de color y la naturaleza de ciertos pigmentos como los citados anteriormente, a los que hay que añadir la malaquita en circunstancias específicas, dificultan la legibilidad del diseño puesto que tienen fuerte poder de absorción. Por el mismo motivo, tampoco es posible su visión cuando se han superpuesto capas oscuras que contienen negro o capas de oro como sucede en los fondos brocados”. VAN SCHOYTE, Roger; GARRIDO, Carmen. "El dibujo subyacente: Principios y características esenciales". *Catálogo exposición "El nacimiento de una pintura: de lo visible a lo invisible"*. Valencia: Generalitat Valenciana y Museo de Bellas Artes de Valencia, julio-octubre 2010.

²⁵ ANTELO, Tomás, GABALDÓN, Araceli; VEGA, Carmen. "El retablo de Santa María La Mayor de Trujillo: Dibujo subyacente". En: *Instituto de Patrimonio Histórico Español (IPHE)*, 2005-06. www.mcu.es [Consulta: 24 de Septiembre de 2012].

²⁶ MATTEINI, M.; MOLES, A. *Ciencia y Restauración. Método de investigación*. Sevilla: Editorial Nerea, S.A., 2001. pp.203-208.

²⁷ DIETZ, Chistian; CATANZARITI, Gianluca; JIMENO, Alfredo. "Infrared Reflectography Using 3D Laser Scanning". En: *e-conservation magazine*, nº 18, 2011, pp.32-42. www.e-conservationline.com [Consulta: 19 de Enero de 2013].

reacciones ante la radiación IR, según las fuentes bibliográficas consultadas y citadas en este estudio.

Material	Uso común en pintura	REACCIÓN AL IR		
²⁸ Materiales carbonosos: ²⁹ Negro de carbono (de hueso, Vegetal, de humo...)	Dibujo	Opaco	Absorbe IR	Visible
³⁰ Lápiz rojo, sanguina, tierras ocre, tintas ferrogálicas	Preparación o dibujo subyacente	Transparente	No absorbe IR	No visible
³¹ Sulfato de calcio o blanco de yeso	Preparación	Opaco	Retrodispersión de IR	Visible
Blanco de plomo o albayalde	Pigmento o preparación	Transparente	No absorbe IR	No visible
³² Azul cobalto	Pigmento	Incoloro	No absorbe	No visible
Resto de azules	Pigmento	Opaco	Absorben IR	Visibles

Fig.8

La posibilidad de ver estas capas subyacentes y de reconocer algunos de los materiales y técnicas utilizados, así como ciertas particularidades distintivas de un autor o una determinada época, hace posible, mediante un análisis comparativo con otras obras de similares características, un inicial acercamiento a la identificación de la procedencia o autor de una obra anónima, lo que la hace una técnica muy útil a la hora de autenticar una obra pictórica o establecer la época en la que se creó.

²⁸ BERTANI, Duilio. "Últimos avances en el campo de los dispositivos de reflectografía infrarroja". *Catálogo exposición "El nacimiento de una pintura: De lo visible a lo invisible"*. Valencia: Generalitat Valenciana y Museo de Bellas Artes de Valencia, julio-octubre 2010. pp.41.

²⁹ DIETZ, Chistian; CATANZARITI, Gianluca; JIMENO, Alfredo. "Infrared Reflectography Using 3D Laser Scanning". En: *e-conservation magazine*, nº 18, 2011, pp. 32-42. www.e-conservationline.com [Consulta: 19 de Enero de 2013].

³⁰ PUIG SANCHÍS, Isidro. "Estudio de los dibujos subyacentes en la obra del pintor Jaume Ferrer I: el Retablo de la Piedad del Museu Episcopal de Vic". En: *Quaderns del MEV* (Museu Episcopal de Vic), Vol. IV, 2012. pp.49-74. CAEM, Universitat de Lleida. www.caem.edl.cat. [Consulta: 18 de Agosto de 2011].

³¹ DIETZ, Chistian; CATANZARITI, Gianluca; JIMENO, Alfredo. "Infrared Reflectography Using 3D Laser Scanning". En: *e-conservation magazine*, nº 18, 2011. pp.32-42. www.e-conservationline.com [Consulta: 19 de Enero de 2013].

³² "El azul cobalto se presenta incoloro al IR, al contrario que los demás azules". GÓMEZ, M.L. *La Restauración: Exámen científico aplicado a la conservación de obras de arte*. Madrid: Ediciones Cátedra (Grupo Anaya, S.A.), 1998-2002. pp.167.

Del mismo modo, mediante la fotografía infrarroja se pueden desvelar o intensificar ciertos aspectos sobre el estado de conservación de una obra, como por ejemplo los cuarteados o los repintes (estos últimos pueden observarse en forma de manchas sobre la superficie de la obra pintada, normalmente en tonos de gris más oscuros), resultando de gran utilidad en los análisis previos a una restauración, sobre todo en obras pictóricas y policromías.

Queda claro que la investigación de una obra puede dirigirse según diversos enfoques. Por un lado, aquellos relacionados intrínsecamente con la propia obra, tanto en su lado histórico como técnico, como son la materia y técnica de ejecución, la datación y autenticación, el estado de degradación o la identificación de intervenciones anteriores. Por otro lado, este estudio puede ayudar a decidir las acciones más adecuadas a realizar en una obra para su óptima conservación, entre otras, la elección de los materiales para la restauración o el control de las intervenciones y las condiciones de conservación. Por tanto, en ambos casos, el análisis de una obra a través de la técnica del infrarrojo puede ser de gran utilidad, más aún si se complementa y verifica la información obtenida mediante otros métodos de procesamiento de imágenes³³.

En las obras antiguas resulta relativamente fácil contrastar y analizar los datos registrados, incluso emitir un juicio fiable, ya que se dispone de un gran número de documentos, materiales y técnicas suficientemente conocidos y limitados. Sin embargo, debido tanto a la complejidad que presentan las obras contemporáneas en cuanto a las técnicas y materiales utilizados, así como por la aleatoriedad en su uso y el alto grado de experimentalidad que las caracteriza, no es fácil emitir un juicio relativamente fiel; este impedimento se ve acrecentado por la falta de documentos que permitan contrastar y analizar de forma fiable dichos datos³⁴.

Basándose en sus estudios, la restauradora Pilar Bustinduy puntualiza sobre la necesidad de adecuar la técnica del IR para el estudio de estas creaciones contemporáneas. En este camino se han ido desvelando poco a poco nuevos campos de aplicación. Concretamente, Bustinduy muestra una serie de ejemplos en los que esta técnica IR permite diferenciar las formas de trabajo de un grupo de artistas, "algunos pasos en la génesis de la pintura", como ella misma describe: en primer lugar, un concepto nuevo en este ámbito, la "ausencia" de un determinado carácter, como puede ser el dibujo subyacente, o cambios en la composición inicial, que puede resultar de gran interés. Asimismo es posible observar, en este tipo de obras, el proceso o modo de construcción del artista (manchas, pinceladas, veladuras,

³³ Técnicas como la radiografía o las realizadas con luz Ultravioleta (UV reflejado o Fluorescencia de UV).

³⁴ A este respecto, "se está intentando, desde hace ya unos años, crear bancos de datos con el fin de recoger diferentes aspectos que ayuden a caracterizar con el mayor rigor posible las creaciones contemporáneas." BUSTINDUY, Pilar. "Aplicación de Radiografía y Reflectografía Infrarroja al estudio del Arte Contemporáneo". Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía. Reunión del Grupo de Arte Contemporáneo, Madrid, 2004. En: www.geiic.com. [Consulta: 18 de Agosto de 2013].

uso de colores puros, trazado, gesto, etc.), como por ejemplo la identificación de un primer dibujo realizado a pincel o lápiz.

4.3. EVOLUCIÓN TÉCNICA.

4.3.1. Fotografía Infrarroja Analógica.

El uso de las cámaras réflex analógicas para la realización de fotografía infrarroja marca el inicio de la aplicación de esta técnica. Según la Comisión Nacional de Energía Atómica de Argentina (CNEA), su uso para el análisis de pinturas se produce en el año 1930³⁵, cuando el material y la película fotográfica adecuada comenzaron a comercializarse³⁶.

Según explican Matteini y Moles, las emulsiones fotográficas eran más sensibles a las radiaciones con longitud de onda inferior; sin embargo, mediante el empleo de determinadas sustancias colorantes se podía llegar a sensibilizarlas hasta alcanzar las primeras radiaciones de la zona infrarroja, con longitud de onda algo superior a la de la luz visible; debido a la propiedad térmica de las radiaciones infrarrojas según aumenta su longitud de onda, no existían emulsiones capaces de registrarlas por encima de los 1.300nm. Por tanto, las radiaciones infrarrojas, en aquel momento, se podían registrar desde la zona de su inicio (700nm aproximadamente) hasta un máximo de 1.300nm (emulsiones especiales), aunque lo normal era alcanzar un máximo de 900nm³⁷.

Para una óptima obtención de resultados mediante esta técnica, era imprescindible el uso de filtros infrarrojos que excluyeran la radiación ultravioleta y la totalidad, o gran parte, del espectro visible³⁸, dejando pasar a través del objetivo solamente el espectro infrarrojo; sin los filtros, la película absorbería todo el espectro, dañando el negativo hasta el punto de dejarlo inservible. Existen diferentes tipos de filtros infrarrojos y diversas marcas comerciales (Hoya, Tiffen y Kodak) que se diferencian, esencialmente, en la cantidad de espectro infrarrojo que

³⁵ OBRUTSKY, Alba.E.; ACOSTA, Daniel. "Infrared Reflectography, an NDT Technique for images diagnosis". Grupo de Diagnóstico por imágenes en Bienes Culturales del ENDE.CNEA. *Conferencia Panoamericana de Ensayos No Destructivos-PANNDT*. Río de Janeiro, Brasil, Junio 2003.

³⁶ La película fotográfica, a diferencia de las películas convencionales, debía ser sensible a la longitud de onda del espectro IR; eran tratadas de manera especial para que reaccionasen químicamente a estas ondas, y substancialmente sensibilizadas para trabajar en estas longitudes. Las más conocidas son las películas Kodak Infrared (High Speed, HIE película en blanco y negro ó la EIR película diapositiva en color). DIETZ, Chistian; CATANZARITI, Gianluca; JIMENO, Alfredo. "Infrared Reflectography Using 3D Laser Scanning". En: *e-conservation magazine*, nº 18, 2011, pp. 32-42. www.e-conservationline.com [Consulta: 19 de Enero de 2013].

³⁷ El rango de las radiaciones IR ocupa una extensa zona dentro del espectro electromagnético, extendiéndose aproximadamente desde los 730nm de longitud de onda hasta cerca de 400.000nm. ARNOLD, C.R.; ROLLS, P.J.; STEWART, J.C.J. *Fotografía aplicada*. Barcelona: Ediciones Omega, S. A., 1974. pp.119.

³⁸ Fenómeno físico denominado transmisión selectiva. Ocurre cuando ciertos materiales, vidrios, plásticos o gelatinas coloreadas dejan pasar sólo ciertas longitudes de onda y absorben otras, como sucede con los filtros fotográficos. ARNOLD, C.R.; ROLLS, P.J.; STEWART, J.C.J. *Fotografía aplicada*. Barcelona: Ediciones Omega, S. A., 1974. pp.265-294.

dejan pasar y el grado de opacidad a la luz visible; cuanto más infrarrojo pasara, el efecto en la película era mayor.

Por último, se debían realizar una serie de pruebas que permitieran determinar el valor de corrección adecuado para ajustar el enfoque, y la visualización de la imagen adquirida sólo era posible una vez finalizado el proceso de revelado y ampliación de las fotografías³⁹.

Debido a todas estas especificidades, el procedimiento para obtener la fotografía infrarroja resultaba bastante largo, ya que los tiempos de ensayo podían llegar a prolongarse ampliamente. Además, la calidad y resolución final de la imagen fotográfica conseguida con película sensible al infrarrojo era bastante inferior a la calidad lograda en la fotografía tradicional, ya que la tonalidad de grises era demasiado escasa (en las áreas rojizas la información era completa, pero no en las verdes, pardas y azules, que aparecían oscuras)⁴⁰.

4.3.2. Reflectografía Infrarroja.

En los años 70 se comenzó a utilizar la cámara de video para el análisis de pinturas⁴¹; es entonces cuando comienza a aplicarse la Reflectografía Infrarroja.

Al igual que la fotografía, la reflectografía infrarroja es una técnica óptica no destructiva, mediante la cual se obtienen imágenes operando en la banda del infrarrojo cercano. También es necesario el uso de filtros especiales para la obtención de la imagen, así como una fuente luminosa adecuada. Asimismo, esta técnica se fundamenta en el comportamiento y sensibilidad que algunos materiales tienen frente a las ondas electromagnéticas, debido a su composición química.

La principal diferencia entre la fotografía y la reflectografía reside en la reacción de las ondas IR en los objetos en el momento de adquirir la imagen proveniente de esta banda del espectro; si se producen reacciones químicas, la imagen se obtiene en soporte fotosensible, obteniendo una fotografía; en cambio, si las reacciones son eléctricas, se obtiene la imagen en soporte electrónico, creando un reflectograma. La región espectral en la que se puede obtener un reflectograma del infrarrojo va desde 800nm hasta 3.000nm⁴².

³⁹ CORREA OROZCO, Carolina. "Iluminando lo invisible: Nueva fuente de radiación infrarroja para la adquisición de imágenes digitales en el espectro infrarrojo". En: *Conserva*, nº 16, 2011, pp.17-26. www.dibam.cl. [Consulta: 19 de Enero de 2013].

⁴⁰ OBRUTSKY, Alba.E.; ACOSTA, Daniel. "Infrared Reflectography, an NDT Technique for images diagnosis". Grupo de Diagnóstico por imágenes en Bienes Culturales del ENDE.CNEA. *Conferencia Panoamericana de Ensayos No Destructivos-PANNDT*. Río de Janeiro, Brasil, Junio 2003.

⁴¹ OBRUTSKY, Alba.E.; ACOSTA, Daniel. "Infrared Reflectography, an NDT Technique for images diagnosis". Grupo de Diagnóstico por imágenes en Bienes Culturales del ENDE.CNEA. *Conferencia Panoamericana de Ensayos No Destructivos-PANNDT*. Río de Janeiro, Brasil, Junio 2003.

⁴² OBRUTSKY, Alba.E.; ACOSTA, Daniel. "Infrared Reflectography, an NDT Technique for images diagnosis". Grupo de Diagnóstico por imágenes en Bienes Culturales del ENDE.CNEA. *Conferencia Panoamericana de Ensayos No Destructivos-PANNDT*. Río de Janeiro, Brasil, Junio 2003.

El primer equipo utilizado para obtener este tipo de imágenes se componía de una cámara de video con un dispositivo analógico, el *Vidicom*⁴³. Este dispositivo recogía las radiaciones reflejadas y las elaboraba para ser visualizadas sobre un monitor, creando imágenes en blanco y negro, que son los llamados reflectogramas. El *Vidicom* de PbS era sensible a la radiación infrarroja con longitud de onda comprendida entre 800 y 2.200nm; gracias a una serie de filtros provistos en el dispositivo era posible seleccionar las longitudes de onda precisas. Por último, los reflectogramas se recogían mediante un registrador de vídeo o fotografiando directamente la pantalla. Normalmente, las imágenes tomadas eran, debido a las características de la cámara, pequeñas áreas de una misma superficie, por lo que debían ser montadas unas con otras para poder reconstruir el total de esa superficie⁴⁴.

Con la introducción del vídeo por parte de Van Asperen de Boer, la visualización de los resultados obtenidos se realizaba “en vivo”, lo que facilitó notablemente la realización de este tipo de análisis. Sin embargo, el sistema resultaba muy costoso y poco accesible para personas no relacionadas con la electrónica y el vídeo⁴⁵.

Uno de los primeros sistemas de reflectografía infrarroja utilizados con este tipo de mejoras fue el *Sistema VARIM*⁴⁶. Este sistema informático permitía obtener, automáticamente, la imagen completa, por ejemplo, de un dibujo subyacente de una obra pictórica⁴⁷. La primera aplicación de este sistema se realizó en el estudio del Retablo de la Iglesia de Santa María la Mayor de Trujillo, realizado por José María Cabrera y Carmen Garrido a principios de los años 80; ellos fueron los que introdujeron esta técnica dentro de nuestras fronteras, y a ellos hay que

⁴³ El *Vidicom* es un tubo de cámara recubierto de material fotosensible, como puede ser el sulfuro de plomo (PbS). FINALDI, G.; GARRIDO, Carmen. "Glosario de términos". *Catálogo exposición "El trazo oculto; Dibujos subyacentes en pinturas de los siglos XV y XVI"*. Madrid: Ministerio de Cultura y Museo Nacional del Prado, julio-noviembre 2006. pp.259.

⁴⁴ OBRUTSKY, Alba.E.; ACOSTA, Daniel. "Infrared Reflectography, an NDT Technique for images diagnosis". Grupo de Diagnóstico por imágenes en Bienes Culturales del ENDE.CNEA. *Conferencia Panoamericana de Ensayos No Destructivos-PANNDT*. Río de Janeiro, Brasil, Junio 2003.

⁴⁵ VAN ASPEREN DE BOER, J. "Reflectography of paintings using an Infrared Vidicon Television System". En: *Studies in Conservation*, Vol. 14, 1969. pp.96-118. www.iiconservation.org [Consulta: 13 de Enero de 2013].

⁴⁶ El *Proyecto VARIM* (Visión Artificial aplicada a la reflectografía de Infrarrojos Mecanizada) es un *proyecto PROFIT* del Ministerio de Ciencia y tecnología llevado a cabo por la Unidad de Estudios Físicos del Departamento Científico de Conservación del Instituto del Patrimonio Histórico Español (IPHE), Grupo de Aplicación de Telecomunicaciones Visuales de la Universidad Politécnica de Madrid, y las empresas Servimatismos S.A. e Infaimon S.L. TORRES, Juan; POSSE, Alberto; MENÉNDEZ, José M. "Descripción del sistema VARIM: captación y composición del mosaico reflectográfico". Grupo de aplicación de Telecomunicaciones Visuales E.T.S. Ingenieros de Telecomunicación (UPM). En: *Instituto de Patrimonio Histórico Español (IPHE)*, 2004. www.mcu.es [Consulta: 18 de Agosto de 2011].

⁴⁷ "Automatizando la captura de imágenes y la formación del mosaico, así como la corrección de *suciedades* en las imágenes provocadas por la propia máquina". TORRES, Juan; POSSE, Alberto; MENÉNDEZ, José M. "Descripción del sistema VARIM: captación y composición del mosaico reflectográfico". Grupo de aplicación de Telecomunicaciones Visuales E.T.S. Ingenieros de Telecomunicación (UPM). En: *Instituto de Patrimonio Histórico Español (IPHE)*, 2004. www.mcu.es [Consulta: 18 de Agosto de 2011].

agradecer la posibilidad de ampliar el conocimiento de nuestro patrimonio, pudiendo “adentrarse” en su interior⁴⁸.

Aunque el rango de sensibilidad de este dispositivo a la radiación infrarroja es mayor que el de las emulsiones fotográficas (llega más lejos en la detección de las partes verdes y azules del objeto), y mayor la transparencia de una capa pictórica en esta región espectral, la imagen final obtenida con la cámara de video no es lo suficientemente buena. Esta técnica presenta ciertas limitaciones, tanto en la obtención de la imagen como para distinguir los trazos de un dibujo bajo la superficie pictórica. Las pequeñas áreas que son posibles fotografiar, y su irremisible montaje posterior, causan distorsiones geométricas en la imagen final, dando como resultado un mosaico. Estas distorsiones pueden corregirse mediante un software, igualando los tonos de grises y las demás deformaciones mencionadas.

Con el fin de conseguir una mayor resolución y definición en la imagen reflectográfica, se han realizado diversas investigaciones con diferentes instrumentos y equipos, como son el uso de nuevas fuentes de radiación infrarroja⁴⁹ (aprovechando los desarrollos tecnológicos en el ámbito de la vídeo-vigilancia) más eficientes que la usada en la realización de reflectografías con cámara de video analógico⁵⁰.

Han sido numerosos los diseños realizados de equipos reflectográficos. Las diferencias entre unos y otros se encuentran, principalmente, en su tamaño y comodidad de uso, aunque también en ciertas cuestiones técnicas, como son la mayor resolución y tamaño de la imagen obtenida y su calidad final evitando composiciones finales que la desfiguran, la posibilidad de un mayor manejo del enfoque o la profundidad de campo por parte del usuario, la rapidez de ejecución, etc. Uno de los principales avances realizados llega con la introducción de los sensores digitales tipo CCD⁵¹ y CMOS⁵², en el último tercio del siglo XX, en lugar de la película

⁴⁸ “Conocer y apreciar bajo el color la riqueza dibujística existente, permitiendo un mayor acercamiento a la forma de trabajo de sus autores”. ANTELO, Tomás, GABALDÓN, Araceli; VEGA, Carmen. “El retablo de Santa María La Mayor de Trujillo: Dibujo subyacente”. En: *Instituto de Patrimonio Histórico Español (IPHE)*, 2005-06. www.mcu.es [Consulta: 24 de Septiembre de 2012].

