

METODOLOGIA DE REPRODUCCIÓ D'ORIGINALS AUTOCROM

Carles Mitjà, Bea Martínez

Laboratori de Qualitat de la Imatge (LQI). Centre de la Imatge i les Tecnologies
Multimèdia de la Fundació Universitat Politècnica de Catalunya, (CITM/FUPC)

Introducció

La digitalització d'originals fotogràfics autocrom comporta la necessitat de conservar, en la mesura del possible, les característiques de to, contrast i color dels originals. Les propietats d'aquesta mena d'originals, alta densitat i color característic, així com el seu destí a ser observats amb il·luminació per transmissió els fan especialment difícils de reproduir. En la reproducció dels originals autocrom objecte d'aquest treball, ha estat necessari tenir en compte el format de presentació dels mateixos en la exposició al públic, la mida de les reproduccions i un procediment que en garantis una bona fidelitat de resolució del detall i del color. El treball que es presenta explica els estudis previs, l'equipament i la metodologia emprades en la reproducció d'originals autocrom de la Memòria de la Imatge del CITM amb ocasió de la exposició "Del pigment al bit" que tingué lloc al Palau Robert de Barcelona la tardor del 2005.

Dispositiu de Reproducció

La col·lecció a reproduir estava formada per dos grups d'originals pel que fa a la seva mida: plaques de 9x12cm i parells estereoscòpics de 4,5x4,5cm cada imatge, tots ells sobre suport de vidre. Encara que la finalitat original dels autocroms era la seva observació mitjançant il·luminació per transmissió amb l'ajut d'instruments específicament dissenyats per a aquesta funció, en la exposició al públic objecte del treball no es disposava de la infraestructura necessària i això decidí als comissaris a exhibir-ne còpies fotogràfiques sobre paper color amb procés fotoquímic RA4.

Donades les característiques dels originals i la mida de reproducció proposada pels comissaris de l'exposició, 13x18cm, es podia contemplar tant la possibilitat de reproduir-los mitjançant l'escàner com de fer-ne captacions amb càmera. L'estat de conservació deficient d'alguns dels autocroms i la transmissió de calor originada per l'escàner, han fet recomanable la reproducció mitjançant un respatller digital *Sinarback22* acoblat a una càmera de banc òptic i equipat amb un sensor CCD de 2048x2048fotorreceptors.

Atenent a les necessitats de qualitat i a l'augment de treball, com a objectiu de presa s'ha triat el *Nikon Micro-Nikkor 55mm f/3,5*. Aquest objectiu està optimitzat, segons el fabricant, per augments de treball entre 0,1 i 1; els valors de l'augment de treball per cada cas es mostren a la Taula 1.

Tipus d'original	Augment lateral (m)
Autocroms 9x12cm	0,19
Autocroms 4,5x4,5cm	0,51

Taula 1

El sistema permet de captar imatge en color a través d'un filtre RGB Bayer o, de forma opcional, efectuar quatre captacions amb un micro-moviment del sensor per enfrontar seqüencialment cada lloc geomètric de la imatge amb un fotorreceptor R, G o B

successivament; aquest darrer sistema evita la interpolació del color millorant substancialment la qualitat de les imatges així obtingudes i fou l'emprat en les reproduccions objecte d'aquest treball. La resolució espacial del respatller permet una reproducció d'aproximadament 18cm de costat en dispositius de sortida amb una demanda de resolució de 300ppi.

Il·luminant de les Reproduccions

Una vegada decidit que les reproduccions es faran amb una càmera equipada amb el respatller *Sinarback22*, cal decidir el tipus i característiques de l'il·luminant que s'utilitzarà en el dispositiu de reproducció. Tenint en compte els originals a reproduir en els que el color és una característica essencial, la distribució espectral de l'il·luminant és un dels trets a tenir en compte. En un altre ordre de coses, la necessitat de la il·luminació per transmissió i la proximitat de la font d'il·luminació als originals amb el risc de transmissió d'escalfor que comporta són també elements a considerar.

El flash electrònic professional reuneix unes característiques que el fan especialment adient en aquest cas: distribució espectral propera a la llum dia (5500°K aprox.), baixa emissió de radiació infraroja i curta durada del llampec (entre 1/125 i 1/250s en el model emprat). Aquesta durada del llampec minimitza també el risc de moviment durant la exposició dels originals; aquest darrer aspecte és molt important tenint en compte que sobretot en el cas dels parell estereoscòpics, l'augment de treball és relativament alt (aprox. 0,5).

