

# URTX

## LA FOTOGRAFIA DE MOLT ALTA RESOLUCIÓ APLICADA A LA PINTURA MURAL

Josep Giribet

## LA FOTOGRAFIA DE MOLT ALTA RESOLUCIÓ APLICADA A LA PINTURA MURAL

### **Abstract**

La técnica de las fotografías de muy alta resolución (también llamadas *fotografías de gigapíxel* o *gigafotos*), aplicada a la pintura mural, permite capturar hasta el detalle más extremo y difícilmente observable a simple vista, así como su difusión y exploración interactiva en soportes y redes digitales. Las aplicaciones pueden servir para documentación, estudio, divulgación, reproducción y conservación.

*High-resolution photography techniques (also known as gigapixel photography), applied to mural painting, help capture the finest details, allowing for observation of features difficult to see with the naked eye. These solutions allow for rich interactive exploration of content as well as its easy distribution in digital networks. Common applications are archiving, learning, entertainment, heritage conservation and as resources for academic studies.*

### **Paraules clau**

Fotografia, molt alta resolució, *gigafoto*, *gigapíxel*, panoràmica, pintura mural, fotogrametria, fotografia immersiva, MNAC, Sant Climent de Taüll.

## Definició

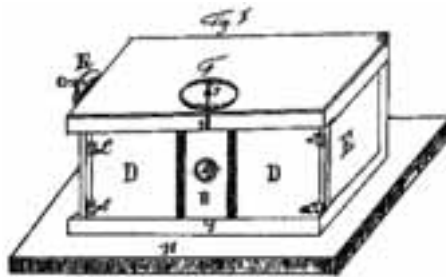
Podem definir la fotografia de molt alta resolució com aquella que s'obté a partir de la suma de diverses fotografies o amb càmeres especials i que, per tant, supera àmpliament la resolució de qualsevol imatge capturada de manera individual o amb una càmera més convencional.

## Antecedents

Podem situar els antecedents de la fotografia de molt alta resolució en les primeres fotografies panoràmiques. Efectivament, el 1839 es considera l'any de l'aparició de la fotografia i, pocs anys després, el 1843, l'austríac Joseph Puchberger crea les primeres panoràmiques basades en una placa corbada de 610 mm amb una lent oscil·lant de 200 mm de distància focal, que podia cobrir fins a un angle de 150°.<sup>1</sup>

El 1844, Friedrich von Martens crea a Alemanya el Megascop, una càmera basada en uns daguerreotips corbats com la de Puchberger, però molt més precisa i pràctica. La càmera podia capturar dotze imatges consecutives.

La tècnica fotogràfica i, amb ella, la panoràmica, va anar evolucionant, però seguint bàsicament els mateixos conceptes: òptica giratòria o càmera giratòria. Les innovacions en les plaques humides i, posteriorment, el desenvolupament de la pel·lícula flexible van permetre desenvolupar sistemes comercials que van facilitar molt el treball dels fotògrafs.



Il·lustració 1.  
Patent de la càmera de  
Joseph Puchberger.<sup>19</sup>

Actualment es disposa d'algunes càmeres que permeten capturar imatges de molt alta resolució en una sola exposició, com la Gigapan Project (amb un negatiu de 9" x 18" que, un cop escanejat, dona una resolució de 4 Gpx) i la Pan-STARS (digital, que captura 1,4 Gpx i que es dedica a usos astronòmics), però formen part de projectes de recerca o desenvolupament especials, no comercialitzats.

També en els darrers anys han aparegut sistemes robotitzats que permeten la captura d'un mosaic d'imatges de manera automatitzada. El que més s'ha popularitzat és el sistema Gigapan,<sup>2</sup> un projecte col·laboratiu entre la Carnegie Mellon University i el NASA Ames Intelligent Systems Division's Robotics Group, amb el suport de Google.

## Era digital

El 1969 es considera l'inici de la fotografia digital gràcies al disseny de l'estructura del CCD,<sup>3</sup> el sensor que substituirà la pel·lícula

<sup>1</sup> A. FRICH (2007), *Panoramic photography*, Oxford, Focal Press. p. ix.

<sup>2</sup> «Gigapan», a *Wikipedia: The free encyclopedia* (en línia), Jacksonville, The Wikipedia Foundation, <<http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Gigapan&oldid=385576171>> (consulta: 1 febrer 2011).

