

Miguel Ángel Rodríguez Lorite
Alberto Velasco González (coordinadors)

AMC
Associació de Museòlegs
de Catalunya

La il·luminació als museus



La il·luminació als museus

La il·luminació als museus **Manuals de Museologia, 1**

Publicació editada arran de les I Jornades Tècniques sobre Museus. La Il·luminació als Museus, organitzades pel SAM del Museu de Lleida: diocesà i comarcal i la Xarxa de Museus de les Terres de Lleida i Aran (Museu de Lleida, 3 i 4 de novembre de 2010).

Primera edició: juny de 2012

© de l'edició:

Associació de Museòlegs de Catalunya
València, 225, àtic 3a
08007 Barcelona
Tel. 93 467 30 44
amc@museologia.org
www.museologia.cat

© Richard Long, Richard Serra, Dominique Perrault,
Joseph Kosuth, VEGAP, Barcelona, 2012

© dels textos, els autors

© de les fotografies, els fotògrafs i els museus
corresponents

Reservats tots els drets d'aquesta edició.

Coordinació editorial

Elisenda Casanova i Querol
(Associació de Museòlegs de Catalunya)
Alberto Velasco González
(Museu de Lleida: diocesà i comarcal)

Support editorial

Montse Palomar Molins

Correcció i traducció

Francesc Gil Lluch

Disseny i maquetació

Albert Navarro

Fotografies

Totes les imatges: © 2012 www.erco.com. Autor:
Thomas Mayer [p. 60, 64 (inferior), 65 (inferior), 66, 67,
69, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 102, 104, 106 (inferior),
107], i Michael Wolf [p. 101]

© Archivo fotográfico CGAC, Santiago de Compostel·la
/ Juan Rodríguez [p. 92, 103]

© Arxiu fotogràfic Museu d'Art Contemporani de
Barcelona - MACBA / Tony Coll [p. 106, superior esquerra]

© FMGB Guggenheim Bilbao Museoa, 1997. Prohibida
la reproducció total o parcial [p. 106, superior dreta]

© Museu de Lleida: diocesà i comarcal / José Luis de la
Parra (coberta, p. 14, 16, 110)

© Nano Cañas [p. 68]

© Albert Hurtado [p. 74]

Impressió:

Impremeix, s.l.

ISBN: 978-84-615-7689-0

Dipòsit legal: B-13467-2012

Està prohibida la reproducció total o parcial del llibre per qualsevol
mitjà: fotogràfic, fotocòpia, mecànic, reprogràfic, òptic, magnètic
o electrònic sense l'autorització expressa i per escrit del propietari
del copyright.

Agraïments

L'Associació de Museòlegs de Catalunya vol deixar
constància del seu agraïment i reconeixement a
totes les persones, institucions i entitats que amb la
seva col·laboració generosa i amb el seu suport han
fet possible aquesta edició:

ARTIUM, Centro-Museo Vasco de Arte
Contemporáneo (Vitòria-Gasteiz); CaixaForum
(Barcelona); Caja Madrid (Barcelona); Centro
Atlántico de Arte Moderno - CAAM (Las Palmas de
Gran Canaria); Centro Galego de Arte Contemporánea
(Santiago de Compostel·la); Deutsches Historisches
Museum (Berlín); Fundación Aena (Madrid);
Fundación ICO (Madrid); Fundación Telefónica
(Madrid); Galería Gómez Turú (Barcelona); Galería
Horrach Moya (Palma de Mallorca); Guggenheim
Bilbao Museoa; Hamburger Bahnhof (Berlín); Institut
Valencià d'Art Modern - IVAM (València); La Casa
Encendida (Madrid); Matadero (Madrid); Museo
Arqueológico Regional (Madrid); Museo de Belas
Artes da Coruña; Museo de Bellas Artes de Bilbao;
Museo de Bellas Artes de Sevilla; Museo de la
Naturaleza y el Hombre (Santa Cruz de Tenerife);
Museo del Oro de Colombia (Bogotá); Museo
del Prado (Madrid); Museo Jorge Oteiza (Alzuza,
Navarra); Museo Municipal de Arte Contemporáneo -
MAC (Madrid); Museo Nacional Centro de Arte Reina
Sofía - MNCARS (Madrid); Museo Patio Herreriano
(Valladolid); Museo Rafael Zabaleta (Quesada, Jaén);
Museo Thyssen-Bornemisza (Madrid); Museu d'Art
Contemporani de Barcelona - MACBA; Museu de
Belles Arts de Castelló; Museu de Belles Arts de
València; Museu de Lleida: diocesà i comarcal;
Museo Nacional de Colombia (Bogotá); Museu
Picasso (Barcelona); Real Jardín Botánico (Madrid);
San Telmo Museoa (Sant Sebastià); Teatro Fernán
Gómez-Centro de Arte (Madrid).



AMC

Associació de Museòlegs
de Catalunya

La il·luminació als museus

Autors

Joaquim Adell Calduch

Cristina Camps Colomer

Fernando Muñoz Gómez

Raquel Puente García

Miguel Ángel Rodríguez Lorite

Coordinació científica

Miguel Ángel Rodríguez Lorite

Alberto Velasco González



Índex

Presentació

Carme Clusellas Pagès 9

Introducció

Miguel Ángel Rodríguez Lorite i Alberto Velasco González 13

La il·luminació de museus. Conceptes bàsics

Raquel Puente García i Miguel Ángel Rodríguez Lorite 17

El disseny d'il·luminació en els espais expositius.

Condicionants i criteris

Joaquim Adell Calduch 61

El projecte d'il·luminació. Sistemes de representació

Cristina Camps Colomer 75

Museus d'Espanya: una dècada prodigiosa?

Joaquim Adell Calduch i Cristina Camps Colomer 93

L'exposició i la conservació preventiva a la museografia

Miguel Ángel Rodríguez Lorite i Fernando Muñoz Gómez 111

La il·luminació d'exposicions en imatges

Miguel Ángel Rodríguez Lorite 139

Textos en castellano 159



Presentació

Carme Clusellas Pagès

Presidenta de l'Associació de Museòlegs de Catalunya

Un dels objectius fundacionals de l'Associació de Museòlegs de Catalunya (AMC) és estimular el reciclatge permanent dels seus professionals, oferint o facilitant formació especialitzada, bé per iniciativa pròpia, bé fomentant i establint contactes i col·laboracions amb universitats, museus, institucions i entitats públiques o privades que també apostin pels estudis en museologia i museografia.

Amb aquesta voluntat, des del 1995, any de fundació de l'AMC, s'ha impulsat un seguit d'accions ben diverses, conscients que en tota professió és clau mantenir-se al dia, formar-se i, sobretot, reciclar-se. I més avui, en un món canviant com l'actual, en el qual els avenços tècnics són constants, i en una professió com la nostra, que necessita la suma i la incorporació de molts altres coneixements tècnics i conceptuals complementaris per desenvolupar-se amb èxit. Així, hem organitzat seminaris, cursos i jornades, o bé ens hem sumat a iniciatives de tercers; però també hem impulsat projectes editorials com aquests Manuals de Museologia que ara presentem amb el primer número.

L'AMC ja disposa d'eines per difondre la reflexió crítica, la recerca, les experiències i les aportacions al voltant de la museologia i la museografia. La més destacada és *Mnemòsine. Revista catalana de Museologia*. És una publicació impulsada, coordinada i editada per l'AMC que, amb una periodicitat anual, aconsegueix perfectament aquesta funció.

Amb els Manuals de Museologia, i especialment amb aquest, fem però un pas més enllà, posant a l'abast dels professionals una altra eina de caràcter més pràctic. Es tracta d'uns manuals monogràfics que, de manera ordenada i sistemàtica, abordaran els procediments i els

aspectes tècnics dels diferents treballs que s'efectuen en el marc dels museus i de la gestió i la musealització del patrimoni.

No és la primera vegada que l'AMC emprèn una iniciativa d'aquest tipus. L'any 1997 es va editar un primer manual que, amb el títol genèric de *Ponències*, recollia les intervencions d'un seminari dedicat a la taxació i les assegurances d'objectes museístics. Era una proposta que unia la formació presencial, en el marc d'un seminari organitzat llavors per l'AMC, amb l'edició de les ponències i les aportacions que s'hi havien fet. I, com ara, tenia un objectiu: facilitar eines d'aprenentatge pràctic i oferir als tècnics dels museus un repertori de mètodes, criteris i respostes concretes a les necessitats quotidianes que es produeixen en l'exercici professional.

La museologia i la museografia, com a disciplines professionals, necessiten el suport i el coneixement de molts altres àmbits. Estar al dia i facilitar, de manera molt pràctica, els criteris mínims per a un correcte exercici de la professió implica establir punts de trobada amb moltes altres disciplines i coneixements. Alhora, cal establir uns protocols mínims que ajudin a normalitzar i donar coherència a una professió encara jove i en vies d'evolució.

Per posar a l'abast dels professionals els coneixements més actualitzats hem apostat, de nou, per la suma amb tercers: les jornades i els cursos de formació que emprenen diverses institucions aporten i afavoreixen la difusió de les noves pràctiques i els nous coneixements, però alhora també són un esforç que no sempre és possible traduir en formats més permanents. Pensem que la iniciativa dels uns i l'interès dels altres poden fer viable el futur dels Manuals de Museologia.

És amb aquesta suma, i serveix com a bon exemple, que presentem el primer número de la col·lecció. Una edició que parteix de les I Jornades Tècniques sobre Museus. La II·luminació als Museus, celebrades els dies 3 i 4 de novembre de 2010 i organitzades pel Museu de Lleida: diocesà i comarcal i la Xarxa de Museus de les Terres de Lleida i Aran, amb els quals es va establir un acord per publicar-ne les ponències i elaborar així *La il·luminació als museus*, que enceta la sèrie.

La temàtica, d'altra banda, és una de les més necessàries. La il·luminació és cabdal per a qualsevol exercici expositiu. Ho és en tant que element clau en el procés museogràfic, que ajudarà a definir un tipus d'exposició i a millorar la presentació de les obres i els objectes. Però també per les implicacions directes en la conservació i l'exposició d'aquestes obres, i també –sobretot últimament– per la seva incidència directa en els costos econòmics i ambientals. D'altra banda, és un dels camps on més s'ha evolucionat i innovat, obligant a revisar els criteris vigents fins ara.

El manual que presentem, però, no és un manual d'il·luminació i museografia en el sentit més estricte. A través d'un seguit d'articles, s'hi aborden aspectes teòrics, però també pautes per a l'establiment de criteris propis, tant pel que fa a l'elecció com al disseny d'un sistema o un altre d'il·luminació, així com articles de reflexió sobre un aspecte, la il·luminació, que ha evolucionat notablement i que ha estat clau en bona part de les renovacions museològiques i museogràfiques que s'han realitzat a Catalunya i Espanya al llarg dels últims deu anys.

Teniu a les vostres mans, doncs, el primer d'un seguit de manuals monogràfics. Desitgem que *La il·luminació als museus* esdevingui una eina útil i un estímul necessari per continuar amb els llibres futurs.



Introducció

Miguel Ángel Rodríguez Lorite (Intervento)

Alberto Velasco González (Museu de Lleida: diocesà i comarcal)

Coordinació científica de l'edició

Aquesta publicació té l'origen en les jornades que els dies 3 i 4 de novembre de 2010 es van celebrar al Museu de Lleida: diocesà i comarcal. Amb el títol genèric de I Jornades Tècniques sobre Museus, aquesta primera edició es va dedicar a la il·luminació en espais museogràfics. A l'activitat, organitzada pel museu mateix en col·laboració amb la Xarxa de Museus de les Terres de Lleida i Aran, hi va participar un grup nombrós de professionals procedents de tot Catalunya, fet que demostra l'interès que el tema suscita entre el col·lectiu tècnic adscrit als museus.

La influència decisiva de la il·luminació en la conservació i la presentació de les obres d'art, com també en l'ambientació de l'espai expositiu, va motivar que en el transcurs de les jornades es posés l'accent en la necessitat que el personal tècnic dels museus assoleixi una formació bàsica sobre la qüestió, en la mesura que —directament o indirectament— la il·luminació és present en la seva activitat diària. La il·luminació és una disciplina transversal en el quefer museogràfic que afecta els conservadors, els conservadors-restauradors, els responsables de manteniment i aquells professionals que acostumen a dur a terme la seva feina en espais expositius, ja siguin museògrafs, dissenyadors d'exposicions, arquitectes, comissaris o professionals de la il·luminació.

En els darrers anys s'ha incrementat considerablement l'activitat expositiva en museus i centres d'exposicions. Aquestes iniciatives exigeixen als tècnics uns coneixements determinats en matèria d'il·luminació que no només abracen els àmbits del disseny, l'estètica o la conceptuallització, sinó que troben també grans imbricacions amb el camp de la



Interior del Museu de Lleida: diocesà i comarcal
Fotografia: José Luis de la Parra

conservació preventiva, la qual cosa ens obliga a garantir la preservació dels objectes per mitjà de l'aplicació dels mecanismes adients que n'evitin el deteriorament. Aquesta combinació d'interessos alimentava la raó de ser de les jornades, que pretenien oferir als professionals els coneixements mínims per abordar tots els aspectes comentats.

Tenint en compte tot això, des de l'organització de les jornades es va dissenyar un programa de conferències que tingués com a objectiu principal oferir coneixements pràctics sobre una sèrie de qüestions que afecten el dia a dia dels museus i de les persones que hi treballen, ja sigui en relació amb feines vinculades al muntatge d'exposicions temporals, instal·lacions o projectes museogràfics de seus museístiques permanents. Per aquest motiu, es va disposar de la participació de ponents de reconegut prestigi en la matèria i, metodològicament, es va plantejar el programa valorant l'ampli i divers ventall de tècnics assistents.

Diuen que les paraules se les emporta el vent, i és per això que el fet de plantejar la publicació de les conferències impartides en les jornades és un gran encert de l'Associació de Museòlegs de Catalunya, que durant la celebració del curs va oferir la possibilitat de dur a terme aquesta iniciativa editorial. Cal felicitar aquesta associació per la idea, ja que ha suposat estampar sobre suport físic un conjunt de coneixements que els professionals dels museus no sempre tenen al seu abast, per la dispersió de les fonts en publicacions col·lectives o revistes especialitzades.

Aquest llibre no tracta de manera exhaustiva la il·luminació en espais expositius ni pretén ser un manual d'il·luminació museogràfica, sinó més aviat el reflex d'un conjunt d'experiències diverses que dibuixen un panorama que –segons el nostre parer– aporta una visió global sobre la qüestió.

Il contatto con le culture occidentali significò, per un po' di tempo, il rifiuto di quelle indigene, l'abbandono dei costumi tradizionali e l'adozione di quelli occidentali. L'indigenismo, il movimento per la difesa e la promozione delle culture indigene, si sviluppò solo negli anni Sessanta e Settanta.

Il contatto con le culture occidentali significò, per un po' di tempo, il rifiuto di quelle indigene, l'abbandono dei costumi tradizionali e l'adozione di quelli occidentali. L'indigenismo, il movimento per la difesa e la promozione delle culture indigene, si sviluppò solo negli anni Sessanta e Settanta.

14. *Explain the difference between a "strong" and a "weak" argument.*
A strong argument is one in which the premises provide good reasons for accepting the conclusion. A weak argument is one in which the premises do not provide good reasons for accepting the conclusion.

14. *Explain the difference between a "strong" and a "weak" argument.*
A strong argument is one in which the premises provide good reasons for accepting the conclusion. A weak argument is one in which the premises do not provide good reasons for accepting the conclusion.

La il·luminació de museus. Conceptes bàsics *

Raquel Puente García

Doctora enginyera industrial. Professora titular de l'Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM)

Miguel Ángel Rodríguez Lorite

Llicenciat en Ciències Físiques. Director d'Intervento

1. Marc de referència

El procés de la visió necessita el concurs simultani de tres agents: la llum, l'objecte i l'observador. Si imaginem qualsevol circumstància real en la qual algun dels tres no participi, comprovarem que aquest procés no es produeix.

Situem al centre de l'escena un objecte: naturalesa, mida, forma, textura i color són els seus principals atributs, que no podran ser desconeguts a l'hora de representar-lo fidedignament. Però l'objecte necessita també un espai físic on ubicar-se, que influirà en la seva lectura en major o menor mesura d'acord amb l'arquitectura de l'espai, els materials que el conformen, els acabats, els colors, etc. Després podem pensar en com i amb què il·luminar l'escena, i comprovarem que no és el mateix la llum natural que l'artificial, la llum directa que la difusa, la freda que la càlida, per assenyalar una mínima part dels paràmetres que s'han de considerar. Per acabar, tenim l'observador, que no és un sensor sinó un ésser humà, i que per tant pot veure, mirar o contemplar l'escena que se li ofereix, i experimentar d'aquesta manera unes sensacions o unes altres.

De manera que construir una escena visual és un procés únic en què intervenen multitud de factors que, de cap manera, són aliens al quefer museogràfic.

La il·luminació en la pintura, per R. Arnheim, és “la imposició perceptible d'un gradient de llum sobre la lluminositat objectual i els colors

* Traducció al català de Guida Ferrari.

objectuals de l'escena". La il·luminació artificial dels objectes en un espai pot generar múltiples escenes de molt diverses lectures i valors plàstics.

És per això que davant l'obra d'art ja existent la intenció de la il·luminació no pot anar més enllà de la interpretació fidedigna. Armando Ginesi sosté –amb raó– a la seva teoria de la il·luminació de béns culturals que, en considerar la llum com un llenguatge, s'obre la possibilitat de la construcció d'una sintaxi que pot ser interpretativa o creativa. L'il·luminador té a les seves mans una eina poderosa, capaç de reproduir amb precisió els valors plàstics d'una obra donada o d'enterbolir l'escena fins al punt de generar el que podríem anomenar un fals estètic accidental. La interrelació llum-objecte-observador és complexa, però no capritxosa. Existeixen lleis físiques, criteris de conservació i cànons de percepció que, correctament utilitzats, ens aproximaran a solucions d'il·luminació adequades a cada circumstància, apreciables per qualsevol observador curiós per més que sigui llec en la qüestió. Aquestes solucions podran trobar certes limitacions en funció dels recursos tecnològics disponibles, però no s'ha d'oblidar que, en últim terme, la tecnologia utilitzada sense criteri no és altra cosa que ferralla.

2. La llum

2.1. Apunt històric

L'estudi de la llum ha estat sempre íntimament lligat al desenvolupament del pensament humà. Ja els filòsofs grecs van elaborar les seves teories sobre la naturalesa i el comportament de la llum. Es coneixia la seva propagació rectilínia; la llei de la reflexió va ser enunciada per Euclides ja el 300 aC, i s'anaven estudiant fenòmens com el desdoblament aparent d'objectes submergits en aigua (*La República* de Plató).

Sota l'Imperi Romà es van realitzar avenços en l'estudi de la refracció i la creació de lents. L'edat mitjana va fer gravitar el centre del coneixement al voltant del món àrab: Alhazen va avançar en la llei de la reflexió, en els desenvolupaments òptics i en l'estudi de l'ull humà.

Durant el Renaixement l'avenç de l'òptica va ser molt limitat, i fins al segle XVII no es va capgirar aquesta situació.

Newton sosté que la llum té una naturalesa corpuscular (la llum és un conjunt de partícules que procedeix de l'exterior, i en incidir sobre l'ull impressiona la retina produint una sensació lluminosa). Paral·lelament, Huygens va formular la teoria de la naturalesa ondulatòria de la llum (la llum es transmet per mitjà d'ones que es propaguen en un medi, l'èter), que quedaria postergada durant molt temps degut a la influència de Newton en el món científic.

Mentrestant, s'havia descobert la llei de la refracció de Snell, Fermat havia formulat el seu principi de temps mínim en la propagació de la llum entre dos punts –corroborant de passada la llei de la reflexió–, i Hooke va observar els efectes de la difracció i interferència de la llum.

La teoria ondulatòria de la llum va renéixer gràcies a Young a finals del segle XVIII, amb la formulació del principi d'interferència.

Posteriorment, amb l'estudi de l'electromagnetisme per part de Maxwell, es va arribar a la conclusió que la llum és una pertorbació electromagnètica en forma d'ones. En calcular teòricament el valor de la velocitat a la qual es propagava una ona electromagnètica, va trobar que coincidia amb el valor mitjà de la velocitat de propagació de la llum i, consegüentment, tenia naturalesa ondulatòria.

Per elles mateixes, ni la teoria ondulatòria ni la corpuscular eren capaces d'explicar completament el comportament de la llum, ja que l'efecte fotoelèctric era inexplicable per la teoria ondulatòria, i el fenomen de les interferències lluminoses, per la corpuscular.

Amb l'arribada del segle XX, Planck va introduir el que més endavant es coneixeria com a mecànica quàntica, i Einstein, basant-se en les seves idees, va proposar una nova forma de la teoria corpuscular, assegurant que la llum consistia en “globus” o “partícules” d'energia als quals va anomenar “fotons”, l'energia dels quals estava relacionada amb la seva freqüència a través de la constant de Planck ($E = h\nu$).

A poc a poc es va fer palès el fet que els conceptes de partícula i ona, que en el món macroscòpic són excloents, són intercanviables en el domini subatòmic.

2.2. Magnituds

La llum que hi ha en un espai necessita ser quantificada, i per això cal saber distingir entre la llum emesa per una font, la llum que surt de la lluminària, la llum que arriba en una determinada direcció, la llum que reflecteix una superfície, la llum transmesa, etc.

Es defineixen a continuació les magnituds fonamentals que quantifiquen la llum.

Atès que la luminotècnia no pot desconsiderar el fet que l'element receptor de la sensació lluminosa és l'ull humà, hem de conèixer algunes de les seves particularitats.

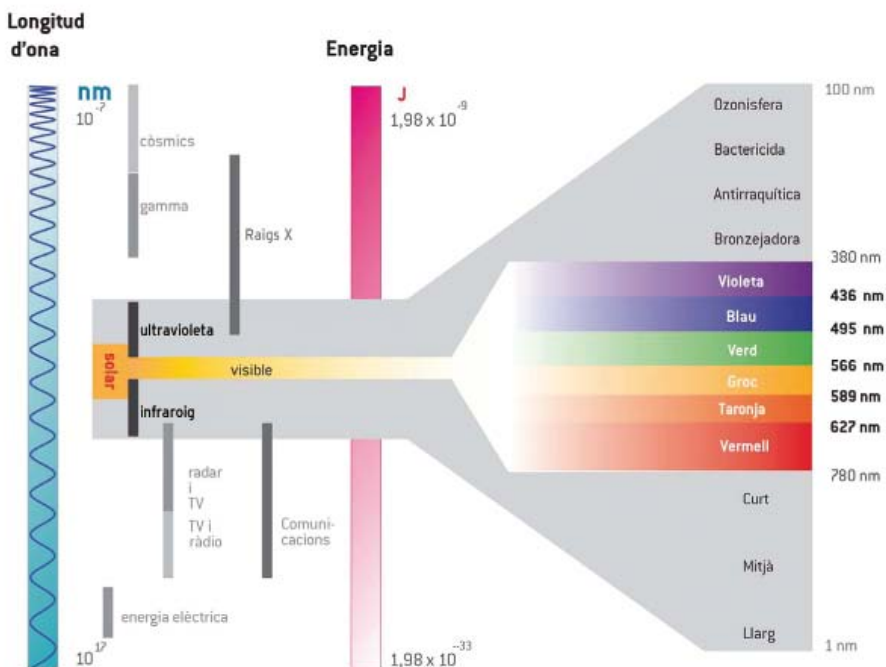


Fig. 1. Espectre electromagnètic.

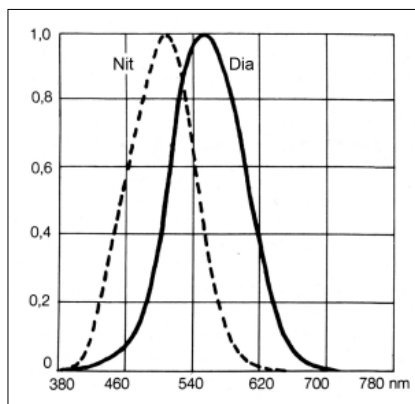


Fig. 2. Corba de sensibilitat espectral relativa de l'ull.

com es pot comprovar a la corba de sensibilitat espectral relativa (Fig. 2).

Per acabar, cal informar que aquesta corba té un desplaçament cap a longituds d'ona més curtes quan hi ha poca quantitat de llum (visió escotòpica, o adaptació de la retina a la manca total o parcial de llum).

2.2.1. Flux lluminós

Anomenem flux lluminós l'energia radiant per unitat de temps que arriba a la retina de l'ull i produeix una sensació lluminosa; el símbol que s'utilitza és Φ i la seva unitat és el lumen (lm).

En ser el flux l'energia per unitat de temps que arriba a l'ull humà, seria lògic que es mesurés en joules per segon (J/s), i un J/s és el watt (W); així doncs, el flux hauria de mesurar-se en watts. Ara bé, com que s'ha d'avaluar en funció de la sensació lluminosa que és capaç d'impressionar la retina de l'ull, es mesura en lúmens.

Segons la norma UNE, un watt-llum equival a 683 lm de radiació lluminosa amb una longitud de 555 nm, que és precisament la longitud d'ona a la qual l'ull patró presenta la major sensibilitat.

El flux lluminós és una magnitud que ens indica la quantitat de llum que proporciona una font, dada que els fabricants de fonts lluminoses ens faciliten quan comprem una lluminària.

La part de l'espectre electromagnètic (el que classifica les diferents radiacions conegudes en funció de la seva longitud d'ona) (Fig. 1) que coneixem com a llum visible és molt reduïda, i va dels 380 nm (violeta) als 780 nm (vermell).

Per altra banda, un watt en el verd-i-groc (555 nm) produeix una sensació lluminosa cinc vegades superior a la que produiria el mateix watt als 480 nm (verd-blau),

Així, és fàcil llegir a qualsevol catàleg quina quantitat de lúmens produeix una font en condicions normals de funcionament; per exemple, un tub fluorescent de 36 W donaria, passades les primeres cent hores de vida, uns 3500 lm. Aquesta unitat –lumen– és fonamental en la luminotècnia i se'n deriven la resta de les unitats.

2.2.2. Intensitat lluminosa

És el flux lluminós emès per unitat d'angle sòlid en una direcció determinada de l'espai (Fig. 3). La intensitat se simbolitza amb I , i hauria d'expressar-se en lúmens per estereoradià (lm/sr) d'acord amb la seva definició física, pel fet de ser aquestes les unitats respectives del flux lluminós i de l'angle sòlid.

Però no és aquesta la unitat que utilitzem, sinó la candela (cd), perquè és la denominació original. A efectes pràctics, si tenim dues làmpades que emeten la mateixa quantitat de llum i els incorporem un reflector, de manera que l'obertura del feix de llum sigui en una de 8° i a l'altra de 24° , obtindrem que la intensitat de la primera serà superior a la de la segona, encara que es tracti de la mateixa potència consumida i la mateixa emissió total de llum.

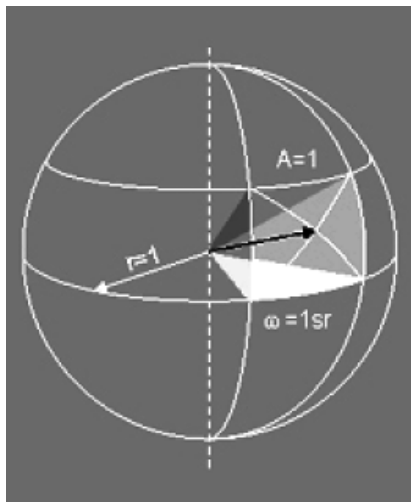


Fig. 3. Font lluminosa i angle sòlid.

2.2.3. Il·luminància

La il·luminància –també coneguda com a nivell d'il·luminació– és el flux lluminós rebut per unitat de superfície. Se simbolitza amb E i la seva unitat és el lux (lx), que és el lumen (unitat de flux lluminós) per metre quadrat (unitat de superfície).

$$E = \Phi/m^2 \quad 1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$$

Aquesta unitat és la que comunament s'utilitza per assegurar les condicions de conservació de les obres exposades.

2.2.4. Luminància

És la intensitat lluminosa radiada per unitat de superfície aparent. El seu símbol és L i la seva unitat és la derivada de la mateixa definició, o sigui, candela per metre quadrat (cd/m^2).

$$L = I/S \text{ cd}/\text{m}^2$$

La interpretació d'aquesta unitat és complexa i potser la millor manera d'entendre-la, al marge de fórmules, és examinant-la des del punt de vista de l'observador (Fig. 4).