Per a les reproduccions objecte d'aquest treball s'ha utilitzat una caixa difusora rígida *Hensel Boxlite* de 30x40cm connectada a un generador de flash *Hensel 1500* amb una energia màxima de 1500ws; el generador permet de regular la energia de flash en un interval de 3EV.

Calibratge del dispositiu de reproducció

Per tal de garantir un nivell prou alt de qualitat en les reproduccions s'ha procedit al calibratge del dispositiu respecte diversos paràmetres:

- a) Determinació del poder de resolució de l'objectiu.
- b) Determinació de la MTF (Funció de Transferència de la Modulació) del conjunt òptica-sensor amb l'il·luminant emprat.
- c) Calibratge del balanç de blancs del conjunt òptica-sensor respecte de l'il·luminant emprat.
- d) Determinació de la resposta sensitomètrica del conjunt òptica-sensor amb l'il·luminant emprat.
- e) Determinació de l'interval de densitat mitjana dels originals a reproduir.
- f) Generació de perfils de color ICC del conjunt òptica-sensor amb l'il·luminant emprat, del monitor i del sistema de còpia del laboratori.

- a) Determinació del poder de resolució de l'objectiu

La capacitat de resoldre el detall de l'objecte per part del conjunt objectiu-sensor depèn inicialment de que el poder de resolució de l'objectiu estigui per sobre de la freqüència límit del sensor o freqüència de Nyquist. Amb les dades de les mides del sensor i el nombre de fotorreceptors del mateix es calcula una freqüència de Nyquist de 44,5cicles/mm.

Per determinar el poder de resolució de l'objectiu es munta el mateix en un banc òptic i s'observa, mitjançant una lupa de 30x, la imatge aèria de la mira de resolució USAF1951 [9-RAY]. La prova es realitza amb augments laterals de 0,1 i 1,0 respectivament i per a tots els valors de diafragma enters disponibles a l'objectiu. Els gràfics de la Fig., 1 mostren els resultats; en ambdós casos se'n pot deduir que l'objectiu ofereix el millor rendiment a plena obertura, disminuint el poder de resolució a mesura que es tanca el diafragma.

També es pot comprovar que en l'interval dels augments comprovats, la resolució de l'objectiu a plena obertura supera amb escreix la freqüència de Nyquist del sensor (125lp/mm per $m=1,0$ i 200lp/mm per $m=0,1$).