⁴⁹ Lámpara IR Hamamatsu In GaAs: Fuente lumínica dispuesta al interior de un montaje que lleva un filtro infrarrojo, que bloquea el espectro visible, y un ventilador que permite mantener fría la lámpara. Proporciona una mayor sensibilidad en el rango de longitud de onda de 900 a 1.700 nm, obteniendo imágenes de mejor calidad que las adquiridas mediante el uso de fuentes de radiación tradicionales. CORREA OROZCO, Carolina. “Iluminando lo invisible: Nueva fuente de radiación infrarroja para la adquisición de imágenes digitales en el espectro infrarrojo”. En: *Conserva*, nº 16, 2011. pp.17-26. www.dibam.cl. [Consulta: 19 de Enero de 2013].

⁵⁰ CORREA OROZCO, Carolina. “Iluminando lo invisible: Nueva fuente de radiación infrarroja para la adquisición de imágenes digitales en el espectro infrarrojo”. En: *Conserva*, nº 16, 2011. pp.17-26. www.dibam.cl. [Consulta: 19 de Enero de 2013].

⁵¹ “El dispositivo acoplado por carga (CCD, Charge Coupled Device) es un chip semiconductor que contiene fotosensores, normalmente de silicio, para convertir una imagen en señales eléctricas. Cuanto mayor sea el número de píxels, mayor será el número de detalles que se pueden “ver” gracias al chip CCD. Sony Handycam utiliza un elemento reflectante del tipo CCD que permite a los sensores funcionar a niveles de luz inferiores a un chip regular. Sony Europe Limited. www.sony.es [Consulta: 07 de Marzo de 2013].

fotosensible⁵³; las primeras cámaras con sensores CCD usadas para reflectografía trabajaban en una longitud de onda cercana a los 1.100nm⁵⁴. El tratamiento de las imágenes obtenidas y su unión mediante las técnicas digitales fue otro de los avances fundamentales y la aportación principal realizada en estas últimas décadas, mejorando notablemente la lectura de la imagen final. El equipo *MUSIS*⁵⁵, y la cámara *OSIRIS*⁵⁶, son algunos ejemplos de equipos reflectográficos que utilizan este tipo de sensores.

4.3.3. Prototipos reflectográficos en la 1ª década del siglo XXI.

Algunos proyectos que se han realizado en esta línea son el Proyecto *VASARI* (Londres, 1989), la obtención de imágenes mediante un escáner de infrarrojos en vez de con una cámara, utilizado en el Instituto Nacional de Óptica Aplicada (INOA) de Italia⁵⁷, o el sistema desarrollado por los investigadores italianos Duilio Bertani y Luca Consolandi (Bertani, 2006), cuya importancia merece una especial atención.

El prototipo de reflectógrafo desarrollado por Duilio Bertani pretendía solucionar los problemas de los sistemas hasta el momento utilizados, tanto de los instrumentos reflectográficos como de las técnicas de procesamiento de imágenes⁵⁸, con el fin de optimizar

⁵² CMOS, Complementary Metal Oxide Semiconductor, es una tecnología sensorial para videocámaras y cámaras digitales que, al igual que los sensores CCD, que convierte la luz en señales eléctricas. La ventaja de este tipo de sensores son una mayor nitidez, rango dinámico más amplio para conseguir un contraste superior y un menor consumo de energía, consiguiendo un mayor funcionamiento de la batería, por lo que ha sido más utilizado en dispositivos móviles. Sony Europe Limited. www.sony.es [Consulta: 07 de Marzo de 2013].

⁵³ Teledyne DALSA Inc. *CCD vs CMOS*. www.teledynedalsa.com [Consulta: 10 de Marzo de 2013].

Últimos Avances. www.ultimosavances.com [Consulta: 3 de Febrero de 2013].

SIGMA. Revista Astronómica Actual. www.sigma.8m.com [Consulta: 3 de Febrero de 2013].

⁵⁴ OBRUTSKY, Alba.E.; ACOSTA, Daniel. "Infrared Reflectography, an NDT Technique for images diagnosis". Grupo de Diagnóstico por imágenes en Bienes Culturales del ENDE.CNEA. *Conferencia Panoamericana de Ensayos No Destructivos-PANNDT*. Río de Janeiro, Brasil, Junio 2003.

⁵⁵ MUSIS. Equipo reflectográfico desarrollado por el *Institute of Electronic Structure and LASER (I.E.S.L.), Foundation for Research and Technology*, Hellas (F.O.R.T.H.), Heraklion, Crete, Greece, en el año 2003. MUSIS, Advanced Spectral Imaging Solutions for Non-Destructive Analysis. www.musis.forth-photonics.com [Consulta: 13 de Enero de 2013].

⁵⁶ OSIRIS: Equipo reflectográfico desarrollado por *Opus Instruments Ltd* en colaboración con *la National Gallery* de Londres en el 2008, con una responsividad espectral entre 300 y 1.00nm. Opus Instruments Ltd. www.opusinstruments.com [Consulta: 21 de Enero de 2013].

⁵⁷ TORRES, Juan; POSSE, Alberto; MENÉNDEZ, José M. "Descripción del sistema VARIM: captación y composición del mosaico reflectográfico". Grupo de aplicación de Telecomunicaciones Visuales E.T.S. Ingenieros de Telecomunicación (UPM). En: *Instituto de Patrimonio Histórico Español (IPHE)*, 2004. www.mcu.es [Consulta: 18 de Agosto de 2011].

⁵⁸ Bertani denomina a la reflectografía infrarroja como una técnica de tipo *imaging*, de toma y elaboración de imágenes, en este caso, dentro del espectro del infrarrojo cercano. "En física, mediante el término *imaging*, se hace referencia a técnicas con las que se obtienen imágenes a través de dispositivos que procesan señales del espectro

los reflectogramas y conseguir una mayor definición en lo relativo a la resolución espacial y a la consecución de la gama de tonos de grises de la imagen final obtenida⁵⁹. En primer lugar, buscaba una relativa facilidad en el manejo del dispositivo, ya sea en el laboratorio o "in situ", para lo cual éste debía ser sólido y compacto para poder transportarse y manejarse sin problemas; en un inicio se desarrollaron sistemas IPS (Image Plane Scanner), es decir, escáneres que examinaran un plano imagen, moviendo el detector de imagen mediante un sistema mecánico de precisión de dos ejes X-Y. Sin embargo, este sistema no resultó práctico ya que el tamaño del círculo de imagen del objetivo era demasiado pequeño, retardando y dificultando la obtención de la imagen final, y, consecuentemente, el coste de las investigaciones.

Tras esto, su objetivo principal fue poder obtener imágenes de mayor tamaño y con las mínimas deformaciones posibles para su composición final, aumentando así la calidad de la imagen y el tiempo de su obtención. El prototipo más recientemente creado en el Centro de Reflectografía Infrarroja y Diagnóstico de Bienes Culturales se realizó, esencialmente, para superar las limitaciones de estos dispositivos IPS. Se trata del prototipo de escáner de lente móvil MLS (Moving Lens Scanner); en este prototipo se sustituyó, como primera mejora, el detector CCD de 320x240 elementos, por una matriz InGaAs⁶⁰ enfriamiento Peltier de 640x512, lo que permitía duplicar la frecuencia de muestreo. La segunda mejora vino dada por la sustitución del objetivo por uno con la distancia focal más larga, y un círculo mayor de imagen que, junto con los adecuados ajustes en los parámetros de toma, hizo posible el examen de áreas mucho más amplias que con el prototipo IPS. Por último, se buscó la forma de incrementar más el área examinable sin perder resolución, empleando un sistema de escaneado diferente que desplazara el objetivo sin mover el sensor (al contrario que con el IPS).

La diferencia de rendimiento entre los dos prototipos (o sistemas de escaneado) se apreciaba claramente en la ampliación de imágenes, permitiendo captar en una sola toma reflectogramas de muy alta resolución en campos de imagen extendidos al máximo; como

electromagnético y las transforman en imágenes visibles al ojo humano". FINALDI, G.; GARRIDO, Carmen. "Glosario de términos". *Catálogo exposición "El trazo oculto; Dibujos subyacentes en pinturas de los siglos XV y XVI"*. Madrid: Ministerio de Cultura y Museo Nacional del Prado, julio-noviembre 2006. pp.259.

⁵⁹ Asimismo, afirmaba que "un reflectograma debe considerarse de alta resolución cuando la pintura ha sido muestreada en al menos 64 puntos por mm², que es la resolución estándar adoptada por el Centro de Reflectografía Infrarroja y Diagnóstico de Bienes Culturales de la Universidad de Milán para sus tomas". BERTANI, Duilio. "Últimos avances en el campo de los dispositivos de reflectografía infrarroja". *Catálogo exposición "El nacimiento de una pintura: De lo visible a lo invisible"*. Valencia: Generalitat Valenciana y Museo de Bellas Artes de Valencia, julio-octubre 2010. pp.40-47.

⁶⁰ InGaAs, arseniuro de galio indio, es una aleación de arseniuro de galio y arseniuro de indio. Como el galio y el indio pertenecen al grupo III de la Tabla Periódica, y el arsénico y el fósforo al Grupo V, estos materiales binarios y sus aleaciones son todos semiconductores compuestos III-V. Sensor Unlimited Inc. www.sensorsinc.com [Consulta: 03 de Junio de 2013].

explica el propio Bertani, “la posibilidad de ampliar el campo de imagen de cada una de las tomas se convierte en una considerable reducción del número de disparos necesarios para la toma de toda la obra”, lo que se traduce finalmente en una notable disminución del tiempo de trabajo y el procesado de la imagen, por lo que también del coste.

Bertani consiguió una solución válida a la necesidad de analizar campos de imagen amplios, especialmente en lo referente a la recomposición final del mosaico de cada uno de los reflectogramas o disparos, reduciendo las distorsiones creadas a la hora de tratar la perspectiva. Mediante este prototipo MLS se obtenían imágenes con una mayor nitidez y se redujeron en el número de tomas y el tiempo de procesado. No obstante, la complejidad del sistema hacía de éste un dispositivo que requería gran pericia y manejo por parte del técnico.

4.3.4. Sistemas digitales IR.

Tras la aparición de la fotografía digital, en los años 90, las técnicas clásicas del Infrarrojo han caído en desuso, debido a la facilidad y comodidad que ofrecen las cámaras fotográficas digitales para esta labor. Gracias a la introducción de esta tecnología y al avance en los dispositivos de captura, actualmente la adquisición de imágenes IR ha dado un importante salto, tanto cuantitativo como cualitativo. Retirando el filtro “hot mirror” que protege a estos dispositivos de la radiación infrarroja, y acoplándoles un filtro que no permita pasar las radiaciones visibles, con una cámara digital convencional se pueden captar, sin apenas distorsiones, las radiaciones no visibles IR.

A principios del siglo XXI, se comercializaron un tipo de cámaras digitales con la opción “NightShot”, que permitía realizar fotografías de primeros planos sin apenas luz visible. Activando esta opción, se retiraba automáticamente el filtro “hot mirror” que evita que la radiación IR llegue al sensor y desvirtúe la imagen final. Estas cámaras tienen un sensor digital de imagen tipo CCD. Instalándole un filtro de IR, y una iluminación adecuada, como por ejemplo la “unidad de emisión de infrarrojos” HVL-IRC, mediante este equipo se pueden realizar fotografías IR en una distancia de hasta 30m.⁶¹, resultando un sistema fácil de usar y muy manejable, especialmente interesante para realizar trabajos “in situ”. Todo un reto y un avance en comparación con los equipos utilizados hasta el momento.

El equipo utilizado por el Área de Documentación y Registro del Departamento de Conservación y Restauración de la UPV se basa en esta práctica. Se trata de una cámara compacta con distancia focal fija, de formato medio, a la cual se ha acoplado un respaldo digital, desprovisto del filtro de protección al IR, lo que permite el paso de estas radiaciones hasta el sensor, también de tipo CCD. Al igual que con los demás equipos, si se le añade un filtro de IR (que no permita pasar la luz visible), y una iluminación adecuada, realiza fotografías de IR de muy buena calidad, en cualquier circunstancia (gracias a su tamaño y peso medio).

⁶¹ Sony Europe Limited. www.sony.es [Consulta: 07 de Marzo de 2013].

Estos equipos, además de su fácil manejo y uso, y de su mayor calidad de imagen, son mucho más rápidos en relación al procesado de la imagen final, ya que se puede visualizar en el momento directamente posterior a la toma, ya sea en la pantalla de la propia cámara, como transmitida de forma directa a un equipo informático, en el que, mediante sistemas especiales de tratamiento de imágenes, se puede tratar fácilmente. Así mismo, no es necesario, gracias a la mayor distancia focal de estas cámaras y el tamaño del sensor, realizar varios disparos de zonas fragmentadas de una misma obra, por lo que se evita la compleja y difícil composición final tipo mosaico que se debía realizar con los anteriores equipos, y sus consecuentes deformaciones. Han supuesto un gran avance en este campo.

En el mes de marzo de este año, Phase One, en colaboración con Dalsa Teledyne, presenta la primera serie IQ2 de respaldos para cámaras digitales con sensores de formato CCD-645, con conectividad inalámbrica de alta velocidad, gracias a la cual se puede utilizar directamente con tarjeta de memoria, disparando desde un ordenador (usando un USB3 o FireWire), o desde un iPad o iPhone (mediante un "Capture Pilot"). Esta propiedad permite trabajar de forma rápida y continua, mejorando los procesos de captura y producción.

Cuenta con un rango dinámico de 13 diafragmas, lo que combinado con una precisa calibración de hardware y software de optimización, asegura una gran calidad de imagen no conseguida hasta ahora con ninguna otra cámara⁶².

Dentro de esta Serie se encuentra el *Sistema IQ260 Achromatic*. Este nuevo sistema, cuya disponibilidad en el mercado se estima esté presente desde el mes de junio, puede resultar muy interesante para la realización de fotografías especiales, como las que ocupan este estudio, ya que se ha fabricado sin filtro IR; de esta forma, puede capturar luz en las zonas del espectro infrarrojo, visible y ultravioleta, experimentando con los filtros correspondientes⁶³.

4.4. CONCLUSIONES.

4.4.1. Fotografía IR analógica vs Reflectografía IR.

La tabla representada en la siguiente Fig.9 compara las características de las técnicas fotográficas y reflectográficas IR descritas en este apartado.

Origen	Década de 1930	Década de 1970	Años 1960/1970
Equipo	Cámara fotográfica réflex analógica	Cámara de video analógica	Cámara de vídeo con sensor digital

⁶² Digital Photography Review. www.dpreview.com [Consulta: 09 de Abril de 2013].

⁶³ PhaseOne. www.phaseone.com [Consulta: 09 de Abril de 2013].

Tipo de Sensor	Película analógica	Vidicom de PbS	Sensores tipo ⁶⁴ CCD o CMOS, de SiO ₂
Rango de sensibilidad al IR	700-900nm (emulsiones especiales hasta 1.300nm ⁶⁵)	800-2.200nm	400-1.100/1.200nm
Soporte	Fotosensible	Electrónico	
Reacción	Química	Eléctrica	
Imagen obtenida	Fotografía	Reflectograma	
Procesado	Lento	Más rápido, pero dificultoso y costoso	Con técnicas digitales
Visualización	Tras el proceso de revelado	Momentánea en el monitor	Inmediata
Calidad	Menor	Mayor, pero con deformaciones efecto mosaico	Mayor definición de la imagen final

Fig.9

Desde su descubrimiento, ambas técnicas han sido utilizadas en el estudio de obras de arte y otros objetos. En estos estudios ha quedado demostrado que la reflectografía IR es más eficaz que la fotografías analógica IR, ya que tiene un mayor alcance, y su procesado ha llegado a ser mucho más rápido y verosímil; con la fotografía analógica IR es posible inspeccionar lo que se encuentra debajo de la superficie pictórica, pero pocas veces se alcanza el dibujo subyacente, lo cual sí se suele conseguir con la reflectografía.

4.4.2. Reflectografía IR vs Fotografía digital IR.

Como se ha explicado anteriormente, la principal diferencia entre la fotografía y la reflectografía IR reside en el tipo de reacción que producen estas ondas lumínicas en los objetos al adquirir la imagen final, obteniendo una fotografía si se produce una reacción

⁶⁴ La tipología de un sensor depende de la tecnología de fabricación. En esta época, los sensores más utilizados eran lo de tipo CCD y CMOS. En general, los sensores digitales son más pequeños que el sensor convencional analógico (refiriéndose éste al tamaño de la superficie), obedeciendo a la relación entre el tamaño real de una pantalla de RV y su tamaño real en pulgadas (1 pulgada = 2,54 cm)". Sony Europe Limited. www.sony.es [Consulta: 07 de Marzo de 2013].

⁶⁵ La hipersensibilización de las emulsiones fotográficas al infrarrojo en estas longitudes de onda suponían notables problemas prácticos, debido a las bajas temperaturas necesarias para la conservación del material sensible. No hay que olvidar que cuando se superan determinadas longitudes de onda las radiaciones infrarrojas constituyen los rayos térmicos. MATTEINI, M.; MOLES, A. *Ciencia y Restauración. Método de investigación*. Sevilla: Editorial Nerea, S.A., 2001. pp.178.

química y un reflectograma si ésta es eléctrica. En el primer caso se trata de un proceso fotosensible, mientras que en el segundo es fotoeléctrico. Por esta razón, desde la aparición de la fotografía digital, cuyo principio técnico es de las mismas características que el de la reflectografía, consistente en una reacción eléctrica de la luz sobre un sensor, se podría decir que ya no existe tal diferencia entre la fotografía IR y la Reflectografía IR, cuestión hasta ahora algo equívoca, y que ha causado gran confusión en determinadas circunstancias.

Según esta determinación, las diferencias principales entre los resultados obtenidos con los diversos equipos digitales utilizados hasta el momento para el estudio IR, se deben a su grado de sensibilidad al espectro IR, que, a su vez, está condicionado directamente por las características técnicas de éstos; esencialmente por el tipo de material con el que están fabricados los sensores y las lentes, y las características de los filtros IR utilizados.

Actualmente, la mayoría de cámaras digitales llevan sensores tipo CCD, de base silícea. Este tipo de sensores pueden captar ondas electromagnéticas en un rango aproximado desde 400 a 1.100-1.200nm.⁶⁶, como se puede observar en el gráfico de la Fig.10, que representa el grado de luminiscencia del silicio en esta zona del espectro.

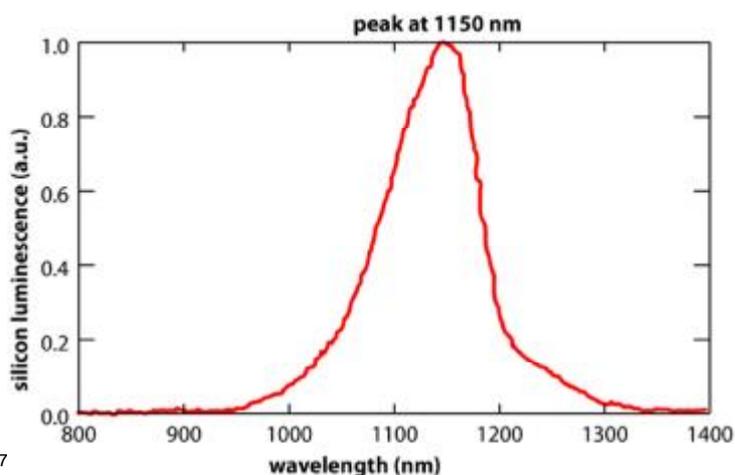


Fig.10⁶⁷

Otro tipo de sensor alternativo son las matrices de fotodiodos de InGaAs, utilizado normalmente en los equipos espectrográficos de uso profesional⁶⁸, y que ya introdujo Bertani en su prototipo. La respuesta de este tipo de sensores en el rango del espectro IR, de 1.000 a 1.300nm, es mayor que los sensores CCD. Llegan a cubrir la zona del espectro desde 800 a

⁶⁶ Imagen disponible en: Pveducation.org. <http://pvcdrom.pveducation.org> [Consulta: 04 de Junio de 2013].

⁶⁷ FUJYUKI, T.; KONDO, H.; TAKAHASHI, Y.; URAOKA, Y. "Photographic surveying of minority carrier diffusion length in polycrystalline silicon solar cells by electroluminescence". En: *Applied Physics Letters*, Vol. 86, Junio de 2005. pp.262108-3. www.pveducation.org [Consulta: 04 de Junio de 2013].

⁶⁸ DIETZ, Chistian; CATANZARITI, Gianluca; JIMENO, Alfredo. "Infrared Reflectography Using 3D Laser Scanning". En: *e-conservation magazine*, nº 18, 2011. pp.32-42. www.e-conservationline.com [Consulta: 19 de Enero de 2013].

1.600nm o más⁶⁹, aunque no captan radiación visible, y su coste es mucho mayor. En la Fig.11 se pueden visualizar los rangos alcanzables por estos dos tipos de sensores.