Pensem en una lluminària opalitzada posada al sostre; si ens col·loquem just a sota i elevem la vista, podrem veure tota la superfície d'emissió i segurament ens generarà un cert enlluernament perquè la luminància serà màxima. Ara bé, si ens n'anem separant, la superfície que veiem disminuirà, així com la sensació de molèstia.

Per tant, la luminància dependrà de com s'emeti la llum de la font i de la perspectiva amb què l'observem. Una cosa semblant passa amb les superfícies que reben llum, ja que la luminància percebuda està en relació amb la nostra posició d'observació. Amb això juguem quan il·luminem un retaule en una capella d'una església. El retaule es troba en el pla vertical i ha d'aparèixer com la superfície més il·luminada de l'escena; però l'altar, ubicat en el pla horitzontal, ha de rebre valors d'il·luminància molt més elevats per poder exercir la tasca visual de l'oficiant. Lògicament, des de certa distància no percebem en absolut la luminància de la taula de l'altar i, en el nostre camp de visió, únicament apareix la superfície il·luminada del retaule.



Fig. 4. El fenomen de la luminància.

Per acabar, imaginem un projector de feix tancat, instal·lat al sostre i degudament apantallat per tal que no veiem l'origen de la llum. Al terra, posem una superfície negra i apaguem tots els llums de l'espai. En principi, ningú veurà el feix de llum si no és que alguna cosa travessa el seu camí. Si amb un full de paper tallem el feix de llum, la luminància percebuda dependrà de l'altura a la qual col·loquem el full i de com l'orientem, de manera que obtindrem una taca de llum sobre el paper que serà més gran o més petita, i més o menys intensa.

La luminància és la magnitud que juga el paper més fonamental en el disseny de la il·luminació. Del contrast i de l'equilibri de luminàncies dependran quasi totes les variables relacionades amb la correcta percepció de l'espai i dels objectes, i per tant, de les sensacions de l'espectador.

2.2.5. Absortància

Es coneix també com a coeficient d'absorció d'una superfície, i és la relació entre el flux lluminós absorbit per una superfície i el flux lluminós que hi incideix. Se simbolitza amb α i s'expressa en valors percentuals.

$$\alpha = \Phi_a / \Phi_i$$

La consideració d'aquesta variable està molt relacionada amb els acabats superficials. Una superfície és verda perquè absorbeix tots els colors de l'espectre exceptuant el verd, que és el que reflecteix. Quan es projecta una il·luminació en un espai és fonamental conèixer aquesta variable i les següents, ja que totes les superfícies que conformen un espai es comporten com a fonts secundàries de llum.

2.2.6. Transmittància

Coneguda també com a coeficient de transmissió d'una superfície, es defineix com el quocient entre el flux lluminós transmès per la superfície i el flux lluminós que hi incideix. Se simbolitza amb τ i es mesura percentualment, igual que l'absortància.

$$\tau = \Phi_t / \Phi_i$$

2.2.7. Reflectància

La reflectància, que també es denomina coeficient de reflexió, és el quocient entre el flux lluminós reflectit per una superfície i el flux lluminós que hi incideix. Se simbolitza amb ρ i, d'igual forma que l'absortància i la transmitància, es mesura percentualment.

$$\rho = \Phi_r / \Phi_i$$

Quan un flux lluminós incideix sobre una superfície, una part del flux és absorbida –incrementant la seva temperatura o generant una acció fotoquímica–, una altra part pot ser transmesa a través d'aquesta superfície, i la resta reflectida, de manera que es verifica sempre l'equació següent:

$$\alpha + \tau + \rho = 1$$

Si la superfície fos com el cos negre ideal, es verificaria que el coeficient d'absorció seria igual a la unitat, mentre que els coeficients de transmissió i reflexió serien nuls.

Si la superfície fos perfectament translúcida, la reflectància i l'absortància serien nul·les i la transmitància tindria el valor de la unitat.

Finalment, si la superfície fos perfectament reflectora, els coeficients d'absorció i transmissió serien nuls i el coeficient de reflexió seria la unitat (Fig. 5).

A la naturalesa no hi ha cap superfície perfectament translúcida, reflectora o absorbent, per la qual cosa sempre es produeixen almenys dos dels tres fenòmens anteriorment descrits sobre qualsevol superfície.

Això ens porta a tenir molt en compte els tancaments, tant des del punt de vista purament constructiu com de l'acabat i el color.

La reflexió sobre les superfícies pot ser especular o difusa en major o menor mesura. L'aparició de superfícies amb cert poder de reflexió especular en el camp visual contribueix notablement al desordre i la incomoditat visuals. A les sales expositives el control de l'acabat dels materials en relació amb aquesta variable és fonamental. No utilitzar vernís de poliuretà en terres de fusta, ni polir i encerar els terres de marbre, són recomanacions bàsiques si volem una escena visual còmoda i neta.

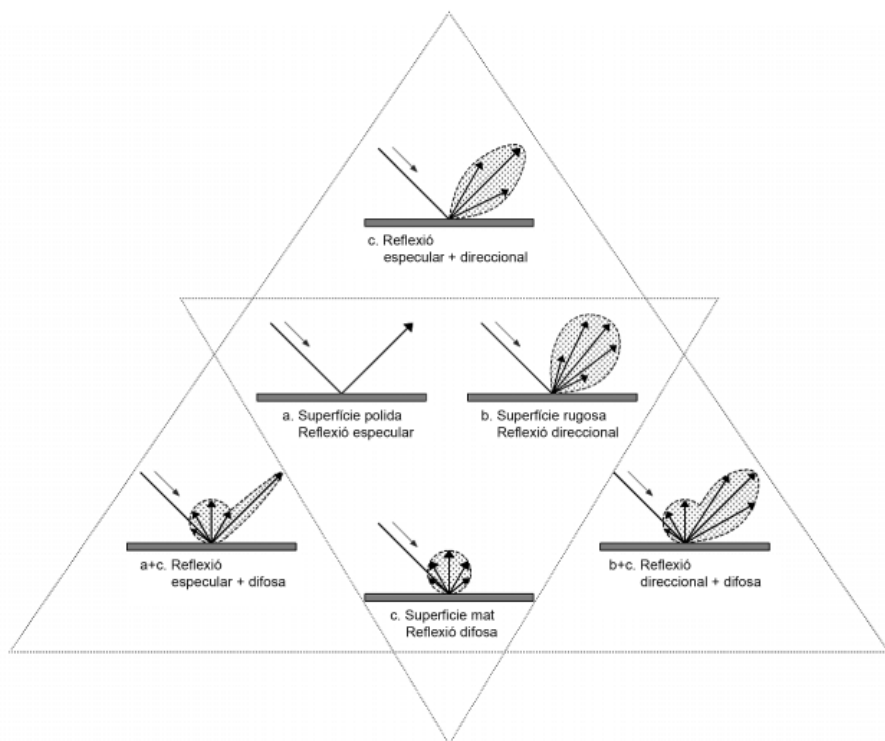


Fig. 5. La reflexió segons les diferents superfícies.

2.2.8. Contrast

Per veure els objectes, l'ull necessita la llum, encara que això no significa que es vegi millor com més llum arribi a la seva superfície, ja que l'ull percep la diferència de luminàncies, que es quantifica mitjançant el contrast, que s'expressa amb l'equació següent:

$$C = L_f - L_d / L_f$$

On: C és el contrast, L_f és la luminància de fons i L_d és la luminància de detall.

El contrast varia de +1 a -1 passant per zero, i serà positiu quan la luminància de fons sigui major que la de detall, i negatiu en el cas contrari.

Com que la retina s'adapta en tot moment a la luminància mitjana dominant a l'espai observat, quan hi ha un contrast molt fort entre el fons i el detall, l'ull perd sensibilitat per captar textures, diferències petites de color en els detalls i, fins i tot, en els acabats. Per això és necessari tenir en compte que, per obtenir un bon rendiment visual, no han d'existir grans diferències de luminàncies entre el fons i la figura. Més endavant farem referència a estudis específics sobre la qüestió, relacionant aquesta variable amb l'agudesia visual.

2.2.9. Enlluernament

L'enlluernament es produeix per una elevada excitació d'una part de la retina com a conseqüència d'un excés de llum. Quan això passa, té lloc a l'ull un estat de no adaptació durant el qual s'anul·la la percepció del camp visual de menor luminància.

Hi ha dos tipus d'enlluernament, el directe i l'indirecte.

L'enlluernament directe és el produït per la presència de lluminàries d'elevada luminància dins del camp visual habitual.

Si l'increment de llum no és excessiu, es reduirà l'agudesia visual de la persona i li produirà sensació d'incomoditat, fatiga i mal de cap. Aquest tipus d'enlluernament també s'anomena molest.

Si en canvi l'increment de llum és gran, el que passarà és que l'ull perdrà la capacitat de percepció de l'escena visual, i llavors ens trobarem amb l'enlluernament incapacitador.

Quan l'excés de llum és molt elevat, es produeix a l'ull una pèrdua de la visió, a vegades irreparable. L'enlluernament, en aquest cas, s'anomena irreversible.

L'enlluernament indirecte és el que es produeix per la reflexió de la llum sobre una altra superfície, abans d'entrar en el camp de visió de l'observador.

Quan la reflexió de la llum sobre la superfície està fora de l'àrea de la tasca visual, l'anomenem enlluernament reflectit. Per contra, quan

la superfície sobre la qual es reflecteix la llum forma part de la tasca visual, l'anomenem enlluernament de vel.

Es dona amb més freqüència de la que caldria en els museus, i passa sempre que es disposen vitrines enfrontades o quan la distància de projecció o l'angle de focalització sobre les obres col·locades a la paret no és l'adequat, especialment si estan protegides amb vidre o envernissades.

L'absència d'enlluernaments de tot tipus en el context museístic és bàsica per assegurar un entorn visual on es faciliti la contemplació dels objectes exposats.

2.3. Color

El color és una propietat de la llum, ja que entre els 380 nm i els 780 nm de l'espectre visible, les radiacions de diferent longitud d'ona presenten diferents colors. Així, entre els 380 i els 436 nm, trobem la radiació ultraviolada; entre els 436 i els 495 nm, la radiació blava; entre els 495 i els 566 nm, la radiació verda; entre els 566 i els 589 nm, la radiació groga; entre els 589 i els 627 nm, la radiació ataronjada, i entre els 627 i els 780 nm, la radiació vermella.

Però no és només una propietat de la llum, també n'és una conseqüència seva.

Hem dit anteriorment que una superfície es veu verda perquè absorbeix tots els colors de l'espectre menys aquest. Si l'il·luminant conté totes les radiacions dins del visible, llavors no hi haurà cap problema, l'objecte es veurà verd. Però pot passar que un il·luminant aparentment blanc no contingui la quantitat suficient de llum verda perquè el nostre objecte ens aparegui com a tal.

Dins de les famílies de làmpades artificials existents, únicament la incandescència té un espectre d'emissió amb suficient energia en totes les longituds d'ona que corresponen a l'espectre visible. Les fonts de descàrrega poden presentar una llum blanca sense tenir l'espectre complet, simplement mesclant les radiacions dels colors primaris en el que es coneix com a mescla additiva: radiacions vermelles, verdes

i blaves produeixen llum blanca. Així doncs, podem mirar dos tubs fluorescents que ens semblin idèntics i que, en canvi, tinguin espectres d'emissió diferents (metameria), fet que condicionarà la manera com veurem un objecte il·luminat per un fluorescent o altre. La raó és que el nostre sentit de la visió, a diferència de l'oïda, no és analític.

És necessari tenir en compte el color de l'objecte, és a dir, les característiques cromàtiques de la llum que reflecteix o transmet sota un il·luminant patró. El color depèn per tant del tipus de font utilitzada, de la manera en què és il·luminat l'objecte, de les seves característiques, de l'ambient que l'envolta, de la manera i el temps d'observació, etc.

L'elecció dels colors de fons per als paraments expositius en museus o exposicions temporals no es pot realitzar desconecient el fet que aquest fons pot alterar la percepció cromàtica de les obres. Una composició cromàtica de tons freds sobre un fons càlid serà percebuda com encara més freda del que és, i viceversa. Aquesta és la raó per la qual, per tal de no produir falsos estètics, les obres exposades han de contrastar sobre fons neutres.

2.4. Paràmetres

2.4.1. Índex de reproducció cromàtica (IRC)

L'IRC és el que entenem com la capacitat que té una làmpada per reproduir els colors igual que ho faria una làmpada patró. Per poder quantificar-lo, s'ha establert una escala que va del 0 al 100. Aquesta dada la podem trobar als fulls tècnics de les làmpades, que apareixen als catàlegs de les cases dels fabricants. Si el valor s'aproxima a 100, la reproducció del color serà fiable. Com és obvi, una font de llum no pot tenir un IRC de 0, ja que llavors no seria una font de llum sinó un radiador d'energia fora de l'espectre visible.

La làmpada que s'utilitza com a patró és una làmpada incandescent i es pren el valor de 100, amb una llum normalitzada, del cos negre a 5000 graus Kelvin (K).

En principi, es podria pensar que la recomanació bàsica per a la il·luminació de museus seria utilitzar làmpades que reproduïssin els

colors amb un índex de 100, per tal d'oferir als visitants una reproducció fiable dels colors de les obres exposades. Però, en ocasions, és necessari utilitzar làmpades amb valors inferiors, ja que hi ha altres característiques que, a vegades, les fan poc aconsellables per als museus, com per exemple un excés de dissipació tèrmica capaç d'alterar les condicions ambientals d'humitat relativa i temperatura (Hr/T), al qual haurem de prestar especial atenció en el cas de les vitrines.

És obvi que si en una vitrina s'exhibeix material orgànic (llibres, teixits, etc.), s'han de tenir en compte en primer lloc els requisits per a la conservació de les peces.

L'únic sistema d'il·luminació que assegura el compliment de les condicions de conservació amb un IRC de 100 és la fibra òptica. No obstant això, en moltes ocasions és recomanable també l'ús de fluorescència d'alta freqüència amb regulació.

Actualment es disposa de fluorescència amb un IRC de 95, que no se sol utilitzar en les aplicacions comunes com oficines o llocs de treball, on habitualment s'instal·len amb un IRC de 85. L'experiència aconsella revisar sempre els fluorescents que es col·loquin a l'interior de les vitrines quan la instal·lació estigui feta per professionals poc especialitzats en museografia; perquè nou de cada deu vegades trobem que els tubs són de menor qualitat que l'exigible. Encara més, tot i que es prescrigui el tub de més qualitat, que té un preu dues vegades superior a l'altre, l'electricista o l'empresa muntadora saben que pràcticament ningú s'adonarà de la diferència.

Cal preguntar-se, doncs, per què el comissari o el conservador no s'adonen de la diferència, encara que la percebrien de seguida si s'instal·lés la font de major qualitat al costat de la de menor. La raó la trobem en el fet que l'ull humà és molt sensible a la variació de luminàncies i canvis de matisos del color, però en no ser capaç de descompondre el color d'una llum donada i no ser capaç el nostre cervell d'identificar cada to i cada matís (necessitaríem un milió i mig de vocables per poder designar els diferents matisos que l'ull és capaç de distingir), tampoc no podem identificar amb precisió el valor de l'IRC d'una font donada.

En qualsevol cas, cap font amb un IRC inferior a 85 s'hauria d'utilitzar per il·luminar directament una obra.

2.4.2. Vida útil de les làmpades

Es defineix la vida útil d'una font lluminosa com el període de temps que passa des que la làmpada comença a funcionar fins que l'emissió del seu flux lluminós ha descendit al 80% del valor inicial.

El fabricant facilita entre les dades tècniques de la font el període de vida útil. L'interval per a les fonts més usuals en enllumenat d'espais interiors és molt ampli, ja que va de les mil a les seixanta mil hores.

Aquest paràmetre, en els edificis històrics i en especial en els d'ús religiós, obté especial rellevància.

És usual que els equips d'il·luminació s'ubiquin en zones de certa altura o difícil accés, i si la il·luminació es realitza amb làmpades de vida útil curta, segurament el futur de la instal·lació quedarà compromès.

En general en els museus, on l'eficiència energètica és un criteri secundari, el problema té més a veure amb la política de manteniment. La substitució de lluminàries a mesura que es van fonent comporta variacions del flux emès, de l'IRC i de la temperatura de color sobre les superfícies il·luminades, tenint en compte també que aquests paràmetres varien segons la vida de la làmpada.

Lamentablement, només aquells que exercitant la mirada han après a contemplar se senten incòmodes en veure un bany de paret amb fluctuacions dels paràmetres mencionats.

2.4.3. Eficàcia lluminosa

És el paràmetre que indica la quantitat d'energia que es transforma en llum, i es defineix com el flux lluminós que proporciona una font per cada watt que consumeix de la xarxa elèctrica. Es mesura en lúmens per watt (lm/W), i l'interval d'eficàcia entre les làmpades que hi ha al mercat fluctua entre els 10 lm/W i els 200 lm/W.

La importància d'aquest paràmetre rau en les despeses de consum energètic i, consegüentment, en els costos d'explotació d'una instal·lació.

Tampoc no és un criteri essencial per a una instal·lació d'il·luminació en un museu. L'eficiència lluminosa d'una font està directament relacionada amb uns altres dos paràmetres que estem traçant; si utilitzem làmpades incandescents en qualsevol de les seves variants obtindrem eficàcies baixes (de 10 a 22 lm/W), i per això gran part de l'energia consumida es dissiparà en calor, que pot ser tremendament perjudicial per a la conservació de les obres exposades a causa de la consegüent alteració de les condicions ambientals (Hr/T). Si pensem en la fluorescència, que és molt més eficaç, comprovarem com segons l'IRC millora, disminueix l'eficàcia lluminosa. Lògicament, és impensable utilitzar fonts de vapor de sodi o de vapor de mercuri dins dels museus, per més que la seva eficàcia sigui excel·lent, a causa de les seves deficiències en paràmetres imprescindibles per a l'aplicació en museus.

2.4.4. Temperatura de color (TC)

És el paràmetre que serveix per definir la fredor o la calidesa de les radiacions d'una font.

Partim de la consideració que un cos capaç d'absorbir tota l'energia radiant que li arriba serà capaç d'emetre també totes les radiacions. El símil de laboratori és el cos negre, que consisteix en un volum metàl·lic tancat amb les parets interiors recobertes de negre de fum, i amb una obertura de dimensions menyspreables en relació amb el volum de l'artefacte. Si entra un raig de llum, es produiran a l'interior múltiples reflexions fins que sigui definitivament absorbit per les parets. En conseqüència, sembla raonable pensar que serà el millor cos radiant que podem trobar. Tenint en compte la llei de Stefan-Boltzman, que estableix la proporcionalitat entre el flux emès i la temperatura del cos emissor, trobem que, segons aquest es va escalfant, per l'orifici emergeix una radiació d'una tonalitat determinada. Al principi la llum serà més vermella i, a mesura que augmenti la temperatura termodinàmica, anirà variant cap a tons més freds. L'analogia entre la temperatura física a la qual se sotmet el cos negre i la llum que en surt és la TC. Per tant, la llum d'una font de 3000 K de TC tindrà la mateixa aparença

que la llum emesa per un cos negre a aquesta temperatura física. En el cas de les làmpades incandescent, la temperatura física del filament és similar a la seva TC.

Però això no passa quan es tracta de làmpades de descàrrega, els fonaments de les quals són diferents. Llavors parlem de TC correlacionada, que és la que més s'assemblaria a la que tindria el cos negre si emetés una llum similar.

La TC és un paràmetre que té molt a veure amb la qualitat i el confort visual de la il·luminació. Els marges de TC de les fonts artificials varien dels 1800 K als més de 8000 K.

Dins de la família de la fluorescència, la gamma oscil·la entre els 2700 i els 7500 K.

Com decidir amb un marge tan ampli quin és el tub correcte?

S'ha demostrat experimentalment que la majoria de les persones, quan el nivell d'il·luminació que hi ha en un espai és baix, prefereixen fonts lluminoses amb TC càlides, mentre que quan els nivells d'il·luminació són elevats, la majoria opta per temperatures fredes. Aquest fenomen va ser estudiat per Kruithoff, que va realitzar un diagrama que relaciona la TC amb la il·luminància, indicant quina relació hi ha d'haver entre l'una i l'altra per tal que la sensació visual sigui agradable (Fig. 6).

Un espai il·luminat amb TC pròximes als 3000 K fa la sensació de ser un espai càlid, fins i tot tèrmicament, a la vegada que aquest mateix espai il·luminat amb làmpades de TC pròximes als 5000 K produeix la sensació perceptiva i tèrmica d'un espai fred.

Es diu que una font té una TC càlida quan és menor o igual a 3000 K. Si la TC és major o igual a 5000 K, llavors es diu que la font té una TC freda. I per acabar, si la temperatura està entre els 3000 i els 5000 K, es diu que és neutra, encara que, com és lògic, seran més fredes les que s'aproximin als 5000 K i més càlides les que estiguin prop dels 3000 K.

Finalment, cal assenyalar que el terme TC indueix a freqüents confusions en la seva aplicació museogràfica. És un error comú confondre la

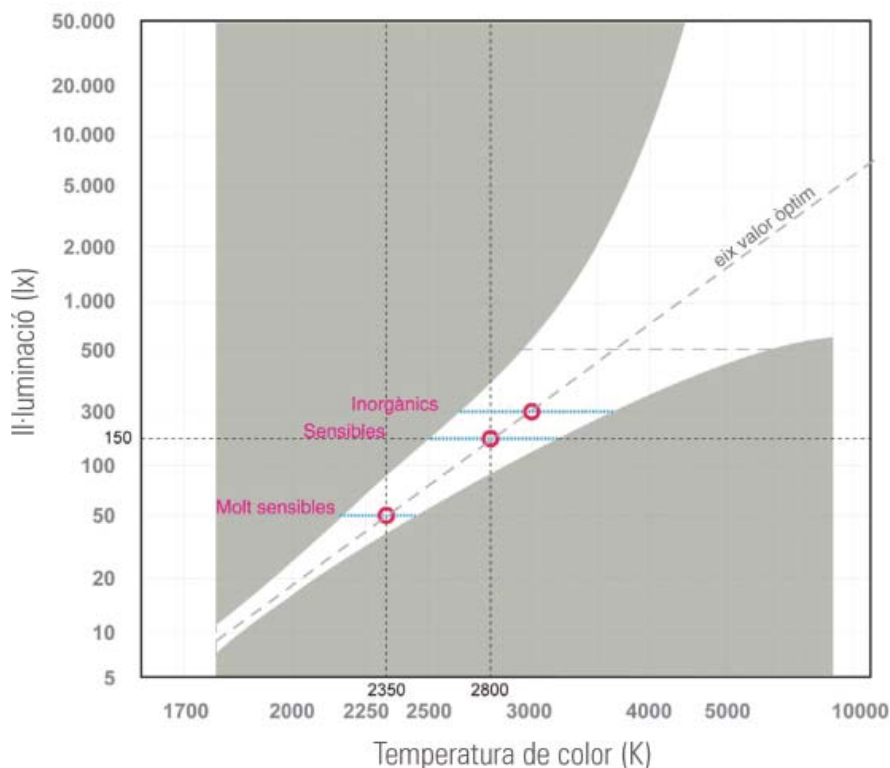


Fig. 6. Diagrama de Kruthoff.

temperatura física o termodinàmica amb la TC. Quan es tracta d'exhibir teixits o obres sobre paper, que lògicament aniran dins de vitrines, el normal és que s'exigeixi "llum freda", de manera que a l'interior de la vitrina no es dissipï la calor i es puguin mantenir les condicions ambientals. Llavors és quan es comet l'error i s'instal·len fluorescents amb TC freda. Com que, d'altra banda, la quantitat de llum ha de ser mínima per evitar el deteriorament, ens trobem amb una escena visualment desagradable i poc natural.

L'esquema anterior (Fig. 6) posa de manifest que, en el cas de l'aplicació que ens ocupa, si volem respectar els valors d'il·luminància recomanats per a la conservació, el ventall de temperatures de color que podem utilitzar és bastant reduït, i s'ubica sempre entre TC càlides.

3. Fonts de llum artificial

3.1. Làmpades incandescent

Aquestes làmpades estan basades en el fenomen de la termoradiació; això vol dir que, en circular el corrent elèctric per un conductor (filament), aquest es torna incandescent i emet energia, una part molt petita de la qual es troba dins de l'espectre visible i un percentatge important es converteix en calor.

En aquesta família de làmpades la temperatura a la qual està el filament de tungstè coincideix pràcticament amb la TC de la font.

La família d'aquestes làmpades és molt àmplia, i són més utilitzades en museus les que s'exposen a continuació.

3.1.1. Reflectors

Aquestes làmpades porten a la part posterior una capa on es reflecteix el flux lluminós que impedeix que surti per darrere. És una làmpada molt econòmica i que no necessita res més que un portalàmpades per adaptar-se al carril electrificat.

La podem trobar amb diferents potències i obertures del feix de llum. La llum que emet és suau, sense estridències, i segueix sent bastant útil per a la il·luminació d'exposicions quan els recursos són escassos.

3.1.2. PAR

Aquestes làmpades porten una capa reflectora a la part posterior i, a més, un vidre especial a la part davantera.

Les obertures del feix de llum també són variables (10-30°). Emeten una llum una mica més brillant que les anteriors. Tenen bona aplicació per a la il·luminació d'objectes tridimensionals recolzats en el pla horitzontal. El seu defecte principal és la falta d'uniformitat en el feix projectat, ja que habitualment fan cercles de diferent intensitat, per la qual cosa no convé la seva projecció sobre paret. Aquest fet es corregeix en les versions de major potència (PAR-56 de 300 W), encara que per aquest motiu no s'utilitzen en exposicions de manera gaire habitual.

3.1.3. Halògenes

Aquestes làmpades formen una subfamília dins de la incandescència, perquè a l'interior de l'ampolla porten un halogen, que regenera el filament fent que la làmpada tingui una major duració.

Per tal que es produeixi aquesta regeneració del filament, la làmpada necessita que la temperatura d'aquest sigui superior, i a causa de l'increment tèrmic, s'ha d'utilitzar quars a l'ampolla; per això aquests llums es coneixen també com a làmpades de quars-iode, ja que va ser aquest halogen el que es va utilitzar en un principi.

El quars de l'ampolla és un material que es pot desvitrificar amb el greix de la pell; per tant, de vegades les làmpades halògenes porten un doble embolcall de vidre. Si no és així, convé prendre la precaució de netejar la làmpada una vegada estigui col·locada, abans de procedir a encendre-la, per eliminar les restes de greix que puguin haver quedat adherides a la superfície.

Aquestes làmpades treballen molt a prop del punt de fusió dels filaments, i per això una sobretensió els redueix la vida considerablement.

L'emissió de radiació ultraviolada és superior a la d'una làmpada estàndard, i el quars deixa passar aquestes radiacions; així doncs, es recomana l'ús d'aquelles que portin un filtre ultraviolat incorporat.

Les làmpades halògenes, igual que les tradicionals, poden dur un regulador del flux lluminós.

La tipologia és francament variada per la diferència de casquets, formes, potències i mides. Aquests llums han contribuït decisivament al desenvolupament del disseny de projectors, que poden aplicar-se tant per il·luminar uniformement una paret com per al modelat d'una escultura.

Algunes d'aquestes làmpades admeten una versió amb reflector incorporat, bàsicament les b-pin, que funcionen a baixa tensió. Aquests reflectors són variats i condicionen com serà l'obertura del feix de llum.

A més, n'hi ha moltes que presenten diferències segons els fabricants. Des d'una obertura de 2° a 45° , podem trobar quasi qualsevol configuració del feix.

En resum, la família de la incandescència es compon de llums amb un IRC bo, una eficàcia lluminosa molt baixa i una vida útil molt curta.

3.2. Làmpades de descàrrega

Aquest tipus de làmpades produeix llum per descàrrega en el si de gasos i sòlids. Dins del tub de descàrrega, els electrons d'uns àtoms que han estat excitats prèviament emeten radiacions electromagnètiques.

El funcionament d'aquestes fonts no necessita, per tant, elevades temperatures com passava amb la família de la incandescència, i no es produeix tampoc a l'interior del tub tanta calor.