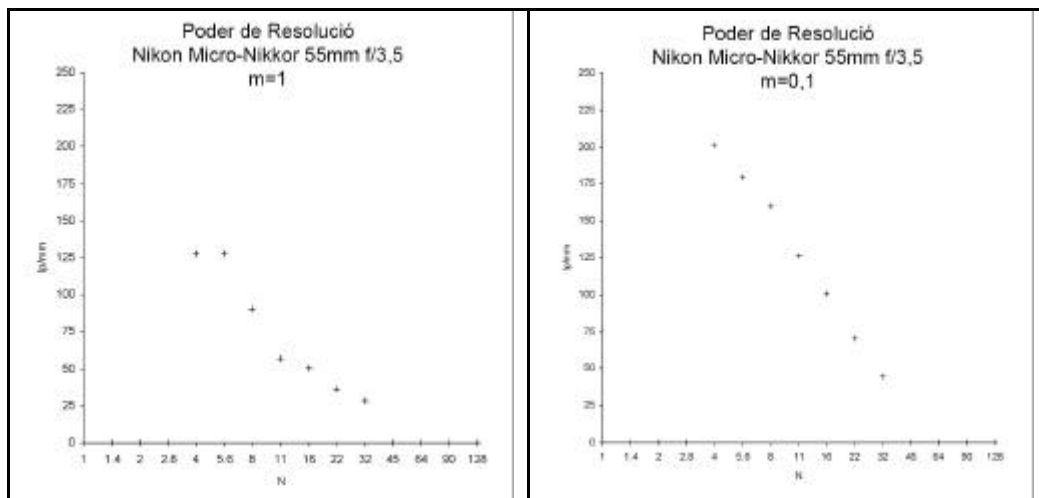


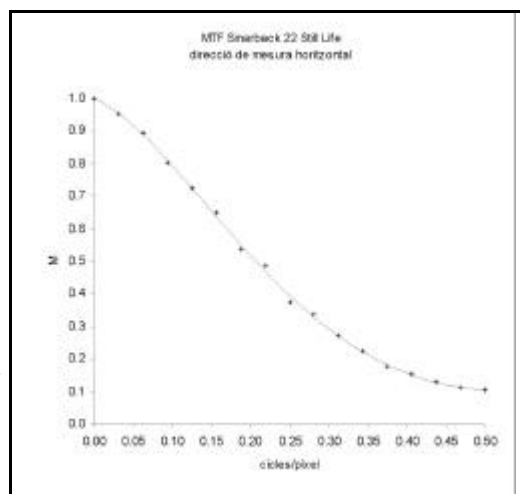
Fig., 1 – Gràfics del poder de resolució en parells de línies per mil·límetre en relació a l'obertura del diafragma de l'objectiu Nikon Micro-Nikkor 55mm f/3,5. A l'esquerra per un augment de $m=1,0$ i a la dreta per un augment de $m=0,1$.

b) Determinació de la MTF del conjunt òptica-sensor amb l'il·luminant emprat

La determinació de la MTF del dispositiu de reproducció obeeix a la necessitat de conèixer la expectativa de qualitat del mateix i la recomanació d'incrustar als arxius resultants de les reproduccions metadades sobre aquesta expectativa de qualitat que es puguin consultar en el futur [5-FREI]. El mètode emprat ha estat el que utilitza una vora inclinada com a patró [1-AX] i [7-MIT].

Les mesures sobre la imatge de la vora patró per determinar el valor de la MTF s'han pres mitjançant el plugin *SE_MTF* desenvolupat expressament amb aquesta finalitat per utilitzar amb el programari de processament d'imatges de lliure disposició *ImageJ*. Als valors obtinguts, que es mostren a la Fig., 2, es pot observar una resolució efectiva coincident amb la resolució nominal indicada per un valor del factor de modulació (M) per sobre del 10% a la freqüència de Nyquist [11-WILL].

Fig., 2 – Funció de transferència de la modulació del conjunt òptica-sensor; direcció de la mesura horitzontal. El resultat mostra una resolució efectiva coincident amb la freqüència de Nyquist.



c) Calibratge del balanç de blancs del conjunt òptica-sensor respecte de l'il·luminant emprat

Per el calibratge del balanç de blancs del sensor del Sinarback22 respecte de l'il·luminant emprat en les reproduccions, s'ha utilitzat l'eina prevista en el programari de gestió del mateix, el *Sinar Capture Shop*, i la carta de 24 patrons de color *Gretag Macbeth ColorChecker Color Rendition Chart*.

En aquest procediment i seguint les instruccions del tutorial del programari de gestió del Sinarback22, s'enregistra una imatge de la carta de color esmentada i a continuació una imatge d'una carta patró blanca subministrada amb l'equipament; amb aquesta informació el programari genera un arxiu de text que es pot codificar amb un nom que l'identifiqui amb les condicions de treball.

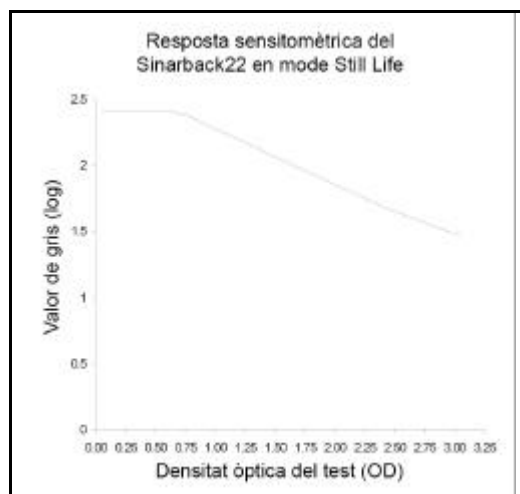
L'arxiu resta disponible com a opció en el menú de control del balanç de blancs i aquest calibratge es pot utilitzar sempre que es reproduueixin les condicions de treball pel que fa a il·luminant, il·luminària i objectiu de la càmera.

d) Determinació de la resposta sensitomètrica del conjunt òptica-sensor amb l'il·luminant emprat

La determinació de la resposta sensitomètrica del sensor Sinarback22 s'ha realitzat reproduint la falca sensitomètrica *Stouffer step wedge T2115* en les mateixes condicions en que es realitzaran les reproduccions [6-JACOB]; la captació de la falca de densitats s'ha realitzat en format TIFF i seleccionant una resposta linial de conversió del senyal en el programari de gestió del respatller.