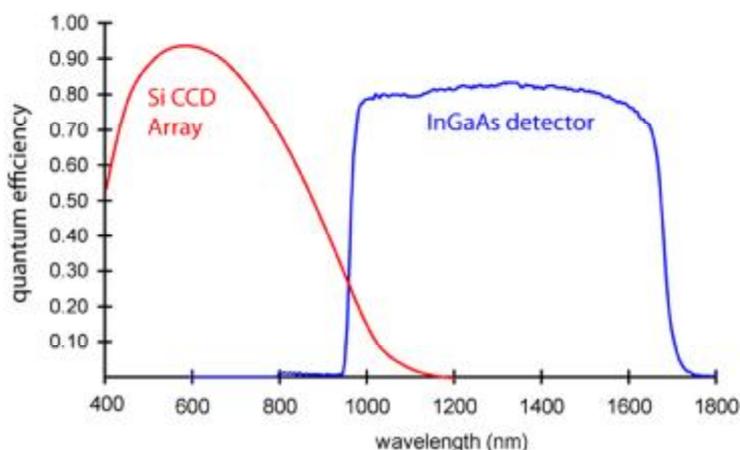


Fig.11⁷⁰

La zona del espectro en la que el tipo de materiales y técnicas utilizados en las obras objeto de este estudio reaccionan adecuadamente es la del infrarrojo cercano⁷¹. Por tanto, habría que valorar si el uso de este tipo de sensores InGaAs para el estudio de estas pinturas podría dar óptimos resultados o si, por el contrario, los sensores tipo CCD, que cubren perfectamente este rango, son apropiados y suficientes para este tipo de análisis.

Asimismo, las lentes comúnmente utilizadas en las cámaras digitales convencionales son del tipo BK-7⁷²; estas lentes transmiten las ondas electromagnéticas en un rango aproximado de 400 a 1.500nm.

Por tanto, la diferencia de captación de ondas IR entre estos equipos fotográficos digitales más convencionales radica, substancialmente, en las prestaciones técnicas de cada uno de ellos y en la capacidad de transmisión de los filtros IR utilizados⁷³ (Fig.12), así como en el tipo de iluminación a la que son expuestos los objetos en el momento de la toma fotográfica.

⁶⁹ MUNOZ ZUTIRA, L.; CAMPOS ACOSTA, J.; PONS AGLIO, A.; SHCHERBAKOV, A. "Medida de la reflectancia de fotodiodos de InGaAs/InP". Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), Puebla, México y CSIC-Instituto de Física Aplicada, Madrid España. En: *Óptica Pura y Aplicada*, nº 40, 2007. pp.105-109 www.sedoptica.es [Consulta: 04 de Junio de 2013].

⁷⁰ Imagen disponible en: Pveducation.org. <http://pvcdrom.pveducation.org> [Consulta: 04 de Junio de 2013].

⁷¹ "En longitud de onda inferior a 1.000nm la visualización no resulta aceptable dado que no se atraviesa fácilmente la capa pictórica, permitiendo ver transparencia solo a través de pigmentos claros (rojos y blancos), y más allá de los 2.000nm no se logran mejoras en la visualización". OBRUTSKY, Alba.E.; ACOSTA, Daniel. "Infrared Reflectography, an NDT Technique for images diagnosis". Grupo de Diagnóstico por imágenes en Bienes Culturales del ENDE.CNEA. *Conferencia Panoamericana de Ensayos No Destructivos-PANNDT*. Río de Janeiro, Brasil, Junio 2003.

⁷² Jos. Schneider Optische Werke GmbH. www.schneiderkreuznach.com [Consulta: 04 de Junio de 2013].

⁷³ Normalmente esta capacidad viene especificada en la propia denominación del filtro.

Fotografía digital IR			
Origen	Años 90		
Equipo	Cámara fotográfica digital compacta (Sony DSC-V3 ⁷⁴)	Respaldo digital para cámaras de formato medio (Sinar Emotion 75)	Respaldo Digital (Phase IQ260 Achromatic)
Lanzamiento	Agosto 2004	Abril 2006	Junio 2013
Tipo Sensor	CCD, de SiO ₂		
	Super HAD, con array RGB (1/1.8")	Dalsa FTF-5066-C, RGB Mosaic Filter, Tecnología FullFrame (48x36mm.)	CCD-645, FullFrame Monochrome (53,7x40,3mm.)
Óptica	Convencional		
Sensibilidad ISO	Auto/50/100/200/400 /800	50 (ajustable 50-400) ⁷⁵	200/400/800/1600/3200
Exposición	Medición multiárea, con preponderancia en el centro, puntua.	Exposiciones con cualquier tipo de fuentes de luz.	x
Sensibilidad IR	400-1.100/1.200nm		
Soporte	Electrónico		
Reacción	Eléctrica		
Imagen obtenida	7,4mpxs / resolución máx.3072x2304	33,3mpxs / resolución máx.6668x4992	60mpxs/ resolución máx.8964x6716
Procesado	Rápido	Muy rápido	
Visualización	En el visor de la cámara	En el ordenador, inmediata	Inalámbricamente En un dispositivo digital
Calidad de imagen	Óptima	Buena	x
Dimensiones	120x63x72mm	92x81x71mm.	x
Peso	390gr	600gr.	x
Filtro IR (%del espectro transmitido)	Cokin A007/P007 y Bower dHD-720IR	B+W 093-830	x
	50% a 720nm	1% a 800nm 80% a 900nm	x

Fig.12

⁷⁴ Digital Still Camera DSC-V3. Manual de instrucciones. Sony Corporation S.L., 2004. En: www.sony.net.

⁷⁵ Editorial Photo. www.editorial-photo.com [Consulta: 08 de Marzo de 2013].

X= no experimentado

5. EL ARTE CONTEMPORÁNEO.

5.1. TÉCNICAS DE LOS PINTORES CONTEMPORÁNEOS.

Las técnicas utilizadas por los pintores contemporáneos son de muy variada naturaleza, tanto en lo relativo a la materia, como en lo que a su forma de aplicación se refiere.

Ya se ha comentado que los artistas contemporáneos llegaron a subordinar la materia utilizada⁷⁶ a la idea que querían expresar, lo que, añadido a la gran variedad de materiales sintéticos producidos industrialmente⁷⁷, llevó a estos artistas a la experimentación constante y a la búsqueda de nuevas experiencias plásticas que les ayudase a conseguir su idea final. Mezclaban diferentes materiales y técnicas en una misma obra, hasta tal punto que las clasificaciones clásicas de la Historia del Arte (pintura, escultura, obra gráfica, etc.) desaparecieron como tal, unificándose en una misma manifestación artística.

Estas particularidades dificultan considerablemente tanto la identificación de todos los materiales utilizados en una obra, como la conservación y restauración de éstas, ya que su reacción y combinación a lo largo del tiempo suele plantear problemas, hasta hace pocos años, bastante desconocidos para los conservadores y restauradores. Sin embargo, la mayor dificultad para la conservación de estas obras es la propia intencionalidad con que el autor escogía esos materiales, premeditando las texturas, los acabados, etc.; su propia alteración podía influir en la idea o concepto principal de la obra, consideradas, en su momento, objetos especiales, en el sentido de que ya no se realizaban por encargo, si no libremente.

Algunos de los artistas o movimientos de esta época acompañaban sus obras con manifiestos, vídeos, cartas, entrevistas, etc., donde especificaban tanto las intenciones artísticas o ideológicas, como los procesos de creación y los materiales utilizados, aunque son los mínimos.

Ninguno de los componentes de la colección especifica de manera clara los materiales utilizados en la ejecución de las obras; los más explícitos se limitan a identificar la naturaleza de la pintura⁷⁸ o del soporte⁷⁹ con muy variadas denominaciones. Sin embargo, la mayoría identifican la técnica como “mixta”, sin especificar los tipos de pintura y/o soporte utilizados. Aun así, se podría decir que las técnicas más utilizadas han sido el acrílico y el óleo, especialmente sobre “lienzo” o “tela”.

En su estudio sobre “las nuevas técnicas”, la conservadora y restauradora Rosario Llamas⁸⁰, detalla que “los colores al óleo industriales aparecen hacia la primera mitad del siglo

⁷⁶ Tanto en el soporte como en la capa pictórica.

⁷⁷ Producción iniciada en la época de la Revolución Industrial a mediados del siglo XIX.

⁷⁸ Como puede ser pintura acrílica, óleo, gouache, temple, pintura sintética, polímero, cáustica, etc.

⁷⁹ Lienzo, tela, lona, lienzo, cartón, papel, etc.

⁸⁰ Profesora titular del Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales en la Facultad de Bellas Artes de la Universitat Politècnica de València.

XIX”, y que “entre las dos guerras mundiales se desarrollan las industrias de los plásticos y de los adhesivos vinílicos y acrílicos, predominando, tras la Segunda Guerra Mundial, el uso de los adhesivos y aglutinantes acrílicos sobre los vinílicos”⁸¹. Tras varias entrevistas directas con algunos pintores contemporáneos de la Comunidad Valencia en relación a los materiales que utilizaban en sus obras, habla de una gran inclusión, por parte de éstos, de materiales industriales no producidos para el arte, cuyas características no son las más idóneas para su perdurabilidad, aunque sí para “el mensaje”. Es común encontrarse telas artificiales y sintéticas ya preparadas industrialmente, pues además de que les permiten buscar efectos innovadores, son más económicas; soportes de tipo leñoso derivados de la madera fabricados industrialmente, u otro tipo de soportes como papel, cartón, metal, cerámica, etc. Las cargas han sido también muy variadas, y cualquier material coloreado era considerado capa de color. Como sustancias protectoras del color utilizaron una gran variedad de productos de origen industrial, de muy diversas marcas.⁸²

Heinz Althöfer⁸³, restaurador e historiador del arte, realizó otro relevante estudio sobre los materiales y las técnicas utilizadas por los artistas contemporáneos, concretamente desde principios del siglo XX hasta la época de su publicación, en 1985⁸⁴. Mediante ejemplos prácticos, refiere las diferentes metodologías de restauración posibles para la correcta conservación de este tipo de arte (tanto en su vertiente tradicional como moderna), experimentando sobre maquetas reproducidas, detalladamente, con los mismos materiales y técnicas utilizados por los artistas modernos. Asimismo, reproduce milimétricamente cada una de estas experimentaciones, junto con los resultados obtenidos y las reflexiones realizadas tanto por los propios autores, como por la totalidad del equipo multidisciplinario (restauradores, historiadores del arte, museólogos, científicos, etc.) que intervino en su realización. Un estudio que, debido a esta amplitud disciplinaria, resulta de gran interés para la comprensión y conocimiento del arte contemporáneo en todas sus dimensiones (técnicas, filosóficas, artísticas, etc.).

⁸¹ LLAMAS PACHECO, R. *Conservar y restaurar el arte contemporáneo: Un campo abierto a la investigación*. Valencia : Universitat Politécnica de València, 2010. pp.13-14.

⁸² Telas con mezclas de fibras o tejidos mixtos lino/algodón, poliéster/algodón/lino, algodón/rayón, lonetas de algodón y fibras sintéticas, etc., con preparaciones a base de látex, cola de conejo, formol, sello “procolor”, pasta selladora, gesso acrílico, etc.

Soportes de tipo leñoso como los aglomerados, contrachapados, laminados, etc.

Cargas como el sílice, las calizas, cretas, la barita, el polvo de mármol, el cemento o la arena, hasta pigmentos como el blanco de plomo sintético, blanco de cinc, de titanio, litopón, etc.

Sustancias protectoras del tipo “spray carboncillo”, “Laca Zapón”, “Alky”, “Laca de cabello”, “Barniz spray W&N”, etc.

LLAMAS PACHECO, R. "Investigar para enseñar, o cómo profundizar en el conocimiento de la disciplina de la Conservación del Arte no convencional". En: *16 Congreso Internacional de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*, Vol. 2. pp.821-836. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2006.

⁸³ Director del Restaurierungszentrum de Düsseldorf, Alemania.

⁸⁴ ALTHÖFER, H. *Restauración de pintura contemporánea: Tendencias, Materiales, Técnica*. Madrid: Ediciones Akal, S.A., 2003. pp.167.

En cuanto a la reacción de estos materiales bajo su estudio mediante IR, como ya se ha mencionado anteriormente, poco se conoce. Una posible e interesante vía de investigación experimental de este estudio podría realizarse siguiendo el ejemplo de Althöfer, mediante la realización de probetas con los materiales y técnicas que actualmente usan los artistas, y estudiar, posteriormente, su reacción bajo este espectro.

5.2. COLECCIÓN DE LA UPV. PINTURA VALENCIANA DE LA DÉCADA DE LOS 70.

Una de las tres colecciones artísticas más importantes que la Universitat Politècnica de València ha constituido y potenciado es la creada a partir de obras de los años Setenta y Ochenta, así como sus antecedentes más significativos que, de alguna forma, preanuncian la producción artística en aquéllas décadas. Esta colección está centrada en determinadas pautas creativas de esa época: “aquellas que concretamente podrían asumirse de forma conjunta al socaire de un cierto *realismo intencional*, como poética multiforme pero coherente, eficaz e históricamente impactante”⁸⁵.

Dos cuestiones o rasgos principales que caracterizan estas obras, en un sentido muy generalizado, son la tensión creada por la dualidad social establecida entre las nociones de *autonomía* y *funcionalidad* del arte, y la dualidad formal *abstracción/figuración*, que tantas resistencias produjo entre la tradición académica y las distintas neovanguardias.

La búsqueda de nuevas estéticas en estas décadas va a ser la mayor preocupación de estos artistas. La teoría y práctica de la figuración, postulando un nuevo rumbo, será el centro prioritario; se trataba, sin duda, de una “nueva figuración” que se quería reivindicar como una relevante opción de vanguardia y como estrategia de eficacia comunicativa. El *realismo intencional* (en cuanto realismo crítico y social) se convertirá en centro de atención de las manifestaciones artísticas de este período.

5.2.1. Encuadre histórico.

Este sector de la colección, aún muy irregular e incompleto, recoge obras y nombres que, desde las décadas anteriores, abren el pulso de la renovación de la pintura valenciana.

- 1) AMADEO **GABINO** ÚBEDA.
 - S/T, 1977. Grabado, 55x75cm.
 - S/T, 1980. Grabado, 56x76cm.
- 2) MANOLO **GIL**.
 - S/T (*anverso y reverso*), 1953. Cáustica-Tabla, 122x78cm.
- 3) ANDRÉS JOSÉ **CILLERO** DOLZ.

⁸⁵ *Pintura Valenciana. Década de los 70: Artistas Valencianos de la Generación de los 70 en los fondos del Patrimonio Artístico de la UPV*. Valencia: Universitat Politècnica de València, Fondo de Patrimonio Artístico, 2008. pp.16.

- *La Venus grotesca*, 1966 / Ensamblaje, 100x73x18cm.
- *S/T (1 y 2)*, 1968. Óleo-Lienzo, 81x350cm.
- 4) JACINTA **GIL RONCALES**.
 - *Estudios de distancias nº5 y nº 12*, 1977. Mixta-Cartón, 86x70cm.
- 5) VÍCTOR MANUEL **GIMENO BAQUERO**.
 - *Adán y Eva*, 1957. Óleo-Lienzo, 154x48cm.
- 6) RICARDO **ZAMORANO**.
 - *Homenaje holbein*, 1986. Serigrafía, 70x49,5cm.
- 7) JOSÉ SOLER VIDAL.
 - *Los hijos de España*, 1964. Óleo-Papel, 100x70cm.
- 8) JOSÉ **VENTO**.
 - *S/T*, 1965. Acrílico-Tela, 63x60cm.
- 9) SALVADOR **VICTORIA**.
 - *S/T*, 1960. Óleo-Lienzo, 100x81cm.
 - *Rom*, 1983. Óleo-Lienzo, 92x73cm.
- 10) JOSEP **RENAU**.
 - *Autorretrato del capital*. Serigrafía, 100x76cm.
- 11) VICENTE **CASTELLANO GINER**.
 - *Estructura*, 1957. Óleo-Lienzo, 69x60cm.
 - *Estructura*, 1990. Collage-Técnica mixta, 116x148cm.
- 12) MANUEL HERMÁNDEZ **MOMPÓ**.
 - *Relieve*, 1990. Hierro-Temple, 117x310x28cm.
- 13) EDUARDO **SALES ENCARNACIÓN**.
 - *Casas de Santo Domingo*, 1959. Polímero-Lienzo, 90x126cm.

5.2.2. El arte geométrico.

El arte no-figurativo tuvo sus inicios en la Comunidad Valenciana en el periodo comprendido entre la posguerra y la creación del “Grupo Parpalló” en 1956; si bien, fue a partir de la segunda etapa de ese colectivo en 1959 cuando reunió a un reducido número de autores que fueron prolongando su trabajo en esta dirección durante las décadas siguientes.

Este bloque recoge las interesantes opciones geométricas y constructivas de carácter abstracto de aquella época, tanto de sus propios antecedentes como sus desarrollos posteriores.

- 1) EUSEBIO **SEMPERE**.
 - *S/T*, 1984. Grabado, 49,5x64cm.
 - *Primavera / Verano / Otoño / Invierno*, 1988. 4 Serigrafías, 65x50cm.

- 2) **ANZO**: José Iranzo Almonacid.
 - *Estampa popular*, 1964. Serigrafía, 65x51cm.
 - *Composició*n, 1989. Acrílico-Lienzo, 100x81cm.
 - *Porta de l'Almirall*, 1991. Acrílico-Lienzo, 148x116cm.
- 3) JAVIER **CALVO** MAIQUES.
 - *Nº60, "Itinerario que conduce a chaisse"*, 1974. Mixta-Lienzo, 130x195cm. (díptico).
 - *Catarata de la sangre*, 1989. Acrílico-Papel, 100x70cm.
- 4) ENRIC **MESTRE**, JOAQUÍN ASENSI **MICHAVILA**, JOSÉ LUIS **ROIG**.
 - *Mural S/T*, 2007. Cerámica, 850 x 300cm.
- 5) JORDI **TEIXIDOR** DE OTTO.
 - *Dos triángulos con azul*, 1971. Pintura sintética-Madera, 180x180cm.
- 6) JOSÉ M^a **YTURRALDE**.
 - *Figura imposible*, 1972. Pintura sintética, 161x185,5cm.
 - *Estructura*, 1994. Serigrafía, 86x63cm.
 - *Estructura de compenetración*, 1974. Serigrafía, 94,5x66cm.
- 7) JOAQUÍN **MICHAVILA** ASENSI.
 - *S/T*, 1991. Pintura-Técnica mixta, 162x130cm.
 - *La plomada i la mesura*, 1991. Collage, 99x67,5cm.
 - *Paisaje de la memoria*, 1993. Acrílico-Tela, 160x200cm.
 - *S/T*, 1999. Técnica mixta, 74x58cm.

5.2.3. Realismo intencional.

Tres movimientos o vanguardias surgieron en este contexto cronológico en la Comunidad Valencia, y a ellos estuvieron unidos, pertenecieron o, al menos, estuvieron influenciados muchos de los artistas de esta colección. Se trata de "Estampa Popular", el "Equipo Crónica" y el "Equipo Realidad". En ellas se interrelacionan determinados nombres y se barajan intenciones más o menos paralelas, con una innegable similitud programática históricamente.

Las tres comparten un mismo objetivo, el crítico-realista en relación con el modo de plantear el trabajo plástico, así como su interés por los lenguajes de los medios de comunicación (*mass media*), y el carácter de intervención colectiva o, restrictivamente, como grupo, en su caso.

Los artistas presentes en esta colección tienen unas poéticas concretas. Son los encargados de contextualizar el tránsito entre la efervescencia de los 60 y la consolidación de los 70. Muestran un especial interés en las plurales metamorfosis experimentadas en las opciones figurativas del panorama valenciano; junto con el intento de una "nueva figuración", a principio de los 60 en España, se describe y comenta el surgimiento y consolidación del

“realismo intencional” que recorre como hilo conductor la historia de estas tres formaciones (bajo tantas influencias y especificaciones) y otras poéticas individuales.