Quan l'excitació dels àtoms al pas del corrent elèctric es produeix en el si de gasos o vapors, el procés s'anomena electroluminescència. Aquests àtoms excitats tornen a un estat estacionari i emeten a aquest efecte radiació ultraviolada (115 nm). Aquesta radiació absorbeix substàncies fosforescents impregnades a la cara interior del tub, els àtoms del qual l'absorbeixen i, pel procés conegut com a fotoluminescència, emeten llum en bandes molt específiques de l'espectre visible. Mesclant substàncies d'aquesta naturalesa que emeten dins dels colors primaris, obtenim finalment llum blanca de major o menor qualitat.

Una de les característiques fonamentals d'aquesta família de fonts és que no emeten la mateixa energia en totes les longituds d'ona de l'espectre visible, i presenten puntes en els colors primaris, de tal manera que no assolixen mai l'IRC de 100, tal com ho fa la làmpada patró (Fig. 7).

Una altra de les característiques que diferencien aquesta família de fonts és que, llevat d'alguna rara excepció, totes necessiten per al seu funcionament una reactància i un encebador, i com que el balast produeix un factor de potència molt baix a la xarxa a la qual es connecta, cal rectificar-lo; per això necessitem també un condensador.

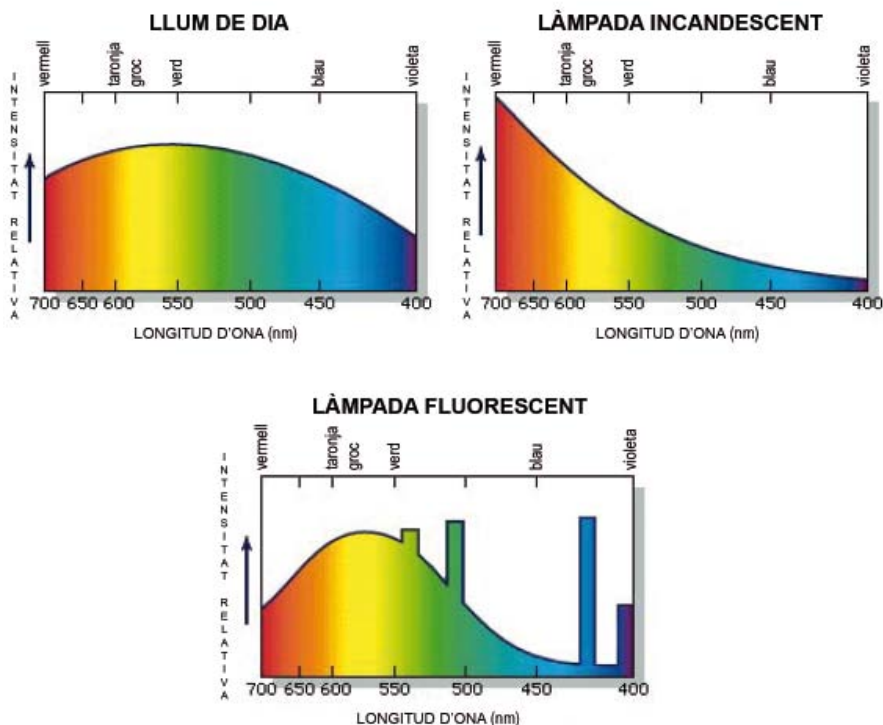


Fig. 7. Espectre visible de les diferents fonts.

Les làmpades de descàrrega són les que s'utilitzen amb major profusió gràcies a la seva elevada eficàcia lluminosa, per la seva gran varietat i pel fet de tenir una vida útil molt superior en la majoria dels models.

Dins d'aquestes làmpades hi ha dos grups: descàrrega en sodi i descàrrega en mercuri.

La descàrrega en sodi presenta un gran ventall de possibilitats, fonamentalment per a exteriors; però hi ha un subgrup que, tot i no ser l'adequat, es pot trobar encara avui il·luminant escultures policromades a les nostres esglésies. Es tracta del sodi a molt alta pressió, que comercialment es coneix com a sodi blanc.

La descàrrega en mercuri és molt àmplia, i n'hem de destacar dos grups: la descàrrega en vapor de mercuri a alta pressió amb halogenurs

metàl·lics i la descàrrega en vapor de mercuri a baixa pressió, coneguda comercialment com a fluorescència.

La família dels llums fluorescents també és molt àmplia, i inclou una gran varietat de mides i models, però l'única aplicable per a la il·luminació de museus i exposicions és la fluorescència d'alta qualitat.

3.3. Led

El led és una font de llum electroluminescent. Al pas d'un corrent elèctric per un semiconductor es produeix l'emissió de la llum. Descobert el fenomen l'any 1907 per H. J. Round, el primer led d'emissió dins de l'espectre visible (vermell) va ser construït per Nick Holonyak l'any 1962.

L'enorme cost de producció va limitar durant anys el seu ús a funcions accessorïes, per indicar l'estat de funcionament dels equips electrònics.

El primer led blau d'alta potència va ser desenvolupat per Shuji Nakamura, que va rebre l'any 2006 el Millennium Technology Prize per aquesta invenció.

El desenvolupament en els últims anys del led com a font de llum eficient ha estat espectacular, i arriba ja als 300 lm/W. No obstant això, els leds d'alta potència (mínim 1 W) amb eficiències de 135 a 150 lm/W en condicions de laboratori, a la pràctica arriben únicament als 80 lm/W, fet que no deixa de ser extraordinari si es té en compte, a més, la llarga vida d'aquesta font.

Depenent del material semiconductor, el led emetrà en un rang molt precís de longituds d'ona (vermell $610 < \lambda < 760$ nm, blau $450 < \lambda < 500$ nm, etc.). Així, per a l'obtenció de la llum blanca hi ha dues opcions: o bé ajuntem leds individuals que emetin en els colors primaris (RGB) i el resultat de la mescla serà llum blanca, o bé utilitzem un led blau o ultraviolat, el recobrim de substàncies fosforescents, i obtenim així llum blanca pel mateix procediment que en el cas de la fluorescència (Fig. 8 i 9).

En qualsevol cas, l'IRC màxim al qual s'està arribant, òbviament a conseqüència de la disminució de l'eficiència lluminosa, no supera 90 sobre 100. El mesurament de la reproducció cromàtica d'aquesta font

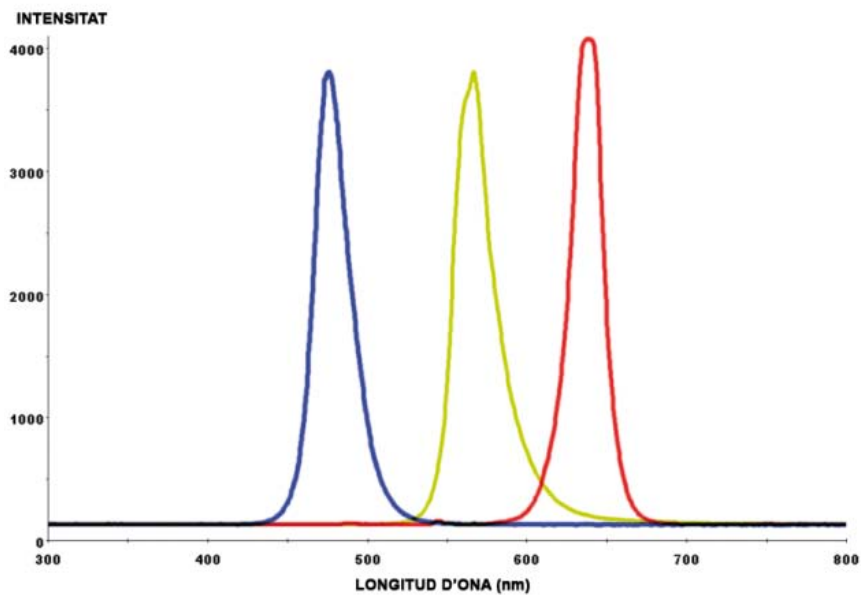


Fig. 8. Distribució espectre led RGB.

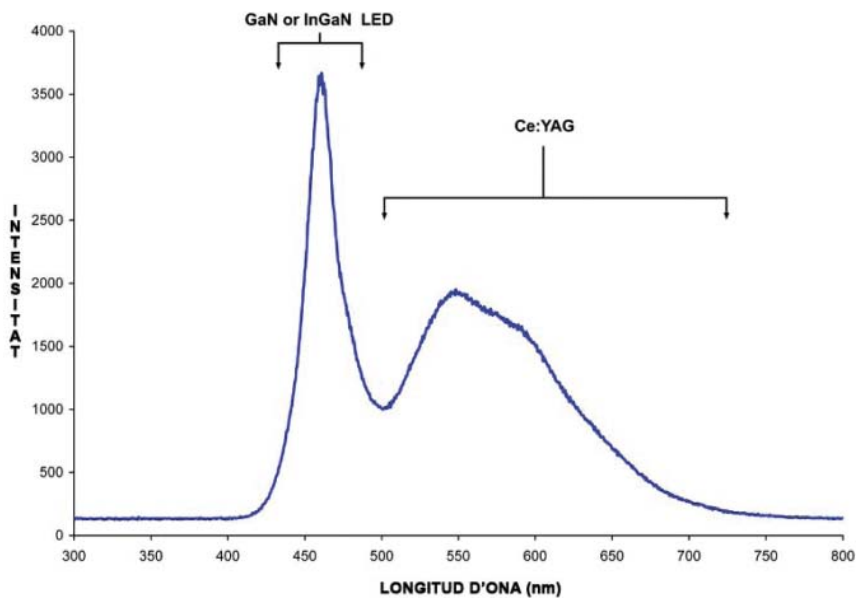


Fig. 9. Distribució espectre led blanc.

	Color	Longitud d'ona (nm)	Voltatge (V)
	Infraroig	$\lambda > 760$	$\Delta V < 1.9$
	Vermell	$610 < \lambda < 760$	$1.63 < \Delta V < 2.03$
	Taronja	$590 < \lambda < 610$	$2.03 < \Delta V < 2.10$
	Groc	$570 < \lambda < 590$	$2.10 < \Delta V < 2.18$
	Verd	$500 < \lambda < 570$	$1.9 < \Delta V < 4.0$
	Blau	$450 < \lambda < 500$	$2.48 < \Delta V < 3.7$
	Violeta	$400 < \lambda < 450$	$2.76 < \Delta V < 4.0$
	Porpra	Tipus diversos	$2.48 < \Delta V < 3.7$
	Ultravioleta	$\lambda < 400$	$3.1 < \Delta V < 4.4$
	Blanc	Ampli espectre	$\Delta V = 3.5$

Fig. 10. Taula amb els colors de led disponibles.

ha posat de manifest (informe ICE 177, de l'any 2007) que el mètode introduït el 1974 (CIE, 13.3.1995) no és satisfactori per a la determinació de l'IRC de les fonts de led i, per aquest motiu, s'està treballant en la creació d'un índex addicional compatible amb l'anterior (Fig. 10).

4. Criteris per a l'elecció de làmpades per a l'aplicació en museus

4.1. Conservació

Més endavant veurem la influència de la llum en la conservació dels béns culturals; no obstant això, és prou conegut el poder deteriorant de la radiació. Qualsevol font de llum emet a l'ultraviolat, al visible i a l'infraroig. Per tant, atès que ni l'ultraviolat ni l'infraroig tenen influència en el procés de la visió, l'ideal seria que desapareguessin. Com que això en general no és possible, haurem d'utilitzar aquelles fonts de llum que emetin en rangs que es considerin acceptables. Per altra banda, la limitació del component visible als valors recomanats obliga a utilitzar fonts de llum el flux lluminós de les quals pugui ser regulat.

És obvi assenyalar que l'IRC s'ha d'apropar el màxim possible a 100. La reproducció fiable dels colors és condició indispensable en la il·luminació d'obres d'art. El diagrama de Kruithoff és una eina bàsica; la TC i el nivell d'il·luminació han d'anar de la mà. Per tant, si parlem de 200 lx com a màxim, només podrem utilitzar fonts amb TC en el rang comprès entre els 2500 K i els 3500 K.

4.2. Versatilitat en el disseny

Més endavant intentarem demostrar que el disseny de la il·luminació no és només una de les eines indispensables en la tasca museogràfica, sinó que, a més, és l'instrument més eficaç per assegurar la conservació dels béns culturals durant la seva exposició.

Les làmpades tenen la seva forma, la seva mida, diverses potències, possibilitats d'incorporar-se a una o diverses lluminàries, d'acceptar accessoris que influeixin en la modulació de la llum emesa, etc. Si en l'elecció de la làmpada a utilitzar es consideren tots aquests aspectes, probablement s'evitaran errors de difícil solució.

4.3. Valoració de les làmpades per al seu ús en museus i exposicions

S'ha de partir del fet que una bona elecció de la làmpada per a la creació de l'escena visual donada és condició necessària, però de cap manera suficient per aconseguir l'objectiu.

Recordem que un bon projecte d'il·luminació és una solució d'equilibri entre els condicionants derivats de l'objecte i el seu entorn, i de les necessitats perceptives de l'observador.

Observant el quadre comparatiu adjunt (Fig. 11), veiem que els requadres en groc indiquen els valors negatius de cadascuna de les fonts disponibles. Ara bé, si haguéssim de jerarquitzar els diferents paràmetres, començaríem per aquells que no poden ser modificats, com l'IRC o la possibilitat de regulació. Aquesta és la raó per la qual es recomana no usar en aquesta aplicació les làmpades de vapor de sodi o vapor de mercuri amb halogenurs metàl·lics.

LÀMPADA	UV ($\mu\text{W/lm}$)	IR	REGULACIÓ	EFICÀCIA (lm/W)	TC (K)	IRC
INCANDESCÈNCIA	74	ALT	SÍ	10	2700-3000	100
HALÒGENES	94-165	ALT	SÍ	22	2800-4700	100
FLUORESCÈNCIA 80	84-90	BAIX	SÍ	90	2700-6800	85
FLUORESCÈNCIA 90	43-49	BAIX	SÍ	60	2700-6800	95
LED	---	BAIX	SÍ	VARIABLE/ALTA	2700-8500	<90
VSAP	30	BAIX	NO	100	2000-2500	60
SDW	30	BAIX	NO	40	2500	80
VMHM	215-695	MITJÀ	NO	70-96	3200-5000	70-90

Fig. 11. Quadre comparatiu de la valoració de les làmpades per a ús museístic.

És cert que la indústria ha fet passos importants en la millora dels aspectes qualitatius de les làmpades de descàrrega. Mentre que els avenços amb la fluorescència han estat espectaculars i cada dia se'n troben més aplicacions allà on s'exigeix més a la il·luminació, a la resta de làmpades de descàrrega o d'inducció els avenços han estat insuficients.

5. Luminàries

La lluminària és l'aparell que distribueix i filtra el flux lluminós que surt de la làmpada, i la importància que té es deriva de la seva funció. En efecte, la font lluminosa produeix una quantitat determinada de flux lluminós, que depèn, per a cada tipus de làmpada, de la seva potència elèctrica i de la seva eficàcia lluminosa; ara bé, qui la distribueix dirigint-la cap a una determinada part de l'espai és la lluminària.

Imaginem una font puntual, és a dir, una petita esfera lluminosa que emetrà la mateixa llum en totes les direccions de l'espai que la

rodeja. Doncs bé, si se situa aquesta font dins d'una lluminària, es pot aconseguir que la llum emesa en una petita porció de l'espai que l'envolta sigui molt gran, mentre que a la resta de l'espai circumdant la llum emesa sigui nul·la.

La part de la lluminària que s'encarrega de la distribució del flux lluminós és el bloc òptic, que pot ser de diferents materials, com ara de vidre, de plàstic, d'acer, d'alumini, etc. La distribució de les intensitats lluminoses que surten de la lluminària depèn de les propietats de la superfície que conforma el bloc òptic.

A més del bloc òptic, que com ja s'ha indicat té una gran importància dins de la lluminària, aquesta disposa també d'allotjaments auxiliars que contenen reactàncies, encebadors, condensadors i els cables necessaris per al funcionament de les fonts lluminoses.

Les lluminàries també disposen en moltes ocasions de difusors de vidre o plàstic, i de planxes o reixes metàl·liques que serviran per disminuir la luminància de la font i, d'aquesta manera, reduir o eliminar l'enlluernament. Així mateix, és possible afegir filtres i lents difusores, concentradores o Fresnel, que tenen una gran influència en la modulació final de la llum emergent.

5.1. Tipologies

La Comissió Internacional de la Il·luminació (CIE) ha donat una classificació de les lluminàries segons la proporció de flux que emeten en el pla que volen il·luminar (Fig. 12).

Les lluminàries també es poden classificar per la simetria en l'emissió del flux lluminós en simètriques i asimètriques.

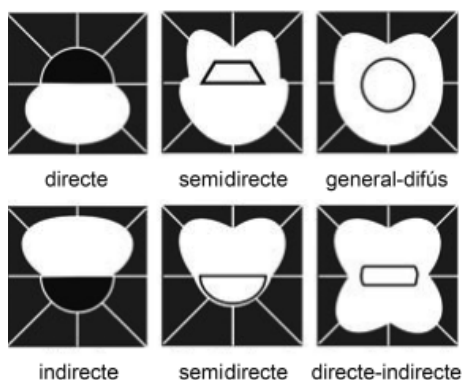


Fig. 12. Classificació de les lluminàries segons la proporció de flux que emeten en el pla.

6. Sistemes d'il·luminació

Si imaginem un espai amb llum, hem de pensar en el sistema d'il·luminació com l'element descriptiu de l'ordre espacial i temporal que ens crearà un recorregut i que, amb la seva disposició, centrarà l'atenció de les persones en determinades superfícies o àrees.

Així doncs, el terme “sistema d'il·luminació” s'utilitza per descriure l'efecte lluminós de les lluminàries aplicades d'una manera determinada en aquest espai, és a dir, com és la llum i com està repartida.

Els sistemes d'il·luminació es classifiquen, segons la disposició de les lluminàries i segons la distribució del seu flux lluminós, de la manera següent.

6.1. Sistema d'enllumenat general

Aquest tipus de sistema distribueix les lluminàries per tot l'espai tractant d'aconseguir el mateix efecte que la llum natural difusa, és a dir, la llum prové de la volta celeste. Aquest sistema es pot obtenir de dues maneres diferents; la primera és utilitzant el sostre de l'espai com a suport de les lluminàries i repartint-les uniformement en aquest sostre, que és el que coneixem com a enllumenat general directe.

Ara bé, també es pot utilitzar el sostre com a superfície reflectant i despenjar les lluminàries almenys un terç de l'altura total de l'espai, i amb això s'aconsegueix il·luminar el sostre i utilitzar-lo com a superfície lluminosa per tal d'il·luminar de forma indirecta les àrees expositives; això és el que es coneix com a sistema d'enllumenat general indirecte.

En ambdós casos s'admet, depenent de la geometria de l'espai, que els sistemes presentin una distribució perimetral.

6.2. Sistema d'enllumenat dirigit o localitzat

Amb aquest tipus de sistema, s'ubiquen i es dirigeixen les lluminàries per aconseguir el nivell d'il·luminació adequat a les superfícies expositives. Això es pot aconseguir de dues formes diferents.

En primer lloc, es pot il·luminar la superfície expositiva de manera uniforme i difusa mitjançant lluminàries banyadores de paret. Si són de bona qualitat, es pot obtenir una gran uniformitat fins i tot en grans superfícies.

En segon lloc, es pot il·luminar només l'obra exposada, que és el que es coneix com il·luminació d'accent o localitzada.

6.3. Sistema d'enllumenat mixt

Aquest sistema d'enllumenat s'aconsegueix a partir de les mescles que es poden obtenir amb els dos sistemes anteriors. D'aquesta forma podem obtenir sistemes d'il·luminació general directa i d'accent, i també sistemes d'il·luminació general indirecta i, a la vegada, difusa o uniforme sobre la superfície expositiva.

7. Llum i conservació dels béns culturals

7.1. Introducció

La preocupació pels efectes deteriorants generats per la llum sobre una gran part dels béns que integren el patrimoni té el seu origen, per una banda, en la incorporació a l'ús públic de les fonts de llum artificials i, per l'altra, en l'obertura del museu a la societat des de mitjans del segle XIX.

Com a curiositat, assenyalem que tot va començar en una disputa pública i vehement a Londres l'any 1886. Als diaris es llegien peticions perquè la National Gallery estigués oberta als visitants al vespre, i el South Kensington Museum (avui, Victoria & Albert) era mencionat com un exemple de museu on l'entrada era permesa de dia i de nit.

Malgrat l'oposició del director del museu i de Sir J. C. Robinson, administrador de les pintures de la Reina, la House of Lords va decidir que la National Gallery obrís tres tardes a la setmana. En el seu escrit de protesta, Robinson va criticar el South Kensington per haver exposat de forma continuada durant vint o trenta anys una important col·lecció

d'aquarel·les angleses: “A causa d'això els quadres han estat danyats irreparablement i ara no són sinó ombres pàl·lides d'ells mateixos. Només una generació ha tingut el gran plaer d'admirar-los ja que ara estan, podríem dir, gastats”.

Es van despertar les ires del Royal Institute of Painters in Water Colour, van baixar els preus de les aquarel·les a les subhastes i el South Kensington, a part de guardar discretament les mencionades aquarel·les, va encarregar als científics Abney i Russel estudiar minuciosament l'efecte de la llum sobre els quadres.

Dos anys més tard van publicar l'informe que porta els seus noms, en el qual es crida l'atenció sobre l'efecte fotoquímic, la llei de la reciprocitat i l'efecte tèrmic.

L'aportació significativa següent va ser fruit de la investigació empresa pel National Bureau of Standards (1949) per estudiar si era possible exhibir les Cartes de la Llibertat, custodiades per la Biblioteca del Congrés dels Estats Units d'Amèrica. Per primera vegada es quantificà el “factor de dany relatiu” per a les radiacions de longitud d'ona compreses entre els 290 i els 760 nm.

Té especial interès l'informe de Laurence S. Harrison, *Report on the deteriorating effects of modern light sources*, realitzat amb motiu de la reforma del Metropolitan Museum el 1950.

Posteriorment, cal destacar les aportacions de Garry Thomson, Saunders, David Loe, Peter Boyce i Christopher Cuttle, entre altres.

Al nostre país es pot destacar la contribució de J. M. Casal a la literatura sobre la il·luminació de museus. La CIE va publicar l'any 2004 l'informe CIE 157, *Control of Damage to Museum Objects by Optical Radiation*, on, si bé no trobem cap aportació significativa, sí que hi trobem recollits els avenços realitzats al voltant de la qüestió.

Com més endavant veurem, els organismes internacionals van formular, ja fa dècades, una sèrie de recomanacions amb l'objectiu de disminuir en la mesura del possible els danys que la llum provoca en les

obres exposades. Aquests organismes van tenir el gran valor d'apuntar una quantificació en termes d'il·luminància i d'emissió de la radiació ultraviolada, en relació amb el flux lluminós que les obres podien tolerar en funció de la seva naturalesa.

El desenvolupament tecnològic ha posat en mans dels professionals que exerceixen la seva activitat al voltant del museu suficients eines per garantir la correcta conservació preventiva dels béns culturals d'una manera eficaç en un sistema físic determinat.

També és cert que la conservació preventiva de béns culturals ocupa –almenys en teoria– un rol cada vegada més important en qualsevol activitat relacionada amb el patrimoni històric.

Però, a la vegada, aquest desenvolupament tècnic i social ha propiciat el gran creixement de les exposicions temporals, en els processos de les quals és pràcticament impossible garantir al cent per cent un adequat control de les condicions de conservació de les obres exposades.

A l'altre costat de la balança, s'ha d'insistir en el fet que l'exposició temporal és la millor eina per donar vida a l'obra d'art i als museus. La influència científic-tècnica en els procediments per a la conservació preventiva ha estat notable en les últimes dècades, però no s'ha d'oblidar que una gran part de les pràctiques essencials d'aquesta activitat professional i de qualsevol estratègia de conservació d'una col·lecció, té molt més a veure amb el sentit comú que amb la tecnologia. Només cal recordar l'època i les circumstàncies en què la Junta del Tesoro Artístico va preservar els tresors del Museo del Prado, amb una metodologia modèlica per entendre això.

Peggy Guggenheim, en les seves *Confessions of an Art Addict*, narra una anècdota interessant que va tenir lloc arran de la primera exposició de Kandinsky a Londres, organitzada per la seva galeria. Un professor li va demanar permís per emportar-se deu quadres i poder ensenyar-los als seus alumnes d'una escola del nord d'Anglaterra, petició a la qual tant l'artista com ella van accedir, i diu: “Quan l'exposició es va acabar, el professor va venir, va lligar deu quadres a sobre del cotxe i va marxar.

Quan va venir per tornar-me'ls em va explicar tot el que havia significat per a la seva escola". Això succeïa a mitjan anys trenta, quan òbviament la metodologia era un desastre, però el valor ètic i educatiu de l'acció era indiscutible.

La preocupació pels efectes de deteriorament a causa de la llum, dels agents mediambientals o de la manipulació no han de portar-nos per tant a posicions d'estricta intransigència. Òbviament, l'actitud no pot ser la mateixa enfront de testimonis únics de la història de la humanitat (vegeu, per exemple, la Sala de Policroms d'Altamira) que enfront de moltes de les manifestacions de l'art clàssic o actual; i això per dues raons: la primera perquè els recursos són limitats, cosa que obliga l'Estat a establir una jerarquia en les inversions destinades al camp de la conservació, i la segona perquè no s'ha d'oblidar que l'obra d'art neix, viu i també desapareix. Si es posessin tots els mitjans tècnics dels quals disposem per a la conservació, i ens dedicuéssim a vetllar escrupolosament per la integritat de tota manifestació artística, en un breu període històric l'art hauria perdut part de la seva essència. En definitiva, preservar el valor d'ús de l'art és més important per a la seva pervivència que assegurar-ne la conservació asèptica.

7.2. La llum i l'energia

Partint de la coneguda expressió de Planck, podem calcular l'energia associada a qualsevol radiació de l'espectre electromagnètic:

$$E = h c / \lambda$$

On: $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J/s}$ i $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$.

Són constants universals i λ és la longitud d'ona de la radiació considerada.

Si observem l'espectre de la radiació electromagnètica, podrem comprovar que les radiacions porten associat un valor energètic més alt com menor sigui la seva longitud d'ona. En altres paraules, el numerador de l'expressió de Planck és una constant en qualsevol cas, de manera que l'energia associada és inversament proporcional a la longitud d'ona considerada.

En definitiva, com més gran sigui la longitud d'ona, menor serà l'energia que porti associada i viceversa. Així doncs, és senzill entendre per què les ones de ràdio són innòcues i, en canvi, una exposició prolongada als raigs X és enormement perjudicial.

De les fonts de llum utilitzades a l'aplicació museogràfica, la de més ampli espectre és la llum natural, compresa entre els 150 nm i els 4000 nm.

7.3. La transformació de l'energia radiant

La radiació visible i no visible emesa per les fonts de llum pot produir reaccions a causa de la seva capacitat calorífica o del seu poder fotoquímic.

La manera i l'abast d'aquestes reaccions dependran de les circumstàncies concretes en les quals els processos es desenvolupin. La calor dissipada dependrà essencialment de la radiació infraroja emesa, i el poder fotoquímic, de la radiació ultraviolada i els colors freds de l'espectre visible.

La calor que rebí una obra d'art dependrà de la naturalesa de la font de llum utilitzada, del seu funcionament, del sistema d'il·luminació, de la distància de focalització, etc.; i la variació que pugui provocar en els paràmetres mediambientals dependrà també d'altres condicionants arquitectònics i museogràfics. En línies generals, podem cridar l'atenció sobre el que segueix.

Des del punt de vista químic, s'ha d'assenyalar la influència de la temperatura en la velocitat de les reaccions. Així, un increment de 10 °C de temperatura pot duplicar la velocitat esmentada. Això es deu a un increment de l'energia cinètica de les molècules i, en conseqüència, al nombre de xocs.

Des del punt de vista físic, les variacions de la temperatura provoquen canvis d'humitat relativa en l'ambient i, consegüentment, alteracions de l'aigua continguda en els materials, fet que dóna lloc a processos de contracció-dilatació que poden afectar greument les propietats elàstiques de l'objecte.

Des del punt de vista biològic, les altes temperatures en medis humits creen un ambient ideal per al desenvolupament d'agents nocius.

L'acció fotoquímica està directament relacionada amb la radiació ultraviolada. El 1918, Ch. J. D. Grotthus va expressar per primera vegada que només les radiacions que són absorbides per una substància poden determinar reaccions químiques. Una reacció fotoquímica elemental es produeix únicament si l'energia del fotó és suficient per provocar la ruptura d'un enllaç químic determinat.