Amb les lectures del valor de gris mitjà de píxel per a cada graó de densitat de la falca i els valors de densitat de la mateixa s'ha traçat el gràfic de resposta sensitomètrica a l'increment d'exposició. El resultat es mostra a la Fig., 3 i s'hi pot observar una resposta linial entre 0,75 i 3,25OD; la diferència entre les densitats màxima i mínima, 2,5OD, equival a 8,3EV.

Fig., 3 – Gràfic de la resposta sensitomètrica del conjunt objectiu-sensor a l'increment de l'exposició. El resultat mostra una resposta lineal entre 0,75 i 3,25OD, equivalent a un interval de 8,3EV.



e) Determinació de l'interval de densitat mitjana dels originals a reproduir
Comparar els valors obtinguts en la determinació de l'interval de densitat mitjana dels originals a reproduir amb la corba de resposta sensitomètrica del sensor ha de permetre comprovar si aquest és capaç d'enregistrar les variacions de densitat dels originals en una sola exposició. En cas contrari, caldria procedir a una doble exposició i posterior unió de les dues imatges mitjançant el processament digital.

Per tal de densitar els originals d'una manera comparativa i reproduïble, es prepararen sengles plantilles quadriculades en acetat transparent per sobreposar-les a les plaques de vidre; la mida de la quadrícula correspon a un 125% de l'àrea de mesura del densitòmetre. Això permet una mesura aleatòria respecte de la distribució tonal de les imatges dels originals.

Una vegada en posició la plantilla, es procedeix a la densitometria del conjunt per transmissió amb el densitòmetre *X-Rite 820*. Els valors de densitat òptica (OD) es passen a un full de càlcul mitjançant el qual se'n determinen els valors màxim i mínim que configuren el major interval a reproduir. Les densitometries realitzades mostren un interval de densitat mig 2,21OD, que equivalen a un marge de 7,4EV. Comparant aquest resultat de 7,4EV amb l'obtingut en el calibratge de la resposta sensitomètrica del respatller (8,3EV) es confirma que el *Sinarback22* pot reproduir l'interval de densitat dels autocroms en una sola exposició.

f) Generació de perfils de color ICC d'entrada, de monitor i de sortida
Els diferents dispositius que s'utilitzen (conjunt òptica-sensor, monitor i *printer* de laboratori) utilitzen diferents sistemes de reproducció de color i, per tant, tenen diferents *gamuts*; això fa que es puguin arribar a donar variacions molt importants entre la imatge original i la final si no es porta a terme una Gestió del Color acurada. Mitjançant la creació de perfils de color ICC per tots els dispositius que intervenen en el flux de treball es garanteix una correcta Gestió del Color en cadascun d'ells.

Per tot això, abans d'iniciar la reproducció dels autocroms s'han creat els perfils de color dels dispositius que intervindran en el treball:

- 1) Perfil ICC d'entrada: pel dispositiu de captació digital format pel conjunt òptica-sensor.
- 2) Perfil ICC del monitor emprat en la observació del treball realitzat i la seva edició.
- 3) Perfil ICC de sortida: pel dispositiu d'impressió fotoquímica *RA4*.

1) Perfil ICC d'entrada

Donades les característiques dels autocroms a reproduir que imposen la captació amb il·luminació per transparència, s'ha escollit la carta de referència *IT8.7/1-1993* de *Kodak*. Es tracta d'una carta RGB, en transparència i de format 4x5".

La carta de referència s'ha reproduït en les mateixes condicions en que es farà amb els autocroms pel que fa a il·luminació, balanç de blancs i conjunt òptica-sensor. A partir de l'arxiu digital obtingut s'ha creat un perfil de color mitjançant el programari *Profile Maker 4* de *GretagMacbeth*. El perfil generat serà aplicable com a perfil d'entrada a totes les imatges preses amb el conjunt òptica-sensor en les mateixes condicions de treball.

2) Perfil ICC del monitor

El monitor que s'utilitza per visualitzar les imatges una vegada digitalitzades ha de reproduir els colors de la manera més fidel possible, per tal que la valoració visual pugui ser fiable. És per això que es fa necessari calibrar el monitor i crear-ne un perfil de color específic. Mitjançant el calibratge es corregeixen la gamma i el punt blanc del monitor per garantir la correcta visualització de les dominants de color i del contrast de les imatges. Per altra banda, mitjançant el perfil de color del monitor s'estableix una correcta conversió de l'espai de color RGB de les imatges a l'espai de color RGB del monitor.