- 1) **JOAN GENOVÉS CANDEL.**
 - *Desnudo*, 1949. Óleo-Lienzo, 92x66cm.
 - *S/T*, 1984. Grabado, 49,5 x 64cm.
 - *S/T*, 1997. Grabado, 43x35cm.
- 2) **EQUIPO CRONICA.**
 - *El banquero*, 1971. Serigrafía. 75x55cm.
 - *El constructor*, 1971. Serigrafía. 75x55cm.
 - *El interior de las Meninas*, 1971. Serigrafía. 75x55cm.
 - *Felipe y la pincelada*, 1972. Serigrafía. 61x55cm.
 - *Guernica*, 1972. Serigrafía. 61x42cm.
 - *Ma jolie*, 1981. Serigrafía. 77x54cm.
- 3) **JUAN ANTONIO TOLEDO.**
 - *S/T*, 1979. Acrílico-Tela, 100x81cm.
- 4) **EQUIPO REALIDAD.**
 - *Paisaje. Vista de los altos hornos de Bilbao en 1937*, 1974. Óleo-Lienzo, 100x100cm.
- 5) **JORGE BALLESTER BONILLA.**
 - *Bontempeli y Savinio*, Estudio de Figuras, 1992. Acrílico/lápiz-Lienzo. 120x100cm.
- 6) **JOAN CARDELLS ALEMAN.**
 - *R-829*, 1992. Grafito-Papel KRAFT. Díptico de 208x100cm.
- 7) **RAFAEL ARMENGOL MACHÍ.**
 - Serie “La matanza del cerdo I”, *Chorizo de alta calidad*, 1972. Óleo-Lienzo, 97x130cm.
- 8) **MANUEL BOIX.**
 - *La espera*, 1992. Mixta-Lienzo, 270x180cm.
- 9) **ARTUR HERAS SANZ.**
 - *Epitafi*, 1966. Acrílico-Tela, 170x150cm.
- 10) **JOSE TOMAS MOLINA CIGES.**
 - *El Quiebro*, 1978. Mixta-Lienzo, 200x160cm.
- 11) **RAFAEL CALDUCH.**
 - *El descanso del guerrero*, 1973. Acrílico, 200x400cm.
 - *Espacio*, 1990. Acrílico/lápiz-Lienzo, 120x100cm.
 - *S/T*, 1993. Mixta, 101x194cm.
- 12) **ANTONIO MIRÓ.**
 - *Psicoanàlisi Cromàtic*, 1995. Acrílico-Tela, 99x99cm.

- 13) AURORA **VALERO**.
- *Gea en acción*. Serie: La Dona, 1987. Mixta-Lienzo, 162x130cm.
 - *S/T, 2003*. Mixta, 146x89cm.
- 14) LLUIS P. **BOU SOLIS**.
- *Interior de l'estació del Nord-Valencia*. Serie: Viaje en tren, 1980. Goache, 102x72cm.
- 15) ANGELA **GARCIA CODOÑER**.
- *Cenicienta* (Serie Misses), 1974. Acrílico-Lienzo 130x130cm.
 - *Bodegón con partitura*, 2000. Acrílico-Lienzo, 146x130cm.
 - *Punto Rumano*, 1976. Serigrafía, 49x63,5cm.
- 16) ROSA MARÍA **TORRES MOLINA**.
- *Rinoceronte*, 1972. Acrílico-Tela, 165x195cm.
- 17) ISABEL **OLIVER CUEVAS**.
- Serie: *La mujer*, 1970. Acrílico-Lienzo, 97,5x97,5cm.
 - *El estudio*, 1991. Técnica mixta-Lona, 208x164cm.
- 18) JOSÉ RAMON GARCÍA **CASTEJÓN**.
- *Eran más de tres mil*. Serie: Cien años de soledad, 1973. Óleo-Lienzo, 73x92cm.
- 19) RAFAEL **RAMÍREZ BLANCO**.
- *La ventana*, 1974. Acrílico-Tabla, 130x83cm.
 - *País*, 1979. Dibujo/tinta china, 32x29cm.
 - *S/T*, 1991. Acrílico-Tabla, 166x122cm.
- 20) ÁNGELES **MARCO SATURNINO**.
- *S/T-1/2/3/4*, 1989. 4 Serigrafías, 70x50cm.
- 21) CARMEN **CALVO**.
- *Pobres diablos siempre con hambre*, 2003. Técnica mixta, 100x170cm.
 - *S/T-IV/XX*, 1994. Serigrafía, 76,3x55cm.
- 22) RAFAEL **MARTÍ QUINTO**.
- *En la escuela*, 1974. Óleo-Tabla, 110x110cm.
 - *El placer de leer*, 1984. Óleo-Lienzo, 146x114cm.
- 23) EVA **MUS GRANDE**.
- *Pequeño violinista*, 1976. Óleo-Lienzo, 130x100cm.
- 24) MARÍN MARTÍNEZ **CABALLERO**.
- *Los ciegos*, 1993. Acrílico-Tela, 162x130cm.
 - *El pintor y el muro*, 1997. Acrílico-Lienzo, 162x130cm.

5.2.4. Últimas adquisiciones.

Esta colección, centrada básicamente en los años 70, sigue en plena conformación por parte de la Universitat Politècnica de València mediante la adquisición continua de obras de autores contemporáneos actuales.

- 1) ENRIC ALFONS GARCÍA.
 - *Tatuatge*, 1991. Óleo-Lienzo, 160x200cm.
 - *Máscara*, 1984. Óleo-Tela, 200x160cm.
- 2) NURIA RODRIGUEZ CALATAYUD.
 - *Exploradores del abismo*, 2008. Óleo-Lienzo, 182x140cm.

5.2.5. Obras seleccionadas para su estudio.

La primera dificultad de este estudio se encuentra, principalmente, en la amplitud de sus objetivos y el desconocimiento de sus posibles resultados, debido a la gran diversidad de obras y pintores que componen la colección objeto de estudio. Con el fin de solventar esta dificultad, se ha acotado la colección realizando un primer análisis visual de las obras de la colección a través de las fotografías y los datos recogidos en el catálogo publicado por la UPV⁸⁶, consiguiendo, de esta forma, delimitar el estudio. Mediante este análisis visual, se concluyó una primera preselección de obras basada, esencialmente, tanto en la técnica de ejecución y el tipo de material utilizados en las pinturas, como en el grosor y la textura superficial de las capas pictóricas; características, ambas, que condicionan notablemente la obtención de resultados a través de la técnica infrarroja, como se ha demostrado en los estudios IR realizados hasta el momento.

Consecuentemente, todas aquellas técnicas de estampación y dibujo, así como las obras realizadas con gruesas capas de materia, carga o pigmento, no se han seleccionado para su estudio mediante la técnica del infrarrojo. Las primeras porque, generalmente, carecen de dibujo u otras marcas subyacentes, o simplemente se superponen con la capa superficial debido a la similitud del material utilizado; las segundas, ya que debido al grosor de las capas, no permiten la transmisión de las radiaciones infrarrojas en los niveles en los que se está trabajando con los equipos actuales, por lo que no es posible la visualización más allá de lo visible en superficie.

⁸⁶ *Pintura Valenciana. Década de los 70: Artistas Valencianos de la Generación de los 70 en los fondos del Patrimonio Artístico de la UPV*. Valencia: Universidad Politècnica de Valencia, Fondo de Patrimonio Artístico, 2008, pp.270.

6. PARTE EXPERIMENTAL.

6.1. EQUIPOS FOTOGRÁFICOS UTILIZADOS.

En este estudio se han utilizado dos equipos fotográficos digitales con distintas prestaciones, lentes de diferente filtraje del espectro IR⁸⁷ y diversos sistemas de iluminación, con el fin de realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos con cada uno de ellos sobre las obras de la colección seleccionadas previamente.

6.1.1. Equipo fotográfico digital compacto: Modo “Nightshot”

CÁMARA DIGITAL SONY DSC-V3, COMPACTA⁸⁸. En el momento de su lanzamiento (30/08/2004), esta cámara se situó en la cima de las cámaras digitales compactas. Incorpora importantes prestaciones en relación a las anteriores cámaras de este tipo: gran resolución, alta nitidez, ausencia de defectos de imagen, bajo ruido electrónico y gran cantidad de posibilidades manuales, así como un haz de rayos infrarrojos que asiste al sistema de autofocus⁸⁹. Actualmente está descatalogada.

FILTRO IR COKIN A007/P007⁹⁰: filtra la mayoría de los rayos luminosos visibles e incluye los infrarrojos a partir de 720nm, transmitiendo un 50% del espectro.

FILTRO IR BOWER DHD-720IR⁹¹. Filtro específico para el equipo Sony DSC-V3, con Tubo Adaptador de lente. Bloquea la radiación visible que entra en el objetivo, dejando pasar sólo la infrarroja sobre 720nm.⁹².

La capacidad de transmisión del espectro de estos dos filtros es de características muy similares; su límite se encuentra, en ambos, en 720nm. Sin embargo, gracias al Tubo Adaptador del Filtro *Bower dHD*, específico para Sony, permite trabajar y tomar imágenes en IR con una mayor precisión y calidad.

6.1.2. Equipo fotográfico digital del Área de Documentación y Registro del Dpto. de Conservación y Restauración de la UPV.

CÁMARA SINAR-HY6. Cámara compacta de formato medio, orientada a la fotografía profesional por su gran calidad y fiabilidad (las vibraciones y ruidos son prácticamente

⁸⁷ Se pueden observar y comparar sus características en la fig.12. de este documento.

⁸⁸ dZoom, pasión por la fotografía. www.dzoom.org.es [Consulta: 07 de Marzo de 2013].

Sony Europe Limited. www.sony.es [Consulta: 07 de Marzo de 2013].

⁸⁹ Quesabesde.com. www.quesabesde.com [Consulta: 07 de Marzo de 2013].

⁹⁰ Equivalente al Filtro Kodak 89B. Pixmania.com. www.pixmania.com [Citado el: 28 de Febrero de 2013].

⁹¹ Digitaltoyshop. www.digitaltoyshop.com [Consulta: 28 de Febrero de 2013].

⁹² Amazon.com, inc. or its affiliates. www.amazon.com [Consulta: 08 de Abril de 2013].

imperceptibles). Es muy práctica y manejable en todo tipo de tomas. Ha ganado el premio TIPA⁹³ 2008 al mejor sistema digital de medio formato⁹⁴.

RESPALDO DIGITAL *SINAR EMOTION-75* para cámaras de formato medio o cámaras de visión⁹⁵. La línea de cámaras *Sinarback emotion backs*, de la marca Sinar, recibió el premio TIPA (Technical Image Press Association) en el año 2005, en la categoría "Digital Pro Camera System"⁹⁶. Su lanzamiento tuvo lugar en Abril de 2006. Sinarback eMotion-75 es una cámara avanzada, especialmente en lo referente a su calidad de imagen, la posibilidad de su movilidad casi ilimitada, su capacidad de almacenamiento y la duración de su batería, permitiendo su uso en cualquier circunstancia y terreno⁹⁷. Con esta cámara, Sinar aumenta la flexibilidad y la capacidad de rendimiento de sus sistemas⁹⁸. Una de sus principales innovaciones es la incorporación del adaptador Hy6 giratorio, con tecnología de alta precisión, aportándole inigualables oportunidades, tanto para ser usada con una cámara de formato medio, como con una cámara de visión⁹⁹.

FILTRO IR *B+W 093-830*¹⁰⁰. Filtro de color rojo oscuro, casi negro. Permite tomas en IR puro, sin el rojo visible. Bloque la luz visible casi por completo hasta los 800nm, produciéndose su transmisión en este rango en un 1%; a 900nm llega al 80%. Puede llegar a una sensibilización de hasta 1.000nm si se utiliza con sensores de esta sensibilidad¹⁰¹. Debido a su opacidad, hay que hacer varias pruebas para conseguir una exposición óptima. Generalmente los valores de exposición dependen del modelo de la cámara, debiendo determinarse de manera experimental (habitualmente se encuentran dentro del rango de unos segundos), enfocando primero sin filtro y con corrector de enfoque¹⁰².

⁹³ El premio TIPA (Technical Image Press Association) es considerado uno de los premios de fotografías e imagen más codiciados por la industria en todo el mundo, valorando principalmente la innovación y las más avanzadas tecnologías, así como el diseño, la ergonomía, la facilidad de uso, o la relación precio-prestaciones, entre otras cosas. TIPA, Technical Image Press Association. www.tipa.com [Consulta: 08 de Marzo de 2013].

⁹⁴ Xataka Foto. Pasión por la fotografía digital. www.xatakafoto.com [Consulta: 10 de Marzo de 2013].

⁹⁵ Editorial Photo. www.editorial-photo.com [Consulta: 08 de Marzo de 2013].

⁹⁶ TIPA, Technical Image Press Association. www.tipa.com [Consulta: 08 de Marzo de 2013].

⁹⁷ Sinar Cameras. www.sinarcameras.com [Consulta: 08 de Marzo de 2013].

Capture Scan Print. www.capturescanprint.com [Consulta: 08 de Marzo de 2013].

⁹⁸ Editorial Photo. www.editorial-photo.com [Consulta: 08 de Marzo de 2013].

⁹⁹ eBay. www.ebay.com. [Consulta: 08 de Marzo de 2013].

¹⁰⁰ Pixmania.com. www.pixmania.com [Citado el: 28 de Febrero de 2013].

¹⁰¹ B+W Infrarrojo 093 Negro 30,5-Filtro Infrarrojo F-Pro negro. Redcoon.es. www.redcoon.es [Consulta: 08 de Marzo de 2013].

¹⁰² *B+W Filter*. Catálogo 2011, pp.29. En: Jos. Schneider Optische Werk GmbH. <http://issuu.com> [Consulta: 08 de Marzo de 2013].

6.2. ESTUDIO DE LAS OBRAS SELECCIONADAS.

El estudio realizado con el equipo digital *Sony DSC-V3* ha permitido sacar diversas conclusiones en cuanto a las técnicas de ejecución de las obras y las tendencias existentes dentro de la colección. Se ha realizado una primera clasificación de las obras, ya sugerida en el propio catálogo, entre las realizadas con motivos geométricos y tintas planas, y las realizadas con motivos figurativos y técnicas más “libres” y/o casuales. En estas últimas, se ha podido observar cierta preocupación general por el “encuadre” y definición de las figuras mediante dibujo subyacente o esquemas geométricos que posicionan las figuras y las escenas de una obra. En cuanto a las obras geométricas, se podría reseñar la reacción de las tintas planas según las tonalidades, los pigmentos y las técnicas utilizados, así como su aplicación, pero no hay rastro de dibujo o esquema preparatorio anterior a la pintura. En este sentido se podría concluir que la gama cálida de colores es más transparente a los rayos IR que la gama fría, la cual absorbe en mayor medida estas ondas, aunque siempre se encuentran excepciones. En relación al equipo, se ha podido concluir que la calidad de la imagen conseguida al IR, así como su alcance en esta zona del espectro, es mucho mayor cuanto menor es la distancia de disparo, debido al enfoque e iluminación puntual de la cámara en la aplicación “Nightshot”, como se aprecia en las fotografías de detalle. Esta falta se puede solucionar utilizando iluminación específica sobre la obra.

En cuanto a los resultados obtenidos con la cámara *Sinar-Hy6*, gracias a su mayor alcance en el IR, debido a las características del filtro utilizado, y a sus propiedades técnicas, se han obtenido imágenes con una calidad y definición superior que la obtenida con el equipo *Sony*. Estos resultados ratifican las diferentes propiedades técnicas de ambos equipos. Aunque el equipo *Sinar* tenga mayor calidad, la cámara *Sony* es más cómoda y accesible, gracias a su menor tamaño y peso, en lo relativo a su uso “in situ”, sobre todo en zonas u obras de accesibilidad limitada.

Los resultados observados en las obras “figurativas” con el equipo *Sony*, han obligado a profundizar en su estudio mediante el equipo *Sinar*. No ha sucedido así con las obras “geométricas”, ya que no han mostrado rasgos especialmente interesantes en el espectro IR en este primer estudio.

6.3. ANÁLISIS DETALLADO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

A) Obras “Geométricas”.

El análisis de estas obras se ha centrado en el comportamiento de las diferentes tonalidades utilizadas en su ejecución. Este análisis se ha podido realizar y ha llegado a ser relativamente versátil gracias a la técnica con la que están efectuadas estas obras, mediante superficies con colores planos y homogéneos.

1. JAVIER **CALVO** MAIQUES. N°60, "Itinerario que conduce a chaisse", 1974.

Mixta sobre lienzo, 130x195cm (díptico).



Fig.13

Fotografía general

Cámara *Sony DSC-V3*
Sin Filtro
Luz difusa halógena

Longitud focal 10,8 mm.
Abertura F/3,2
Tiempo exposición 1/25 seg.
ISO-Auto

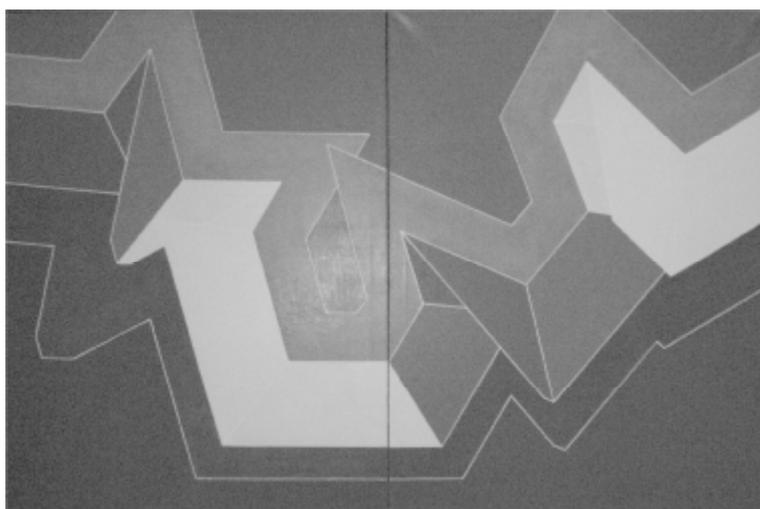


Fig.14

Fotografía IR

Cámara *Sony DSC-V3*
Modo "NightShot"
Filtro IR 89B *Cokin A007*
Luz difusa halógena

Longitud focal 10,8 mm.
Abertura F/3,2
Tiempo exposición 1/8 seg.
ISO-Auto

En la imagen original de esta obra (Fig.13) se diferencian, a simple vista, varias tonalidades de color, preponderando las tonalidades frías en el fondo, y las cálidas en la zona central.

En la imagen de IR (Fig.14), se observa cómo las tonalidades frías (verdes y azules) tienden a ser más absorbentes y, por tanto aparecen más oscuras, y las tonalidades cálidas (amarillos y rojos), transparentes a esta radiación, son de apariencia más clara. Sin embargo, hay una excepción dentro de las tonalidades cálidas, el rojo oscuro o "tierra", el cual presenta una apariencia bastante sombría frente al rojo puro, que se muestra totalmente transparente a la radiación IR; esto puede ser debido a su propia naturaleza o por estar mezclado el rojo puro con otros colores más fríos, con el fin de aportarle esa oscuridad.

2. JORDI TEIXIDOR DE OTTO. *Dos triángulos con azul*, 1971.

Pintura sintética sobre madera, 80x180cm.



Fig.15

Fotografía general

Cámara *Sony DSC-V3*
Sin Filtro
Luz difusa halógena

Longitud focal 7 mm.
Abertura F/2,8
Tiempo exposición 1/40 seg.
ISO-Auto

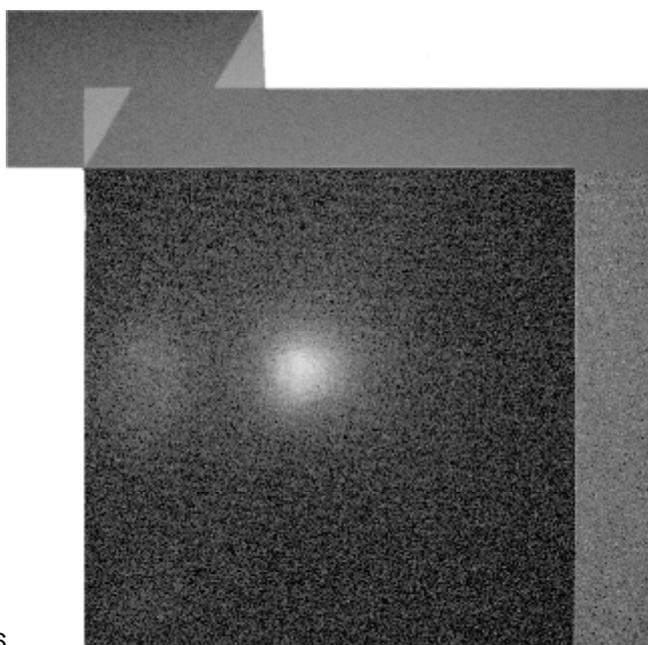


Fig.16

Fotografía IR

Cámara *Sony DSC-V3*
Modo "NightShot"
Filtro IR 89B *Cokin A007*
Luz difusa halógena

Longitud focal 7 mm.
Abertura F/2,8
Tiempo exposición 1/13 seg.
ISO-Auto

Al igual que en el caso anterior, esta obra está realizada a base de tonos fríos y cálidos (predominando los primeros), siendo su apariencia ante el IR (Fig.16) de características muy similares a lo observado visualmente (Fig.15). En la imagen IR se puede percibir el modo de enfoque e iluminación puntual propio del equipo utilizado (*Sony*).

3. **ANZO**: José Iranzo Almonacid. *Composición*, 1989.

Acrílico sobre lienzo, 100x81cm.