El poder fotoquímic d'una radiació disminueix a mesura que augmenta la seva longitud d'ona. Per avaluar-ho, el National Bureau of Standards va establir el factor de deteriorament relatiu probable (D_λ). Hi ha dos mètodes per calcular el factor esmentat: l'americà (Harrison) i l'europeu (Krochman), encara que les diferències entre ambdós no tenen influència significativa en la seva valoració. Ara bé, també s'ha de considerar la influència de la TC. L'any 1988 Cuttle va demostrar que una font de Planck (il·luminant patró) de 2500 K porta associat un dany potencial relatiu de 0,92, mentre que per a l'il·luminant patró de 4000 K és d'1,37. En ambdós casos, havent filtrat prèviament l'ultraviolat (radiació per sota dels 400 nm per a la CIE).

8. Efectes de la radiació sobre els materials constitutius dels béns culturals

Són innumbrables els estudis d'estabilitat realitzats sobre els diferents materials (suports, pigments, vernissos, etc.) que s'han utilitzat i s'utilitzen per a la creació d'obres d'art. De les conclusions d'aquests assajos se'n deriven unes classificacions i posteriors recomanacions de conservació que tenen una utilitat innegable per a les polítiques de conservació del patrimoni. Convé realitzar, de tota manera, la puntuació següent: l'estabilitat d'una obra d'art depèn en ocasions més de la tècnica d'execució i de la lògica de col·ligacions entre els seus materials constitutius que de l'estabilitat de cadascun d'ells.

CATEGORIA	DESCRIPCIÓ	EXEMPLES	ISO
INSENSIBLE	Objecte conformat en la seva totalitat per materials permanents.	Metalls, pedres, la majoria de vidres, ceràmica genuïna, molts minerals, etc.	-----
SENSIBILITAT BAIXA	Objecte conformat per materials duradors lleugerament sensibles a la llum.	Pintures a l'oli, al tremp, frescos, pell i fusta no tenyida, banya, os, marfil, alguns plàstics.	7 - 8
SENSIBILITAT MITJANA	Objecte que inclou materials moderadament sensibles a la llum.	Tèxtils, aquarel·les, colors pastel, gravats, dibuixos, material bibliogràfic, col·leccions d'història natural.	4 - 5 - 6
SENSIBILITAT ALTA	Objecte que inclou materials altament sensibles a la llum.	Seda, determinats colorants, fotografia històrica, paper de baixa qualitat.	1 - 2 - 3

Fig. 13. Classificació dels materials d'acord amb la seva sensibilitat a la radiació visible.

Els assajos d'envel·liment dels materials es realitzen sota condicions extremes, a les quals una obra d'art mai es veuria sotmesa. Permeten, en canvi, una comparació fiable entre materials similars (pigment, vernís, consolidant, etc.).

Atès que l'aspecte més cridaner de l'efecte de la llum és la decoloració, és de gran utilitat el sistema ISO (1995) per a la classificació dels materials als museus. El sistema es basa en l'escala Blue Wool de solidesa a la llum, que comprèn vuit categories, sent 1 la més sensible i 8 la que menys, i el pas entre l'una i l'altra del 50% (Fig. 13).

Les mostres es col·loquen dins d'una cabina, on es controlen les condicions ambientals i, amb una font d'ampli espectre, s'irradien les mostres (assaig i patró), que queden cobertes parcialment i amb les quals es realitzen posteriorment comparacions visuals.

Un altre sistema més precís és recórrer a la colorimetria, amb la qual no només detectem les decoloracions o variacions de to o matís, sinó també la pèrdua de lluminositat.

9. Limitar l'efecte de la llum

L'exhibició de qualsevol obra d'art en un sistema físic que no sigui aïllat (entenent aïllat com aquell que no intercanvia massa i energia amb l'exterior) representa un factor de deteriorament ineludible. L'objectiu

de la conservació dels béns culturals consisteix, essencialment, a temperar en la mesura del possible els danys que l'esdevenir del temps pugui produir. En aquest context s'han d'entendre les recomanacions formulades per organismes com l'ICOM en relació amb el control de les condicions ambientals o la llum. Qualsevol font de llum natural o artificial en el seu espectre d'emissió implica, en una mesura més o menys gran, els components següents.

9.1. Infraroig (IR)

Són diversos els mecanismes de transmissió de la calor des d'una font de llum fins a l'obra. No només s'ha d'eliminar la calor que per radiació acompanya el feix de llum que il·lumina l'obra; la calor dissipada per la font pot ser transmesa per conducció a través de la lluminària que suporta la font i més tard arribar a l'ambient, on per convecció pot també alterar les condicions d'Hr i T convenients per a la conservació de les peces. En cada cas s'haurà, doncs, d'avaluar la càrrega tèrmica dissipada a l'espai donat i la seva influència en els paràmetres mediamientals. Aquest estudi ens permetrà trobar la més adequada solució per garantir l'estabilitat dels paràmetres esmentats.

9.2. Visible

Les recomanacions acceptades són: 50 lx per als objectes de gran sensibilitat, 200 lx per als de moderada sensibilitat i fins a 300 lx per als materials inorgànics.

Sobre aquesta qüestió hi ha hagut nombroses opinions, articles, etc. De fet, amb la classificació aportada per la CIE de la taula anterior (Fig. 13), ja estaríem parlant de quatre intervals als quals associar una il·luminància donada. La qüestió fonamental no és tant si en una exposició determinada estem 20 lx amunt o avall, sinó que existeixi una consciència i una pràctica del control de la il·luminància quan això sigui necessari per a la conservació.

9.3. Ultraviolat (UV)

La norma tradicional és que no s'han d'utilitzar fonts de llum el contingut d'UV de les quals superi els 75 $\mu\text{W}/\text{lm}$.

Per altra banda, s'han de respectar simultàniament aquesta limitació i l'anterior (valors d'il·luminància) per tal de garantir que la quantitat absoluta d'UV no s'escapi del rang recomanat. S'ha de fer notar que aquest valor ja va ser revisat per la CIE, que suggeria en l'informe 157 de 2004 que el límit se situés en els $10 \mu\text{W}/\text{lm}$, entenent que actualment es disposa de làmpades d'aplicació en museus que podrien respectar aquest valor prenent les precaucions adequades.

10. El control de les recomanacions per a la conservació

A primera vista, per garantir que la llum no acceleri els processos de deteriorament, podria pensar-se que és suficient d'armar-se amb les eines de mesura necessàries (luxímetre i ultraviòmetre) i assegurar que els objectes exposats no assoleixen més radiació de la deguda. La realitat és ben diferent, ja que aquesta quantificació afecta la llum, suport de la percepció. És del tot impossible, quan estem treballant amb la llum, dissociar els elements quantitatius dels qualitius. Només quan el criteri de conservació de les obres es consideri dins del marc del projecte d'il·luminació, podrem assegurar la compatibilitat entre una adequada organització de la llum en l'espai i la garantia dels nivells necessaris per a una millor conservació dels béns culturals exhibits.

En línies generals, una correcta política de conservació haurà de contemplar:

- L'eliminació dels components nocius associats a la llum (IR i UV), que no influeixen en el procés de la visió.
- El control de la composició espectral dins del rang visible.
- El control de la il·luminància.
- El control del temps d'exposició.

Tot això és tecnològicament possible; ara bé, com hem dit més amunt, hi ha vegades que una aparent bona solució per a la conservació té conseqüències de cap manera desitjables per al procés expositiu.

Repassem-ne unes quantes, relacionades amb els apartats anteriors.

Lògicament, Abney i Russell, després de publicar el seu informe, van ser requerits per donar solucions concretes a problemes de conservació relacionats amb la llum.

Russell va proposar que s'instal·lessin en algunes sales del South Kensington, il·luminades amb llum diürna i en les quals s'exposaven cartrons de Rafael, vidres acolorits verds i taronges, amb l'objecte de reduir la transmissió a l'interior de les longituds d'ona més curtes i disminuir la il·luminància fins a un 20%. La instal·lació es va acabar l'any 1894, i sens dubte va servir per millorar les condicions de conservació.

Durant molt temps ningú va protestar, fins que l'any 1923 Lord Crawford va qüestionar la instal·lació per la seva influència negativa en la percepció dels colors originals. Va plantejar que era absurd privar les generacions del moment de la seva contemplació, amb l'objectiu que al cap de cent anys es poguessin veure en millors condicions.

La instal·lació es va mantenir fins al 1939, quan un bombardeig va destruir la sala.

La valoració és clara: una solució infinitament més sensata hauria estat reduir dràsticament el temps d'exposició o el nivell d'il·luminància sense alterar la composició de la llum.

En una exposició realitzada fa anys a Amsterdam amb dibuixos de Leonardo i que posteriorment es va poder veure a altres ciutats, el nivell d'il·luminància era mínim, cosa que feia difícil estudiar les obres en detall. Per això, al costat de cada obra es posava a disposició del visitant una lupa. Imaginem els efectes que podria haver provocat algun estudiós tenaç sobre algun dels seus detalls, i més quan la il·luminació de l'obra es feia de forma focalitzada sobre cada dibuix. Això ho hem pogut tornar a veure recentment en una exposició a la Biblioteca Nacional de Madrid. Un bon disseny basat en l'estudi de luminàncies i contrastos i un adequat control de l'índex d'exposició (lx/h) haurien estat armes molt més eficaces perquè els visitants, amb independència

de l'edat, haguessin contemplat correctament l'exposició garantint a la vegada els requisits de conservació.

Moltes vegades es realitzen investigacions que no tenen gaire sentit. Per exemple, el tan debatut assumpte del flaix als museus. Getty va publicar l'any 2001 una memòria exhaustiva de T. T. Schaeffer sobre la qüestió, en la qual conclou que l'ús del flaix difícilment pot arribar a generar un deteriorament addicional de les obres. La CIE recull en part les seves conclusions a l'informe tècnic 157 (2004), i alerta sobre una possible influència en els materials més sensibles. La qüestió és que, després d'haver llegit una quantitat ingent de literatura sobre el tema, encara no hem sentit a dir que el flaix s'hagi de prohibir perquè generi enlluernaments molestos als altres visitants, perquè alteri la necessària tranquil·litat ambiental que ha de regnar en una sala d'exposicions o perquè faci prevaldre el dret individual sobre el col·lectiu, tres raons infinitament més poderoses que l'hipotètic mal que pugui produir.

Un exemple més: Miller proposa un sistema d'harmonització de l'energia reflectida (REM), la finalitat del qual és reduir l'energia absorbida per l'objecte. Per a això, proposa il·luminar les obres amb un sistema que incorpori filtres, de manera que el vermell s'il·lumini amb vermell i el blau amb blau. Imaginant el resultat sobre un Albers, per posar-ho fàcil, es pot vaticinar sense gaire risc a equivocar-se que, indubtablement, es produirà una alteració cromàtica del conjunt, amb la qual cosa el fals estètic està garantit. A més, té alguna utilitat una investigació l'aplicació de la qual hauria de ser d'obra en obra?

11. La influència del disseny d'il·luminació en la conservació

Ja hem dit que no és suficient escollir una bona font de llum per assegurar el respecte a les recomanacions de conservació. Hi ha altres elements que, si s'utilitzen correctament, poden ajudar-nos decisivament en aquesta tasca.

11.1. La lluminària

L'equip on s'ubica la font de llum té una gran influència en l'aprofitament de la llum emesa i en el seu repartiment sobre l'obra. Una correcta elecció pot reduir la potència instal·lada necessària i, en conseqüència, tots els rangs espectrals als quals fèiem referència.

11.2. Espais d'adaptació

Tenen més a veure amb el projecte museogràfic, però són un element fonamental per a l'adaptació visual a baixes il·luminàncies. Si es projecten adequadament, quantitats baixes de llum semblaran suficients a l'observador.

11.3. Luminàncies

Tots els objectes s'observen contra un fons sobre el qual es contrasten. Si l'elecció dels colors dels revestiments és adequada, amb menys llum l'espai pot semblar millor il·luminat. Hem de tenir en compte a més que totes les superfícies d'una sala d'exposició són, en definitiva, fonts secundàries de llum. Si el contrast d'un objecte sobre el fons és mínim, necessitarem més quantitat de llum per distingir-lo.

Per altra banda, si el contrast és excessiu, vulnerarem cànons perceptius que ens allunyan dels rangs de comoditat visual.

Els assajos de Peter Boyce sobre aquesta qüestió són concloents. Amb un contrast de luminàncies d'un 30% entre l'objecte i el fons, obtenim les més eficaces condicions de visibilitat respectant els valors d'il·luminància prescrits en el cas més desfavorable en un museu (50 lx). L'elecció dels colors, textures i acabats dels paraments d'una sala d'exposicions, és a dir, de les fonts passives d'il·luminació, adquireix més importància que la il·luminació que realitzem amb lluminàries i projectors.

11.4. Maneres d'il·luminar

Un bany de llum de 150 lx sobre un parament amb un fons clar on s'exhibeixin quadres fa que semblin molt més lluminosos que amb una il·luminació focalitzada obra a obra de 300 lx. L'experiència permet

afirmar que, en el cas de la il·luminació d'objectes exhibits a la paret, la millor percepció s'obté combinant una llum uniforme sobre el parament amb suaus accents que cobreixin cada obra.

11.5. Temps d'exposició

S'accepta que l'efecte de la llum és acumulatiu. Això es formula mitjançant la llei de la reciprocitat, que relaciona el possible efecte de la llum amb la quantitat resultant de multiplicar la il·luminància pel temps d'exposició. Així doncs, 1000 lx durant una hora produiran el mateix efecte que 100 lx durant deu hores.

No és debades assenyalar que, sense negar la utilitat i eficàcia d'aquesta llei en el terreny que ens ocupa, convé ajustar la manera com ha de ser utilitzada.

Moltes de les reaccions químiques que poden desencadenar-se en un determinat compost que formi part de l'obra necessiten una energia mínima d'activació sense la qual no es produeixen. Així, 50 lx poden portar associat un nivell energètic insuficient per a aquest fi, mentre que amb 200 lx la reacció potser comença a produir-se. Segurament serà menys perjudicial per a una aquarel·la una exhibició anual completa a 50 lx, que la seva exhibició únicament durant un mes a 600 lx.

En els museus d'ús mitjà convé instal·lar, doncs, sensors de presència a les sales que activin els sistemes d'il·luminació.

11.6. Filtres

Fins fa poc, i fins i tot encara ara, s'ha fet dels filtres una panacea. La realitat d'avui dia és que l'ús de filtres s'ha de fer de manera selectiva i en circumstàncies especials, i per a això destaquem diversos motius.

Disposem de fonts de llum amb baixa emissió a l'UV i que compleixen tots els requisits necessaris per al seu ús en museus (fluorescència d'alta freqüència amb tubs d'IRC 95).

Hi ha a més sistemes de transmissió de la llum com la fibra òptica, adequats per a peces de gran sensibilitat, en els quals almenys la

radiació per sota dels 315 nm desapareix, sempre que s'utilitzin amb fonts halògenes i no amb làmpades d'halogenurs metàl·lics.

Els leds d'aplicació per a aquesta activitat tampoc emeten UV.

A excepció d'algun filtre, quasi tots alteren la TC i l'IRC de la llum emesa, amb el consegüent perjudici en la contemplació de l'obra, encara que s'ha d'assenyalar que la major part de les làmpades halògenes amb filtre UV incorporat donen una llum en la qual no s'aprecia la seva presència.



Interior del Museo Patio Herreriano (Valladolid)
Fotografía: cortesía d'Erco



El disseny d'il·luminació en els espais expositius. Condicionants i criteris

Joaquim Adell Calduch

Enginyer d'il·luminació

0. Objecte

Aquest text prova de definir els objectius, en matèria d'il·luminació, en els projectes d'espais expositius.

1. Camp d'aplicació

En l'àmbit dels espais expositius hi incloem museus amb les seves col·leccions permanents i les seves propostes temporals, seus d'exposicions efímeres o temporals, galeries d'art i tots aquells que s'hi puguin assimilar.

No obstant això, el lector no s'ha de prendre com a excloent el paràgraf anterior. Així, un jaciment arqueològic musealitzat a l'aire lliure ha de llegir-se en clau expositiva, i també caldria esmentar el Chillida-Leku, un meravellós conjunt interior-exterior que guarda la memòria i l'obra escultòrica del genial artista, inexplicablement tancat el desembre del 2010.

Per tant, el concepte d'espai expositiu s'ha d'entendre en el sentit ampli, i per aquest argument principal les propostes d'aquest capítol no són tancades, sinó que són un intent d'aproximació a la problemàtica.

2. Introducció / antecedents

A Espanya, la cultura moderna arrenca el 1976 amb la convocatòria del concurs internacional per a la climatització i la il·luminació del Museo del Prado.

Des de llavors i fins ara, la construcció i la rehabilitació d'edificis per a l'ús com a equipaments culturals s'ha desenvolupat amb una productivitat enorme.

Des de l'any 1997, a més, el paradigma Bilbao-Guggenheim ha sigut com una nova guia de l'excel·lència perquè les principals capitals assumissin el risc/benefici que podia comportar tenir un museu institucional propi associat a la imatge d'un arquitecte de prestigi reconegut.

Aquesta carrera, que encara no ha acabat, ha situat el projecte d'il·luminació d'aquests espais en un interessant exercici d'investigació i experimentació, alhora que ha servit d'inspiració per aplicar alternatives semblants en espais més modestos, com les galeries d'art o els petits àmbits expositius dels centres culturals construïts en tota mena de municipis de la nostra geografia.

En aquest capítol s'analitzen els aspectes més suggerents de la il·luminació dels espais expositius.

3. Criteris de qualitat *versus* discurs museogràfic

Veure, mirar i contemplar són activitats visuals habituals en l'espai expositiu; per tant, a priori es pot afirmar que els criteris usuals de qualitat en el projecte d'il·luminació són també vàlids en l'aplicació que ens ocupa.

No obstant això, podem convenir que el rendiment en color o índex de reproducció cromàtica (IRC) és un criteri de qualitat objectiu en l'àmbit del muntatge expositiu, i si fos possible, les fonts de llum artificial categoria 1A serien les recomanables.

Sabem, d'altra banda, que la llum en penetrar en el nostre òrgan de visió segueix dos camins, el visual i el biològic, dualitat que permet aproximacions al projecte des de la mètrica i des de la percepció.

Per altra banda, la visita a una exposició és habitualment un acte que es fa en moviment, i això permet un exercici personal i únic que consisteix

a buscar la millor posició de visió en funció de les condicions d'ambientació i il·luminació trobades.

Finalment, els muntatges expositius responen a un disseny que, al seu torn, obeeix a allò que es coneix com a “discurs museogràfic”; en definitiva, al concepte bàsic del projecte expositiu que es vol obtenir i com es pretén obtenir, de manera que la il·luminació ha d'estar al servei del concepte citat.

Aquesta barreja d'evidències fa de la il·luminació expositiva una font de creativitat, innovació i experimentació com poques en podem trobar en l'àmbit del disseny d'il·luminació, i això ens permet aventurar que també la transgressió pot arribar a ser un dels objectius del discurs museogràfic, cosa que obre la porta a una aproximació *sui generis* al projecte d'il·luminació.

4. Sistemes d'il·luminació proposats

Tot i el risc d'incórrer en un simplificació excessiva, podem assimilar els sistemes d'il·luminació expositiva següents:

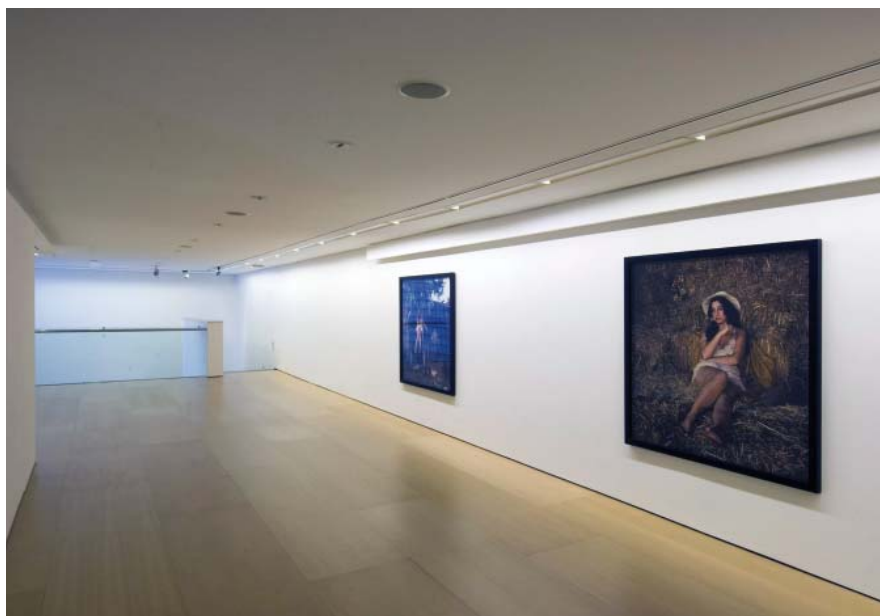
4.1. Il·luminació difusa i uniforme

Es pot aconseguir d'una manera directa o indirecta, però respectant un principi de neutralitat en què el tot preval sobre les parts, sense cap jerarquia de percepció. En teoria planteja un manteniment senzill i poc problemàtic, i és molt recomanable on no és possible trobar especialistes.

Espai i obra d'art conviuen sense ordre jeràrquic.

4.2. Il·luminació directa d'accent

Jerarquitza, no manté el principi de neutralitat, incentiva l'obra d'art sobre la qual concentra la llum. L'espai, segons sigui el seu tractament, tendirà més o menys cap a la seva “desaparició perceptiva”; la il·luminació porta el visitant a concentrar-se sobre l'objecte exhibit. Aquest criteri exigeix una aplicació més professional en el muntatge i,



Exemple d'il·luminació difusa, uniforme. Galeria Horrach Moya (Palma de Mallorca). Fotografia: cortesia d'Erco.



Exemple d'il·luminació difusa, uniforme. ARTIUM, Centro-Museo Vasco de Arte Contemporáneo (Vitòria-Gasteiz). Fotografia: cortesia d'Erco.



Exemple d'il·luminació directa, d'accent. Galeria Gómez Turú (Barcelona). Fotografia: cortesia d'Erco.



Exemple d'il·luminació directa, d'accent. Institut Valencià d'Art Modern - IVAM (València). Fotografia: cortesia d'Erco.

sobretot, una valoració molt personal del criteri conceptual expositiu.

4.3. Combinació d'il·luminació difusa i il·luminació d'accent

Com indica la seva definició, es tracta de fer conviure els dos tipus de sistemes d'il·luminació. Ofereix més possibilitats en el disseny, facilita una altra percepció de l'espai expositiu i pot permetre una gestió millor de la instal·lació, que pot contribuir a una millor eficiència del sistema.

Normalment aquesta combinació es materialitza aplicant la il·luminació difusa en un 30-40% de la il·luminància resultant, mentre que la il·luminació d'accent oscil·larà entre un 60-70%.

Per descomptat, aquestes tres opcions no són tancades en si mateixes. Com s'indica en altres parts d'aquest capítol, el muntatge expositiu és un nínxol de creativitat i disseny, i a més l'evolució de les propostes artístiques obligarà a un esforç d'adaptació permanent en disseny d'il·luminació. S'esdevé així, per exemple, amb les més modernes manifestacions artístiques, com el *net-art*, el videoart, les instal·lacions artístiques, les *performances*, etc.



Il·luminació difusa i il·luminació d'accent. CaixaForum (Barcelona). Fotografia: cortesia d'Erco.

5. Consideracions generals del projecte d'il·luminació

Citarem com a exemple alguns possibles criteris que permetin definir la solució projectual.

5.1. Criteris espacials o arquitectònics

La clàssica subordinació del contingut al continent, força usual amb els titulats estel·lars.

5.2. Criteris de disseny dels suports

Poden condicionar positivament o negativament, i limitar les possibilitats de la il·luminació.

5.3. Criteris econòmics

El sentit queda clar.

5.4. Criteris d'explotació

El fet de conèixer a priori si la instal·lació serà gestionada professionalment permet opcions més elaborades. Per contra, l'absència d'una bona gestió professional de la instal·lació demana solucions simples i senzilles, sense detriment del seu valor qualitatiu.



Continent *versus* contingut. Museo Patio Herreriano (Valladolid). Fotografia: cortesia d'Erco.

5.5. Criteris d'ambientació

Això té més a veure amb les sensacions i les emocions. Normalment, al darrere d'un projecte expositiu hi ha tot un plantejament de l'atmosfera a crear i de com es vol arribar al visitant i quines sensacions se li volen estimular.

La il·luminació al servei d'un concepte expositiu és un repte i un estímul per al professional, que en la fase de disseny es debat i s'insinua, però que només es materialitza en la fase de muntatge, perquè és quan s'experimenta, s'analitza i es concreta la solució més adient.

5.6. Criteris de mimetisme

Quin és el projecte de referència que inspira la nova instal·lació; no invitem a copiar sinó a utilitzar les instal·lacions existents com a exemples que permeten als interlocutors d'un projecte entendre's millor.



Obra d'art única, espai únic. El *Guernica*, darrer i actual muntatge fotografiat per Nano Cañas. Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía - MNCARS (Madrid). Fotografia: cortesia d'Erco.



Encara que pugui semblar-ho, no és el mateix museu. A dalt, una sala del Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía - MNCARS (Madrid), l'any 1986; a baix, Museo Patio Herreriano (Valladolid). Fotografies: cortesia d'Erco.





Impacte visual o adaptació al programa d'ús? Museo Jorge Oteiza (Alzuza, Navarra). Fotografia: cortesia d'Erco.

5.7. Criteris mediambientals

De discussió obligada, atesa la situació actual en matèria de sostenibilitat.

5.8. Criteris de composició i escala

Sovint controlats pel principal facultatiu del projecte.

5.9. Criteris d'impacte visual

Avaluar com conviu formalment la solució escollida en l'espai expositiu.

5.10. Altres

Aquells que el lector pugui afegir en funció de les seves pròpies experiències.

6. La llum natural i l'espai expositiu

La llum diürna és present en el projecte museogràfic des del moment en què es rehabiliten edificis antics i clàssics, dotats de galeries amb connexió exterior.

No obstant això, en el nostre país la llum diürna, durant els últims trenta anys, ha sigut utilitzada més com a referent que com a il·luminant, és a dir, el disseny arquitectònic fa participar la llum natural del projecte d'il·luminació, sense centrar la seva aportació en la il·luminació de l'obra d'art sinó al servei de la connexió visual que permet la relació interior-exterior.

Hi ha, fins i tot, algunes llegendes urbanes que aconsellen la visita diürna si l'interès és arquitectònic, o la nocturna si és artístic; aquest és el cas del Museu d'Art Contemporani de Barcelona - MACBA.

Així mateix, hi ha experiències impagables sobre com una col·lecció es pot contemplar si la visita és diürna o nocturna; per exemple, el Museo Jorge Oteiza a Alzuza (Navarra).

L'actual situació crítica en termes d'energia està obligant a un cert replantejament de la tesi anterior i, com a mínim, suposa una interessant novetat introduir en la fase de projecte el debat sobre l'oportunitat o no de la llum diürna com a eina.

Sigui com sigui, cal recordar que la llum diürna hauria de ser difusa per optimitzar-ne la gestió, i això només és possible si els buits de penetració estan orientats al nord, i relacionar finalment el seu ús amb un bon sistema de gestió i control que, de manera automàtica, dosifiqui la quantitat de llum artificial necessària a cada moment.

7. Algunes consideracions al voltant de la pràctica de la il·luminació expositiva

L'espai expositiu representa una tipologia de projecte d'il·luminació molt associada amb l'experimentació. Dificilment, per tant, un projecte teòric satisfarà el resultat final. En l'estudi de treball es fan aproximacions, però normalment l'encert final està vinculat a l'experiència *in situ* per mitjà de l'exercici pràctic de prova/error.

En els plànols es podrà dibuixar la implantació del component difús; el component personalitzat o d'accent es resoldrà en fase de muntatge, i en la memòria del projecte s'incorporarà com a dotació alçada aconsellada.

Per tant, la visita i la immersió en exposicions, museus i galeries d'art és un exercici necessari si es vol tenir un domini correcte de la idiosincràsia del projecte d'il·luminació.