Tant el calibratge com la creació del perfil de color s'han realitzat amb el programari *Monitor Optimizer*, de *X-Rite Color* i el colorímetre *DTP92Q* de la mateixa marca. El programari indica les passes a seguir i realitza, en una mateixa operació, el calibratge i el perfil de color.

3) Perfil ICC de sortida

La impressió de les imatges en paper es realitzarà en un servei de laboratori professional extern, mitjançant el procés RA4. Cal doncs crear el perfil ICC de sortida corresponent al dispositiu d'impressió RA4 de l'empresa externa.

Donat que el procés RA4 és un sistema d'impressió RGB, la carta de referència ha de ser una carta també RGB. En aquest cas s'ha utilitzat la carta *TC2.88 RGB* de *GretagMacbeth* en format digital. Aquesta carta de referència ha estat enviada al laboratori per tal d'obtenir-ne una còpia impresa en el mateix paper en que s'imprimiran les reproduccions d'autocroms. Cal que a la carta de referència no s'hi hagi aplicat cap tipus de gestió de color abans de ser enviada.

A partir de la còpia impresa de la carta de referència s'ha realitzat la mesura dels patrons de color amb l'espectrofotòmetre *GretagMacbeth SpectroScan Transmission* en mode reflectància mitjançant el programari *Measure Tool*. L'arxiu de text generat a partir de la mesura de les dades L^*a^*b de tots els patrons de color a la còpia és el que s'ha utilitzat per la creació del perfil mitjançant el programari *Profile Maker 4* de *GretagMacbeth*. El perfil generat serà aplicable a totes les imatges que hagin de ser impreses amb sistema fotoquímic RA4 en el laboratori extern i utilitzant el mateix tipus de paper.

Els tres perfils ICC generats amb els mètodes ja descrits, s'han col·locat a la carpeta *Profiles*, dins l'apartat *ColorSync* del sistema operatiu *MacOS* d'Apple. Una vegada en aquesta carpeta, son en disposició de ser aplicats a qualsevol imatge o dispositiu respectivament.

En el cas del perfil del monitor, el propi programari que l'ha creat ja el defineix com a predeterminat en el sistema *ColorSync* del sistema operatiu *MacOS*. D'aquesta manera,

aquest perfil ja serà aplicat a totes les conversions d'espais de color que afectin a la visualització per monitor.

Els perfils d'entrada i sortida s'apliquen a les imatges mitjançant les opcions de Gestió de Color del programari Adobe Photoshop. Així, en el moment d'obrir la imatge en Photoshop i abans del seu tractament digital, s'aplica el perfil d'entrada a través de la opció "Asignar perfil". Una vegada la imatge està llesta per imprimir cal incrustar-hi el perfil de sortida seleccionant la opció "Convertir en perfil". Amb aquesta opció l'arxiu serà transformat de manera que tant el perfil d'entrada com el de sortida estaran inclosos en la imatge i no es podran descartar. És la manera més segura per garantir que l'impressor o el laboratori no descarti els perfils de les imatges.

Reproducció dels Originals

La reproducció dels originals s'ha portat a terme mitjançant el dispositiu de reproducció esmentat, que es mostra en la Fig., 4. Una vegada disposat el conjunt per tal d'encabir l'original en l'enquadrament, es procedeix a l'enfocament de l'objectiu. Aquest apartat és especialment important si es té en compte que encara que no es necessiti profunditat de camp, el diafragma utilitzat és el de plena obertura ($f/4$) doncs, segons la determinació del poder de resolució és el que proporciona una millor qualitat d'imatge; al mateix temps, una obertura gran disminueix els efectes nocius d'una difracció excessiva.

Fig., 4 – Dispositiu de reproducció. A la part superior es pot observar el respatller Sinarback22 acoblat a la càmera de banc òptic. A la part inferior, un autocrom original sobre la caixa Boxlite de flash electrònic que l'il·lumina per transmissió.



Les operacions d'enfocament s'han confiat al mòdul *Focus Assistant* del programari de gestió del respatller *Sinarback22*. Aquest mòdul analitza el contrast dels píxels d'una àrea seleccionada per l'operador indicant quan aquest contrast és màxim; en aquest supòsit de màxim contrast per unes condicions donades, la imatge té el nivell més alt de nitidesa.