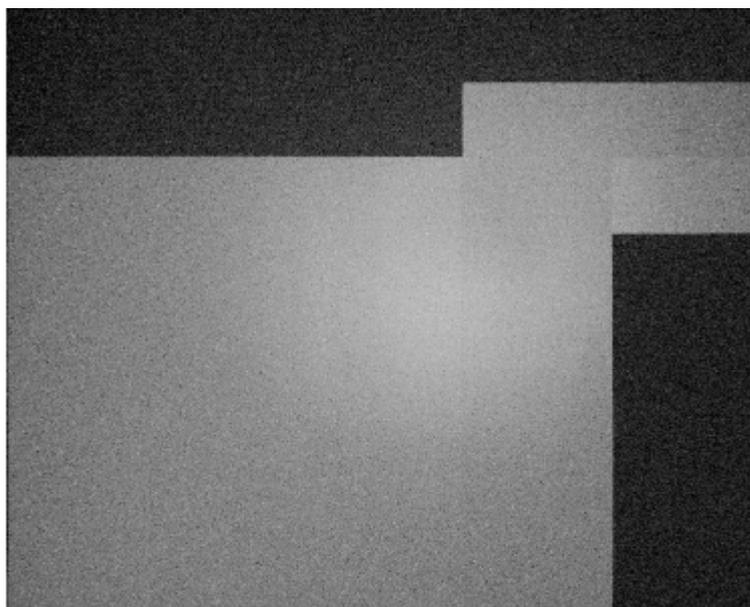


Fotografía general

Cámara *Sony DSC-V3*
Sin Filtro
Luz difusa halógena

Longitud focal 7,6 mm.
Abertura F/2,8
Tiempo exposición 1/30 seg.
ISO-Auto

Fig.17



Fotografía IR

Cámara *Sony DSC-V3*
Modo "NightShot"
Filtro IR 89B *Cokin A007*
Luz difusa halógena

Longitud focal 7,6 mm.
Abertura F/2,8
Tiempo exposición 1/20 seg.
ISO-Auto

Fig.18

Al contrario que en la obra de Texidor, en esta obra preponderan los tonos cálidos (Fig.17); su reacción al IR es muy semejante (Fig.18). Sin embargo, se puede destacar que la tonalidad gris de los colores cálidos no es demasiado clara, lo que quiere decir que sí que absorben cierto porcentaje de radiación IR.

4. JOSÉ M^a YTURREALDE. *Figura imposible*, 1972.
Pintura sintética, 161x185,5cm.



Fig.19

Fotografía general

Cámara *Sony DSC-V3*
Sin Filtro
Luz difusa halógena

Longitud focal 7,6 mm.
Abertura F/2,8
Tiempo exposición 1/25 seg.
ISO-Auto

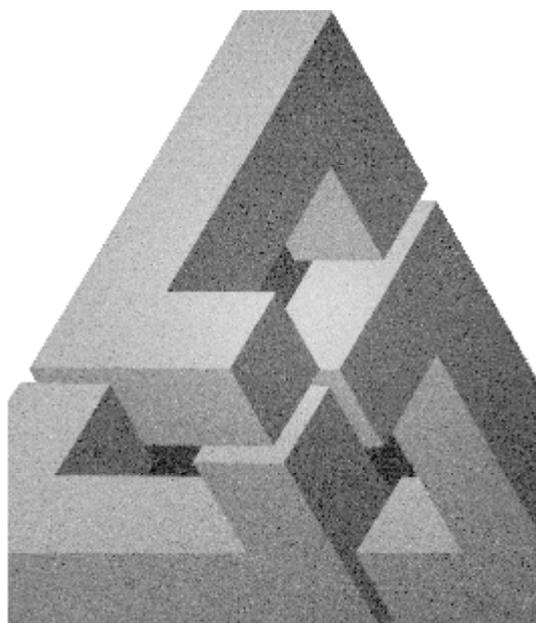


Fig.20

Fotografía IR

Cámara *Sony DSC-V3*
Modo "NightShot"
Filtro IR 89B *Cokin A007*
Luz difusa halógena

Longitud focal 7,6 mm.
Abertura F/2,8
Tiempo exposición 1/8 seg.
ISO-Auto

Con los resultados obtenidos en esta obra (Fig.20), realizada a base de diferentes tonalidades de rojo (Fig.19), se refuerzan los comentarios realizados sobre la obra de Calvo Maíques acerca de este color: en las zonas donde está puro, presenta una absorción de IR mínima, apareciendo en la imagen IR con una tonalidad de gris muy clara, frente a las zonas más oscuras, correspondientes a las bandas realizadas con tonos más oscuros de rojo, probablemente mezclados con otras tonalidades de color.

B) Obras "Figurativas".

5. VÍCTOR MANUEL **GIMENO** BAQUERO. *Adán y Eva*, 1957.

Óleo sobre lienzo, 54x48cm.



Fig.21

Fotografía general

Cámara Sony DSC-HX20V
Sin Filtro
Luz directa monocromática
de sodio

Longitud focal 7,95 mm.
Abertura F/4
Tiempo exposición 1/60 seg.
ISO-Auto



Fig.22

Fotografía IR

Cámara Sinar AG-Hy6 /
Sinarback eMotion 75 II
Filtro IR B+W 093-830
Luz directa monocromática
de sodio

Longitud focal 80 mm.
Abertura F/23
Tiempo exposición 2 seg.
ISO 100

A simple vista (Fig.21), esta imagen parece realizada directamente con pincel, de manera bastante clara y precisa. Sin embargo, mediante su estudio en IR (Fig.22), se ha comprobado la existencia de un dibujo subyacente realizado con grafito, con líneas bastante "sucias", e incluso con ciertas modificaciones o arrepentimientos. Algunas de estas modificaciones se pueden observar claramente en las siguientes imágenes de detalle: en las

hojas del fondo (Fig.23 y 25), en los contornos de las figuras (especialmente en la cadera de Eva y la rodilla izquierda de Adán) o en el perfil de la zona azul que las rodea (Fig.24).

Asimismo, se aprecia un cierto dibujo estructural en las figuras, como en el contorno del pecho de Adán (Fig.26) o las extremidades inferiores de ambos.



Fig.23



Fig.24



Fig.25

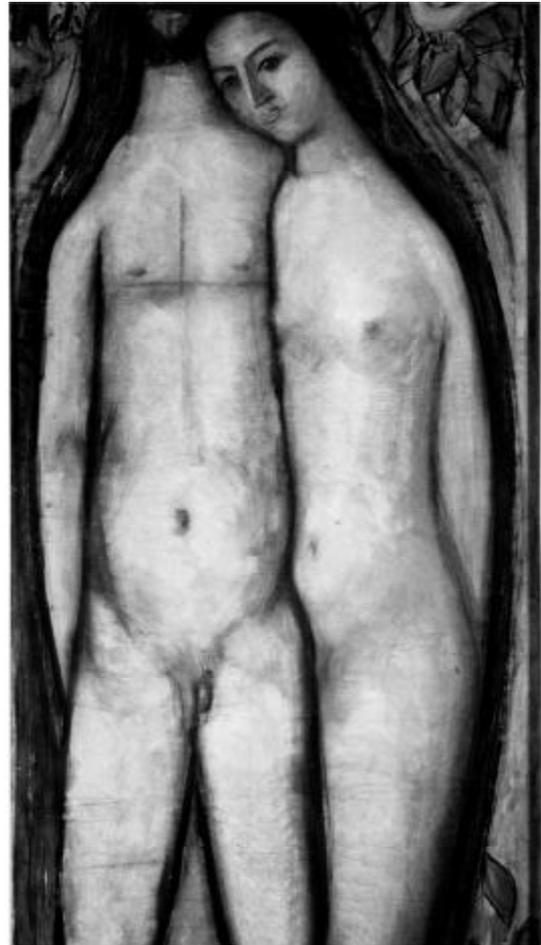


Fig.26

La claridad y versatilidad de estas imágenes de detalle se deben a la calidad y precisión del equipo utilizado (*Sinar*) y a las posibilidades que ofrece la imagen obtenida en su posterior tratamiento; cambiando ciertas características originales de esta imagen, tales como la exposición, el contraste o la intensidad, se pueden obtener resultados muy variables, adaptándolo a las propiedades de cada una de las zonas a estudiar. De esta forma, en la imagen de detalle correspondiente a la Fig.26, gracias a su subexposición y mayor contraste, se puede apreciar con gran detalle tanto el dibujo estructural del pecho de Adán (en forma de cruz), como la huella de la pincelada en la capa de pintura.

6. MANOLO GIL. *S/T (anverso y reverso)*, 1953.

Cáustica sobre tabla, 122x78cm.



Fotografía general

Cámara Sony DSC-V3
Sin Filtro
Luz directa monocromática de sodio

Longitud focal 13,9 mm.
Abertura F/3,5
Tiempo exposición 1/80 seg.
ISO-Auto

Fig.27



Fotografía IR

Cámara Sony DSC-V3
Modo "NightShot"
Filtro IR 89B Cokin A007
Luz difusa halógena

Longitud focal 10,8 mm.
Abertura F/3,2
Tiempo exposición 1/6 seg.
ISO-Auto

Fig.28

El estudio de esta obra a través del IR es relativamente novedoso e interesante debido a la técnica utilizada, ya que no se conocen muchos casos de este tipo de análisis sobre cáustica, por lo que no son previsibles ni conocidas las posibles reacciones que esta técnica puede tener en este espectro. No así sucede con las demás obras de la colección, realizadas con técnicas más comúnmente utilizadas por los artistas de esta época (acrílico y óleo), de los que sí se conoce en mayor medida su reacción general ante esta zona del espectro.

En la imagen obtenida con el equipo *Sony*, sin iluminación directa (Fig.28), se acentúa levemente el contorno de las figuras, ya apreciable en el espectro visible (Fig.27); la imagen presenta una espesa trama de puntos, creada, probablemente, por la falta de iluminación, que no permite ver con claridad otros posibles resultados. Esta trama desaparece al incluir una iluminación adecuada directamente sobre la obra, consiguiendo una imagen mucho más nítida y contrastada, tanto con el equipo *Sony* (Fig.29) como con el equipo *Sinar* (Fig.30).

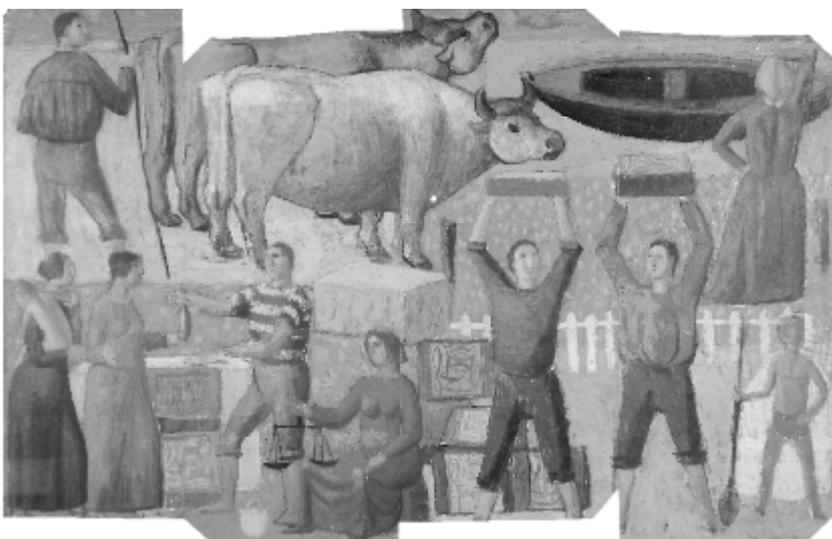


Fig.29

Fotografía IR

Cámara *Sony DSC-V3*
Modo "NightShot"
Filtro IR *Bower dHD 720*
Luz directa monocromática de sodio

Longitud focal 12,9 mm.
Abertura F/3,5
Tiempo exposición 1/30 seg.
ISO-Auto

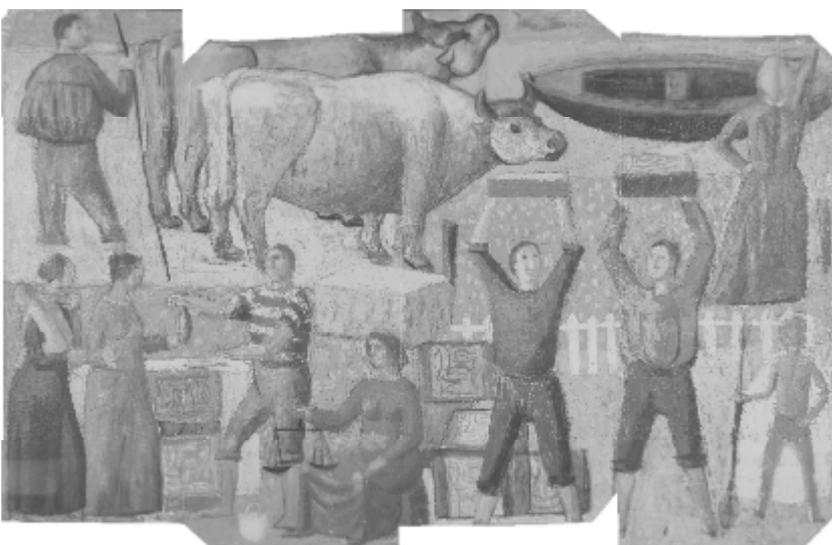


Fig.30

Fotografía IR

Cámara *Sinar AG-Hy6 / Sinarback eMotion 75 II*
Filtro IR *B+W 093-830*
Luz directa monocromática de sodio

Longitud focal 80 mm.
Abertura F/14
Tiempo exposición 2 seg.
ISO 100

Con el equipo *Sinar* se ha conseguido una gran calidad en el detalle de la imagen, tanto dibujística como plásticamente, lo que certifica las mayores cualidades de este equipo y la mayor capacidad de transmisión del filtro IR utilizado.

Los resultados obtenidos permiten considerar que la cáustica reacciona de forma muy similar al óleo o al acrílico ante la radiación IR, no siendo de gran relevancia la técnica tanto como los pigmentos utilizados en la ejecución de una obra.

7. EDUARDO SALES ENCARNACIÓN. *Casas de Santo Domingo*, 1959.

Polímero sobre lienzo, 90x126 cm.



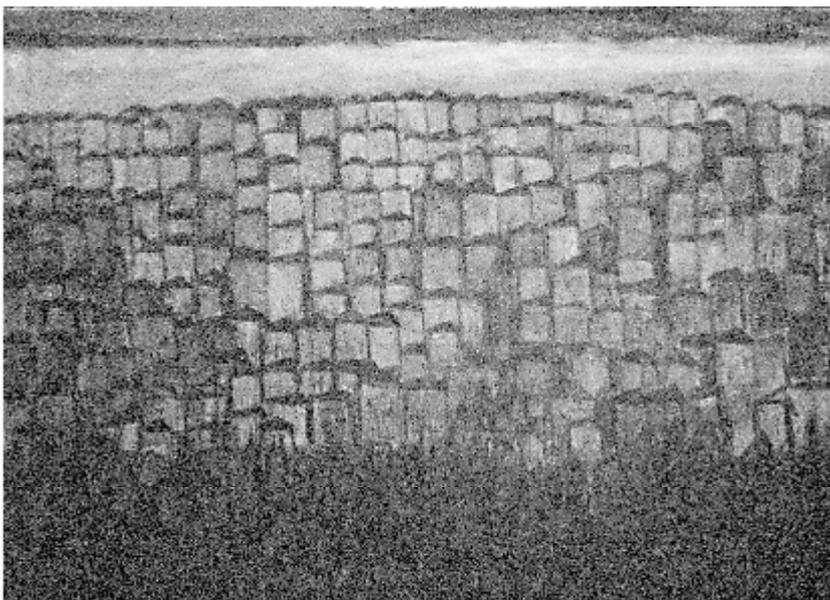
Fotografía general

Cámara Sony DSC-V3
Sin Filtro
Luz directa monocromática
de sodio

Longitud focal 12,9 mm.
Abertura F/3,5
Tiempo exposición 1/30 seg.
ISO-Auto

Fig.31

Con esta obra de Eduardo Sales sucede algo parejo a lo explicado en la obra S/T de Manolo Gil. Los resultados obtenidos tras su estudio mediante el sistema IR de Sony, con luz difusa (Fig.32), dejan ver con mayor claridad el perfil o contorno de las casas, de tonalidad oscura; en cambio, el “relleno” de las casas, pintado a base de veladuras de color sobre fondo claro, casi blanco, aparece en diversas tonalidades de gris muy claras en la imagen infrarroja, lo que resalta aún más dicho contorno. Sin embargo, en la zona inferior y en el cielo se pueden observar tonalidades bastante más oscuras, posiblemente por la existencia de pigmentos negros o de base de cobre, como se puede deducir también por su aspecto en el espectro visible (Fig.31).



Fotografía IR

Cámara *Sony DSC-V3*
Modo "NightShot"
Filtro IR 89B *Cokin A007*
Luz difusa halógena

Longitud focal 10,8 mm.
Abertura F/3,2
Tiempo exposición 1/4 seg.
ISO-Auto

Fig.32



Fotografía IR

Cámara *Sony DSC-V3*
Modo "NightShot"
Filtro IR *Bower dHD 720*
Luz directa monocromática de sodio

Longitud focal 12,9 mm.
Abertura F/3,5
Tiempo exposición 1/30 seg.
ISO-Auto

Fig.33

En un estudio más profundo, primero aumentando la iluminación (Fig.33), y posteriormente utilizando el equipo *Sinar* (Fig.34), ha aparecido con total perfección el dibujo subyacente de las casas, distinguiéndose diversos intentos de dibujo del contorno en varias de ellas, como se observa en el detalle de la obra seleccionado, desde la imagen visible (Fig.35), la imagen tomada con el equipo *Sony* y con luz ambiental (Fig.36), la imagen tomada con el mismo equipo pero con luz específica (Fig.37), y la imagen tomada con el equipo *Sinar* y luz específica (Fig.38).



Fotografía IR

Cámara *Sinar AG-Hy6 / Sinarback eMotion 75 II*
Filtro IR *B+W 093-830*
Luz directa monocromática de sodio

Longitud focal 80 mm.
Abertura F/14
Tiempo exposición 2 seg.
ISO 100

Fig.34

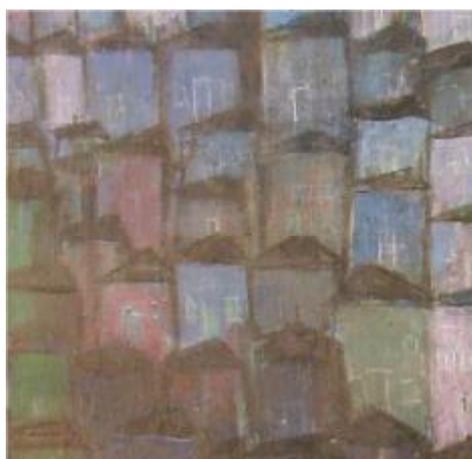


Fig.35

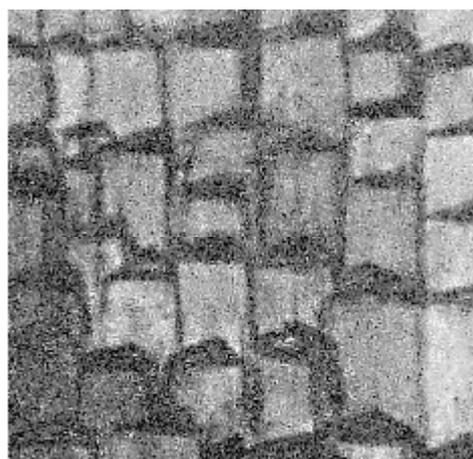


Fig.36



Fig.37



Fig.38

8. SALVADOR VICTORIA. S/T, 1960.

Óleo sobre lienzo, 100x81cm.



Fotografía general

Cámara *Sony DSC-V3*
Sin Filtro
Luz difusa halógena

Longitud focal 11,8 mm.
Abertura F/3,2
Tiempo exposición 1/10 seg.
ISO-Auto

Fig.39



Fotografía IR

Cámara *Sony DSC-V3*
Modo "NightShot"
Filtro IR 89B *Cokin A007*
Luz difusa halógena

Longitud focal 9,1 mm.
Abertura F/3,2
Tiempo exposición 1/10 seg.
ISO-Auto

Fig.40

Las características de esta pintura, tanto formal como tonalmente, en la que predominan colores puros de tonos o muy claros, o muy oscuros (Fig.39), no han permitido observar ninguna particularidad ni resultado interesante bajo su estudio con radiación IR (Fig.40).

9. JORGE BALLESTER BONILLA. *Bontempeli y Savinio*. Estudio de Figuras, 1992.

Acrílico y lápiz sobre lienzo, 120x100cm.



Fotografía general

Cámara Sony DSC-V3
Sin Filtro
Luz directa monocromática
de sodio

Longitud focal 10,8 mm.
Abertura F/3,2
Tiempo exposición 1/60 seg.
ISO-Auto

Fig.41

Los espacios planos de tonos oscuros identifican el aspecto visual general de esta obra (Fig.41), en la que el autor juega con líneas de perspectiva y variaciones de tono entre los planos para dar profundidad. No obstante, en las sombras de las figuras realiza una leve gradación de tono con lápiz de color.