<sup>3</sup> Acrònim de *charge couple device* ('dispositiu de càrrega acoblada'). Vegeu «Image sensor», a *Wikipedia: The free encyclopedia* (en línia), Jacksonville, The Wikipedia Foundation, <[http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Image\\_sensor&oldid=410181893](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Image_sensor&oldid=410181893)> (consulta: 3 febrer 2011).



Il·lustració 2.  
**Martin Behrmanx.**  
 Fotografia panoràmica  
 de San Francisco (1851).<sup>20</sup>

Il·lustració 3.  
**Daguerreotip  
 panoràmic de París:**  
*View of the Pont-Neuf,  
 the Quays of the Louvre  
 and the Mégisserie,*  
 atribuïda a  
 Jean Lerebours  
 (c. 1845-1850).<sup>21</sup>

química. El 1975, Kodak desenvolupa un primer prototip de 320 × 240 px, i el 1981, Sony comercialitza la primera càmera digital.

El frenètic desenvolupament de les tècniques i dels processos digitals va portar l'any 1994 a la creació d'algorismes i programaris que permetien la unió d'imatges fotogràfiques parcials obtingudes com a mosaic d'una escena. Aquesta tècnica permet obtenir imatges panoràmiques de 360° (amb projecció cilíndrica, esfèrica o cúbica) o panoràmiques parcials de projecció plana.

Aquesta última tècnica és ideal per aconseguir fotografies de molt alta resolució, amb aplicacions al paisatge, als elements arquitectònics o als artístics, entre ells, evidentment, la pintura mural.

L'arribada de les càmeres digitals i el processat de les imatges ha permès disposar de sistemes de captura i visualització de resolució virtualment infinita. En l'actualitat, es considera el límit de la mida d'un sol fitxer d'imatge digital en 300.000 × 300.000 px (format PSB). Però la possibilitat d'organitzar



Il·lustració 4.  
**Utilització d'un sistema  
 robotitzat GigapanPro**  
 en la captura d'una  
 gigafoto de les pintures  
 murals romàniques de  
 l'església de Sant Vicenç  
 d'Estamariu.



les imatges en mosaics i piràmides d'imatges de diversa resolució permet disposar de la possibilitat de mostrar i difondre imatges de mida il·limitada.<sup>4</sup> A partir de l'any 2007, aquesta mena d'imatges de molt alta resolució les anomenem *gigafotos*.<sup>5</sup>

### Sistemes de projecció

Les panoràmiques es poden obtenir amb diferents sistemes de projecció:

1. Lineal, amb el qual la càmera es desplaça de manera paral·lela i perpendicular al pla. És indicat en el cas de murals molt grans o quan no es disposa de prou distància.
2. Circular, amb el qual la càmera es posiciona en un punt de l'espai i gira sobre el seu node òptic. Les panoràmiques circulars poden ser de projecció cilíndrica o esfèrica. El cas més singular d'aquest segon sistema són les panoràmiques de  $360^\circ \times 180^\circ$ , que cobreixen la totalitat de l'espai que envolta el punt des d'on la fotografia està feta. És l'anomenada *fotografia immersiva* (il·lustració 5).

### Procés de treball

#### 1. Captura

a) Planificació de la captura de l'element o espai a fotografiar.

b) Mesura de la llum i il·luminació uniforme de l'element.

c) Se situa una carta homologada de colors per objectivar posteriorment el color de la imatge resultant.

d) En el cas de ser necessari, es disposa al pla de la pintura un element de referència mètrica (una mira d'anivellació topogràfica o una simple cinta mètrica, per exemple).

e) Es realitza el mosaic de fotografies, amb files i columnes, tot solapant cada imatge un mínim d'un 30 % entre cadascuna d'elles.

#### 2. Processat

a) Unió del mosaic de fotos amb un programari apropiat.<sup>6</sup>

Il·lustració 5.

**Fotografia panoràmica**  
 $360^\circ \times 180^\circ$  transformada en un equirectangle.  
 Saló Sant Jordi del Palau de la Generalitat.  
 Foto: Josep Giribet.

<sup>4</sup> És la tècnica utilitzada per Google Maps i Google Earth.