Una mesura integrada del conjunt de l'original amb un exposímetre de flash en mode de llum reflectida proporciona una primera aproximació de l'exposició necessària. Una exposició de prova i l'anàlisi de l'histograma permeten d'ajustar la energia de flash per obtenir uns resultats òptims dintre de l'interval dinàmic del sensor. En el programari de gestió del *Sinarback22* es selecciona la opció de resposta lineal sense correccions per disposar de la màxima informació en termes de registre del to. També es desactiven les opcions d'aplicació d'algoritmes de millora de la nitidesa [*8-MIT*], supressió de soroll i modificacions cromàtiques.

Conclusions

El procediment seguit en la reproducció dels autocrom permet de conservar un nivell molt alt de les característiques pròpies de to, color i contrast, tot evitant una excessiva exposició dels originals a les radiacions lumíniques i calorífiques que podrien comprometre la seva preservació i que, per altre banda, son en certa mesura inevitables en tot procés de reproducció fotogràfica.

Les reproduccions amb un alt grau de fidelitat a l'original permeten la substitució d'aquest per la majoria d'estudis i aplicacions, en redueixen la manipulació, no limiten les consultes i ajuden, per tant, decisivament a millorar-ne el grau de conservació [4-FREI].



Fig., 5 i 6 – Imatges del Port de Barcelona a l'esquerra i de Castelldefels a la dreta. Ambdues reproduïdes dels originals autocrom de l'Arxiu Memòria de la Imatge del Centre de la Imatge i la Tecnologia Multimèdia (CITM) de la Fundació Universitat Politècnica de Catalunya.

Referències

- 1) AXFORD, N. R. (1999) MODULATION TRANSFER FUNCTION OF A DIGITAL CAMERA SYSTEM USING AN IMPLEMENTATION OF THE EDGE TECHNIQUE. [En línia]. Pàgina web, URL <http://www.wmin.ac.uk/itrq/is/msc/mtflab.pdf> [consulta 26/11/02].
- 2) BOREMAN, Glenn D. (2001) MODULATION TRANSFER FUNCTION IN OPTICAL AND ELECTRO-OPTICAL SYSTEMS. SPIE Press. Bellingham, Washington.
- 3) BOREMAN, Glenn D. (2001) MODULATION TRANSFER FUNCTION IN OPTICAL AND ELECTRO-OPTICAL SYSTEMS. SPIE Press. Bellingham, Washington.
- 4) FREI, Franziska S. i REILLY, James M. (1999) DIGITAL IMAGING FOR PHOTOGRAPHIC COLLECTIONS, Foundations for Technical Standards. Image Permanence Institute. Rochester.
- 5) FREI, Franziska S. (2002) CREACIÓ DE COL·LECCIONS DIGITALS. 7nes Jornades Antoni Varés. Girona.
- 6) JACOBSON, R. E., RAY, S. F., ATTRIDGE, G. G. i AXFORD, N. R. (2000) THE MANUAL OF PHOTOGRAPHY. Focal Press. 9ªEd. London.
- 7) MITJÀ, C. y ESCOFET, J. (2003) MEDIDA DE LA MTF EN CÁMARAS FOTOGRÁFICAS DIGITALES, 7ª Reunión Nacional de Óptica, Universidad de Cantabria, Santander.
- 8) MITJÀ, C., ESCOFET, J. y MARTÍNEZ, B. (2006) CRITERIOS DE MEJORA DE LA NITIDEZ DE BORDE EN IMÁGENES FOTOGRÁFICAS DIGITALES, 8ª Reunión Nacional de Óptica, Universidad de Alicante, Alicante.
- 9) RAY, S. F. (1994) APPLIED PHOTOGRAPHIC OPTICS. Focal Press, London.

- 10) STAWOWCZYK, Andrew. (1999) OPTIONS AND PREFERENCES FOR COLLECTION DIGITISATION. Pictorial Digitisation Review Group.
- 11) WILLIAMS, Don i BURNS, Peter D. (2001) DIAGNOSTICS FOR DIGITAL CAPTURE USING MTF. Eastman Kodak Company. Rochester. PICS2001, Montreal (227-232).

Agraïments

Els autors agraeixen la seva col·laboració al tècnic de l'Arxiu Memòria de la Imatge Andreu García Sánchez i al professor Antoni Bover Tañà, comissaris de l'exposició; agraeixen també el treball dels alumnes de Graduat en Fotografia i Creació Digital Manuel De Lozar Bartolomé, Miriam Lozano Jiménez i Sonia Cañada Ramos. Aquest treball ha estat finançat per la Fundació Universitat Politècnica de Catalunya.