Fig.42

Fotografía IR

Cámara *Sony DSC-V3*
Modo "NightShot"
Filtro IR *Bower dHD 720*
Luz directa monocromática de sodio

Longitud focal 10,8 mm.
Abertura F/3,2
Tiempo exposición 1/30 seg.
ISO-Auto



Fig.43

Fotografía IR

Cámara *Sinar AG-Hy6 / Sinarback eMotion 75 II*
Filtro IR *B+W 093-830*
Luz directa monocromática de sodio

Longitud focal 80 mm.
Abertura F/14
Tiempo exposición 2 seg.
ISO 100

En el estudio general de la obra mediante IR (Fig.42-43), a pesar de estar realizada con mayoría de tonos oscuros, que absorben esta radiación, no permitiendo “ver” más allá de su propia oscuridad, se pueden destacar varias cuestiones de interés.

En primer lugar, la técnica que en un principio se creía estar realizada a base de planos de color homogéneo, aparece con carácter más heterogéneo, observándose perfectamente las huellas y trazos de la pincelada y la técnica utilizadas en su ejecución.

Por otro lado, se aprecian varios arrepentimientos en la estructura del fondo, tapados posteriormente con capas de color, como los lunares que aparecen en la parte superior de ambas figuras.

En las siguientes imágenes comparativas de detalle (Fig.44 a 49) se distinguen perfectamente estas circunstancias, con mucha mayor nitidez y claridad en las imágenes obtenidas con el equipo *Sinar* (Fig.48-49) que en las obtenidas con el equipo *Sony* (Fig.46-47)..



Fig.44



Fig.45



Fig.46



Fig.47



Fig.48



Fig.49

10. RAFAEL ARMENGOL MACHÍ. *Chorizo de alta calidad*. “La matanza del cerdo I”, 1972.
Óleo sobre lienzo, 97x130cm.



Fig.50

Fotografía general

Cámara Sony DSC-V3
Sin Filtro
Luz difusa halógena

Longitud focal 10,8 mm.
Abertura F/3,2
Tiempo exposición 1/15 seg.
ISO-Auto



Fig.51

Fotografía IR

Cámara Sony DSC-V3
Modo “NightShot”
Filtro IR 89B Cokin A007
Luz difusa halógena

Longitud focal 10,8 mm.
Abertura F/3,2
Tiempo exposición 1/6 seg.
ISO-Auto

Obra pictórica con notables rasgos figurativos y realistas (Fig.50), en la que no se ha apreciado ningún resultado relevante mediante su estudio con IR (Fig.51), ni en lo relativo a la existencia de posibles rasgos subyacentes, ni en la reacción de los pigmentos utilizados en su ejecución.

11. ARTUR HERAS SANZ. *Epitafi*, 1966.

Acrílico sobre tela, 170x150cm.



Fig.52

Fotografía general

Cámara *Sony DSC-V3*
Sin Filtro
Luz difusa halógena

Longitud focal 7 mm.
Abertura F/2,8
Tiempo exposición 1/8 seg.
ISO-Auto

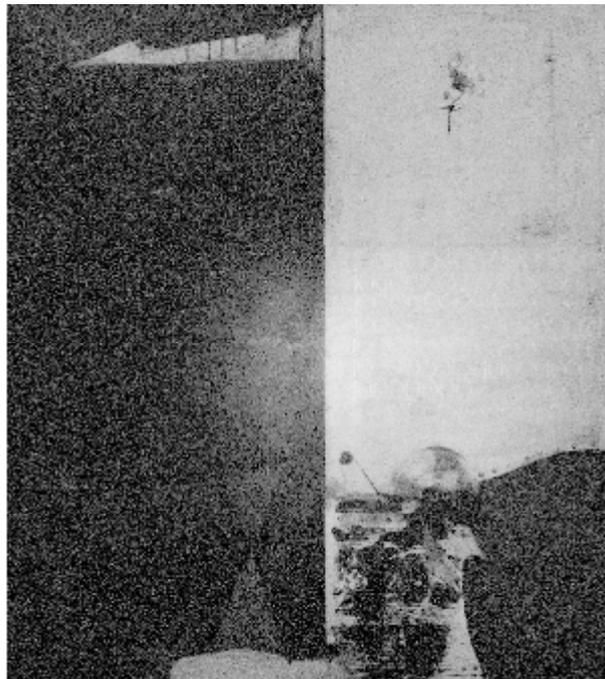


Fig.53

Fotografía IR

Cámara *Sony DSC-V3*
Modo "NightShot"
Filtro IR 89B *Cokin A007*
Luz difusa halógena

Longitud focal 7 mm.
Abertura F/2,8
Tiempo exposición 1/4 seg.
ISO-Auto

Esta obra ha reaccionado a la radiación IR (Fig.53) de forma similar a la anteriormente comenta de Salvador Victoria, principalmente en cuanto a las tonalidades utilizadas en su ejecución, al tratarse de tonos puros de color (negro y blanco) (Fig.52).

12. JOSE TOMAS **MOLINA** CIGES. *El Quiebro*, 1978.

Mixta sobre lienzo, 200x160 cm.



Fotografía general

Cámara *Sony DSC-HX20V*
Sin Filtro
Luz directa monocromática
de sodio

Longitud focal 7,29 mm.
Abertura F/3,5
Tiempo exposición 1/50 seg.
ISO-Auto

Fig.54

Obra en la que se pueden diferenciar claramente, a simple vista, dos formas de trabajo, según el motivo interpretado. Con la técnica del IR se han podido afianzar y profundizar en estas diferencias.

Como se puede observar en la fotografía general (Fig.54), presenta un fondo realizado con motivos geométricos y florales, de forma repetitiva, y con colores vivos y planos; sin embargo, la figura principal ha sido realizada mediante una técnica de simulación de grabado, en escala de grises.

En el estudio general de la obra a través de los dos equipos de IR (*Sony*: Fig.55; *Sinar*: Fig.56), se puede destacar la reacción de los pigmentos ante esta radiación, especialmente del pigmento negro de la figura principal, que absorbe tanto el IR que se vuelve aún más oscuro. En el fondo se observan diversas reacciones susceptibles de comentar, como la existencia de una estructura o dibujo subyacente, especialmente en los motivos vegetales.



Fig.55

Fotografía IR

Cámara *Sony DSC-V3*
Modo "NightShot"
Filtro IR 89B *Cokin A007*
Luz difusa halógena

Longitud focal 7,6 mm.
Abertura F/2,8
Tiempo exposición 1/13 seg.
ISO-Auto



Fig.56

Fotografía IR

Cámara *Sinar AG-Hy6 / Sinarback eMotion 75*
Filtro IR *B+W 093-830*
Luz directa monocromática de sodio

Longitud focal 80 mm.
Abertura F/11
Tiempo exposición 1 seg.



Fig.57



Fig.58

En este detalle se observa la clara diferencia de técnica entre el fondo y la figura principal. En la imagen tomada con el equipo *Sony* (Fig.58), se ha podido certificar la existencia de restos de dibujo preparatorio, posiblemente a lápiz¹⁰³, bajo la capa de pintura, ya intuidos levemente en el espectro visible (Fig.57).



Fig.59



Fig.60

Estas otras dos imágenes se han obtenido a través del equipo *Sinar*, mucho más versátil y efectivo, tanto en cuanto a la imagen obtenida, como a su procesado final. La imagen de la Fig.59 ha sido subexpuesta y se ha aumentado el contraste, con el fin de resaltar las líneas de dibujo anteriormente descritas. De esta forma, resulta perfectamente visible, en la zona del fondo, el dibujo de los motivos florales y vegetales, especialmente bajo las capas de pintura de tonalidades rojas o amarillas, ya que su porcentaje de absorción de IR es bajo o nulo, por lo que resultan “transparentes” a estas; no así sucede con los tonos verdes y negros, cuya absorción de IR es elevada, y se muestran oscuros y opacos, impidiendo ver los que hay bajo esas capas.

¹⁰³ Si el dibujo está hecho con materiales no absorbentes, no será apreciable. Uno de los materiales más utilizados para realizar el dibujo preparatorio, sobre todo en esta época, son los lápices con minas hechas a partir de materiales carbonosos y grafito, absorbentes de IR, y opacos bajo esta radiación.

La imagen de la Fig.60 muestra la misma zona de la obra, sobreexpuesta y con menor contraste, lo que ha posibilitado estudiar detenidamente las capas más oscuras de la figura principal, apreciándose las “huellas del pincel” con total claridad. Bajo estas se observa la continuación del dibujo preparatorio de las formas geométricas del fondo.



Fig.61



Fig.62



Fig.63

En este otro detalle (Fig.62) del fondo se observa, de nuevo, el dibujo preparatorio de las formas vegetales, así como la diferencia de nitidez y calidad entre la imagen obtenida con el equipo *Sony* (Fig.62), y la obtenida con el equipo *Sinar* (Fig.63).



Fig.64



Fig.65

En cuanto a la técnica utilizada en la ejecución de la figura central, se puede observar de forma clara en estos detalles de la imagen obtenida en el IR (Fig.64-65), diversas formas y acabados dentro de la misma figura, como si el autor hubiera querido imitar diferentes técnicas de grabado, desde el aguafuerte hasta la punta seca (característica muy común de este artista).

13. ANGELA **GARCIA** CODOÑER. *Cenicienta* (Serie Misses),1974.

Acrílico sobre lienzo, 130x130cm.

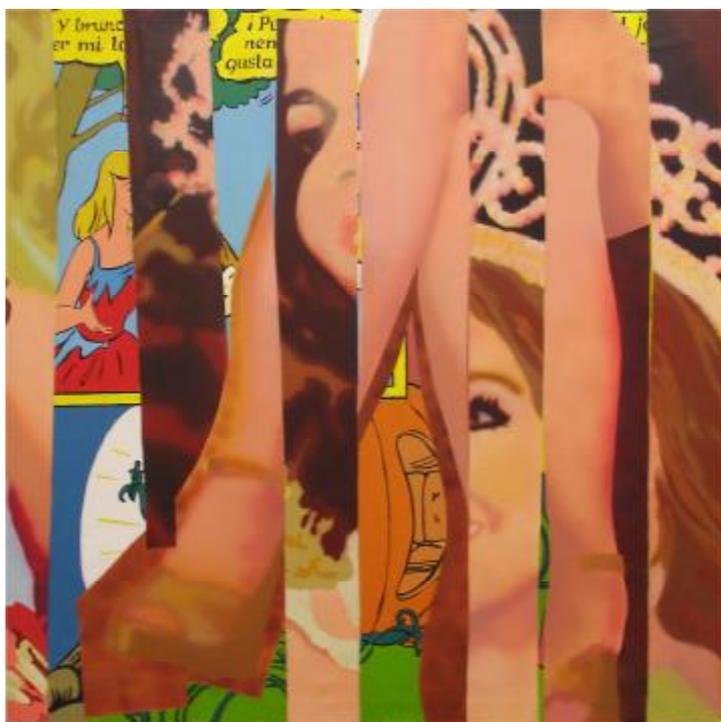
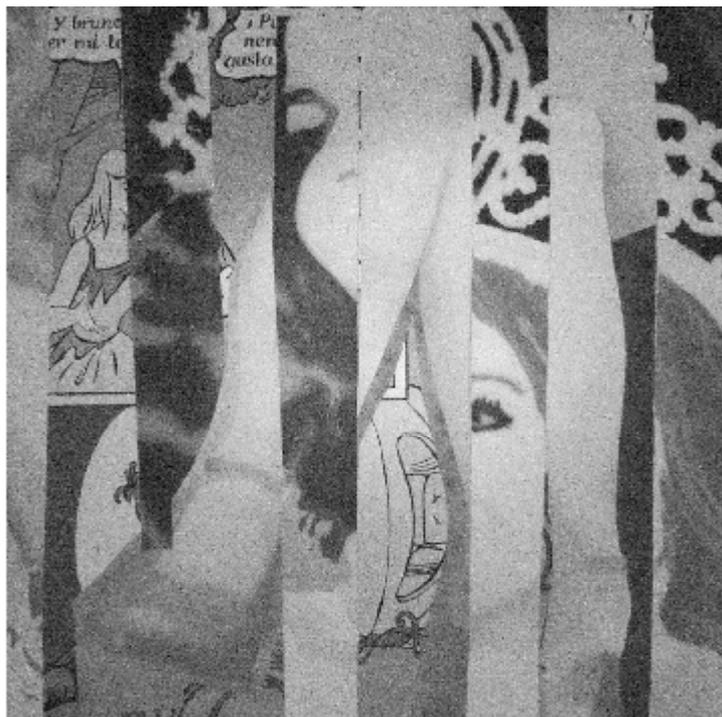


Fig.66

Fotografía general

Cámara Sony DSC-V3
Sin Filtro
Luz difusa halógena

Longitud focal 7 mm.
Abertura F/2,8
Tiempo exposición 1/15 seg.
ISO-Auto



Fotografía IR

Cámara Sony DSC-V3
Modo "NightShot"
Filtro IR 89B Cokin A007
Luz difusa halógena

Longitud focal 7 mm.
Abertura F/2,8
Tiempo exposición 1/10 seg.
ISO-Auto

Fig.67

En esta obra se puede destacar la reacción de los pigmentos ante la radiación IR. Como se observa en la imagen general IR (Fig.67), la diferencia de reacción de los tonos cálidos, más transparentes y claros, frente a los tonos fríos, opacos y de apariencia oscura, muy similar a la ya comentada en otras obras de la colección.

En cuanto a la existencia de una posible estructura o dibujo subyacente, los resultados obtenidos con los equipos IR, resaltan y dejan visible apuntes de dibujo subyacente, ya intuidos puntualmente a simple vista en el contorno de las figuras, especialmente en los rostros, como se puede ver en las siguientes imágenes de detalle (Fig.68-69).



Fig. 68



Fig.69

14. ROSA MARÍA **TORRES MOLINA**. *Rinoceronte*, 1972.

Acrílico sobre tela, 165x195cm.

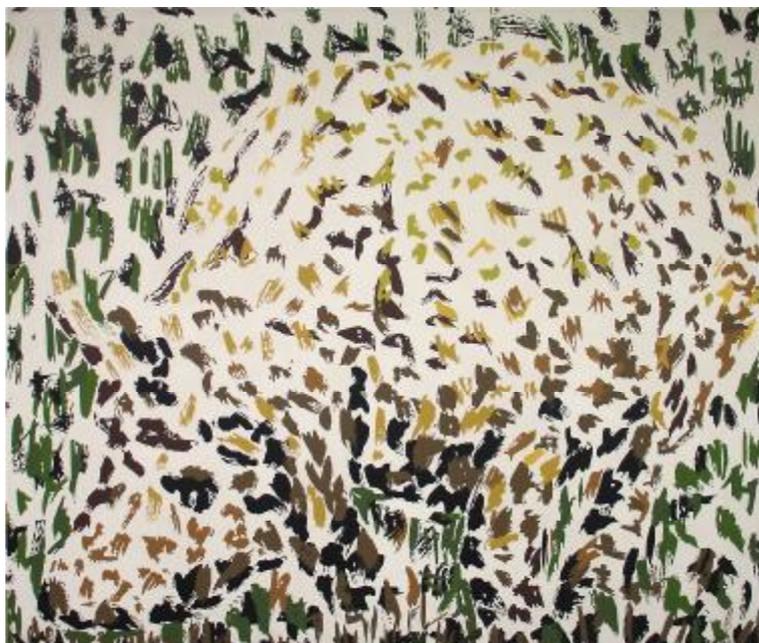


Fig.70

Fotografía general

Cámara *Sony DSC-V3*
Sin Filtro
Luz difusa halógena

Longitud focal 8,4 mm.
Abertura F/3,2
Tiempo exposición 1/20 seg.
ISO-Auto

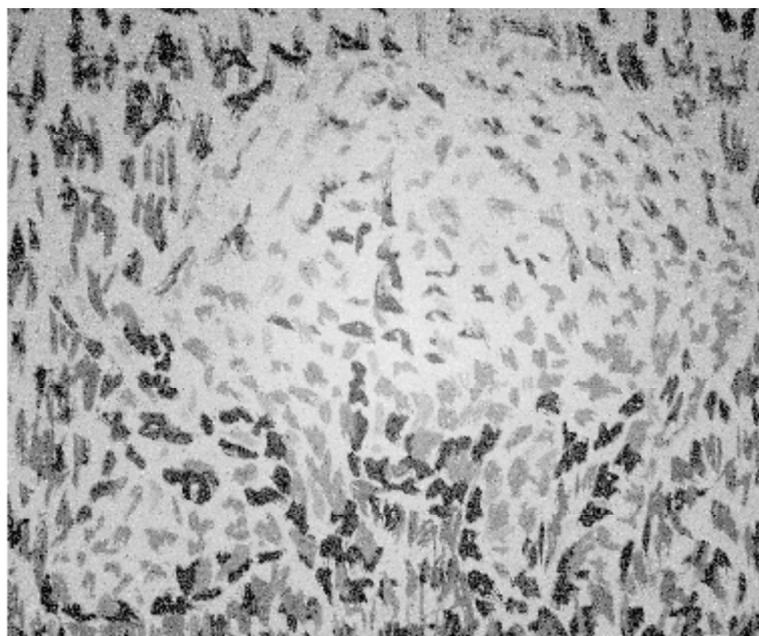


Fig.71

Fotografía IR

Cámara *Sony DSC-V3*
Modo "NightShot"
Filtro IR 89B *Cokin A007*
Luz difusa halógena

Longitud focal 8,4 mm.
Abertura F/3,2
Tiempo exposición 1/8 seg.
ISO-Auto

El estudio de esta obra a través del IR (Fig.71) ha permitido concluir que el motivo principal está realizado de forma aleatoria y directa, sin aparente estructura o dibujo subyacente inicial, sobre un fondo plano de color blanco.

15. ISABEL OLIVER CUEVAS. *Serie: La mujer*, 1970.

Acrílico sobre lienzo, 97,5x97,5cm.

Obra de singulares características, tanto técnica como conceptualmente, como se puede apreciar a simple vista (Fig.72). Aunque no es el principal objeto de este estudio, cabe destacar en esta línea la confusión y ambigüedad de los conceptos formales “fondo/figura” conocidos hasta el momento; su tratamiento y entendimiento son aquí muy diferentes: ¿cuál es cuál?.



Fotografía general

Cámara Sony DSC-V3
Sin Filtro
Luz directa monocromática
de sodio

Longitud focal 10,8 mm.
Abertura F/3,2
Tiempo exposición 1/30 seg.
ISO-Auto

Fig.72

Sin embargo, el estudio de esta obra mediante IR (Fig.73-74), ha sido de gran interés en lo que respecta a la reacción de transparencia del color rojo bajo este espectro, ya comentada brevemente en alguna de las obras anteriores. Reacción que se observa de forma mucho más clara en las imágenes de detalle (Fig-75-76: imágenes visibles; Fig.77-78: imágenes obtenidas con el equipo Sony e iluminación específica; Fig.79-80: imágenes obtenidas con el equipo Sinar e iluminación específica).



Fig.73

Fotografía IR

Cámara *Sony DSC-V3*
Modo "NightShot"
Filtro IR *Bower dHD 720*
Luz directa monocromática
de sodio

Longitud focal 9,9 mm.
Abertura F/3,2
Tiempo exposición 1/30 seg.
ISO-Auto



Fig.74

Fotografía IR

Cámara *Sinar AG-Hy6 / Sinarback eMotion 75 II*
Filtro IR *B+W 093-830*
Luz directa monocromática
de sodio

Longitud focal 80 mm.
Abertura F/14
Tiempo exposición 2 seg.
ISO 100

Asimismo, tanto en la imagen general IR como en las de detalle, se advierten perfectamente las diferentes técnicas utilizadas en la obra. Por un lado, la imagen de la familia está realizada, posiblemente, mediante transferencia directa sobre el lienzo, pues no se distinguen dibujo preparatorio ni huellas de pincel en ningún momento; es una imagen realmente clara y limpia. Sin embargo, las figuras de las hormigas han sido dibujadas y pintadas posteriormente sobre esta primera imagen, quedando en un primer plano; en los detalles se pueden apreciar el fino dibujo preparatorio de estas figuras, así como la transparencia del color rojo bajo el espectro IR, quedando visible en esas imágenes IR la zona de la imagen inicial transferida, oculta bajo éstas en la imagen visible.



Fig.75



Fig.76



Fig.77



Fig.78



Fig.79

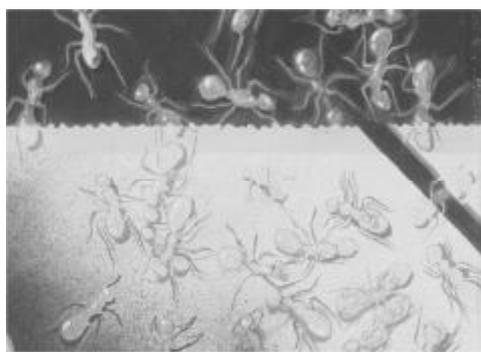


Fig.80

16. RAFAEL **RAMÍREZ** BLANCO. *La ventana*, 1974.

Acrílico sobre tabla, 130x83cm.