<sup>5</sup> Mot no recollit de moment en cap diccionari, però ja utilitzat de manera molt general en la nostra llengua. L'any 2007, Albert Sierra, de la Direcció General del Patrimoni Cultural de la Generalitat de Catalunya, és qui «inventa» el terme per anomenar les fotografies de molt alta resolució que començàvem a fer del patrimoni cultural de Catalunya. En anglès es parla de *gigapixel image*.

<sup>6</sup> Existeixen nombrosos programes per realitzar correctament el procés anomenant *stitching*, alguns d'ells són comercials i d'altres, de codi obert, com el HUGIN. Vegeu «Hugin (software)», a *Wikipedia: The free encyclopedia* (en línia), Jacksonville, The Wikipedia Foundation, <[http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Hugin\\_\(software\)&oldid=408770285](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Hugin_(software)&oldid=408770285)> (consulta: 31 gener 2011).



Il·lustració 6.  
**L'iPad permet explorar de manera interactiva panoràmiques de 360°.**  
 En aquesta imatge, les pintures murals del Saló Sant Jordi de la Generalitat de Catalunya.  
 Foto: Josep Giribet.

b) A la imatge resultant, habitualment de grans dimensions, cal fer-li una correcció de geometria i color.

### 3. Difusió

a) En el cas de les panoràmiques circulars de 360° (cilíndriques o esfèriques), actualment es disposa de sistemes de visualització autònoms o integrables en pàgines web, així com en dispositius mòbils.<sup>7</sup>

b) En el cas de les *gigafotos*, la imatge final pot ser utilitzada en si mateixa per reproduccions en murals<sup>8</sup> o pòsters, però difícilment pot ser distribuïda per xarxes digitals. Per tant, es pot utilitzar el sistema de transformació a una piràmide d'imatges,<sup>9</sup> que es basa en la tècnica habitual d'optimització de gràfics per computador anomenada *octrees*.<sup>10</sup>

c) Es poden crear «zones interactives» a la imatge amb etiquetes, enllaços, sistemes de mesura, etc.

d) Integració en un disseny web amb un panell de control que permetrà «navegar» per la imatge.

### Resolució d'una gigafoto

Podem definir la resolució de qualsevol imatge *bitmap* establint una relació entre la mesura física i la digital. En el cas d'una pintura mural, la podem expressar, per exemple, en quantes unitats mètriques corresponen a un píxel. També parlarem de la mida total de píxels de la imatge amb unitats de gigapíxels (1 Gpx = 10<sup>9</sup> px).

### Futurs desenvolupaments

Actualment hi ha diferents universitats i institucions que tenen línies de recerca sobre càmeres que permetin obtenir imatges de més d'un gigapíxel en una sola instantània, però són totes d'una alta complexitat tècnica i, en la majoria de les solucions, estan formades per un mosaic de sensors, atesa la dificultat i el cost d'obtenir sensors de mides més grans que les actuals.<sup>11</sup> La solució de la captura d'un mosaic d'imatges, doncs, continua sent la més factible i efectiva, especialment en la captura d'imatges estàtiques, com és el cas de la pintura mural. Però cal esperar que en un futur no gaire llunyà puguem disposar d'avenços tecnològics significatius en aquest aspecte.

Un dels camins d'evolució i perfeccionament en aquest camp és l'aplicació de les tècniques de fotogrametria<sup>12</sup> a l'obtenció d'imatges de molt alta resolució amb projecció ortogonal i, per tant, amb possibilitats mètriques. La mateixa tècnica permet la captura de la geometria tridimensional dels suports arquitectònics i aplicar com a textura les imatges fotogràfiques de la pintura mural.

<sup>7</sup> Existeixen tecnologies basades en QuickTime (QTVR), Flash, JAVA, OpenGL i d'altres.

<sup>8</sup> En pintura mural és molt interessant la tècnica del PapelGel, que permet crear reproduccions a mida real i adherir-les a suports físics que reproduïen amb fidelitat els originals. Són remarcables els exemples de les reproduccions de les pintures murals que es va realitzar l'any 2003 a Santa Maria d'Àneu i l'any 2008 a la col·legiata de Santa Maria de Mur.

<sup>9</sup> Podem utilitzar solucions comercials basades en Adobe Flash o Microsoft Silverlight. També trobem solucions de codi obert com les APIs de Google. Vegeu «Google Code», a *Wikipedia: The free encyclopedia* (en línia), Jacksonville, The Wikipedia Foundation, <[http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Google\\_Code&oldid=407624950](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Google_Code&oldid=407624950)> (consulta: 31 gener 2011).