La fotometria adopta un convencionalisme quan defineix l'angle del feix d'una lluminària tipus projector al valor mitjà de la intensitat lluminosa màxima. Això pot ser un parany en un muntatge expositiu, en què la presència de feixos secundaris pot desvirtuar l'efecte buscat quan s'il·lumina l'obra d'art. Per tant, l'exigència de fotometries que proporcionin un feix de qualitat és imprescindible, i les correccions amb lents són necessàries quan es vulguin neutralitzar els efectes mencionats.

Finalment, en la memòria del nostre projecte s'haurien d'efectuar totes les consideracions necessàries en l'àmbit de la comunicació. Per exemple, si estem elaborant una proposta per a l'exposició d'una obra molt sensible amb baixes il·luminàncies, cal recomanar que el visitant trobi una informació prèvia que li expliqui el perquè de la poca llum i fer-lo còmplice llavors de la proposta per evitar que la critiqui per ignorància. Per acabar, una reflexió de l'arquitecte Louis Khan, per a qui allò fonamental en el projecte d'un museu és el silenci i la qualitat de la llum.



Porta de Brandenburg (Berlín)
Fotografía: Albert Hurtado



El projecte d'il·luminació. Sistemes de representació

Cristina Camps Colomer

Responsable de projectes. Erco Iluminación, S.A.

1. Simulació i càlcul

Els arquitectes i projectistes luminotècnics fan servir diversos mètodes per representar les seves idees i els seus detalls tècnics, i els comuniquen als que intervenen en el procés de planificació. A la mateixa fase del projecte, donen la possibilitat d'una comparació de les propostes, i s'adopten les decisions que calen per a la fase de construcció posterior. La tècnica digital de simulació va servir per ampliar els mètodes dels anys vuitanta del segle xx, com ara el croquis, la maqueta, el mostreig i el dibuix.

1.1. Avaluació i presentació

De la mateixa manera que hi ha maquetes de treball i de presentació, el sector de la simulació disposa d'una diferenciació semblant. La maqueta de treball simplifica la tasca de projectar, utilitzant variants aproximatives i esquemàtiques. S'hi contraposa la maqueta de presentació, amb una execució prolixa en tots els detalls. Pel que fa a la luminotècnia, els croquis, els dibuixos digitals o els retocs fotogràfics són unes tecnologies de visualització ràpida. Per aprofundir els estudis, continuarem després amb una simulació lluminosa aproximada, de la qual no disposem d'una definició exacta dels materials i les lluminàries. A l'etapa següent, seguirem afinant la simulació per mitjà de superfícies realistes i usant lluminàries amb dades fotomètriques, que permetin la planificació detallada i la presentació.

1.2. Simulació i edició d'imatges

Generalment s'associa la simulació amb models 3D i amb una il·lustració exacta de l'efecte lluminós. Però per a les visualitzacions esquemàtiques

és freqüent utilitzar l'edició digital d'imatges a base de representacions bidimensionals o tridimensionals. El seu avantatge radica en l'abstracció i en una materialització més ràpida. Però si el local que es vol il·luminar té unes característiques complexes, aquest mètode topa amb unes certes restriccions, perquè és poc el que ens pot dir sobre escales i geometries complicades per a una planificació detallada.

1.3. Simulació quantitativa i qualitativa

La simulació aplicada a la luminotècnia comprèn dos camps. La simulació quantitativa pretén esbrinar valors numèrics correctes en l'ordre físic, amb l'objectiu de verificar les il·luminàncies i les luminàncies que les normes prescriuen. La simulació qualitativa, en canvi, emfasitza els aspectes ambientals, que permeten al projectista luminotècnic transmetre els conceptes estètics que el seu projecte d'il·luminació ha de materialitzar.

1.4. Simulació i realitat

És freqüent que la qualitat d'una simulació sigui valorada pel major o menor grau en què s'aproxima a la realitat, i es planteja la pregunta si el *rendering* o una representació fotorealista són físicament correctes. El criteri de les dades físicament correctes es refereix als valors numèrics de la simulació quantitativa. La visualització en el monitor o per la impressió en color, realitzada en el paper, no poden donar mai la mateixa impressió que un entorn real. De la mateixa manera que un fotògraf regula la incidència de la llum obrint o tancant més el diafragma, també en el *rendering* s'adopta una decisió que afectarà el disseny. Cal afegir-hi el marge de contrast de què disposen els mitjans d'emissió. Ni la impressió en color, ni la visualització en el monitor, ni la imatge projectada reproduiran correctament el contrast de luminància real. La impressió fotorealista d'una simulació qualitativa es dona més aviat a través de la representació exacta de l'efecte lluminós, com per exemple de la distribució de la llum i de l'ombra, o de la reflexió de la llum en les superfícies.

1.5. Interacció

Per poder apreciar els canvis mentre s'està realitzant el treball, l'usuari voldrà disposar d'una configuració interactiva de la simulació.

Tenint en compte l'estat tecnològic actual, la informàtica pot materialitzar la interacció només fins a un cert nivell. Això també depèn molt del *hardware*. Generalment els programes informàtics només saben representar interactivament els canvis en la geometria, la posició de la càmera, la textura i les modificacions senzilles de les fonts de llum, i les propietats dels canvis en els reflexos, les ombres complexes i la llum indirecta.

1.6. Procés de planificació

Perquè una simulació lluminosa sigui eficaç dins del procés de planificació, cal una magnitud idònia dels detalls i la bona col·laboració amb un especialista. Per mitjà de la fixació de l'abast de la representació és possible governar els factors temps i cost. Per a la realització de les simulacions lluminoses, l'estudi projectista pot optar per l'elaboració pròpia o recórrer a un especialista en aquesta classe de serveis. La solució interna admet el *rendering* en paral·lel al procés de planificació. Però si les simulacions són extenses i si els serveis els realitza personal extern, l'intercanvi d'informacions assolirà un volum considerable. La contrapartida consisteix en l'experiència més gran del prestador de serveis, uns resultats més ràpids i una disminució de les despeses de l'estudi. La simulació lluminosa pròpiament dita es pot subdividir en quatre fases: el modelat de la geometria, la definició dels materials, la il·luminació del model i el procés de renderització.

2. Simulació lluminosa

La simulació lluminosa és un mètode útil per visualitzar i verificar la il·luminació. Exigeix uns certs passos en la planificació previs al *rendering*: el concepte i el croquis, el model 3D CAD, i també l'especificació de les fonts de llum i propietats de les superfícies. Per a les simulacions lluminoses professionals, l'usuari utilitza un *software* especial, com 3D VIZ/Max o DIALux. Ara bé, en la major part, els programes CAD no estan en condicions de simular llum amb característiques físiques correctes.

2.1. Model 3D: importació-exportació i geometria

Com a base per a la simulació s'utilitzen les dades 3D d'un local, amb les quals es calculen les imatges. Aquestes dades 3D poden tenir l'origen en programes CAD senzills, o en aplicacions especialitzades. Si l'estudi ja està treballant amb dades 3D, aquestes dades admeten la importació des d'aquell *software*, i que s'hi efectui la simulació lluminosa. Com més bé s'hagi preparat el model 3D, més sofisticada podrà ser la simulació lluminosa, i més llarg serà el temps que caldrà per fer-la.

Si existeix un model 3D en un programa diferent per a la simulació lluminosa, les dades es podran transferir per mitjà d'una exportació i importació. Atès que els models 3D contenen dades força complexes, l'usuari haurà de comptar amb l'aparició d'errors, i haurà de fer a mà les correccions necessàries.

És per això que es recomana efectuar aquesta importació de bon començament a formats diferents d'intercanvi. Aquests formats d'intercanvi 3D CAD són, per exemple, DWG, DXF i 3DS.

Com que els models CAD satisfan unes exigències diferents a les que requereixen els models per a la simulació lluminosa, és freqüent que a causa de la geometria dels models, es produeixin problemes amb la simulació. Si bé en un programa CAD no apareix cap problema en el disseny dels cables metàl·lics d'una barana d'escala en qualitat de cilindres d'alta resolució, per exemple, la veritat és que el càlcul de la superfície del cilindre durant el *rendering* pot ser força complicada. Caldrà que l'usuari tingui en compte aquesta circumstància ja a l'hora de crear el model 3D, i en els ajustos per a l'exportació. Atès que les simulacions exigeixen efectuar molts càlculs, i en continuaran exigint, l'optimització de la geometria permetrà reduir notablement el volum d'aquesta feina. Les geometries petites però abundants en detalls, situades sobre una capa (*layer*) inactiva pròpia, poden disminuir el temps de càlcul. És igual de recomanable una estructura de capes (*layers*) basada en materials per realitzar ràpidament càlculs intermedis.

2.2. Superfície: ombrejat i textura

L'observador reconeix els materials tan sols a través de la definició de les propietats de la superfície. D'acord amb la sofisticació que es vulgui, en els programes de simulació és possible efectuar ajustos tant senzills com complexos.

El concepte anglès *shading* significa “ombrejat”. Amb l'ajuda d'un *shader*, l'usuari defineix per a les superfícies les propietats lumíniques amb el color, la reflectància i la transparència. Aquestes propietats determinen com apareixerà la llum en l'objecte, i quina influència exercirà en l'entorn. A la vegada, l'efecte lluminós de les propietats del material dependrà sempre del tipus i la posició de les fonts de llum, i aquell es torna visible a través de la combinació dels factors d'ombrejat i la il·luminació. Així, per exemple, els punts brillants en superfícies reflectants apareixen tan sols quan hi ha la llum de les fonts corresponents.

Per poder representar els objectes no només amb un matís, és possible assignar textures a les superfícies. Amb aquesta tecnologia, anomenada mapatge, el patró pot consistir en dissenys gràfics abstractes o en fotografies. Els programes de simulació ofereixen, amb aquesta finalitat, unes col·leccions extenses de patrons reunides en biblioteques, per exemple per representar fusta o formigó a la vista. Amb l'ajuda d'uns procediments de mapatge especial (mapatge *bump*), és possible modificar les microestructures, i així donar la impressió que es tracta de superfícies tridimensionals. Una sensació molt realista s'obté per mitjà de fotografies que s'assignen a les superfícies com a textura. Per aconseguir una bona qualitat, la fotografia haurà de disposar d'una resolució elevada, si és possible que s'hagi pres des d'una posició frontal, que no s'acusi la presència ni de feixos de llum reflectits ni de reflexos, i igualment que estigui lliure de distorsions originades per la lent fotogràfica.

2.3. Llum: directa, indirecta, fonts de llum i llum diürna

Si el projectista pretén transmetre la imatge de l'ambient d'un local, la llum figura entre els mitjans de visualització més importants. La llum forma part essencial de la percepció de l'entorn i determina la manera en què l'ésser humà interpreta els espais i els objectes. Simular la llum en un model 3D amb un *rendering* és un procés laboriós. L'usuari pot recórrer llavors a fonts de llum normalitzades, o pot treballar amb conjunts de dades digitalitzats per a la reproducció de lluminàries reals.

En el cas de la llum directa, el raig de llum va des de la font de llum fins a la superfície. Si en el raig de llum no hi ha cap obstacle, el punt en la superfície es considera il·luminat. La llum directa necessita un volum de càlcul reduït, i aquest ja era possible en els començaments de la gràfica informatitzada. Però acusa una restricció considerable, pel fet de no ser capaç de reproduir la llum indirecta. Això significa que un local il·luminat per mitjà d'un il·luminador de sostre estaria fosc del tot, tret de la zona en què incideix la llum directa.

La llum indirecta resulta de la reflexió de la llum en una superfície. La reflectància de la superfície i el grau, generalment idealitzat, de la dispersió, determinen la llum indirecta reflectida. Perquè es produeixi una impressió real del local, el càlcul haurà d'incloure la quantitat màxima possible d'inter-reflexions, amb l'objectiu d'obtenir una distribució natural de la llum en l'espai. Va ser només als anys noranta que els avenços que hi ha hagut en matèria de *hardware* van permetre realitzar càlculs complexos. Al càlcul de la llum indirecta, se l'anomena també il·luminació global.

En els programes de simulació hi ha fonts de llum ordinària, com les de *spot*, la puntual, l'extensiva i la llum solar. No obstant això, la representació de lluminàries especials exigeix l'existència d'una interfície que admeti importar les seves dades de distribució lluminosa. Aquests conjunts de dades, que tenen disponibles gairebé tots els fabricants, descriuen la distribució específica de la intensitat lluminosa de cada lluminària. A escala internacional, el format IES és força

corrent per a això. No hi ha una altra possibilitat per efectuar un càlcul correcte de les lluminàries que disposin, per exemple, d'una distribució lluminosa asimètrica, com els il·luminadors de paret o sostre. L'ús suplementari d'accessoris, com el d'una lent d'escultura, influeix addicionalment en la distribució lluminosa i necessita un conjunt de dades propi.

Si l'usuari no vol limitar-se a una simulació lluminosa quantitativa, i pretén demostrar l'efecte que les lluminàries produeixen en el local, necessitarà uns models 3D de les lluminàries. Hi ha alguns fabricants que faciliten, amb aquesta finalitat, les anomenades “lluminàries virtuals”, que inclouen la geometria tridimensional de la lluminària, les propietats de la seva superfície, els eixos funcionals de gir i la distribució d'intensitat lluminosa. Amb l'ajuda de la cinemàtica inversa resulta molt fàcil la creació ràpida i realista de projectes. Quan l'usuari està orientant la distribució lluminosa en el local, automàticament s'estaran adaptant en aquest sentit els elements mòbils de la lluminària.

La combinació de la llum diürna, amb la llum del sol en incidència directa i la llum celeste difusa, concedeix a les simulacions una aparença de realitat. Si bé és veritat que la llum diürna és fàcil de calcular per a presentacions i estudis d'ombrejat, l'anàlisi quantitativa és força més complexa. Unes prediccions exactes sobre l'enlluernament en el lloc de treball i sobre la transmissió tèrmica dels diferents tipus de vidres anti-solars només són possibles per mitjà d'un *software* especial i d'unes eines d'anàlisi corresponents.

2.4. Rendering: radiositat, mapatge de fotons i ray tracing

Per mitjà del motor de *render* és possible generar imatges fotorealistes sobre la base d'un model 3D. Tot programa de simulació disposa d'uns procediments de renderització especials que tenen els seus avantatges i inconvenients. L'experiència demostra que, gràcies als progressos que hi ha en les prestacions del *hardware*, cada tres o quatre anys es desenvolupen uns mètodes nous de càlcul. Si bé és veritat que són considerables els progressos d'optimització en els programes de simulació, la qualitat del *rendering* depèn també de l'habilitat de l'usuari.

En el càlcul d'il·luminació per mitjà del procediment de la radiositat, els raigs de llum procedeixen de la font de llum i són reflectits quan incideixen en una superfície. Aquest procés continua amb un nombre definit d'iteracions, i amb això es té a més en compte la llum reflectida per altres superfícies. Un avantatge essencial de la radiositat consisteix en el fet que es guarden les propietats de la llum en una xarxa sobre la geometria del model. Aquest detall permet canviar posteriorment la posició de la càmera sense haver d'efectuar nous càlculs. Alguns desavantatges de la radiositat són l'augment del temps de càlcul, els detalls, les esferes o altres escenes complexes amb un nombre elevat de polígons. Amb una xarxa dels valors de llum, les malles dels quals són relativament grans a fi d'accelerar el càlcul, poden aparèixer, en canvi, errors en la distribució de la il·luminància. La radiositat va ser un dels primers procediments per al càlcul d'il·luminació, i va ser força difós a causa de la possibilitat de calcular la il·luminació indirecta, difusa. Si en l'animació d'un model arquitectònic l'únic que canvia és l'ajustament de la càmera, però no la llum, n'hi haurà prou amb un càlcul únic per a les diverses perspectives.

El mapatge de fotons funciona d'una manera similar al procediment de *ray tracing*. Mentre que el *ray tracing* treballa amb raigs que parteixen del focus de projecció, el mapatge de fotons aprofita els raigs que parteixen de la font de llum. El mapatge de fotons treballa amb partícules virtuals, els anomenats fotons, des dels quals la llum irradia a l'espai. Si incideixen en una superfície, són reflectits i els valors d'il·luminació són guardats en aquest lloc. Una targeta pròpia (*photon map*) guarda els ajustaments dels fotons. Així no es vincula la geometria, i pot ser utilitzada per a simulacions amb càlculs distribuïts a la xarxa. La posició de la càmera admet ser modificada sense haver d'efectuar un càlcul nou. Com més gran sigui el nombre de fotons presents en el model, més gran serà la precisió amb què es poden dissenyar les transicions en el *rendering*, i augmentarà el volum de càlcul necessari. Després d'un cert nombre de reflexions, la targeta de fotons tindrà l'exactitud desitjada. En un procés addicional es podran fondre els

punts entre si per mitjà de l'allisat (*gathering*). El mapatge de fotons serveix actualment de base per a altres procediments de càlcul addicionals. Per poder representar millor els detalls, s'utilitza en combinació amb el *ray tracing*. Un mètode que sigui basat exclusivament en el *ray tracing* ens pot resultar més laboriós si es tracta de models amb fonts de llum molt petites o molt clares.

El càlcul d'il·luminació amb *ray tracing*, també anomenat *Monte Carlo ray tracing*, no es basa en els raigs de llum que surten de les fonts de llum, com ho fan la radiositat i el mapatge de fotons. En el seu lloc, els raigs van del focus de projecció cap al model i les fonts de llum. Si els raigs que vénen del focus de projecció incideixen en una superfície, es verifica a través d'uns raigs addicionals si aquest punt reflecteix llum o si rep ombra. El resultat és reproduït com un píxel en un pla d'imatge. Com més gran sigui la resolució d'imatge escollida, i com més superfícies reflectants hi hagi, més raigs i més càlcul exigirà la simulació. L'avantatge del *ray tracing* radica en la reproducció exacta dels detalls i les ombres més petites. Com que aquest mètode depèn d'un pla d'imatge, el canvi del lloc d'observació i de la direcció de la vista exigirà un nou càlcul. Les escenes amb unes relacions de contrast molt elevades són crítiques, ja que els raigs aleatoris per al càlcul parteixen de l'ull i perquè les obertures de llum poden quedar fora de consideració, com si fossin unes finestres petites en una paret.

2.5. Avaluació

Igual que és possible avaluar una fotografia segons criteris de qualitat, els participants en la planificació poden verificar els errors en els *renderings*. La primera impressió es regeix per l'estètica de la imatge i la similitud de l'efecte lluminós amb l'entorn natural, però hi ha altres criteris per a una avaluació crítica. Al desig de disposar d'una reproducció el màxim d'exacta possible, es contraposen la feina necessària per a un modelat detallat i uns temps de càlcul més llargs. Això significa trobar una bona mesura d'equilibri entre l'exactitud i la velocitat.

2.6. Hardware

Un *hardware* més ràpid produeix un efecte més notable en la simulació lluminosa i el seu càlcul que en altres camps, com ara la comunicació o el processament de textos. Per a un procés de simulació eficaç és decisiu que hi hagi una bona coherència entre el processador, la memòria i la targeta gràfica.

2.7. Software

Per a la simulació lluminosa es disposa de força programes. L'espectre del *software* va des de l'anàlisi quantitativa fins a les visualitzacions sofisticades. Si amb un cert *software* es podrà realitzar una simulació lluminosa correcta a escala física, és quelcom que l'usuari podrà esbrinar consultant al manual si ofereix suport a la il·luminació global o radiositat, i si el format corresponent és IES o Eulumdat. Si es dona aquest cas, l'usuari podrà compondre les dades fotomètriques sobre la base de les respectives dades DXF 3D.

DIALux és un *software* gratuït per al càlcul i la visualització de projectes d'il·luminació. Aquest programa és de l'Institut Alemany de Lumino-tècnia Aplicada (Deutsches Institut für Angewandte Lichttechnik, DIAL). El *software* DIALux permet l'anàlisi quantitativa ràpida i sense problemes d'un projecte, i disposa d'una funcionalitat senzilla de renderització 3D. El format de dades ULD per a lluminàries comprèn la geometria 3D de la lluminària, la distribució d'intensitat lluminosa i la descripció de l'article. Els paquets *plug-in* dels fabricants de lluminàries comprenen dades de planificació addicionals, com ara el factor de manteniment o els valors UGR.¹

Amb el *software* VIZ, l'empresa Autodesk posa a disposició de l'usuari un programa per a visualitzacions exigents. Les dades de lluminàries per a Autodesk VIZ, o també 3D Max, inclouen el model 3D de la lluminària, les propietats de la seva superfície i les textures, juntament amb la mobilitat dels components (cinemàtica inversa). Per mitjà de la

¹ Més informació sobre el *software* DIALux: www.dialux.com

cinemàtica inversa és possible orientar els projectors amb pocs ajustaments. Per a la simulació lluminosa caldran a més dades fotomètriques. Amb l'Autodesk VIZ o el 3D Max és possible efectuar un càlcul de la radiositat amb l'objectiu d'obtenir una simulació lluminosa correcta a escala física.

Radiance és un programa professional per a la simulació lluminosa de Berkeley Lab. L'ampli assortiment d'eines de càlcul i anàlisi exigeix tenir uns coneixements molt extensos de sistemes operatius i comandaments *shell*, i per aquest motiu acostuma a ser utilitzat en centres d'investigació i empreses altament especialitzades. A causa d'aquesta complexitat, aquest programa no és idoni per a la representació ràpida d'un projecte d'il·luminació qualitatiu. Per mitjà de les dades de lluminàries IES és possible realitzar una simulació lluminosa correcta en l'àmbit físic.

2.8. Desenvolupaments

L'expressió *High Dynamic Range* (HDR) descriu un format tècnic que permet guardar i representar un contrast de luminància més gran. Els equips de sortida gràfics funcionen actualment amb el *Low Dynamic Range* (LDR), de 255 graduacions per cada canal cromàtic per a RGB (8 bit). En una escena amb un contrast de luminància molt elevat, per exemple a causa del sol, és possible que hi hagi zones que siguin cent mil vegades més clares que les que són a l'ombra.

Si es guarda la imatge com un fitxer TIFF o JPG, l'abast dels contrastos és comprimit, amb l'efecte que el sol és només 255 vegades més clar que l'ombra. Així, el sol i un gerro de flors blanc poden aparèixer tots dos de color blanc a la imatge, de manera que el contrast de luminància real no es reproduïx correctament. Com que en les imatges en format HDR (32 bit) es conserva l'abast complet dels contrastos, es donen unes possibilitats noves per a la postexposició o la renderització. Quan això sigui usual, veurem com el desenvolupament de monitors idonis per a HDR portarà aquesta tecnologia a un nivell més elevat. A mitjà termini, el format HDR haurà substituït els actuals formats d'imatge. El format fotogràfic RAW constitueix un pas en aquesta direcció.

La qualitat de la reproducció cromàtica encara no es pot apreciar en la majoria dels models de simulació, ja que no disposem de les dades i dels programes corresponents. Actualment, el *software* no està calculant tot l'espectre visible de la llum, sinó que es limita a certs segments: vermell, verd i blau. Com que les diferents fonts de llum no tenen un espectre uniforme, en resulta una reproducció cromàtica diferent, que no és coberta pels programes de simulació. Això vol dir que amb l'estat actual de la tècnica no es poden fer prediccions sobre, per exemple, la reproducció cromàtica que es tindrà quan s'il·luminin materials tèxtils en una botiga. Unes funcionalitats adequades, encara futures, imposarien la condició d'haver de definir addicionalment tant les fonts de llum com les superfícies per les seves propietats espectrals.

En les simulacions sempre transcorre un cert temps entre l'entrada de dades i el resultat. Per aquest motiu es vol que el càlcul tingui lloc en temps real. Ja hi ha nombroses funcions la reproducció de les quals s'aconsegueix en temps real. Però els avenços tècnics acostumen a anar acompanyats d'unes exigències més altes quant a la representació, la qual cosa torna a disminuir la velocitat. Uns impulsos corresponents els està rebent la tecnologia del temps real dels videojocs, en què la interacció modifica directament la seqüència d'imatges. L'usuari treu profit, en els videojocs, d'uns sofisticats càlculs previs que no són usuals en la simulació d'arquitectura. Els fabricants de programes de renderització desenvolupen, per aquest motiu, unes solucions que es basen en les funcions de *hardware* de targetes gràfiques potents.

2.9. Càlcul

La planificació d'instal·lacions d'il·luminació exigeix tota una sèrie de càlculs tècnics i econòmics: el nivell mitjà d'il·luminació o la il·luminància exacta en els diferents punts de l'espai. A més, pot ser important esbrinar la luminància de certs espais individuals, les característiques de qualitat de la il·luminació: l'ombrejat i la reproducció de contrast, o bé els costos d'una instal·lació d'il·luminació, incloent-hi els costos de manteniment.

3. Exemples de planificació

Els exemples de planificació següents mostren la manera convenient d'utilitzar les simulacions lluminoses. Les visualitzacions simplifiquen, no només l'optimització de la disposició de les lluminàries, sinó que ajuden, al mateix temps, en tot el que fa referència a la comunicació de conceptes. Aquests exemples donen a conèixer l'evolució que hi ha hagut al llarg del temps –des de la primera utilització de lluminàries virtuals i el càlcul de reflectors fins a la representació de conceptes dinàmics d'il·luminació.

El projecte d'il·luminació de la Chiesa Dives in Misericordia és una veritable fita, ja que el 1998 s'hi van utilitzar per primera vegada lluminàries virtuals per a la simulació lluminosa. Això va permetre representar, verificar i analitzar les variants del concepte des d'un moment primerenc de planificació. En el model general d'aquesta església es van fer servir unes 160 lluminàries virtuals. Les imatges individuals del programa Lightscape es van combinar per formar mòduls interactius disponibles a Internet per a tots els projectistes. D'aquesta manera podien



Chiesa Dives in Misericordia (Roma). Fotografia: cortesia d'Erco.

avaluar les diferents escenes de llum. El concepte d'il·luminació treballa amb llum directa, dirigida, per a la zonificació de l'espai interior de l'església, i per accentuar els punts d'interès principals, com l'altar i el crucifix. Per a això es van muntar projectors en l'estructura d'acer de la claraboia. L'altre component del concepte resulta de la il·luminació uniforme de les cares interiors dels paraments bombats de formigó, amb projectors i banyadors que van ser muntats per sobre de les claraboies.

La Porta de Brandenburg, símbol de Berlín, va ser restaurada i s'hi va posar una il·luminació nova. Els projectistes luminotècnics van fer un ús intens de simulacions lluminoses durant tot el procés de planificació. No era possible efectuar il·luminacions de prova, atès que l'obra estava coberta durant tota la fase de projecció, fins al moment de la inauguració. Les lluminàries virtuals amb la distribució lluminosa fotomètrica van permetre tant les avaluacions qualitatives com les anàlisis quantitatives. Sobre la base dels resultats es van poder esbrinar la disposició i l'orientació de les lluminàries. L'ús intens de les simulacions durant el concurs va contribuir eficaçment a l'èxit del projecte. Banyadors de paret amb lent que accentuen les columnes. Banyadors amb distribució lluminosa asimètrica il·luminen, de manera homogènia, les parets dels passos que travessen la porta. Els projectors per a la quadriga sobre la porta es



Porta de Brandenburg (Berlín). Fotografies: cortesia d'Erco.

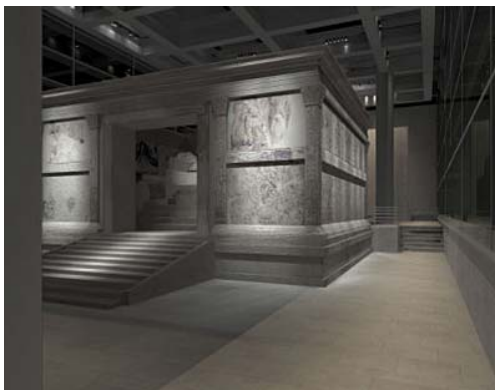
van distribuir discretament sobre els edificis circumdants.

En les simulacions de l'Ara Pacis de Roma es va fer servir el mètode de la foto-textura. El temple va ser fotografiat del tot, i les fotografies, assignades a les diferents parts de l'edifici. El programa DIALux va permetre tenir una impressió realista. Un punt clau de la simulació lluminosa el va constituir l'anàlisi de l'angle òptim d'incidència de la llum en el relleu, de manera que es pogués verificar la formació d'ombres en el fris en voladís, i per integrar bé les lluminàries en l'arquitectura. El model va ser utilitzat alhora per a simulacions amb llum natural. La inclusió de l'arquitectura en el seu entorn es va efectuar per mitjà d'un programa gràfic.