Edificio Rectorado.

Obra con un aspecto formal y técnico similar al del grupo de obras de la colección denominadas “geométricas”, utilizando superficies de color plano y puro, de tonos muy vivos, sin apenas degradados y mezclas; el aspecto final recuerda a las pinturas realizadas con técnicas como el *grafito*, a base de plantillas, con los bordes y contornos muy bien definidos y limpios (Fig.81 y 83).

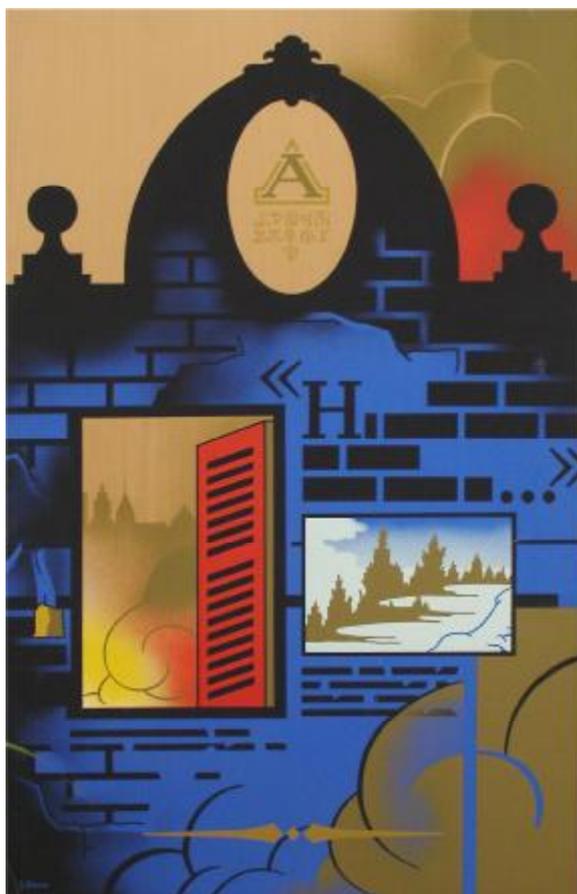


Fig.81

Fotografía general

Cámara *Sony DSC-V3*
Sin Filtro
Luz difusa halógena

Longitud focal 9,1 mm.
Abertura F/3,2
Tiempo exposición 1/30 seg.
ISO-Auto

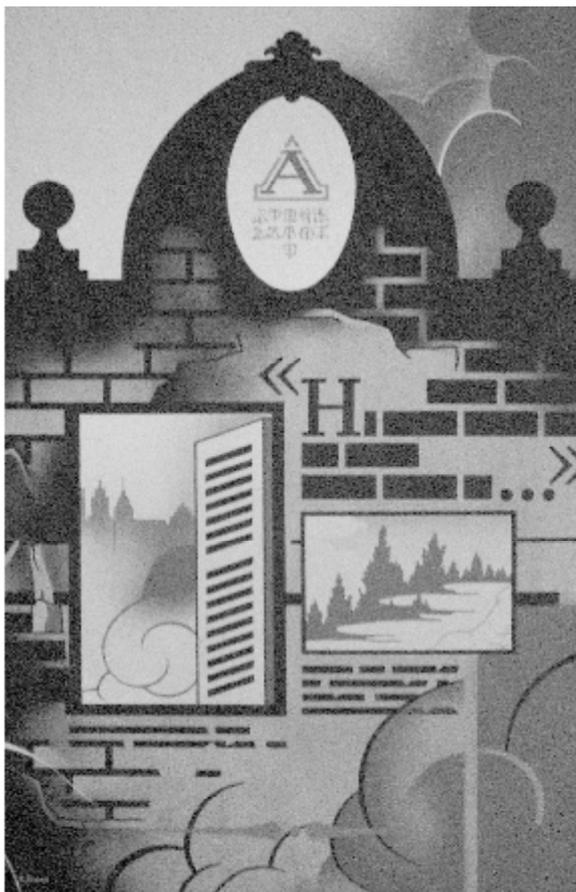


Fig.82

Fotografía IR

Cámara *Sony DSC-V3*
Modo "NightShot"
Filtro IR 89B *Cokin A007*
Luz difusa halógena

Longitud focal 9,1 mm.
Abertura F/3,2
Tiempo exposición 1/13 seg.
ISO-Auto



Fig.83

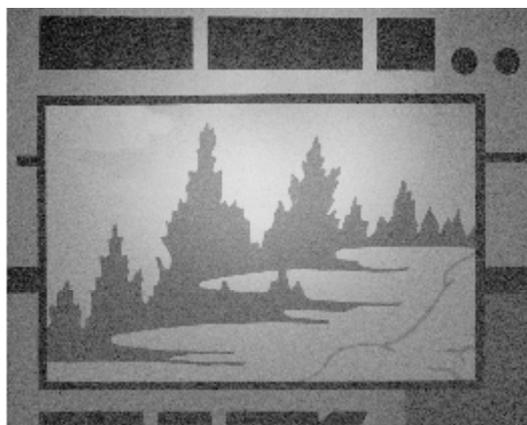


Fig.84

Como ocurre con las obras "geométricas", mediante el estudio IR (Fig.82 y 84), y gracias a su homogeneidad tonal y técnica, se ha podido observar clara y detenidamente la reacción, en esta zona del espectro, de los diferentes tonos y colores utilizados en la ejecución de la obra, su grado de absorción de IR, de opacidad y transparencia. Sin embargo, no se aprecian restos de estructura o dibujo subyacente que ayude a su posterior ejecución, lo que refuerza la teoría de que haya sido realizada mediante una técnica precisa y limpia, como puede ser a base de plantillas con diferentes formas o mediante reservas.

17. RAFAEL **RAMÍREZ** BLANCO. *S/T*, 1991.

Acrílico sobre tabla, 66x122cm.

Esta otra obra de Ramírez Blanco tiene, aparentemente, una técnica de ejecución totalmente distinta a la anterior, más aleatoria y “sucia”, sobre todo en cuanto a la tonalidad y el aspecto general, mucho más apagados y tenues (Fig.85).



Fotografía general

Cámara *Sony DSC-V3*
Sin Filtro
Luz difusa halógena

Longitud focal 9,1 mm.
Abertura F/3,2
Tiempo exposición 1/10 seg.
ISO-Auto

Fig.85



Fotografía IR

Cámara *Sony DSC-V3*
Modo "NightShot"
Filtro IR 89B *Cokin A007*
Luz difusa halógena

Longitud focal 7,6 mm.
Abertura F/2,8
Tiempo exposición 1/20 seg.
ISO-Auto

Fig.86



Fig.87

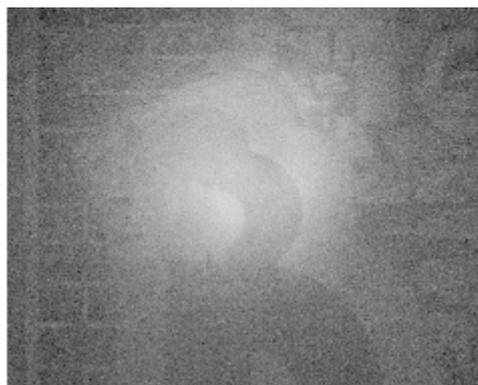


Fig.88



Fig.89



Fig.90

Sin embargo, a través de su estudio con IR, como se aprecia tanto en la fotografía general (Fig.86) como en las de detalle (Fig.88 y 90), se ha podido observar que, en su base, los bordes y contornos de las figuras siguen estando bien definidos y limpios (aunque sin dibujo subyacente), y los colores son más bien puros y planos, resultando una técnica de similares características a la anterior.

El IR traspasa cualquier tipo de barniz o veladura adherida a una pintura, ya sea por el paso del tiempo o intencionadamente, por lo que ésta se observa “virgen” en esta zona del espectro; esta característica del IR es la que ha hecho posible “ver” esta obra sin la “suciedad” y “borrosidad” con la que se observa en visible.

18. MARTÍN MARTÍNEZ **CABALLERO**. *Los ciegos*, 1993.

Acrílico sobre tela, 162x130cm.

Debido a sus singulares características formales y técnicas (Fig.91), ésta es una de las obras de la colección que más ha llamado la atención con el resultado obtenido bajo el estudio IR. En esta zona del espectro se consigue una imagen en la que se acentúan la ya divisada fuerza y carácter representativos del autor en las figuras.

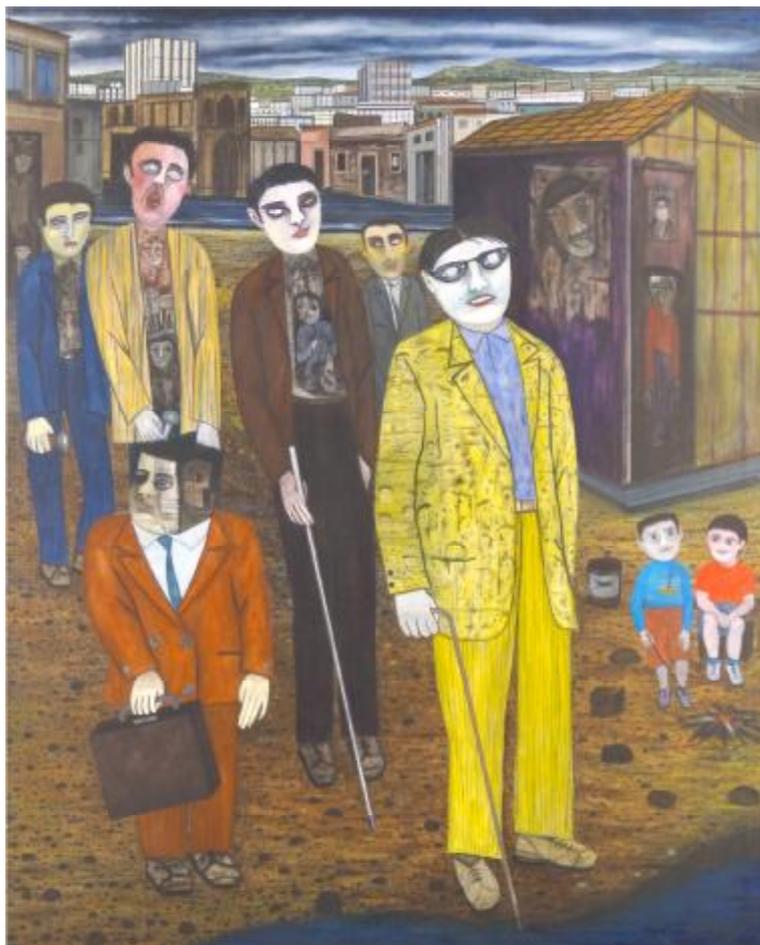


Fig.91

Fotografía general

Cámara *Sony DSC-HX20V*
Sin Filtro
Luz directa monocromática
de sodio

Longitud focal 9,69 mm.
Abertura F/4
Tiempo exposición 1/60 seg.
ISO-Auto

En las imágenes generales obtenidas con los equipos de IR (*Sony*: Fig.92 y *Sinar*: Fig.93) se pueden destacar dos cuestiones principales: en primer lugar, la fuerza y tesón con el que están definidos tanto las figuras como los edificios, remarcados con gruesas líneas de tono oscuro; por otro lado, la visualización de diversas líneas o bandas estructurales que enmarcan la escena principal (se observan dos líneas rectas verticales a ambos laterales de la imagen, casi paralelas, cerrándose levemente según suben a lo largo de ésta, como formando una especie de polígono triangular en el que se enmarcan las figuras centrales; también se observa claramente una línea, más gruesa, semicircular, en la parte inferior del cuadro que limita horizontalmente el espacio donde están representadas estas figuras. Las dos líneas verticales podrían formar parte de un dibujo o estructura subyacente utilizado para enmarcar las diferentes escenas de la obra; sin embargo, la línea horizontal, por sus características, parece más un arrepentimiento o cambio del pintor realizado durante el proceso de policromado).

Esta línea horizontal, así como ciertas zonas de sombra, en el cielo y el agua, aparecen al IR en una tonalidad gris muy oscura, casi negra: Es probable, por la tonalidad que presenta en el visible, que estén realizadas con mezcla de negros o verdes de cobre, cuya absorción de IR es bastante elevada.



Fig.92

Fotografía IR

Cámara *Sony DSC-V3*
Modo "NightShot"
Filtro IR *89B Cokin A007*
Luz difusa halógena

Longitud focal 9,1 mm.
Abertura F/3,2
Tiempo exposición 1/8 seg.
ISO-Auto



Fig.93

FOTOGRAFÍA IR

Cámara *Sinar AG-Hy6 / Sinarback eMotion 75*
Filtro IR *B+W 093-830*
Luz directa monocromática de sodio

Longitud focal 80 mm.
Abertura F/23
Tiempo exposición 2 seg.

En el siguiente detalle (Fig.94: Imagen visible; Fig.95: Imagen obtenida con el equipo *Sony*, con luz ambiente; Fig.96: Imagen obtenida con el equipo *Sinar* y luz específica) se pueden observar más detenidamente los rasgos y perfiles antes descritos, así como otros nuevos, como el dibujo decorativo del pantalón del traje, oculto bajo la capa de pintura. Asimismo, se puede observar, especialmente en la chaqueta, la forma del pintor de construir las sombras de los objetos, a base de finas veladuras de tonos más oscuros sobre una base relativamente plana de color.



Fig.94



Fig.95



Fig.96

En este otro detalle de la obra (Fig.97: Imagen visible; Fig.98: Imagen obtenida con el equipo *Sony*, con luz ambiente; Fig.99: Imagen obtenida con el equipo *Sinar* y luz específica) se puede apreciar la forma de trabajar mediante finas capas de color, especialmente en el jersey azul y las carnaciones de las piernas de los niños, bajo las que se puede observar de forma clara el fondo del suelo, perfectamente terminado. Esto quiere decir que estas figuras fueron pintadas una vez fue terminado el fondo, incluso se podría pensar que no estaba en la mente del pintor realizarlo, y que lo decidió una vez finalizado el cuadro, ya que también se encuentran posicionados en un segundo plano, fuera de las líneas estructurales verticales descritas; de la misma forma, su acabado no es tan completo como el de las demás figuras, resultando aparentemente inacabadas.



Fig.97



Fig.98



Fig.99

19. ENRIC ALFONS GARCÍA. *Máscara*, 1984.

Óleo sobre tela, 200x160cm.

Facultad Bellas Artes, Dpto. Conservación y Restauración.



Fotografía general

Cámara *Sony DSC-V3*
Sin Filtro
Luz directa monocromática
de sodio

Longitud focal 10,8 mm.
Abertura F/3,5
Tiempo exposición 1/40 seg.
ISO-Auto

Fig.100

En el estudio IR de esta obra de Enric Alfons, se puede destacar la reacción del color rojo frente al color negro en esta zona del espectro. El rojo aparece totalmente transparente a esta radiación, dejando “ver” el dibujo o estructura subyacente, mientras que el negro presenta un aspecto totalmente oscuro y opaco, ya que absorbe esta radiación en un alto porcentaje (Fig.101-102).



Fig.101

Fotografía IR

Cámara *Sony DSC-V3*
Modo "NightShot"
Filtro IR *Bower dHD 720*
Luz directa monocromática de sodio

Longitud focal 10,8 mm.
Abertura F/3,2
Tiempo exposición 1/30 seg.
ISO-Auto



Fig.102

Fotografía IR

Cámara *Sinar AG-Hy6 / Sinarback eMotion 75 II*
Filtro IR *B+W 093-830*
Luz directa monocromática de sodio

Longitud focal 80 mm.
Abertura F/14
Tiempo exposición 1 seg.
ISO 100

20. ENRIC ALFONS GARCÍA. *Tatuatge*, 1991.

Óleo sobre lienzo, 160x200cm.

Edificio Rectorado.



Fig.103

Fotografía general

Cámara *Sony DSC-V3*
Sin Filtro
Luz difusa halógena

Longitud focal 7 mm.
Abertura F/2,8
Tiempo exposición 1/13 seg.
ISO-Auto

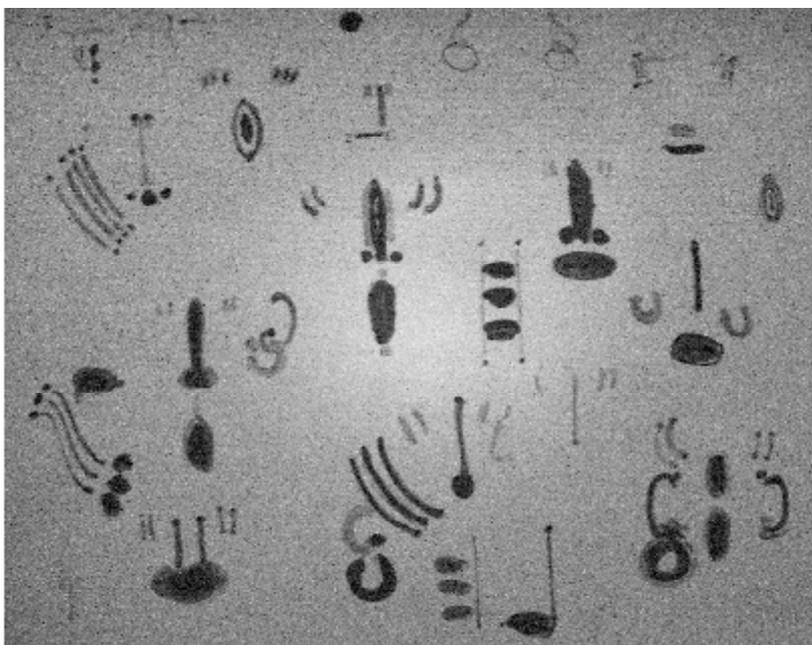


Fig.104

Fotografía IR

Cámara *Sony DSC-V3*
Modo "NightShot"
Filtro IR 89B *Cokin A007*
Luz difusa halógena

Longitud focal 7 mm.
Abertura F/2,8
Tiempo exposición 1/10 seg.
ISO-Auto



Fig.105

Detalle general

Cámara *Sony DSC-V3*
Sin Filtro
Luz difusa halógena

Longitud focal 7 mm.
Abertura F/2,8
Tiempo exposición 1/13 seg.
ISO-Auto



Fig.106

Detalle IR

Cámara *Sony DSC-V3*
Modo "NightShot"
Filtro IR 89B *Cokin A007*
Luz difusa halógena

Longitud focal 7 mm.
Abertura F/2,8
Tiempo exposición 1/15 seg.
ISO-Auto

Lo mismo sucede esta otra obra de Alfons, sin apenas interés bajo el IR. Se puede destacar, también, la reacción del color rojo del fondo, con poca absorción, que pasa a verse como una superficie clara y homogénea, lo cual significa que la pintura ha sido aplicada sin apenas mezcla y distribuida uniformemente por todo el lienzo (al contrario de lo que sucede con la obra anterior, que aparece el plano totalmente heterogéneo).

Las diferencias tonales de gris en ambas imágenes infrarrojas (Fig.104 y 106), viene dada por el enfoque e iluminación puntual del equipo utilizado; en la imagen de detalle se puede apreciar perfectamente la reacción que se produce en la zona de mayor iluminación, en el centro, donde la superficie roja aparece prácticamente blanca.

21. NURIA RODRIGUEZ CALATAYUD. *Exploradores del abismo*, 2008.

Óleo sobre lienzo, 182x140cm.

Facultad Bellas Artes, Dpto. Conservación y Restauración.



Fotografía general

Cámara Sony DSC-V3
Sin Filtro
Luz directa monocromática
de sodio

Longitud focal 12,9 mm.
Abertura F/3,5
Tiempo exposición 1/15 seg.
ISO-Auto

Fig.107

Predominan también en esta obra tres colores claramente diferenciados: el negro de fondo, y el rojo y el verde de las “figuras” (Fig.107). La superposición y entrelazado, ha permitido observar la reacción e interacción entre estos colores bajo la radiación IR (Fig.108-109).

Los resultados obtenidos han resultado realmente curiosos, pues como se puede apreciar en las fotografías de IR, el color verde, el cual, normalmente, absorbe bastante radiación IR, resulta relativamente transparente en este caso, dejando “ver” las figuras y planos que se encuentran bajo éstos.