<sup>10</sup> Col·laboradors de la Viquipèdia. «Octree», a *Viquipèdia: L'enciclopèdia lliure* (en línia), Jacksonville, The Wikipedia Foundation, <<http://ca.wikipedia.org/w/index.php?title=Octree&oldid=6803624>> (consulta: 24 gener 2011).

<sup>11</sup> Recentment, la prestigiosa revista *Scientific American* ha publicat un interessant article sobre el tema: Larry GREENEMEIE (2011), «Draw the curtains: Gigapixel cameras create highly revealing snapshots (slide show)», *Scientific American* (en línia), <<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=gigapixel-camera-revealed>> (consulta: 1 febrer 2011).

<sup>12</sup> Col·laboradors de la Viquipèdia. «Fotogrametria», a *Viquipèdia: L'enciclopèdia lliure* (en línia), Jacksonville, The Wikipedia Foundation, <<http://ca.wikipedia.org/w/index.php?title=Fotogrametria&oldid=6557669>> (consulta: 20 desembre 2010).



El segon camp per continuar fent recerca i desenvolupament és el dels nous suports de publicació, en especial, els dispositius mòbils i les tauletes multitàctils, que experimentaran una gran difusió en els propers anys (il·lustració 6). Per compatibilitzar els diversos dispositius, caldrà avançar cap a estàndards de codi obert, com l'HTML5.

Hi ha també un bon camí per recórrer pel que fa a les pantalles interactives multitàctils de gran format pel seu interès en les aplicacions museístiques i educatives.

Així, doncs, veurem com la digitalització del patrimoni avança, tot documentant i divulgant pintures, museus i tota mena d'elements històrics o contemporanis. Un exemple recent el trobem en el Google Art Project,<sup>13</sup> un ampli recorregut per grans museus amb fotografia panoràmica immersiva i gigafotos de les principals obres.

Uns camps, doncs, a explorar i oberts a immenses possibilitats, que apopen les per-

sones interessades d'arreu al coneixement dels espais i de les obres a un nivell d'experiència, en molts aspectes, superior al de la presència directa. Especialment el camp de la pintura mural, sovint per les seves dimensions o per la complexitat d'accés als espais, és un dels més interessants d'aplicació.

#### **Cas d'estudi: gigafoto de les pintures murals romàniques de l'absis de Sant Climent de Taüll<sup>14</sup>**

El mes de novembre de 2009, per iniciativa de la Direcció General del Patrimoni Cultural de la Generalitat de Catalunya (<http://patrimoni.gencat.cat>) i del Museu Nacional d'Art de Catalunya (MNAC), se'ns va fer l'encàrrec de fer una gigafoto de les pintures murals del absis de Sant Climent de Taüll, que es troben actualment en aquest museu.