El visitant accedeix a l'edifici a través d'un atri tancat, abans de quedar exposada a la seva vista la nau que, inundada de llum natural,



Simulació diürna de l'Ara Pacis (Roma). Fotografia: cortesia d'Erco.



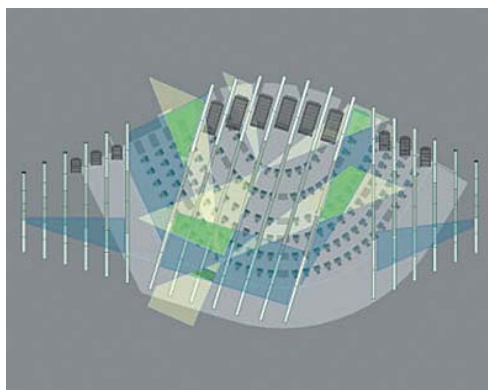
Simulació de la llum artificial a l'Ara Pacis (Roma).
Fotografia: cortesia d'Erco.



Simulació de l'edifici de l'Ara Pacis (Roma) des de l'exterior.
Fotografia: cortesia d'Erco.

allotja l'altar. En els nínxols del sostre, amb una estructura de gelosia de formigó, estan muntats els projectors que il·luminen els relleus del temple. Les lluminàries, equipades amb filtres de conversió *daylight*, harmonitzen excel·lentment amb el color de la llum natural. La calidesa de la llum halògena, en canvi, fa ressaltar de manera òptima el color de les finestres de travertí.

Amb els seus sostres de curvatura asimètrica, la visibilitat de l'estructura suport del sostre i la manera en què van ser acomodats els seients, el Parlament escocès (Edimburg) presenta una geometria summament complexa que fa difícil projectar-ne la il·luminació. Aquesta situació exigeix l'ús de la simulació lluminosa a fi de complir les especificacions imposades per a la transmissió de televisió, pel que fa a la direcció de la llum i la il·luminància. A la sala de plens, uns dos-cents projectors amb lent Vario per a HITCE 150 W amb 4200 K generen l'elevat nivell d'il·luminació necessari per a les transmissions de televisió, i garanteixen que els diputats disposin d'un bon confort visual. Per mitjà de la lent Vario el projectista luminotècnic pot ajustar individualment l'angle d'irradiació, i compensar d'aquesta manera les diferències de distància respecte de la superfície il·luminada.



Parlament escocès (Edimburg). Detall de la complexitat de l'arquitectura. Fotografia: cortesia d'Erco.



Parlament escocès (Edimburg). Simulacions lluminoses. Fotografia: cortesia d'Erco.

Amb les simulacions per al concessionari d'automòbils Dinamica es va verificar el concepte d'il·luminació, i al mateix temps es va oferir al propietari de l'obra una presentació fàcilment comprensible. Quant a les pres-



Dinamica, concessionari oficial de BMW i Mini (Brescia, Itàlia). Fotografia: cortesia d'Erco.

tacions de les simulacions, pertany a aquestes el càlcul de la il·luminància i la luminància dels automòbils, les parets i les superfícies de treball, a fi de poder analitzar contrastos crítics de luminància i evitar l'enlluernament. Comparant els dibuixos tècnics amb projeccions horitzontals i verticals, les visualitzacions van ajudar a formar-se una idea tridimensional millor de la solució luminotècnica.

La il·luminació bàsica antienlluernant del pavelló és efectuada mitjançant Downlights pendulars, amb llums d'halogenurs metàl·lics de 150 W. Uns projectors addicionals, en estructures lluminoses suspeses, fan ressaltar les superfícies de presentació que es donin i aconsegueixen produir efectes de brillantor en els metalls i vidres. Una sèrie d'Uplights emmarca el contorn de l'edifici, il·luminant les làmines d'alumini del sostre en voladís.



Itinere. Caminos e caminantes a la sala d'exposicions del Centro Galego de Arte Contemporánea - CGAC (Santiago de Compostela, desembre 1994 - març 1995)
Fotografía: Archivo Fotográfico CGAC / Juan Rodríguez



Museus d'Espanya: una dècada prodigiosa? *

Joaquim Adell Calduch

Enginyer d'il·luminació

Cristina Camps Colomer

Responsable de projectes. Erco Iluminación, S.A.

Aquest article exposa l'evolució en el tractament de les solucions d'il·luminació per als museus d'Espanya, bàsicament d'art, al llarg dels últims anys.

A continuació es provarà de valorar de quina manera circumstàncies com ara les innovacions en les fonts de llum i el disseny de lluminàries, en els sistemes òptics i les diferents interpretacions formals i arquitectòniques dels contenidors-museus, han pogut influir en les modificacions de les propostes d'il·luminació. En aquest sentit, s'analitzaran els aspectes específics que han sofert més canvis i el perquè.

Al final de la dictadura i durant el procés de transició democràtica, el camp dels equipaments culturals al nostre país, i tot el que tenia relació amb la cultura, estava en una fase molt inicial. Aquest va ser l'impuls que necessitava el sector per començar un llarg camí.

En aquest treball es prova d'analitzar aquest recorregut, valorant les aportacions de cada època i la seva possible evolució futura, i fent una comparació en el temps que permeti verificar l'abast o la influència de les diferents etapes i intervencions.

En el nostre recorregut analític, bussejant dins d'un enorme arxiu de projectes amb els seus respectius suports documentals fotogràfics, distingim al voltant de set fets significatius o fites que suposen les etapes que expliquen aquest desenvolupament.

* Els autors van presentar aquest article al XXIX Simposium Nacional de Alumbrado (Conca, 2003).

1. 1975, el concurs de climatització i d'il·luminació del Museo del Prado. Introducció

La història moderna dels museus d'art espanyols té l'origen el 1975, l'any en què es convoca un concurs per a la renovació i la millora de les instal·lacions del Museo del Prado de Madrid; en origen, de climatització i extensiu, després, a la il·luminació.

Com a conseqüència d'aquesta convocatòria, la firma guanyadora del concurs va desenvolupar un concepte d'il·luminació que es va concretar, per a la primera fase de l'actuació, en lluminàries asimètriques, encastades o de superfície, per a tres llums fluorescents amb òptica parabòlica d'alta brillantor i molt baixa luminància. El 1977 s'inicia la intervenció i, segons el nostre modest parer, és la primera fita i origen d'aquesta “dècada” de gairebé trenta anys de desenvolupament, modernització i arrencada de nous conceptes d'il·luminació específics per als museus d'art d'Espanya.

2. 1982-1983, ala Goya del Museo del Prado

En aquest període es realitza la il·luminació de les sales temporals situades a l'ala Goya del Museo del Prado, amb l'aplicació d'un concepte de llum difusa i llum d'accent en un suport estructural electrificat i, per tant, flexible. El canvi conceptual de sistema d'il·luminació en relació amb les lluminàries instal·lades arran del concurs del 1975 cal atribuir-lo, en primer lloc, a un condicionant arquitectònic i a la necessitat de buscar una major flexibilitat en els recursos d'il·luminació, atès el caràcter temporal de les exhibicions.

Es van utilitzar llums PAR-38 de feix de llum freda, tant en la intervenció de llum difusa com en la d'accent en les dues modalitats *spot* 10° i *flood* 30°, en un tipus bàsic de projector capaç de modificar la seva fotometria amb addició d'accessoris com ara lents, filtres i elements de control del flux lluminós. D'aquí ve la possibilitat d'adaptació a qualsevol muntatge expositiu.

Més de quinze anys més tard, aquest mateix concepte es repeteix a les sales noves del Museo de Bellas Artes de Bilbao, l'última reforma del qual és del 2002.

L'aplicació, no obstant això, no s'efectua al peu de la lletra, sinó que s'il·luminen només les obres, no es banyen les parets uniformement.



Museo del Prado (Madrid). Fotografia: cortesia d'Erco.



Museo de Bellas Artes de Bilbao. Fotografia: cortesia d'Erco.

3. 1984-1986, Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía (MNCARS)

Aquest espai corresponia a un antic hospital, obra de l'arquitecte Francesco Sabatini i datat a l'època del rei Carles III. Ens trobem davant la primera gran rehabilitació arquitectònica del segle xx, pel

que fa a equipaments culturals. Espanya inicia la història moderna de rehabilitació d'espais per exhibir les col·leccions d'art contemporani i ubicar les obres dels artistes actuals.

La concepció arquitectònica del “contenedor” de les obres assumeix el seu propi protagonisme i influeix en el concepte de la il·luminació museogràfica. Per primera vegada s’ha de preveure un nou concepte d’il·luminació arquitectònica juntament amb la il·luminació museogràfica. En conseqüència, han de conviure tots dos conceptes de la manera més natural possible.

Es planteja una combinació de llum difusa indirecta per il·luminar la volta de canó, una llum difusa vertical directa i una llum d’accent, totes tres a partir d’una mateixa estructura suport. La font de llum utilitzada és l’halògena, bàsicament en versió doble embolcall, i PAR-38 per a l’accent. La indústria de la il·luminació evoluciona la seva oferta a partir de noves millores en les fonts de llum halògenes que, en la versió de doble embolcall amb l’ampolla exterior mat, permeten el desenvolupament d’òptiques asimètriques i una correcta absorció de l’energia ultra-violada.



Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía - MNCARS (Madrid). Fotografía: cortesía d'Erco.

Aquest criteri, igual que en l'etapa anterior (ala Goya del Prado), pretén la il·luminació de paraments de manera uniforme, de forma que el muntatge de les obres d'art és independent de la il·luminació i no estableix cap condicionant. Es penjen i es despengen mentre el ritme d'elements d'il·luminació roman constant i inamovible. Aquest concepte d'il·luminació fa fàcil el muntatge expositiu, el canvi de muntatges i el manteniment, fet que representa una tendència que s'ha mantingut fins avui.

Davant la commemoració Madrid Capital Cultural l'any 1992, un nou equip d'arquitectes analitza la possibilitat de canviar totalment el concepte d'il·luminació d'aquest edifici, amb l'objectiu de deixar la seva petja en la intervenció. Després de gairebé un any d'elucubracions, arribarien a la conclusió que el que es va instal·lar el 1986 era el més vàlid.

Quinze anys després, aquest mateix concepte s'aplicarà al Museo Patio Herreriano de Valladolid. Aquest és un altre edifici rehabilitat –un monestir– per a un ús diferent a l'original, tot i que, com el Reina Sofía, allotja una important col·lecció d'art contemporani.



Museo Patio Herreriano (Valladolid). Fotografia: cortesia d'Erco.

Com a nota anecdòtica, cal destacar que tant el tipus com el color del paviment són exactament els mateixos que els utilitzats al Reina Sofia, i que hi ha força semblances en el tractament de la llum natural. En aquest cas també s'utilitzen les làmpades halògenes de doble embolcall com a font de llum principal, i llums PAR-38 per a la il·luminació d'accent.

4. 1985-1989, Institut Valencià d'Art Modern (IVAM)

Projectat el 1985 i inaugurat el 1989, aquest edifici va ser pensat i realitzat per ser un museu amb vocació de pur contenidor anònim, que cedia tota la importància a l'art. Aquest és un fet significatiu de gran importància. No hi ha cap recuperació d'un edifici històric, senzillament s'edifica un espai pensat directament per al seu ús.

El concepte d'il·luminació que reflecteix està basat en una il·luminació vertical difusa, per mitjà de banyadors asimètrics associats a una trama de rail, amb el complement d'una il·luminació d'accent per a la col·lecció



Institut Valencià d'Art Modern - IVAM (València).
Fotografia: cortesia d'Erco.

d'escultures de Julio González, adquirida pel museu en la fase fundacional. Les lluminàries són equipades amb làmpades halògenes de doble embolcall.

El criteri és equivalent al del Reina Sofia. L'única gran diferència és que aquí s'aplica a un edifici de nova planta, no a un de preexistent, i per aquest motiu no hi ha un condicionant previ d'il·luminació arquitectònica.

L'IVAM ha assolit una gran importància i valoració com a centre d'art modern, i s'ha convertit en l'actualitat en tot un referent. No ha estat debades que Carmen Alborch, després ministra de Cultura, Tomás Llorens, actualment director honorari del Thyssen de Madrid, i Vicent Todolí, antic director de la Tate Modern a Londres, han deixat la seva empremta com a gestors del centre.

El Centro Atlántico de Arte Moderno - CAAM, a Las Palmas de Gran Canaria, repeteix el mateix model d'il·luminació l'any 1992, com també un bon nombre d'altres centres expositius del nostre país.



Centro Atlántico de Arte Moderno - CAAM (Las Palmas de Gran Canaria). Fotografia: cortesia d'Erco.

5. 1990, antològica de Velázquez al Prado

Emmarcat dins d'un procés de reforma sense presses, però sense pausa, en aquesta nova etapa el Museo del Prado reubica les obres de Velázquez. Aquesta exposició coincideix amb una potent intervenció en les cobertes que permet, entre altres objectius constructius, un millor control de la llum del dia.

Una claraboia, l'aportació de la qual a la paret permet obtenir escassament 40 lx com a màxim, i projectors a una distància mitjana aproximada de 14 m equipats amb làmpades halògenes de baix voltatge QT-12 100 W-12 V, són la solució. Per a això, cal manejar un concepte d'il·luminació personalitzada de tipus directe i difús. Hem de recordar que en aquestes claraboies s'ha habilitat en paral·lel una il·luminació fluorescent perquè, en absència de llum de dia, no puguin aparèixer mai com a transparències fosques.

En paral·lel a aquesta actuació, es va instal·lar a les galeries d'accés a les sales d'exposició, també espais expositius, una infraestructura de rails electrificats per a la il·luminació d'accent complementària a la il·luminació natural proporcionada per les claraboies.



Museo del Prado (Madrid). Fotografia: cortesia d'Erco.

Al cap de vuit anys, el 1998, es desenvolupa una interpretació d'aquesta aplicació per ampliar el Museu de Belles Arts de València. Aquesta exposició representa l'inici d'un nou concepte d'il·luminació, basat en la combinació de llum directa (30% del total) i llum personalitzada d'accent (70% del total). Per descomptat, el component difús pot ser obtingut tant amb llum de dia com amb il·luminació artificial.



Museu de Belles Arts de València. Fotografia: cortesia d'Erco.

6. 1992, Museo Thyssen-Bornemisza (Madrid) i Museo de Bellas Artes de Sevilla

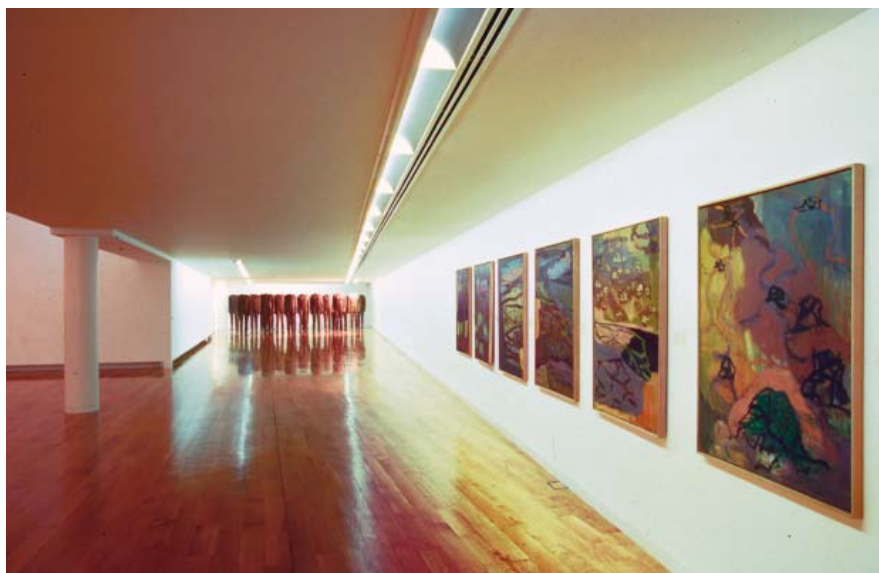
A partir de 1990, amb la reforma i condicionament del Museo de Bellas Artes de Sevilla i l'obertura de la col·lecció Thyssen al palau de Villahermosa de Madrid, s'inicia un procés de renovació dels museus. Són projectes d'il·luminació basats en la combinació d'una lluminària asimètrica per a llum fluorescent i d'un concepte afegit d'il·luminació d'accent amb distintes interpretacions, tot i que sempre amb làmpada halògena.



Museo de Bellas Artes de Sevilla. Fotografia: cortesia d'Erco.



Museo Thyssen-Bornemisza (Madrid). Fotografia: cortesia d'Erco.



Itinere. Caminos e caminantes a la sala d'exposicions del Centro Galego de Arte Contemporánea - CGAC (Santiago de Compostel·la, desembre 1994 - març 1995). Fotografia: Archivo Fotográfico CGAC / Juan Rodríguez.

Aquí es produeix una important mutació: la llum vertical uniforme i difusa a partir de la utilització de làmpades halògenes canvia a fluorescència. Han passat quinze anys des de la primera introducció de làmpades fluorescents en els museus, i coincideix amb el moment en què apareix la generació de làmpades fluorescents amb rendiments de color superiors a 90 i un component energètic en ultraviolats molt controlat, fet que ajuda a la seva plena integració en els espais museogràfics.

Hi ha diversos casos de mimetisme d'aquests conceptes:

- 1993, Centro Galego de Arte Contemporánea - CGAC (Santiago de Compostel·la). Amb una aplicació espartana del concepte de llum vertical asimètrica i difusa a partir de la utilització de làmpades fluorescents.
- 1995, Museo de Belas Artes da Coruña. Igual que en la col·lecció Thyssen, es fa servir llum vertical difusa amb làmpades fluorescents i la possibilitat d'una il·luminació d'accent amb l'equipament d'una estructura electrificada, situada per darrere de les lluminàries banyadores.



Museo de Belas Artes da Coruña. Fotografía: cortesia d'Erco.



Museu de Belles Arts de Castelló. Fotografía: cortesia d'Erco.



ARTIUM, Centro-Museo Vasco de Arte Contemporáneo (Vitòria-Gasteiz).
Fotografía: cortesia d'Erco.

- 1998, Museo de Bellas Artes de Asturias (Oviedo). En aquest cas, es repeteix el mateix esquema que al CGAC i que al Museo de Bellas Artes de Sevilla.
- 2000, Museu de Belles Arts de Castelló. En aquest espai coexisteixen sales només amb una il·luminació difusa vertical i sales amb il·luminació personalitzada difusa a través de projectors a força distància.
- 2002, ARTIUM, Centro-Museo Vasco de Arte Contemporáneo (Vitòria-Gasteiz). El concepte d'il·luminació és semblant als museus descrits amb anterioritat, encara que per raons de composició, la il·luminació banyadora es va realitzar amb làmpades halògenes i per això amb projectors d'una mida més petita.

7. 1995-1997, Museu d'Art Contemporani de Barcelona (MACBA) i Guggenheim Bilbao Museoa

S'introdueixen aquests dos projectes perquè es tracta d'una aplicació a Europa de conceptes generats i desenvolupats als Estats Units, basats en l'ús de làmpades d'incandescència i halògenes. A més perquè, principalment el Guggenheim, suposen un nou estil basat en una combinació de competència tècnica i, sobretot, recursos econòmics.

Tot i que el Guggenheim Bilbao Museoa ha tingut un ressò i un predicament més grans com a espai de referència, el fet de proposar tots dos museus com a fites d'una nova etapa radica en el fet que la seva comparació permet obtenir conclusions interessants.

La diferència entre els dos museus és que, mentre que al MACBA la direcció facultativa accepta que l'aplicació s'europeïtzi i es materialitzi amb projectors prou contrastats, bàsicament per a làmpada halògena de baix voltatge QT-12 de 75 i 100 W, al Guggenheim exigeixen el desenvolupament d'un nou concepte de projectors en què s'integren els accessoris en lloc d'afegir-los, com es feia fins llavors, i s'aplica un nou concepte per al retall del feix secundari dels projectors: l'*snoot*.

A més, no s'accepta l'adaptació europea en matèria de fonts de llum i es defineixen les molt americanes PAR-56, 240 W-110 V i QPAR-38, 60-80



Sóc immortal i estic viu, de Gil J. Wolman. Museu d'Art Contemporani de Barcelona - MACBA (2010).
Fotografia: Arxiu fotogràfic MACBA / Tony Coll.



Guggenheim Bilbao Museoa. Fotografia: cortesia d'Erco.



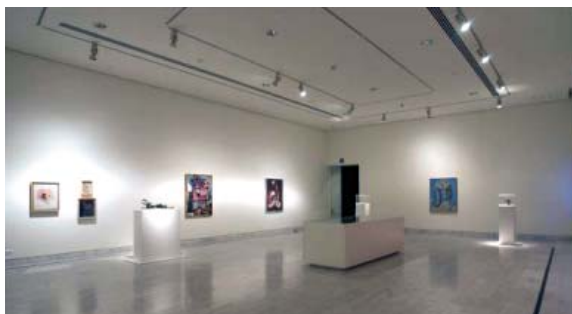
CaixaForum (Barcelona). Fotografia: cortesia d'Erco.

i 120 W-110 V, fet que obliga els projectors a incorporar una motxilla que allotgi el transformador necessari per elevar la tensió de 110 a 220 V. També s'utilitza la QR-111 en diferents potències i obertures de feix treballant a 12 V.

Desapareix el sistema suport estructural de rails electrificats i neix el concepte de *powerpoint*, presa d'energia elèctrica i *powerbar*, barra suport connectada al *powerpoint*. Per mitjà d'aquest sistema, els punts de presa d'energia són perfectament invisibles si no es necessiten.

En tots dos museus es tracta d'una il·luminació personalitzada, principal canvi i innovació, i es modifica per tant la seqüència del muntatge expositiu, ja que primer es munten les obres d'art i després s'il·luminen a la carta.

Com a efectes mimètics d'aquestes intervencions, trobem l'ampliació de l'IVAM de València l'any 2000, l'ampliació del Museu Picasso de Barcelona el mateix any, i el centre cultural CaixaForum, també a Barcelona, l'any 2002.



Museu Picasso (Barcelona). Fotografia: cortesia d'Erco.

8. Evolució del rol de la llum de dia

Durant el desenvolupament d'aquesta història ens hem pogut fixar en l'evolució del paper de la llum de dia.

Així, mentre que al Prado es van executar importants inversions per controlar millor la llum diürna, hi ha museus com la Fundació Miró

de Barcelona que no han tingut cap altre remei que clausurar-la en la majoria dels esdeveniments expositius. Els nous edificis de museus procuren mantenir també la presència de la llum de dia, però sense utilitzar-la com a il·luminant, o almenys sense fer aquest paper voluntàriament.

Es tracta doncs d'una eina de comunicació i de referència, més que d'una font de llum. Treballa en l'entorn psicològic de les persones, no il·lumina les parets; manté tan sols una relació visual amb l'exterior.

Com a exemples d'això tenim el MACBA, el Guggenheim, el Museo de Belas Artes da Coruña, i també nous museus no citats en aquest treball perquè fa poc temps que funcionen, com ara el Museo de Arte Contemporánea de Vigo - MARCO.

9. Conclusions

Pel que s'ha pogut contemplar, la tendència actual en la il·luminació museogràfica es dirigeix cap a una il·luminació més personalitzada. Es pretén una implicació més gran en el muntatge i ja no serveix penjar les obres sense més ni més davant una il·luminació uniforme, sinó que s'individualitza la il·luminació en cada obra penjada o exposada.

Els professionals del món escenogràfic tenen cada vegada un paper de més gran rellevància; se'ls convoca a treballar també en el museu o en els espais expositius i apliquen criteris teatrals d'il·luminació. Els muntatges expositius tendeixen a ser cada vegada més arriscats i problemàtics amb relació a la percepció visual, en el sentit que forcen reiteradament l'acomodació de l'ull, amb la problemàtica d'adaptació que això genera.

Per descomptat, les antigues alternatives coexisteixen en paral·lel amb la tendència citada anteriorment. En general són força més econòmiques, proporcionen un resultat d'il·luminació correcte i digne, i faciliten les tasques de muntatge expositiu i del manteniment posterior.

Amb independència d'aquest fet, el nostre país, des del concurs de climatització i il·luminació del Museo del Prado, s'ha dotat d'una sèrie

d'instal·lacions museístiques modèliques que representen una fita en la promoció cultural de les nostres ciutats. Tanmateix, Juan Carlos Rico, arquitecte, doctor en història de l'art i autor de tres llibres imprescindibles per a qui vulgui aprofundir en el món del museu, va publicar l'any 2002 un assaig titulat *¿Por qué no vienen a los museos? Historia de un fracaso*. L'autor reconeix que mai com fins ara hi ha hagut tanta gent als museus, però es pregunta si això era el que es pretenia, ja que es qüestiona si la gent hi gaudeix o si hi va perquè "cal" anar-hi.

Però això hauria de ser l'argument per a un altre article, ponència, debat o discussió.

Fonts:

Fons documental de projectes d'Erco Iluminación, S.A.

Bibliografia:

Juan Carlos Rico: *¿Por qué no vienen a los museos? Historia de un fracaso*, Madrid, Sílex, 2002.



Interior del Museu de Lleida: diocesà i comarcal
Fotografia: José Luis de la Parra



L'exposició i la conservació preventiva a la museografia*

Miguel Ángel Rodríguez Lorite

Llicenciat en Ciències Físiques. Director d'Intervento

Fernando Muñoz Gómez

Arquitecte. Responsable del departament de disseny d'Intervento

“El fet d'exposar alguna cosa és més complex que el simple fet de mostrar. És una posada en escena de caràcter discursiu basada en els objectes, la seva naturalesa, relació i significat. Exposar és codificar, interpretar i proposar models de percepció i enteniment sobre el que s'ha exposat. És per aquest motiu que no és una activitat innocent ni al marge de determinats interessos, siguin ideològics, polítics o econòmics.” (Díaz Balerdi, 2008).¹

1. Marc de referència

El 90% dels museus i centres d'exposicions té menys de cinquanta anys de vida. El seu espectacular creixement està molt vinculat amb l'evolució del “primer món”, i avui la realitat del museu com a entitat cultural té cada vegada menys relació amb els pilars teòrics de la museologia clàssica. La interrelació entre les funcions de conservació i investigació, divulgació i exposició ha variat substancialment.

Si per una banda és innegable que el desenvolupament científic i tecnològic ha trobat per fi el seu lloc en el camp de la conservació de béns culturals, que la preocupació per la conservació preventiva ha arribat pràcticament a tots els àmbits de la gestió cultural, i que en línies generals s'apliquen els protocols de conservació en la major part dels museus i exposicions temporals de rellevància; també és cert que no estem davant d'una pràctica generalitzada.

*Traducció al català de Guida Ferrari.

¹ La traducció és nostra.

Paradoxalment, al nostre país —deu ser per allò d'arribar sempre tard a tot arreu—, encara continuen fent-se museus i centres culturals sense la més petita garantia de funcionament, fins i tot a curt termini; de manera que no hi ha ciutat, per petita que sigui, que no tingui un centre d'art contemporani, ni poble sense un centre d'interpretació o museu local.

Aquesta “museofília”, pel que fa referència a les infraestructures culturals, s'acompanya d'un canvi en el concepte tradicional del que és museïtzable, de manera que podem trobar a molts magatzems i exposicions obres sense el significat, valor, interès o antiguitat necessaris per poder ser col·leccionades i, per tant, preservades.

Si als anys vuitanta del segle passat era imprescindible emprendre un procés d'ampliació i modernització dels museus del nostre país, després la proliferació ha assolit quotes de mercat artificials, promoguda sens dubte per la megalomania dels polítics.

Paral·lelament, la producció d'exposicions temporals ha estat l'instrument preferit pels museus i entitats culturals per incrementar l'afluència de visitants.

Les dues últimes dècades han estat un exemple d'exposicions faraòniques, paradigmes del malbaratament i el luxe, impròpies de societats cultes i avançades. Però deixant de banda els exemples més significatius, el fet és que la tònica general ha consistit en cicles de programació d'alta velocitat, que fan impossible la visita de gran part dels ciutadans, possiblement interessats, i per tant la seva rendibilització cultural i econòmica com a servei públic.

2. La conservació preventiva no és només una qüestió tècnica

Tradicionalment l'àmbit de la conservació preventiva de béns culturals es restringia al control de les interaccions energètiques entre l'objecte i el medi circumdant, així com a les precaucions en tots els processos de manipulació i desplaçament d'aquest objecte.