Fig.108

Fotografía IR

Cámara Sony DSC-V3
Modo "NightShot"
Filtro IR Bower dHD 720
Luz directa monocromática
de sodio

Longitud focal 12,9 mm.
Abertura F/3,5
Tiempo exposición 1/30 seg.
ISO-Auto



Fig.109

Fotografía IR

Cámara Sinar AG-Hy6 /
Sinarback eMotion 75 II
Filtro IR B+W 093-830
Luz directa monocromática
de sodio

Longitud focal 80 mm.
Abertura F/13
Tiempo exposición 1,60 seg.
ISO 100



Fig.110



Fig.111

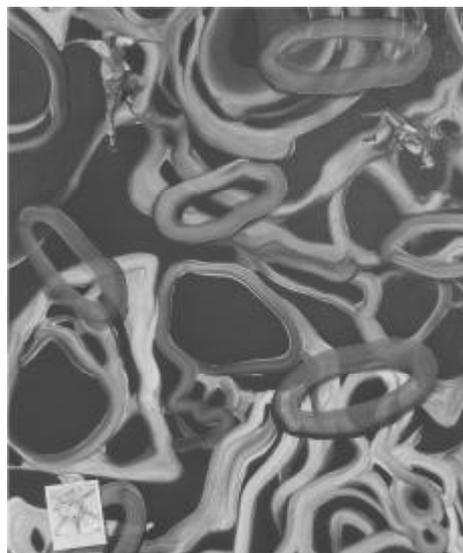


Fig.112

En los detalles (Fig.110: Imagen visible; Fig.111: Imagen obtenida con el equipo *Sony*, con luz específica; Fig.112: Imagen obtenida con el equipo *Sinar* y luz específica) se aprecia más minuciosamente la transparencia del color verde. Asimismo, se puede observar, con gran detalle, mucho mayor en la imagen *Sinar* (fig.112), las huellas y marcas de la técnica utilizada en la ejecución de la obra.

7. CONCLUSIONES.

La revisión histórico-técnica realizada sobre el uso y la evolución de la radiación IR para el estudio del dibujo subyacente en obra contemporánea, ha revelado ciertos momentos y conceptos importantes en el estudio de los bienes culturales.

A. Conclusiones respecto de las técnicas IR utilizadas hasta el momento, y la optimización de dicha técnica de captación en obra bidimensional de artistas contemporáneos:

Hay que destacar que la **aparición de la tecnología digital** en este campo con la consecuente sustitución de la película fotosensible por sensores o matrices fotoeléctricos tipo CCD o CMOS, así como el uso de programas informáticos de manipulación y tratamiento de imágenes digitales, han supuesto el mayor avance en el aspecto técnico. Se ha facilitado y agilizado tanto el proceso de captación y procesado de la imagen IR, como su calidad y resolución final, dejando atrás la fotografía analógica y la reflectografía, utilizadas hasta entonces para esta tarea.

La adaptación de la fotografía digital al registro de la radiación infrarroja, ha provocado cierta confusión en el **concepto o denominación inicial de la “fotografía infrarroja” frente a la “reflectografía infrarroja”**, hasta el momento perfectamente diferenciados. Como ya se ha mencionado en este estudio, la diferencia entre la fotografía (analógica) y la reflectografía se encuentra, principalmente, en el tipo de reacción que se produce durante la adquisición de la imagen proveniente del espectro IR que, a su vez, viene provocada por el tipo de soporte sobre el cual se adquiere dicha imagen; si se producen reacciones químicas, la imagen se obtiene en soporte fotosensible, obteniendo una fotografía (analógica); en cambio, si las reacciones son eléctricas, se obtiene la imagen en soporte electrónico, creando un reflectograma. Esta última reacción ocurre también en el proceso de obtención de una “fotografía digital”, por lo que esta diferencia inicial entre *fotografía* y *reflectografía* ya no existe, denominándose actualmente las imágenes IR obtenidas “fotografías digitales infrarrojas”.

Si se observan los cuadros comparativos entre las características de unos equipos y otros (Fig. 9 y 12), se puede apreciar que **la zona del IR que capta cada uno de los equipos testados no varía en demasía**, exceptuando el rango captado con las películas fotosensibles, cuyo nivel máximo es muy inferior; esto es debido, principalmente, a las propiedades térmicas de los rayos IR que, según se adentran en el espectro en un rango mayor a los 900nm, provocan el deterioro del material con el que se fabrican las películas fotográficas. Este problema se solventa con la introducción de los sensores eléctricos utilizados tanto en los equipos reflectográficos como en las cámaras digitales, como son los **sensores tipo CCD o CMOS**.

Actualmente, **la mayoría de las cámaras digitales llevan sensores de este tipo, principalmente CCD, cuya base silícea les permite captar ondas electromagnéticas en un rango aproximado de 400 a 1.100-1.200nm** sin apenas distorsiones. Otro elemento de estos equipos que condiciona su alcance en esta zona de espectro es el tipo de lentes; las cámaras digitales convencionales portan, normalmente, lentes de tipo BK-7, cuyo rango de captación de las ondas electromagnéticas es muy similar al indicado en los sensores CCD.

Otro tipo de sensor, utilizado en algunos de estos equipos, especialmente en los reflectográficos y en los espectrógrafos, para este tipo de estudios, es el **sensor o matriz InGaAs. Estos sensores cubren la zona del espectro de 800 a 1.600nm**, incluso más si se manipulan, aunque no captan el visible. Sin embargo, investigadores como Obrutsky y Acosta, afirman que, sobre este tipo de materiales y obras, no se logran mejoras en la visualización más allá de los 2.000nm, ya que el índice de refracción de estos materiales disminuye al aumentar la longitud de onda de la radiación incidente; del mismo modo, explican que en longitud inferior a 1.000nm, los resultados obtenidos no son demasiado aceptables, ya que no atraviesa fácilmente la capa pictórica, permitiendo ver transparencia sólo a través de pigmentos claros, como los rojos y los blancos. En este último caso, la imagen final obtenida sería una superposición de la imagen visible y la imagen IR, por lo que no se vería con claridad los datos deseados.

El rango en el que los sensores CCD permiten la captación de ondas electromagnéticas es el adecuado para los objetivos perseguidos en este estudio y en la mayoría de los análisis de obras pictóricas¹⁰⁴.

La iluminación utilizada en el momento de la toma de la imagen IR es también otro condicionante importante para el resultado final; si la luz es directa, la imagen obtenida resulta mucho más nítida y clara, apreciándose mejor los rasgos y caracteres buscados. Algunas de estas cámaras, como las utilizadas en los sistemas de seguridad o vigilancia, poseen lámparas internas que permiten captar imágenes en el espectro IR sin apenas emisión en el espectro visible, aunque el resultado obtenido no llega a ser tan bueno, principalmente por el mal reparto de la luz.

No obstante, **la capacidad de transmisión de los equipos digitales actuales depende, esencialmente, de la propia capacidad de transmisión de los filtros IR** utilizados en el momento de la toma. Existen varios tipos de filtros IR, con diferentes valores o capacidad de

¹⁰⁴ No hay que olvidar que el poder de penetración de las ondas infrarrojas no es demasiado poderoso, por lo que en este sentido, si la capa pictórica no tiene un gran espesor, se obtendrán mejores resultados.

transmisión del espectro; según su opacidad, estos valores varían, siendo mayor la transmisión cuanto más opaco, aunque también mayor su complejidad de manejo, pero mucho mayor la versatilidad de la imagen IR obtenida, ya que deja pasar menor cantidad de radiación visible, y el solapamiento de imágenes es mucho menor, consiguiendo una notable calidad y nitidez en la imagen final.

Asimismo, las **mejoras conseguidas en cuanto a las prestaciones técnicas** (tamaño del sensor, sensibilidad ISO, exposición, objetivo, etc.) de los equipos fotográficos digitales, han permitido obtener imágenes de muy buena calidad de una obra o elemento completo en un solo disparo, evitando la posterior construcción en “mosaico” que se debía hacer con las imágenes obtenidas con los equipos reflectográficos o las cámaras fotográficas analógicas, así como las inevitables distorsiones que este proceso provocaban en la imagen total final. Gracias a su resolución, se pueden llegar a conseguir, a partir de esa imagen, minuciosos detalles con una gran precisión y nitidez.

En esencia, la calidad y versatilidad de una imagen IR final obtenida con equipos fotográficos digitales radica en la eficacia de sus propiedades técnicas y en la capacidad de transmisión de los filtros IR utilizados. Estas valoraciones se pueden observar claramente en las fotografías realizadas a través de los equipos *Sony* y *Sinar* utilizados en este estudio sobre las obras de arte contemporáneo de la colección de la UPV; en ellas se aprecia perfectamente que con el equipo *Sinar*, de mayores prestaciones, se pueden conseguir mejores resultados que con el equipo *Sony*. Del mismo modo, observando las características técnicas del nuevo respaldo digital *PhaseOne Achromatic*, se puede pensar que las imágenes obtenidas con este equipo, tendrán aún mayor calidad que estas últimas, suponiendo un nuevo avance en el análisis y estudio de los bienes culturales.

B. Conclusiones respecto a la consecución de información sobre las técnicas de los artistas contemporáneos:

En un principio, la metodología de los registros se inició del mismo modo que la realizada hasta el momento en obras convencionales, como es la búsqueda de determinados caracteres como la existencia de un dibujo subyacente, arrepentimientos o cambios en la composición final, intervenciones posteriores, etc. A este respecto, las investigaciones y publicaciones realizadas por Pilar Bustinduy han sido muy reveladoras, sobre todo en cuanto a la búsqueda de otros nuevos posibles resultados y reacciones y a la creación de nuevos conceptos y campos de aplicación de esta técnica, como puede ser la “ausencia” de un determinado carácter o el proceso o modo de construcción de un determinado artista. **Esta nueva concepción de aplicación de esta técnica rompe con los conceptos hasta entonces conocidos, aunque han sido de gran ayuda en el estudio de este tipo de obras.**

Desde su inicio, la aplicación de esta técnica en el estudio de obras de arte ha resultado muy relevante, esencialmente por su propiedad de hacer visibles ciertas propiedades o aspectos de un objeto invisibles a simple vista. Gracias a esta propiedad, **el registro IR puede aportar información extremadamente valiosa tanto histórica como artísticamente sobre una obra o artista.** Igualmente interesante ha sido su capacidad de hacer ver ciertos materiales de forma diferente a su visualización en el espectro visible, debido a la diferente reacción de los rayos IR al “chocar” con los diversos materiales o componentes de una obra. Esta capacidad está resultando extremadamente relevante en los estudios sobre obra contemporánea debido a la gran diversidad de materiales en ellas utilizados, así como su forma de aplicación. En este sentido, hay que destacar que entre los materiales utilizados en la creación de una obra, no es tan relevante la técnica pictórica utilizada como lo puede llegar a ser el tipo o naturaleza de los pigmentos empleados. Este puede ser un aspecto factible de desarrollar **en futuras vías de investigación** mediante probetas realizadas con materiales y técnicas utilizados actualmente por los artistas contemporáneos, como lo hizo en su momento Althöfer.

8. BIBLIOGRAFÍA.

1. *Actas de los Coloquios I al XVI*. Universidad Católica de Lovaina, 1975-2009.
2. ALTHÖFER, H. *Restauración de pintura contemporánea: Tendencias, Materiales, Técnica*. Madrid: Ediciones Akal, S.A., 2003.
3. ANTELO, Tomás, GABALDÓN, Araceli; VEGA, Carmen. "El retablo de Santa María La Mayor de Trujillo: Dibujo subyacente". En: *Instituto de Patrimonio Histórico Español (IPHE)*, 2005-06. www.mcu.es [Consulta: 24 de Septiembre de 2012].
4. ANTELO, Tomás, GABALDÓN, Araceli.; VEGA, Carmen. "Fernando Gallego en Trujillo: Estudios físicos". Instituto del Patrimonio Histórico Español (IHPE), 2005. En: www.mcu.es [Consulta: 18 de Agosto de 2011].
5. ARNOLD, C.R.; ROLLS, P.J.; STEWART, J.C.J. *Fotografía aplicada*. Barcelona: Ediciones Omega, S. A., 1974.
6. BERTANI, Duilio. "Últimos avances en el campo de los dispositivos de reflectografía infrarroja". *Catálogo exposición "El nacimiento de una pintura: De lo visible a lo invisible"*. Valencia: Generalitat Valenciana y Museo de Bellas Artes de Valencia, julio-octubre 2010.
7. BUSTINDUY, Pilar. "Aplicación de Radiografía y Reflectografía Infrarroja al estudio del Arte Contemporáneo". Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía. Reunión del Grupo de Arte Contemporáneo, Madrid, 2004. En: *GEIIC*. www.geiic.com. [Consulta: 18 de Agosto de 2013].
8. *B+W Filter*. Catálogo 2011. En: Jos. Schneider Optische Werk GmbH. <http://issuu.com> [Consulta: 08 de Marzo de 2013].
9. CORREA OROZCO, Carolina. "Iluminando lo invisible: Nueva fuente de radiación infrarroja para la adquisición de imágenes digitales en el espectro infrarrojo". En: *Conserva*, nº 16, 2011, pp. 17-26. www.dibam.cl. [Consulta: 19 de Enero de 2013].
10. DIETZ, Chistian; CATANZARITI, Gianluca; JIMENO, Alfredo. "Infrared Reflectography Using 3D Laser Scanning". En: *e-conservation magazine*, nº 18, 2011, pp. 32-42. www.e-conservationline.com [Consulta: 19 de Enero de 2013].
11. *Digital Still Camera DSC-V3. Manual de instrucciones*. Sony Corporation S.L., 2004. En: www.sony.net.
12. FINALDI, G.; GARRIDO, Carmen. "Glosario de términos". *Catálogo exposición "El trazo oculto; Dibujos subyacentes en pinturas de los siglos XV y XVI"*. Madrid: Ministerio de Cultura y Museo Nacional del Prado, julio-noviembre 2006.
13. FUYUKI, T.; KONDO, H.; TAKAHASHI, Y.; URAOKA, Y. "Photographic surveying of minority carrier diffusion length in polycrystalline silicon solar cells by electroluminescence". En: *Applied Physics Letters*, Vol. 86, Junio de 2005, pp. 262108-3. www.pveducation.org [Consulta: 04 de Junio de 2013].

14. GÓMEZ, M.L. *La Restauración: Exámen científico aplicado a la conservación de obras de arte*. Madrid: Ediciones Cátedra (Grupo Anaya, S.A.), 1998-2002.
15. LLAMAS PACHECO, R. *Conservar y restaurar el arte contemporáneo: Un campo abierto a la investigación*. Valencia : Universitat Poliècnica de València, 2010.
16. LLAMAS PACHECO, R. "Investigar para enseñar, o cómo profundizar en el conocimiento de la disciplina de la Conservación del Arte no convencional". En: *16 Congreso Internacional de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*, Vol. 2, pp. 821-836. Valencia: Universitat Politècnica de València, 2006.
17. MATTEINI, M.; MOLES, A. *Ciencia y Restauración. Método de investigación*. Sevilla: Editorial Nerea, S.A., 2001.
18. MUNOZ ZUTIRA, L.; CAMPOS ACOSTA, J.; PONS AGLIO, A.; SHCHERBAKOV, A. "Medida de la reflectancia de fotodiodos de InGaAs/InP". Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), Puebla, México y CSIC-Instituto de Física Aplicada, Madrid España. En: *Óptica Pura y Aplicada*, nº 40, 2007, pp. 105-109 www.sedoptica.es [Consulta: 04 de Junio de 2013].
19. OBRUTSKY, Alba.E.; ACOSTA, Daniel. "Infrared Reflectography, and NDT Technique for images diagnosis". Grupo de Diagnóstico por imágenes en Bienes Culturales del ENDE.CNEA. *Conferencia Panoamericana de Ensayos No Destructivos-PANNDT*. Río de Janeiro, Brasil, Junio 2003.
20. OSPITALI, F.; RATTAZZI, A.; COLOMBINI, M.P.; ANDREOTTI, A.; DI LONARDO, G. "XVI century wall paintings in the *Messer Filippo* cell of the tower of Spilamberto: Microanalyses an monitoring". En: *Journal of Cultural Heritage*, Vol. 8, 2007, pp. 323-327. www.sciencedirect.co. [Consulta: 19 de Enero de 2013].
21. *Plintura Valenciana. Década de los 70: Artistas Valencianos de la Generación de los 70 en los fondos del Patrimonio Artístico de la UPV*. Valencia: Universitat Politècnica de València, Fondo de Patrimonio Artístico, 2008.
22. PUIG SANCHÍS, Isidro. "Estudio de los dibujos subyacentes en la obra del pintor Jaume Ferrer I: el Retablo de la Piedad del Museu Episcopal de Vic". En: *Quaderns del MEV* (Museu Episcopal de Vic), Vol. IV, 2012, pp. 49-74. CAEM, Universitat de Lleida. www.caem.edl.cat. [Consulta: 18 de Agosto de 2011].
23. TORRES, Juan; POSSE, Alberto; MENÉNDEZ, José M. "Descripción del sistema VARIM: Captación y composición del mosaico reflectográfico". Grupo de aplicación de Telecomunicaciones Visuales E.T.S. Ingenieros de Telecomunicación (UPM). En: *Instituto de Patrimonio Histórico Español (IPHE)*, 2004. www.mcu.es [Consulta: 18 de Agosto de 2011].
24. VAN ASPEREN DE BOER, J. "Reflectography of paintitngs using an Infrared Vidicon Television System". En: *Studies in Conservation*, Vol. 14, 1969, pp. 96-118. www.iiconservation.org [Consulta: 13 de Enero de 2013].

25. VAN SCHOYTE, Roger; GARRIDO, Carmen. "El dibujo subyacente: Principios y características esenciales". *Catálogo exposición "El nacimiento de una pintura: de lo visible a lo invisible"*. Valencia: Generalitat Valenciana y Museo de Bellas Artes de Valencia, julio-octubre 2010.
26. Advanced ProSer, S.L. www.advancedproser.com [Consulta: 25 de Noviembre de 2012].
27. Amazon.com, inc. or its affiliates. www.amazon.com [Consulta: 08 de Abril de 2013].
28. Capture Scan Print. www.capturesacnprint.com [Consulta: 08 de Marzo de 2013].
29. Digital Photography Review. www.dpreview.com [Consulta: 09 de Abril de 2013].
30. Digitaltoyshop. www.digitaltoyshop.com [Consulta: 28 de Febrero de 2013].
31. dZoom, pasión por la fotografía. www.dzoom.org.es [Consulta: 07 de Marzo de 2013].
32. eBay. www.ebay.com. [Consulta: 08 de Marzo de 2013].
33. Ecured. Conocimiento con todos y para todos. www.ecured.cu [Consulta: 24 de Noviembre de 2012].
34. Editorial Photo. www.editorial-photo.com [Consulta: 08 de Marzo de 2013].
35. Fisiquéame2. <http://fisiqueameciencias2.blogspot.com.es> [Consulta: 24 de Noviembre de 2012].
36. Hablando de ciencia. www.hablandodeciencia.com [Consulta: 18 de Enero de 2013].
37. Hector's Home Page. IAC. www.iac.es [Consulta: 25 de Noviembre de 2012].
38. instantShift. www.instantshift.com [Consulta: 13 de Enero de 2013].
39. Jos. Schneider Optische Werke GmbH. www.schneiderkreuznach.com [Consulta: 04 de Junio de 2013].
40. MUSIS, Advanced Spectral Imaging Solutions for Non-Destructive Analysis. www.musis.forth-photonics.com [Consulta: 13 de Enero de 2013].
41. Opus Instruments Ltd. www.opusinstruments.com [Consulta: 21 de Enero de 2013].
42. PhaseOne. www.phaseone.com [Consulta: 09 de Abril de 2013].
43. Pixmania.com. www.pixmania.com [Citado el: 28 de Febrero de 2013].
44. Pveducation.org. <http://pvcdrom.pveducation.org> [Consulta: 04 de Junio de 2013].
45. Quesabesde.com. www.quesabesde.com [Consulta: 07 de Marzo de 2013].
46. Redcoon.es. www.redcoon.es [Consulta: 08 de Marzo de 2013].
47. Sensor Unlimited Inc. www.sensorsinc.com [Consulta: 03 de Junio de 2013].
48. SIGMA. Revista Astronómica Actual. www.sigma.8m.com [Consulta: 3 de Febrero de 2013].
49. Sinar Cameras. www.sinarcameras.com [Consulta: 08 de Marzo de 2013].
50. Sony Europe Limited. www.sony.es [Consulta: 07 de Marzo de 2013].
51. Spitzer Space Telescope. *Astronomía Infrarroja*. <http://legacy.spitzer.caltech.edu> [Consulta: 25 de Noviembre de 2012].

52. Teledyne DALSA Inc. *CCD vs CMOS*. www.teledynedalsa.com [Consulta: 10 de Marzo de 2013].
53. TIPA, Technical Image Press Association. www.tipa.com [Consulta: 08 de Marzo de 2013].
54. Últimos Avances. www.ultimosavances.com [Consulta: 3 de Febrero de 2013].
55. Xataka Foto. *Pasión por la fotografía digital*. www.xatakafoto.com [Consulta: 10 de Marzo de 2013].

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer al Dpto. de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Universitat Politècnica de València, por la colaboración prestada en las diferentes fases de esta investigación, en especial al área de Documentación y Registro. Al Vicerrectorado de Alumnado y Cultura por permitirnos acceder a los Fondos de Arte Contemporáneo de obra pictórica de la Universitat Politècnica de València.

Gracias a los profesores D. Juan Valcárcel y D^a Victoria Vivancos por su apoyo y orientación constante durante todo este tiempo.

Por último, agradecer a D. Francisco Javier Manjón Herrera, Profesor Titular del Dpto. de Física Aplicada en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño de la UPV, por los conocimientos técnicos aportados a esta investigación.

ANEXOS