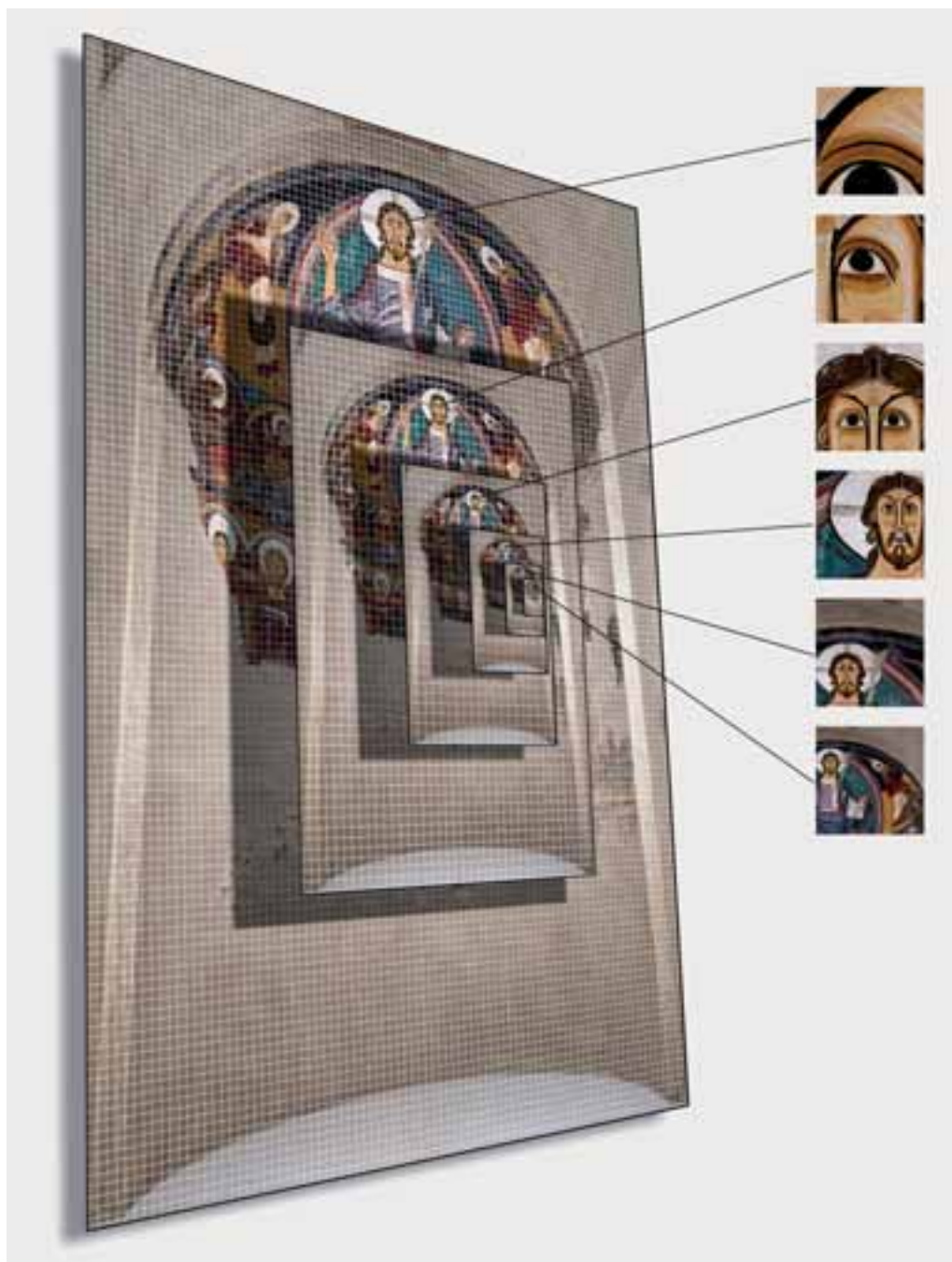
A continuació descriurem el procés de treball:

1. Es va augmentar la intensitat de la il·luminació de les pintures dins dels paràmetres

Il·lustració 7.  
**La captura de la imatge global es realitza amb una càmera amb un teleobjectiu** (amb control numèric o manual), amb el resultat d'un mosaic d'imatges.  
Il·lustració: Josep Giribet.

<sup>13</sup> Google Art Project: <http://www.googleartproject.com> (consulta: 3 febrer 2011).

<sup>14</sup> Pintures murals romàniques de l'absis de Sant Climent de Taüll: [http://cultura.gencat.cat/patrimoni/sant\\_climent\\_tauill\\_mnac/index.html](http://cultura.gencat.cat/patrimoni/sant_climent_tauill_mnac/index.html) (consulta: 27 gener 2011).



Il·lustració 8:  
**La imatge final  
 es fragmenta en  
 milers d'imatges**  
 a diferent resolució.  
 És l'anomenada  
*piràmide d'imatges*.  
 Il·lustració: Josep Giribet.

de conservació establerts pels tècnics del museu. Amb un fotòmetre, es van prendre mesures en diferents punts per tal d'igualar la intensitat en totes les àrees.

2. Es va situar al pla de les pintures una carta homologada de colors per disposar d'una referència objectiva en el processat digital posterior. En aquest cas, es va utilitzar la BST Color Rendition Chart.<sup>15</sup>

3. A una distància de 10 m, es van situar el trípode i la càmera, amb una òptica de 200

mm,<sup>16</sup> i es va procedir a fer el mosaic de fotos. Entre foto i foto, es crea una zona de superposició d'entre un 20 % i un 30 %. Es va utilitzar la tècnica de *bracketing*, que consisteix a fer tres exposicions de cada punt, amb diferent temps d'obturació, per obtenir imatges d'un rang dinàmic superior al que una sola instantània permet. El total de fotos va ser de dues-centes vuitanta-vuit per obtenir un mosaic de noranta-sis imatges úniques (il·lustració 7). Cada imatge tenia 5.616 × 3.744 px, amb una profunditat de color de 16 bits per canal.