Durant els últims anys, la major part de les disciplines que s'ocupen del patrimoni han desenvolupat facetes de la seva activitat en aquest camp, cosa que sense cap dubte és un avenç. Però, en definitiva, la conservació preventiva se segueix circumscrivint a àmbits científics i tècnics d'algunes professions.

La museografia és potser un dels processos més complets d'intervenció sobre les obres d'art en el qual participen, de manera decisiva, altres disciplines i professions que no entenen la seva implicació en la tasca de la conservació. En el cas de les exposicions temporals, a causa de la seva naturalesa, els riscos es concentren.

2.1. El discurs

La tasca curatorial consisteix a elaborar un guió amb total llibertat intel·lectual suportat en els objectes oportuns. Com és natural, la materialització d'aquest discurs obliga a la reunificació, en un espai determinat, d'una sèrie d'obres que provindran de diferents llocs.

Només la concentració i posterior exhibició d'aquestes peces suposarà danys objectius, amb independència que s'hagin extremat les precaucions i es disposi de tots els recursos tècnics que es considerin necessaris. És evident que el trasllat d'una peça d'un país a un altre implica manipulacions, moviments, canvis en les condicions climàtiques, etc., i per tant sempre es produirà un deteriorament.

Ara bé, conservar en un sentit global una obra no és només garantir la seva integritat física, sinó també oferir-ne una visió enriquidora en un context i mantenir-la viva en la memòria col·lectiva. Per tant, si s'aconsegueix l'objectiu i s'han pres totes les possibles precaucions, llavors el balanç serà positiu en termes de conservació.

Una altra qüestió diferent és la pràctica habitual. És evident que en moltes ocasions és impossible saber exactament quines de les peces en què s'ha de recolzar el discurs podran formar part finalment de l'exposició. Però una vegada ja se sap el que hi ha, ja s'ha arribat al muntatge de la mostra i les obres ja són a la sala, és de difícil justificació no exhibir-ne

ni que sigui només una. Normalment això no passa si l'obra procedeix de l'estranger i el fet de portar-la ha comportat un cost significatiu, però és freqüent en obres que provenen de museus pròxims. És a dir, que per improvisació, inseguretat, o per la raó que sigui, s'acaba "cosificant" l'obra; de manera que passa de ser el suport del discurs a ser-ne la il·lustració o la decoració, i per tant és prescindible. Llavors sí que s'ha generat un problema de conservació gratuït.

Òbviament també hi ha exposicions sense sentit, però en aquest cas, la responsabilitat última és de l'autoritat cultural que les promou.

2.2. La gestió

2.2.1. La planificació

Si hi ha alguna cosa que no es mou en el procés de producció d'una exposició temporal és la data d'inauguració, i per això la planificació adquireix una importància decisiva per respectar els protocols establerts. Tots els errors i incompliments dels terminis en el procés de producció es delaten en l'última fase –la més delicada–, que és el muntatge de l'exposició.

Qui té una mica d'experiència en aquest camp sap que acabar "resolent a l'obra" posa en greu perill les peces. Un muntatge amb més personal del necessari, amb estrès, jornades maratonianes i sense una coordinació eficaç és, sens dubte, el risc més gran per a la conservació de les obres i la seguretat de les persones.

El cronograma i el seu rigorós compliment són claus en l'estratègia de conservació; en el cas que s'hagi d'assumir pressió, millor que sigui a les oficines, durant la fase prèvia a la producció, que a les sales d'exposició.

2.2.2. La gestió econòmica

La qüestió econòmica també pot afectar la conservació de les peces, especialment quan es tracta de l'embalatge, el transport de les obres i el muntatge.

El procediment establert per a la gestió econòmica d'una exposició temporal és conegut per tots els professionals que desenvolupen la

seva activitat en aquest àmbit (Hernando, 2006). Una vegada es coneix el projecte i es disposa del disseny de l'exposició, és fàcil que l'estimació pressupostària es pugui realitzar correctament. També és cert que hi ha multitud d'ajustos pressupostaris que es poden fer sense influir en l'exposició pròpiament dita (catàlegs de major o menor qualitat de disseny i impremta, supressió de despeses protocol·làries i elements superflus de disseny, etc.), però és habitual que els mecanismes d'ajust es reservin per al final, quan toca contractar el muntatge. Això implica una reducció de qualitat dels materials, mitjans, temps de muntatge, equip professional, etc., just quan el que s'ha de fer està en relació directa amb l'obra a exhibir, el seu entorn físic i la seva manipulació.

Amb l'antiga Llei de contractes per a les administracions públiques, la solvència tècnica o les millores dels plecs dels concursos per al muntatge de les exposicions encara servien d'alguna cosa, però amb la nova llei, la professionalitat, els recursos tècnics o l'experiència no valen pràcticament res, i l'únic criteri decisiu per a l'adjudicació és l'oferta econòmica.

Aquesta tendència irrefrenable de contractació a la baixa —que probablement s'aguditzarà encara més en un futur pròxim— pot tenir efectes molt perjudicials per a la conservació de les obres. De fet, ja hi ha un espai dins dels grans museus per a les empreses de muntatge d'actes o fires, en detriment de les companyies amb dècades d'experiència en el muntatge d'exposicions d'obres d'art.

El gestor, una vegada portada a terme l'experiència i després de constatar que al final el resultat “aparentment” és el mateix, se sentirà satisfet de la seva capacitat d'administrar els diners públics o de la seva entitat. Si un gran centre d'art és capaç de contractar un servei de muntatge a un preu de 15 euros l'hora, hauria de saber que deixarà les obres d'art en mans de personal sense la formació necessària, i a càrrec d'una empresa que segurament no té tot el que s'ha de tenir en regla. L'accident és només qüestió de temps.

Davant d'una disponibilitat pressupostària menor, una autoritat cultural competent s'ha de plantejar millorar l'eficàcia de l'equip de producció i la coordinació de la seva entitat, reduir despeses sumptuàries, sol·licitar a comissaris i dissenyadors projectes continguts i racionals, buscar preus raonables de producció i muntatge o, en última instància, disminuir el nombre d'exposicions. És a dir, s'ha d'apostar per la racionalització i l'optimització dels recursos (cosa que s'hauria de fer també en èpoques de prosperitat), sense sacrificar la qualitat del producte final i, encara menys, les garanties per a la cura i la seguretat dels béns exposats.

2.3. El disseny museogràfic

Més endavant dedicarem un apartat específic a aquesta qüestió. És cert que, en general, els dissenyadors són conscients que les peces s'han d'exhibir d'acord amb la seva naturalesa. No obstant això, de vegades, determinats aspectes constructius i formals contravenen els criteris de conservació de les obres. Deixant de banda aquelles exposicions –cada vegada n'hi ha menys, afortunadament– en què les peces no són res més que la coartada del disseny, encara es concedeix massa territori a la recreació espacial.

Habitualment el dissenyador parteix d'una sèrie de condicionants derivats de la tipologia d'un espai, del guió de l'exposició de qui assumeix el comissariat, de la naturalesa i morfologia de les peces, de les seves condicions de conservació i del pressupost. Un bon projecte serà aquell que, sense perdre de vista tots i cadascun d'aquests condicionants degudament jerarquititzats, trobi una solució constructiva eficaç que, com és natural, respongui al criteri estètic del dissenyador.

La realitat, però, permet afirmar que la immensa majoria dels museògrafs peca d'una formació bàsica en la conservació preventiva i en els recursos tecnològics necessaris per assegurar que les condicions de conservació es mantinguin. L'explicació és ben senzilla: la conservació preventiva no es veu i tampoc surt a les fotografies.

2.4. Les sales

Normalment les condicions de conservació de les quals s'informa en un *facility report* parlen únicament de la humitat, la temperatura, la il·luminació i els suports, així com de les característiques de l'edifici i de determinats serveis de prevenció, aspectes que s'haurien de considerar escrupolosament, encara que no sempre és possible.

La majoria dels centres expositius importants s'ajusten al Codi Tècnic de l'Edificació (que contempla la reglamentació per a espais d'ús públic), fet que no només repercuteix en la seguretat de les persones, sinó també en la dels béns continguts a l'edifici.

Assenyallem ara tres aspectes en què la majoria de les sales tenen moltes mancances. El primer té a veure amb el control de les condicions climàtiques. Gairebé totes les sales asseguren el control de la temperatura, però no el de la humitat relativa; la instal·lació no és sectorial en funció dels espais expositius i no disposen de sistemes de seguiment i control. En segon lloc, la instal·lació de la il·luminació sol estar adaptada a la geometria de la sala, però no presenta la versatilitat necessària per servir a les configuracions espacials que es deriven del disseny museogràfic i, a més, no sol estar prevista la possibilitat de regulació centralitzada. I finalment, hi ha un tercer element significatiu (sobre el qual tornarem més endavant), que és la inexistència de línies de vida² per assegurar el treball en altura, malgrat que pràcticament tots els centres d'art actuals disposen de sales amb altures superiors als quatre metres.

2.5. La coordinació

Probablement la coordinació és la funció més delicada del procés de pre-muntatge i muntatge de l'exposició. La relativa novetat de l'exposició com a disciplina museogràfica permet l'accés a aquesta activitat

² Les línies de vida, de l'anglès *lifecycle*, són un element de prevenció dels riscos laborals indispensable per desenvolupar multitud de treballs en altura. Bàsicament, són cordes de seguretat que han d'ancorar-se en punts que en garanteixin l'eficàcia per evitar accidents produïts per caigudes. Els mesuraments dels factors de caiguda i les resistències dels materials han de ser analitzats per un tècnic competent per tal de garantir-ne la correcta instal·lació.

des dels cursos d'especialització que s'imparteixen a nombroses universitats públiques i privades.

El perfil més habitual és el de persones que entenen aquesta feina com el primer esglaó cap al comissariat o la gestió d'una entitat cultural i, en general, amb més coneixements d'història de l'art, legislació o comunicació que dels aspectes pràctics de l'arquitectura efímera, l'organització d'una exposició o la conservació dels béns culturals.

En el cas dels museus públics, la tasca sol recaure sobre conservadors de museus o restauradors, encara que la comesa no tingui a veure estrictament amb les seves funcions.

Articular la comunicació i l'enteniment entre els diferents actors del procés, facilitar la cooperació i assegurar el compliment dels cronogrames i dels protocols no és una tasca fàcil quan, a més, s'amaneix per sistema amb l'estrès.

Una correcta coordinació és la principal salvaguarda per al compliment dels protocols de conservació de les obres; així doncs, la inclusió d'aquest perfil en els organigrames de les entitats culturals significaria un avenç important per a la museografia i la conservació.

2.6. Les empreses de muntatge

L'explosió expogràfica de les últimes dècades ha permès el desenvolupament d'empreses especialitzades en aquest camp, habituades al treball dins dels museus i centres culturals. Paral·lelament, encara que de forma desigual i essencialment pragmàtica, aquestes empreses han après la metodologia de treball amb els béns culturals, coneixen els protocols d'interacció amb les obres i els han afegit a les seves rutines professionals. Moltes d'elles incorporen a la seva plantilla (o bé els subcontracten) tècnics i professionals de diferents disciplines capaços de resoldre les situacions més delicades.

S'ha d'assenyalar, no obstant això, que en línies generals les empreses no han aprofitat l'època de creixement per modernitzar-se en profunditat. Unes s'han disfressat de "modernes", mentre que altres han

continuat com sempre, encara que amb més mitjans i infraestructures. Les assignatures pendents continuen sent l'escassa atenció que es presta a la formació en salut laboral i al compliment de la legislació en aquest terreny, a la formació continuada dels treballadors, a la creació de plantilles estables, a la incorporació de noves tecnologies ja presents en qualsevol muntatge, a la igualtat de gènere, etc.

Ara bé, el cert és que les empreses fan en funció del que els clients demanen. Tenint en compte que el 80% de la facturació de les empreses prové de les administracions i les fundacions de les grans entitats, s'haurà de considerar la seva responsabilitat en la falta d'exigència als proveïdors sobre els aspectes abans mencionats. És evident que si als concursos es valoressin realment aquestes qüestions, les empreses farien uns esforços més grans per adaptar-se a la legislació vigent. Com és natural, els que han fet els deures i promouen models d'empresa socialment responsables són els principals perjudicats, i queden així fora de la competició en l'aspecte purament econòmic, atès que els seus costos són sensiblement superiors als de l'empresa tradicional.

3. Proposta metodològica per a la garantia de la conservació de les obres en el procés expositiu

Amb el convenciment que s'està avançant en la racionalització de la difusió de la cultura pel que fa referència a les exposicions –bé per la implementació de polítiques coherents, bé per les limitacions pressupostàries relacionades amb els processos de creació de les exposicions–, hi ha un gran espai i una oportunitat per eliminar costosos llastos econòmics i de procediment. Al nostre entendre, les recomanacions següents podrien ser d'utilitat:

- Situar la qüestió de la conservació en l'origen del procés, és a dir, una vegada rebut un projecte curatorial, la seva avaluació –viabilitat i costos– des del punt de vista de la conservació ha de ser preceptiva.
- Els centres expositius han de tenir informes precisos sobre la idoneïtat de les seves instal·lacions per tal de garantir realment la conservació

preventiva. Aquesta informació s'ha d'acompanyar de la planimetria real en formats aptes per al treball del museògraf i dels que hi hagin d'intervenir posteriorment (descripció de les instal·lacions, accessos, equipaments d'il·luminació, etc.).

- El dissenyador ha de realitzar el seu projecte a partir dels condicionants nants derivats de la conservació i les sales. El seu projecte ha de ser examinat per assegurar que no infringeix normes de conservació (circulacions, vitrines, suports, acabats, materials, etc.). Ha d'assumir també la responsabilitat d'elaborar el plec de condicions tècniques i el pressupost de referència. Posteriorment, haurà de supervisar la producció i la qualitat de l'obra.
- S'han de promoure criteris de sostenibilitat en el disseny museogràfic. Per això cal apostar pel disseny minimalista i per l'ús de materials reciclables.
- Els centres han d'elaborar protocols per al treball dins de les seves sales, que recullin tots els aspectes de legislació laboral i de seguretat i salut que hauran de complir les empreses que participin en la producció i el muntatge d'exposicions, així com els procediments particulars que el centre consideri oportuns. Aquests protocols hauran de ser controlats estrictament per la persona que coordini l'exposició, la seguretat de l'edifici, etc.
- Els centres han de disposar de coordinadors de producció i muntatge d'exposicions amb suficient experiència i atribucions. Els informes d'avaluació del procés, una vegada inaugurada i clausurada la mostra, il·lustraran sobre la bondat dels procediments i permetran l'avaluació de les empreses que hi hagin participat, el funcionament dels dissenys, etc.
- La programació de les sales no pot fer-se limitant el temps de muntatge i desmuntatge de les exposicions, atès que són els moments en què els accidents són més probables.
- La gestió econòmica no pot separar-se de la gestió cultural. En tots els concursos ha de prevaler l'oferta tècnica sobre l'econòmica,

especialment pel que fa a l'embalatge i el transport de les obres i al muntatge de l'exposició. De la mateixa manera que quan es fa el concurs per al disseny d'una exposició o un museu no guanya qui cobra menys, sinó qui resol millor el projecte, aquest mateix criteri s'ha de fer extensible a tots els treballs que l'exposició comporta.

4. Reflexions sobre la pràctica expositiva

Dins del procés expositiu hi ha dos elements que varien en cada cas, que estan directament relacionats amb la conservació de les obres i que defineixen la imatge final de la mostra: el disseny museogràfic i la il·luminació.

Hi ha altres disciplines, com el disseny gràfic o la comunicació a través de sistemes audiovisuals, que tenen a veure amb la imatge final però que de cap manera influeixen en la conservació de les obres. I n'hi ha moltes altres que, independentment de la mostra, es resolten amb la mateixa metodologia, com ara l'embalatge, el transport, el control de les condicions ambientals, la revisió de l'estat de conservació de les obres, la manipulació, el muntatge, etc., però que no afecten el diàleg entre l'objecte i l'observador. Per tant, ens centrarem en les que es relacionen amb la presentació i amb la conservació simultàniament.

4.1. Disseny museogràfic

Alguns historiadors de l'art han acceptat tradicionalment l'autonomia de l'obra d'art i han ignorat tot allò que passava al seu voltant. Les conseqüències d'escollir en determinats moments de la història unes peces per agrupar-les donen lloc a un fet que per si mateix hauria de ser estudiat de manera independent a les obres d'art.

Malgrat el creixent interès pel disseny museogràfic des dels anys vuitanta, la forma en què les obres d'art són exhibides avui dia s'ha descuidat relativament. La naturalesa efímera de les exposicions –que contribueix determinadament a aquesta amnèsia– no justifica que la història de l'art se centri únicament en l'anàlisi de les obres d'art de forma individual, i obliidi les seves “posades en escena”.

Els historiadors han oblidat sovint el fet que quan es mostra una obra d'art mai no està sola, sinó que forma part d'una exposició creada segons uns criteris conscients que tenen a veure amb el seu context social i cultural, i amb un projecte expositiu concret desenvolupat específicament per a aquest moment.

Les exposicions, igual que les obres d'art, representen les qüestions i les ideologies del conscient i el subconscient. El seu costat menys obvi no és sinó la manifestació dels codis socials i les limitacions històriques.

El disseny expositiu va florir a Europa i als Estats Units als anys vint, i es va desenvolupar fins als anys seixanta com una disciplina experimental que va generar gran expectació. Herbert Bayer, Walter Gropius, Frederick Kiesler, Lilly Reich, El Lissitzky, László Moholy-Nagy, Giuseppe Terragni o Theo van Doesburg, entre altres, van ser conscients de la importància d'aquesta nova disciplina que va significar una part representativa de la seva feina, desenvolupant compromesos projectes que han donat lloc a destacades discussions al voltant del món de l'art.

Compromesos amb l'art, l'espai i els avenços tecnològics, van crear espais que s'han estudiat i analitzat més encara fins i tot que els objectes artístics que s'hi van exposar.

L'activitat experimental en el disseny museogràfic va començar a disminuir entre els anys seixanta i setanta, resultat de la consolidació de les “convencions” assumides pels museus d'art modern i la institucionalització en general de l'art contemporani, que han conduït al fet de prendre com a correctes posicions que senzillament resulten més còmodes. De totes maneres, això no justifica la permanent amnèsia que hem viscut fins fa ben poc.

- Com afecta el disseny museogràfic al significat d'una exposició?
- Quines influències de caràcter polític, social i cultural condicionen aquests dissenys?
- Quin tipus de visitant està interessat en les “tendències” del disseny museogràfic?

- Quins tipus de museus posen en pràctica un disseny museogràfic més rellevant?
- Com influeix en el ritual cultural del visitant el disseny museogràfic més o menys “evident”?
- Quina mena d'exposicions som capaços de produir si les instal·lacions del passat han estat oblidades? Quines referències tenim? Hi ha bibliografia? És accessible?

Aquestes qüestions posen de manifest la virginitat en què encara avui es troba aquesta disciplina professional, que disposa dels seus propis codis, necessitats i tipologies resolutives.

Hi ha realment en l'actualitat una formació específica per ser dissenyador museogràfic?

Als anys vint i trenta, la Bauhaus ja va manifestar el seu interès pel disseny museogràfic, i encara que en un principi no tenia una disciplina específica, sí que existia com a part d'altres assignatures de disseny. De fet, Gropius descriu aquesta pràctica en el seu programa: “Investigació en la naturalesa de les exposicions, per resoldre els problemes de la mostra de les arts visuals i l'escultura en el marc de l'arquitectura”.

4.1.1. Exposició o escenografia

L'exposició temporal d'obres d'art o béns culturals –com a fenomen– té més a veure amb la producció d'una obra de teatre o una òpera que amb altres manifestacions culturals, amb la diferència que mentre que en aquestes disciplines l'obra queda inalterada (al marge de la versió o el muntatge concret), a les exposicions temporals la major part del discurs es construeix al voltant d'unes obres –úniques– que han d'estar presents, l'estabilitat i la conservació de les quals no pot ser descuidada.

Aquest condicionant té –o hauria de tenir– més influència del que sembla en la creació de l'espectacle expositiu, ja que s'hauran de configurar barreres entre l'observador i l'objecte que limitaran notablement les possibilitats d'una comunicació plena, atès que “s'escamotegen al visitant algunes de les possibilitats més plaents en relació amb els

objectes: tocar-los, manipular-los, posseir-los o canviar-los de lloc” (Díaz Balerdi, 2008: 121). A més, eines tan potents per a la creació d’escenes, com el color o la il·luminació, hauran d’utilitzar-se de forma mesurada i sota criteris més hermenèutics que recreatius.

Una altra gran diferència que s’oblida en algunes tendències expogràfiques excessivament centrades en l’escenografia radica en la posició i l’actitud relatives entre l’escena i l’observador; mentre que en el teatre l’observador assegut contempla a distància una escena dinàmica, en una exposició l’escena és estàtica, i és el visitant qui busca la perspectiva i la distància de contemplació. Per tant, en la museografia no val l’enganyifa ni l’obstrucció, i són de molta més utilitat els principis de la creació arquitectònica.

Per acabar, l’altra gran diferència radica en la relació amb l’observador; mentre que l’escenografia utilitza les seves eines per potenciar l’emoció, l’expografia hauria de tendir a propiciar l’exposició serena.

En l’escenografia es manipulen les proporcions i les relacions d’escala entre les parts en virtut de la consecució d’un tot aparentment coherent, gràcies a la immobilitat de l’espectador. En canvi, l’experiència real i interactiva de recórrer un espai on van apareixent una sèrie d’objectes que per si mateixos tenen una lògica discursiva, obliga el dissenyador que la primera i més important decisió sigui la ubicació de les peces. La decisió més important d’un arquitecte a qui encarreguen un edifici és la seva ubicació dins la parcel·la, que en el nostre cas seria la sala on es realitzarà l’exposició. Si aquesta primera decisió no es pren adequadament, tant se val el que es faci a partir d’aquest moment, tant és que s’utilitzin fantàstics acabats i recobriments o que comprem el material tecnològic d’última generació; el resultat final serà un frau.

L’edifici ha d’estar orientat de la manera més eficient en funció de l’activitat que es desenvolupi al seu interior i de les condicions climàtiques del lloc, ha de disposar del millor punt per entrar al seu interior en funció de l’entorn i, per acabar, ha de tenir una distribució interior eficaç. Doncs bé, això mateix és el que s’ha de fer quan es dona el primer pas en el disseny d’una exposició.

Podríem dir, doncs, que la funció de l'arquitecte en el cas del disseny museogràfic no és cap altra que comunicar les diferents dimensions implicades a l'exposició, els continguts específics que adopten cadascuna de les categories, les relacions amb les altres i la lògica que les entrellaça.

4.1.2. La complexitat organitzada: l'espai com a producte de les relacions entre els objectes. *Positio + Dispositio + Compositio = Expositio*

Una taula plena d'objectes constitueix un “sistema bàsic” on els objectes simplement estan presents en un espai definit, i les relacions entre ells són casuals. Si els ordenem segons un criteri determinat, aquests objectes formaran un “sistema complex”, i les relacions que mantenen començaran a adquirir significat.

Crear un sistema, o el que és el mateix, una estructura de vincles, és finalment la funció del dissenyador museogràfic. Aquest sistema es troba a la vegada dins d'un sistema d'ordre superior. L'exposició en si mateixa forma part del sistema de l'art, ocupa un lloc a la ciutat, és una representació de la cultura; es troba, de fet, en un encreuament entre l'art i la cultura.

Per altra banda, l'exposició té l'avantatge de ser un laboratori, un espai social on s'assaja l'art, un espai que es resisteix al que és literal. És un espai autònom, sense patrons, un camp de proves no impositiu. És l'únic espai que queda a les ciutats on l'experimentació és el mètode de treball, on s'assaja i s'encerta o es fracassa.

Abans que tinguéssim consciència de la figura del dissenyador d'exposicions, els artistes ja dissenyaven els seus propis dispositius per mostrar la seva obra, implicant-se en la materialització de marcs, vitrines, pedestals i prestatgeries. Tots aquests elements formen part també de la història de l'exposició com a camp d'entrenament.

Theo van Doesburg, per exemple, a més de seleccionar les peces que anava a exposar quan es feia una mostra de la seva feina, dissenyava també tot el sistema de relacions i distàncies que hi havia d'haver entre elles abans de ser penjades a la paret.

La relació entre artistes, comissaris i arquitectes al segle xx ha estat constant, diluint-se en moltes ocasions les funcions d'uns respecte als altres. Aquesta falta de límits específics ha permès que, des de les avantguardes de principis de segle fins als anys setanta, es portessin a terme interessants propostes expositives a través de les quals s'ha anat construint, de manera improvisada, el que avui podem ja definir com a disseny museogràfic.

No és fàcil per al públic enfrontar-se a determinats muntatges expositius; de fet, es produeix sovint un decalatge entre els interessos i formats d'acció dels artistes respecte als dels visitants dels museus. Actualment el públic ja ha assumit un llenguatge de percepció que, en canvi, ha vingut imposat per l'època anterior, i que s'allunya dels interessos dels artistes contemporanis, els quals, immersos en la lògica autònoma del món de l'art, qüestionen sense parar les categories de percepció comunes, és a dir, els principis de producció de l'art anterior.

Aquesta realitat afecta directament el dissenyador museogràfic, el qual s'acaba involucrant en el projecte global expositiu junt amb el comissari i els artistes, i assumeix aquest canvi de codis perceptius i de comunicació per formar part d'un gran equip en el qual es produeix una hibridació funcional des de l'origen del projecte.

Les obres dels artistes necessiten també l'assessorament d'altres professionals especialitzats (informàtics, enginyers, programadors, dissenyadors gràfics i d'audiovisuals, etc.), que afegeixen factors de planificació a tenir en compte per part del "coordinador general" d'aquest nou model d'equip de treball, que es retroalimenta contínuament fent que les tasques de disseny museogràfic necessitin més formació específica.

4.1.3. Oikonomia

El terme grec *oikonomia*, o el que podríem entendre avui com a gestió o *management*, defineix, com deia Aristòtil, una activitat pràctica que ha d'afrontar, cada vegada, un problema i una situació particulars.

Es planteja un procés plural on s'han d'administrar, controlar i orientar –en un sentit que se suposa útil– els comportaments, gestos i pensaments d'artistes, gestors, comissaris i dissenyadors.

L'administració dels esforços no se sol distribuir en la mateixa mesura en tot el procés de desenvolupament d'una exposició, i es converteix, en tot cas, en una necessitat imminent en el període de la construcció. Això implica que el perfil professional de l'equip encarregat de coordinar els requeriments del comissari, del dissenyador i de l'artista ha de ser versàtil per tal de complir satisfactòriament amb la realitat dels temps d'acció existents en el muntatge final d'una exposició. El període de producció d'una exposició d'art contemporani sol ser escàs, i acostuma a estar enfrontat a indefinicions que impedeixen desenvolupar una planificació eficaç.

En una exposició d'art contemporani no podem aplicar els codis i els procediments utilitzats fins ara a la museografia “pràctica”; de fet, el procés mateix de materialització d'aquest tipus d'exposicions pot generar un resultat inesperat. El diàleg entre artista, comissari, dissenyador i productor de l'exposició s'ha tornat més fluid, ja que s'han contaminat els seus llenguatges. En canvi, això que *a priori* hauria de ser un avantatge, pot suposar un problema pel que fa als temps de presa de decisions, ja que la negociació quedarà sempre més oberta i indefinida.

Sorgeixen dubtes també de fins on s'ha d'intervenir des del disseny museogràfic, i fins i tot des de la producció, per resoldre qüestions pràctiques.

El llenguatge constructiu per al muntatge d'una exposició temporal no té correspondència amb el que s'utilitza en una instal·lació museogràfica permanent, i tampoc els pressupostos. Per tant, les solucions constructives hauran de correspondre's adequadament a aquest condicionant, fet que no sol resultar fàcil als arquitectes i als dissenyadors.

La qualitat dels acabats i la precisió constructiva no són les mateixes que s'utilitzen en el món de la instal·lació permanent, i és important

comptar-hi a l'hora de començar el disseny d'una exposició, ja que pot suposar en molts casos una pèrdua de temps i de diners que va en contra del muntatge. Per aquesta raó, el coordinador de la producció ha de ser també capaç d'identificar on gastar el temps i els diners.

Per altra banda, el dissenyador ha de ser conscient de la dimensió presupostària d'allò en què està treballant i, per tant, tenir experiència pràctica en la implantació de les solucions constructives desenvolupades a les seves postges.