<sup>15</sup> ColorChecker: [http://www.babelcolor.com/main\\_level/ColorChecker.htm](http://www.babelcolor.com/main_level/ColorChecker.htm) (consulta: 27 gener 2011).

<sup>16</sup> Equipment: càmera Canon EOS 5D MKII de 21 Mpx. Òptica Canon EF 70-200 mm f/2.8L IS USM.



4. El mosaic d'imatges va ser processat amb el programa Autodesk Stitcher<sup>17</sup> de manera manual. La unió de totes les imatges (anomenada *procés de stitching*) va donar una imatge global de 21.861 × 31.482 px (un total de 688.228.002 px) en un espai de color RGB de 16 bits per canal, en un fitxer de 4,85 GB.

5. En el procés posterior de correcció de color es van emprar el programa Adobe Photoshop CS4 i les referències numèriques de la carta ColorChecker RGB.<sup>18</sup>

6. En aquest procés cal dir que hi ha dues mancances importants. D'una banda, la dificultat de representació d'unes imatges situades sobre una arquitectura no plana, tot ocasionant evidents anamorfismes en una representació plana. I, d'altra banda, la manca de referents mètrics que ocasiona la presa de decisions d'un cert grau d'arbitrarietat. Les imatges, doncs, poden ser utilitzades com a documentació i divulgació, però en cap cas com a estudi, si cal extreure'n informacions mètriques.

7. Aquesta imatge per si sola és difícilment manejable i de molt difícil difusió per mitjans electrònics en xarxa, atès el seu enorme pes de 4,85 GB. Sortosament, es poden aplicar els sistemes d'optimització ja esmentats de transformació en una piràmide d'imatges. Aquest mètode permet visualitzar la imatge global o un fragment d'un dels detalls en qualsevol ordinador personal actual; de fet, un sistema de visualització (un navegador



web, per exemple) sols «carregarà» els fragments de 256 × 256 px de la zona i resolució en la qual ens movem. En aquest cas, va ser un total de catorze mil cent seixanta-set imatges (il·lustració 8).

8. El darrer pas va ser integrar el sistema Flash de navegació en el disseny de la web amb un panell de navegació que permet visualitzar la imatge a pantalla completa i ampliar i desplaçar-se per la imatge de manera interactiva (il·lustració 9).

Il·lustració 9.  
Disseny final  
de la pàgina web  
<http://patrimoni.gencat.cat>

## Bibliografia

EISMANN, K.; DUGAN, S.; GREY, T. (2010). *Real world digital photography*. Berkeley: Peachpit Press.  
FRICH, Arnaud (2007). *Panoramic photography*. Oxford: Focal Press.  
GULBINS, J.; GULBINS, R. (2009). *High dynamic range, super-resolution, extended depth of field,*

*stitching*. Santa Bàrbara: Rocky Nook.  
HIGHTON, Scott (2010). *Virtual reality photography: Creating panoramic and object images*. San Carlos: s. n.  
SOUGEZ, Marie-Loup (1985). *Historia de la fotografía*. Madrid: Cátedra.

<sup>17</sup> Programa per combinar mosaics de fotografia panoràmica:

<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?id=11390049&siteID=123112> (consulta: 4 febrer 2011).

<sup>18</sup> ColorChecker Data: [http://www.babelcolor.com/main\\_level/ColorChecker.htm#ColorChecker\\_data](http://www.babelcolor.com/main_level/ColorChecker.htm#ColorChecker_data) (consulta: 27 gener 2011).

<sup>19</sup> Brian POLDEN, *Photography at length* (en línia), Baltimore, The International Association of Panoramic Photographers, <<http://www.panphoto.com/documentlibrary/pano-at-length.html>> (consulta: 24 gener 2011).

<sup>20</sup> «Panoramic photography», a *Wikipedia: The free encyclopedia* (en línia), Jacksonville, The Wikipedia Foundation, <[http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Panoramic\\_photography&oldid=406146091](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Panoramic_photography&oldid=406146091)> (consulta: 22 gener 2011).

<sup>21</sup> A. FRICH (2007), *Panoramic photography*, Oxford, Focal Press.