Eficàcia i economia (no només referida als diners, sinó també a la senzillesa de producció dels detalls constructius) han d'estar en el mateix pla que les decisions estètiques.

Per això s'està consolidant la figura del dissenyador que forma part de l'equip de producció, amb un perfil més adequat que el de dissenyador independent, ja que així es garanteix la seva implicació directa des de l'inici. D'aquesta forma s'actua més eficaçment, millorant l'articulació entre praxi i teoria (camp específic de comissari i artistes), i es controla des del primer moment el pressupost, garantint l'eficàcia de la implantació expositiva i desenvolupant plans de sostenibilitat i reutilització de materials per tal d'evitar consumir els recursos que puguin ser reaprofitats en altres muntatges, en els quals segurament ell mateix es veurà implicat.

Un dels principals problemes del món de la museografia temporal és la quantitat de residus que es genera per seguir utilitzant tècniques i materials del passat. Si el dissenyador sap que disposa de determinats materials que hauran de servir també en altres ocasions, podrà oferir alternatives més econòmiques i eficaces als gestors, que sí que estan fora del procés de producció.

En aquest sentit és molt interessant la instal·lació que va fer l'artista Michael Asher l'any 2008 al Santa Monica Museum of Art (SMMoA), on va aixecar, de manera simultània, els esquelets de tots els murs que s'havien anat construint des de 1998 per donar forma al museu. Així, posà de manifest la densitat constructiva i la despesa material que genera una exposició, i a la vegada es va poder comprovar mitjançant els

plànols de la distribució espacial de totes les exposicions –que també estaven presents a la mostra– com hi havia esquemes de distribució que es repetien o que eren molt similars, que s’havien aixecat i demolit successivament, generant una despesa i uns residus que amb altres plantejaments tècnics i constructius es podrien haver evitat.

4.1.4. La crítica en el disseny museogràfic

“Si el crític de literatura i pintura porta avui una vida tan difícil és en gran part perquè un conjunt d’escriptors i artistes coneix suficientment la història de l’art per saber imitar d’una manera cínica i oportunista les aparences de l’avantguardisme... Hi ha qui sap imitar tan bé la postura filosòfica que, davant dels no filòsofs, semblaran més filòsofs que els filòsofs.” (Bourdieu, 2010).³

Normalment la crítica especialitzada del món de l’art no presta atenció en les seves valoracions al disseny expositiu, i analitza únicament el discurs curatorial i les obres dels artistes. Aquesta situació no sorprèn si partim del fet que s’ha institucionalitzat la premissa que el disseny museogràfic ha de romandre invisible, en pro de la correcta lectura de les obres exposades.

Habitualment són els arquitectes els que acaben fent-se càrrec del que fa referència al disseny espacial d’una exposició. No obstant això, al contrari del que passa amb l’arquitectura, no disposen de gaire documentació a la qual recórrer. En arquitectura hi ha múltiples publicacions de crítica o de simple mostra de projectes, els quals no han d’estar necessàriament construïts. Es convoquen multitud de concursos públics que busquen el projecte més adequat per a un edifici, i es publiquen els projectes participants a part, òbviament, dels guanyadors. Això permet que siguin els mateixos professionals els que puguin establir comparacions i jutjar les decisions del jurat obrint línies de diàleg. De fet, al llarg de la història de l’arquitectura ens hem trobat amb projectes que, malgrat no haver-se materialitzat, han estat capaços de generar un grau més gran de discussió i investigació que altres brillantment construïts.

³ La traducció és nostra.

El món del disseny museogràfic no disposa de tot aquest desplegament d'informació, i no per falta d'inauguracions.

Hi ha o hi ha hagut alguna tendència dins del disseny expositiu? Es podrien identificar cicles o autors rellevants al llarg de la curta història d'aquesta disciplina? Qui són els capacitats per jutjar un disseny de qualitat?

Aquesta falta d'informació es deu segurament al fet que, com que es tracta d'intervencions temporals, no es creu necessari fer l'esforç de recopilar tota la informació al voltant del disseny i del muntatge expositiu (prou energia s'ha gastat ja per fer el catàleg, que rarament inclou referències a aquests temes i que, a més, ha d'estar publicat el dia de la inauguració per poder regalar-lo a polítics i gestors).

En aquest sentit és exemplar la tasca que va desenvolupar des dels seus primers anys el departament d'exposicions del Museum of Modern Art de Nova York (MoMA), no només des del punt de vista del disseny sinó també de la documentació. Destaca el llibre *The power of display*, de Mary Anne Staniszewski, que suposa una grata troballa per a aquells que estem interessats a saber més sobre la història de la museografia, ja que analitza detingudament les exposicions portades a terme al MoMA des del punt de vista del disseny museogràfic al llarg de tota la seva trajectòria. Es tracta l'exposició com una "representació", com la manifestació de valors, ideologia, política i estètica d'una societat. En aquest llibre es documenta i desxifra un capítol essencial de la història de l'art i de la cultura del segle xx, i s'ofereix un marc teòric per a aquesta nova disciplina del disseny: el disseny expositiu.

Ha estat a través del món editorial que grans mestres de l'art, del disseny o de l'arquitectura s'han consagrat sense comptar per a això amb una llarga i demostrable carrera. Aquesta màgia només es pot donar a les revistes. Sense anar més lluny, arquitectes tan reconeguts com Le Corbusier, Mies van der Rohe o el grup Archigram van consolidar el seu prestigi gràcies al fet que van saber exposar les seves teories i els seus projectes en paper, abans que poguessin

construir-se. Les revistes van ser la plataforma que els va permetre fer el pas per a la materialització dels seus grans projectes. Tot i que alguns d'ells portaven ja anys construint, no tota la seva obra tenia prou interès per ser mostrada. Pot ser que això sigui el que passa al món de la museografia contemporània? Que malgrat l'elevat nombre d'inauguracions estem, des de la dècada dels setanta, immersos en un període en el qual no hi ha res que valgui la pena de ser analitzat o discutit, i en definitiva, publicat?

4.2. Disseny d' il·luminació

4.2.1. Abast dels protocols actuals

Hi ha recomanacions respecte d'això –conegudes per tothom– en termes de valors per al control de la il·luminància (lux, lx) i de la radiació ultraviolada (microwatt/lumen, $\mu\text{W}/\text{lm}$). Una vegada l'obra està ubicada es realitzen els mesuraments, però què passa si el projector regulable no és regulable, si la font de llum emet més ultraviolats del que és permès o si la càrrega tèrmica és excessiva? Qui comprova que el fluorescent de la vitrina és l'adequat? Quan l'exposició ja està muntada, poca cosa es pot fer.

4.2.2. La infraestructura de les sales

La condició necessària perquè la il·luminació d'una sala funcioni és que sigui suficientment versàtil. L'exemple que es menciona anteriorment de la instal·lació de Michael Asher posa de manifest que, gairebé amb seguretat, una instal·lació de carrils i punts de presa de corrent adequats serveix correctament per a qualsevol configuració espacial que es proposi. No obstant això, hi ha moltes sales, fins i tot de recent creació (les sales del Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía - MNCARS de l'ampliació de Nouvel i les del CaixaForum de Madrid, totes dues exemples significatius), que no responen a aquest requisit. Al final, l'objectiu és que qualsevol objecte, al marge de la seva morfologia i del seu pla d'exhibició, pugui ser il·luminat respectant els canons de percepció.

4.2.3. La il·luminació en el disseny museogràfic

Si una vegada realitzat el disseny museogràfic es fa l'exercici de relacionar-lo amb la planta de la sala, però no mirant el paviment sinó el sostre, llavors es podrà comprovar si la il·luminació pot funcionar (geometria elemental) o si s'ha de procedir a fer modificacions (en general, bastant senzilles) a la xarxa de carrils. Posteriorment s'haurà de revisar l'equipament d'il·luminació per saber si es disposa del material adequat.

La pregunta és: quants dissenyadors museogràfics entenen suficientment d'il·luminació per distingir a simple vista si la dotació de la sala és l'adequada? En general, la cultura luminotècnica de la majoria només arriba a saber si es vol un bany de paret o focalitzacions, o si el material existent és de primera, i amb això ja en tenen prou.

Un bon equip de disseny museogràfic ha de ser multidisciplinari, i per descomptat disposar d'un especialista en il·luminació. En cas contrari –l'habitual–, és probable que no s'atenguin degudament els requisits de conservació i segur que el resultat visual de les escenes de l'exposició deixarà molt a desitjar.

4.2.4. La il·luminació de subcontenidors

Si la vitrina no incorpora en el seu interior la il·luminació, els riscos de deteriorament de les peces disminueixen; en canvi, una il·luminació inadequada des de l'exterior pot provocar enlluernaments de vel o ombres sobre la peça causades per la projecció de la trobada entre els vidres de la vitrina i el feix de llum.

En el cas que la vitrina contingui la il·luminació, la qüestió és més complicada, i haurà de considerar-se la seva inclusió en la fase de disseny. Les precaucions imprescindibles són:

- Elecció de les fonts de llum de manera que l'emissió a l'ultraviolat sigui acceptable, que permetin la regulació del flux i que la càrrega tèrmica sigui mínima.
- Elecció dels paràmetres adequats en termes d'índex de reproducció cromàtica (IRC) i de temperatura de color (TC).

- Elecció d'un sistema d'il·luminació (general, plans dels quals procedeix, sistema de difusió, focalitzacions, etc.).
- Elecció de la posició de la focalització, si n'hi ha, per tal que no contravingui els cànons de percepció (llum excessivament rasant, ombres invertides, etc.).
- Control de l'enlluernament directe i de vel, interior i exterior.

4.2.5. Sistemes d'il·luminació

4.2.5.1. Passius

La primera decisió afecta els colors generals de l'espai i els revestiments. Els paviments brillants generen un desordre visual important. Per una banda, poden arribar a ser enlluernadors i ocupar un protagonisme que no els correspon, i per l'altra, poden produir enlluernaments de vel sobre les superfícies vidrades de vitrines o altres elements. L'elecció del color dels plans expositius pot condicionar l'elecció del sistema d'il·luminació actiu i distorsionar la percepció de les obres. Els problemes més freqüents enfront d'una mala elecció són:

- Si la superfície de fons és d'una tonalitat saturada, l'observador es defensa d'aquesta agressió visual induint a la superfície de la zona no saturada (on s'ubica el quadre) el color complementari, i amb això es distorsiona plenament la correcta percepció de l'obra (contrast successiu). Òbviament hi influeix la relació de mesures entre el fons i l'objecte a observar.
- Un altre problema derivat de l'anterior és l'obligació d'utilitzar únicament focalitzacions, per la qual cosa la percepció global de l'exposició és esgotadora visualment, en especial quan la focalització és excessivament contrastada.
- Hi ha una altra pràctica habitual que consisteix a revestir els paraments de negre quan els objectes a exhibir són molt delicats, i es pretén que la il·luminació estigui molt controlada. Es fonamenta en la falsa creença que centrant la llum en l'objecte se'n pot utilitzar menys quantitat, millorant-ne a la vegada la visibilitat. Estudis realitzats

sobre aquesta qüestió mostren que l'agudesia visual no millora amb l'excés de contrast (superior al 30%), sinó que el que provoquem és un ràpid esgotament visual.

En definitiva, el color i la luminància dels revestiments de l'espai arquitectònic i els fons sobre els quals les obres es contrasten, són les eines fonamentals per crear l'espai visual i generar un ordre i una jerarquia a l'escena.

Determinar la il·luminació activa que és possible realitzar i, per tant, la presa de decisions en aquest terreny, ha d'estar molt pensat i fonamentat. Òbviament, quan es pren la decisió de jugar únicament amb els matisos de blanc, les possibilitats d'encertar s'incrementen exponencialment.

4.2.5.2. Actius

Des del nostre punt de vista, no hi ha cap raó per crear escenes visuals “diferents” en una exposició d'obres d'art. Com més s'assemblin al que el nostre sistema perceptiu ha après, millor i més agradable serà la comunicació visual.

L'equilibri de luminàncies és l'eina clau: la quantitat de llum no és el paràmetre, sinó la manera en què les superfícies que conformen l'espai arquitectònic fan arribar la llum als nostres ulls. Per il·luminar una exposició, els projectors i les lluminàries són una condició necessària, però no suficient. Parlar d'això excedeix literalment l'objecte d'aquest treball.

4.2.6. Protocol per al control de la il·luminació

Els protocols que s'apliquen habitualment són insuficients. La proposta que més s'assemblaria a la “ideal” podria consistir en:

- Si existeix llum natural a la sala, seria preceptiu haver realitzat prèviament un estudi sobre el factor d'il·luminació natural a l'interior, generant un model extensiu a tot l'any i sobre tots els plans que conformen la sala. No n'hi ha prou amb els programes informàtics per conèixer-ne el comportament, sinó que haurem de fer també un contrast amb mesuraments reals. Un estudi ben fet pot determinar si és possible,

i com, compatibilitzar l'ús de llum natural amb els criteris de conservació. No s'hauria d'utilitzar la llum natural si es fia el control de la instal·lació a planxes metàl·liques, estors, etc., governats per la domòtica; i s'ha de tenir en compte que no totes les arquitectures reben bona llum natural.

- La infraestructura de la il·luminació artificial de la sala ha d'estar correctament planificada, així com la instal·lació elèctrica. Actualment es disposa de sistemes de regulació i control molt sofisticats. L'experiència demostra que el personal de manteniment dels museus no té la formació necessària per fer-los funcionar correctament, i per això solen caure en desús. El més eficaç és que el maneig i el control de la instal·lació es realitzi des de la mateixa sala amb sistemes de regulació més tradicionals.
- Les sales han de diferenciar els sistemes d'il·luminació per a operacions de muntatge, desmuntatge, neteja i vigilància dels que s'utilitzen per a la il·luminació museogràfica. D'aquesta manera, disminuirà el temps d'exposició dels objectes.
- Tots els equips d'il·luminació han de permetre la regulació individual o centralitzada, ja que és la manera més segura d'aconseguir els valors d'il·luminància desitjats.
- No totes les fonts de llum artificial es poden emprar per a la il·luminació d'obres d'art. Han de complir les condicions següents:
 - IRC superior a 90 sobre 100.
 - TC adequada a la il·luminància (2500-3600 K).
 - Possibilitat de regulació del flux.
 - Emissió a l'ultraviolat inferior a 50 $\mu\text{W}/\text{lm}$.

S'han d'excloure taxativament el vapor de mercuri amb halogenurs metàl·lics i el vapor de sodi a alta pressió. Pel que fa als leds, s'ha d'assenyalar que, encara que tinguin un futur clar com a font d'il·luminació vàlida per a museus, la falta de normalització actual impedeix conèixer realment els seus paràmetres luminotècnics.

- El disseny museogràfic ha de ser revisat des del punt de vista de la conservació, especialment els sistemes previstos per a vitrines.
- L'equip de mesurament mínim ha de consistir en un luxímetre fiable (amb correcció del cosinus inferior al 4% a 50°), un ultraviòmetre que subministri les mesures en termes absoluts (W/cm^2) i un termòmetre per infrarojos per conèixer l'augment de temperatura de la superfície il·luminada.
- Per aconseguir en qualsevol circumstància una bona il·luminació dins dels paràmetres de conservació, és necessari, a més de conèixer la tecnologia existent, entendre les necessitats de conservació de les obres i, el que és molt més difícil, saber treballar amb la llum.

5. Conclusions

La intenció d'aquest treball és procurar una visió més àmplia de l'habitual pel que fa als protocols de conservació preventiva en els processos de les exposicions temporals.

Aquestes recomanacions, que en línies generals compleixen els museus i els centres d'exposicions, es concentren en els moments més crítics del procés (embalatge, transport, desembalatge, etc.), amb les corresponents revisions a càrrec de restauradors experts. Ara bé, s'ha d'assenyalar que la part que fa referència al medi físic (condicions ambientals, il·luminació) i al condicionament espacial es tracta de manera succinta i més aviat formal. L'altra perspectiva que s'ha intentat oferir és que els principals agents del fet expositiu (polítics, gestors, comissaris i dissenyadors) tenen més responsabilitat de la que sembla a l'hora de garantir la conservació dels béns culturals.

Bibliografia:

- AADD: *Lighting: a conference on lighting in museums, galleries and historic houses*, Turmaston, Museums Association Publications, 1987.
- Adell Calduch, J.: "Una propuesta para la iluminación de pinturas en museos, salas de exposiciones temporales y galerías", a *Luces CEI*, setembre de 1993, p. 38-44.

- Applebaum, B.: *Guide to Environmental Protection of Collections*, Madison, Sound View Press, 1991, p. 65-95.
- Bordieu, P.: *El sentido social del gusto: elementos para una sociología de la cultura*, Madrid, Siglo Veintiuno, 2010.
- Carbó, G. et al.: "Exposiciones Temporales ¿para qué?", a *Zona Pública*, 2, 2006 (on line a <http://museologia.cat/index.php/ca/publicacions-amc/zona-publica-n2/19-zona-publica-n2>).
- Casal López-Valeiras, J. M.: *Alumbrado de museos: bases de su realización*, Madrid, Dirección General de Bellas Artes, Archivos y Bibliotecas, 1982.
- Casal López-Valeiras, J. M.: "La Luz como agente degradante en el museo (I)", a *Electra*, 29, 1983, p. 3-16.
- Casal López-Valeiras, J. M.: "La Luz como agente degradante en el museo (II)", a *Electra*, 29, 1983, p. 17-33.
- Casal López-Valeiras, J. M.: "Iluminación de Museos", a *Boletín de la ANABAD*, XXXIV, 2-4, 1984, p. 211-238.
- Casal López-Valeiras, J. M.: "En el centenario del informe Russell-Abney", a *Boletín de la ANABAD*, XXXVIII, 4, 1988, p. 497-516.
- CIBS *Lighting Guide Museums and Art Galleries*, Londres, CIBS, 1980.
- Control of Damage to Museum Objects by Optical Radiation*, CIE 157, 2004.
- Cuttle, Ch.: *Light for Art's Sake: Lighting for Artworks and Museum Display*, London, Elsevier, 2007.
- Cuttle, Ch.: "Damage to Museum Objects Due to Light Exposure", a *Lighting Researchs Technology*, 28 (1), 1996, p. 1-9.
- Díaz Balerdi, I.: *La memoria fragmentada: el museo y sus paradojas*, Gijón, Trea, 2008.
- Ginesi, A.: *Por una teoría de la iluminación de bienes culturales*, Milà, Domus, 2004.
- Hernando, E. et al.: *Exposiciones temporales: organización, gestión, coordinación*, Madrid, Secretaría General Técnica, Subdirección General de Publicaciones, Información y Documentación, 2006.
- Herraez, J. A.; Rodríguez Lorite, M. A.: *Manual para el uso de aparatos y toma de datos de las condiciones ambientales en museos*, Madrid, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Ministerio de Cultura. Dirección General de Bellas Artes y Archivos, 1989.
- Michalski, S.: "Towards Specific Lighting Guidelines", a *Ninth Triennial Meeting ICOM-CC*, París, ICOM-CC, 1990, p. 583-585.
- Prah, W.; Roessler, G.: "To see or Not to see. That is the question", a *Lux Europa 1993*, London, Chartered Institution of Building Services Engineers, 1993.
- Puente, R.; Rodríguez Lorite, M.A.: "Iluminación, tecnología y diseño", a Rico, J. C (ed.): *Los conocimientos técnicos. Museos. Arquitectura. Arte*, Madrid, Silex, 1999, p. 155-203.
- Ruiz Bremón, M.: "La gestión de exposiciones en el MNCARS", a *Museo*, 8, 2003, p. 273-284.
- Saunders, D.; Kirby, J.: "Light-Induced Damage: Investigating the Reciprocity Principle", a *ICOM Committee for Conservation 11th Triennial Meeting, Edinburgh, Scotland, 1-6 September 1996*, Londres, 1996, p. 87-90.
- Staniszewski, M. A.: *The Power of Display: a History of Exhibition Installations at the Museum of Modern Art*, Cambridge, Massachusetts, MIT, 1998.
- Tanizaki, J.: *El elogio de la sombra*, Madrid, Siruela, 1994 [1933].
- Thomson, G.: *The Museum Environment*, Oxford, Butterworth-Heinemann, 1986.



Mostra de Dominique Perrault a la sala
d'exposicions de la Fundació ICO (Madrid, 2009)
Fotografia: cortesia d'Intervento

La il·luminació d'exposicions en imatges*

Miguel Ángel Rodríguez Lorite

Llicenciat en Ciències Físiques. Director d'Intervento

Les imatges que es mostren a continuació no són necessàriament solucions adequades des del punt de vista de la percepció, de la representació dels objectes o de la seva conservació. Tampoc s'han escollit amb una finalitat didàctica, només reflecteixen escenes reals de les quals és possible extreure algun tipus de conclusió general.



Mostra de Dominique Perrault a la sala d'exposicions de la Fundación ICO (Madrid, 2009). Fotografia: cortesia d'Intervento.

La fotografia final (esquerra) i la del procés (dreta) tenen –com a imatges– poc a veure. La temperatura de color (TC) real de les fonts era de 3000 K (càlida), així que probablement la de la dreta s'aproxima més a la realitat, encara que sigui menys espectacular. Posem doncs en entredit qualsevol imatge.

La llum s'organitza conciliant el realç de les maquetes en el pla horitzontal amb una visió neta de les pantalles. La sala disposa d'un carril perimetral, i els carrils centrals són peces mòbils que s'utilitzen segons l'exposició i que poden girar 360° al voltant d'un dels extrems. D'aquesta manera, en qualsevol punt de la zona central de la sala es podrà col·locar un projector si es considera necessari.

* Traducció al català de Guida Ferrari.



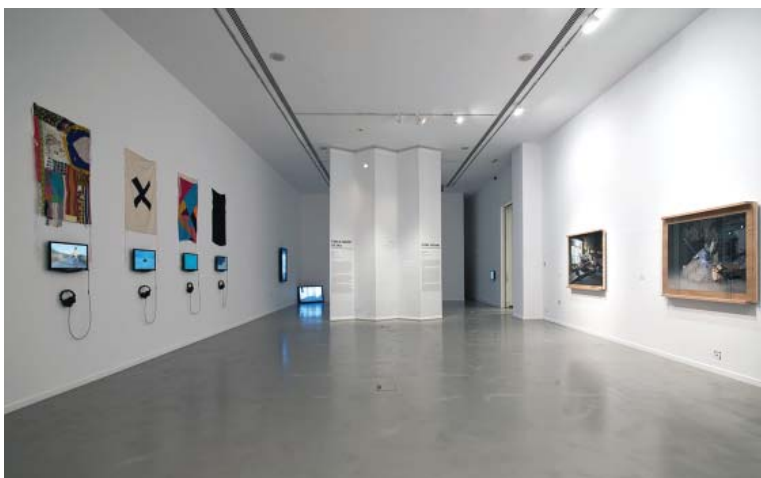
Deutsches Historisches Museum (Berlín). Fotografia: cortesia d'Intervento.

En contrast, si escollim un sistema fix al sostre, hauran d'aparèixer més carrils dels que serien desitjables per tal d'assegurar la versatilitat de la sala.



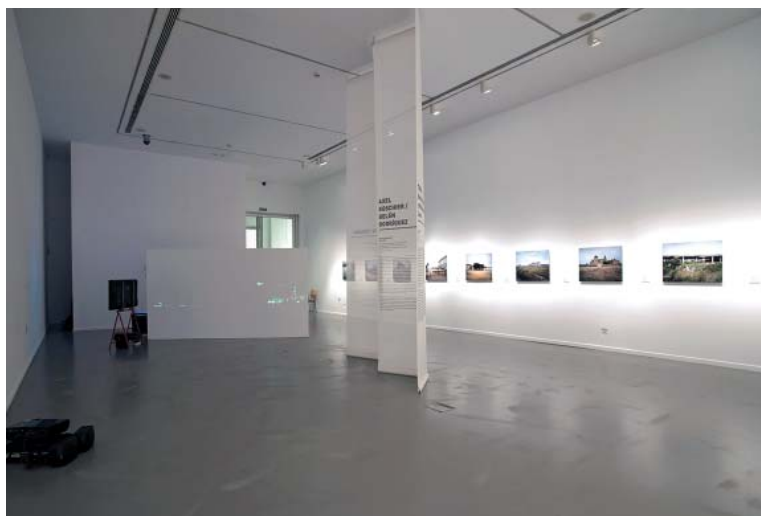
Exposició de Paul Thek al Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía - MNCARS (Madrid, 2009). Fotografia: cortesia d'Intervento.

La il·luminació indirecta representa degudament l'espai. El realç de les obres en tots els plans s'aconsegueix mitjançant focalitzacions obertes molt suaus, amb valors d'il·luminància adequats en termes de conservació segons les peces. S'evita la llum sobre el terra i la variació d'il·luminàncies evita la monotonia.



Generaciones 2010 a La Casa Encendida (Madrid, 2011). Fotografia: cortesia d'Intervento.

Bany de paret més focalització sobre cada obra en el parament dret, el qual es transforma en la lluminària de l'espai. Les pantalles del parament de l'esquerra eviten la sensació de falta de llum en aquest pla.



Generaciones 2010 a La Casa Encendida. Sala d'audiovisuals (Madrid, 2011).
Fotografia: cortesia d'Intervento.

La llum sobre les obres s'aconsegueix mitjançant una banda contínua centrada en aquestes per evitar la contaminació lluminosa.



Generaciones 2010 a La Casa Encendida (Madrid, 2011). Fotografia: cortesia d'Intervento.

En aquesta fotografia, observem un bany de paret més una focalització sobre cada obra en ambdós plans.



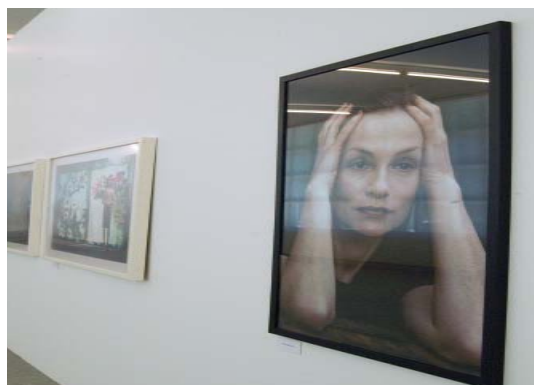
Exposició *Weegee's New York* a la Fundación Telefónica (Madrid, 2009). Fotografia: cortesia d'Intervento.

Aquí podem veure un bany de paret amb una alta uniformitat.

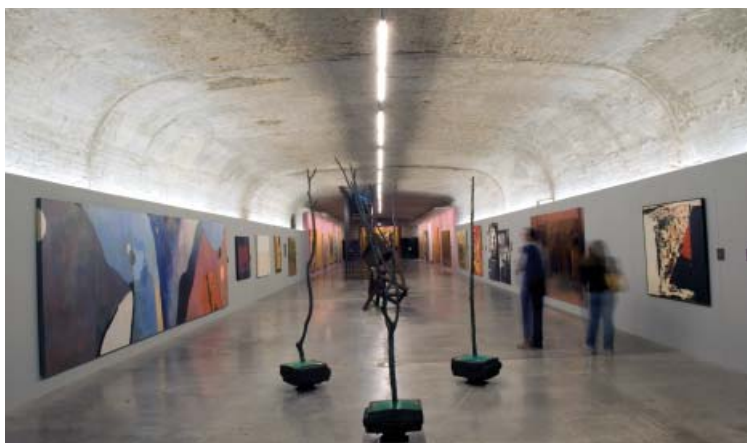


La femme aux portraits: Isabelle Huppert al Real Jardín Botánico (Madrid, 2006). Fotografia: cortesia d'Intervento.

Els estors eviten l'entrada de llum directa. La sala disposa d'un sistema de fluorescència general que es va millorar amb tubs d'alt índex de reproducció cromàtica (IRC), amb els quals es va aconseguir una uniformitat en el parament expositiu molt bona, però...



Aquí veiem Isabelle Huppert desesperada pels reflexos! És imprescindible que una sala d'exposicions temporals disposi de les infraestructures d'il·luminació mínimes.



Col·lecció Fundació Aena. Sala de las Arquerías (Madrid, 2009). Fotografia: cortesia d'Intervento.

La sala disposa d'una il·luminació indirecta darrere dels panells i d'un carril central des del qual és impossible focalitzar els quadres, ja que queda molt allunyat del pla expositiu i molt baix en relació amb el paviment. Així que, finalment, es va optar per col·locar una línia de fluorescència adossada al carril.



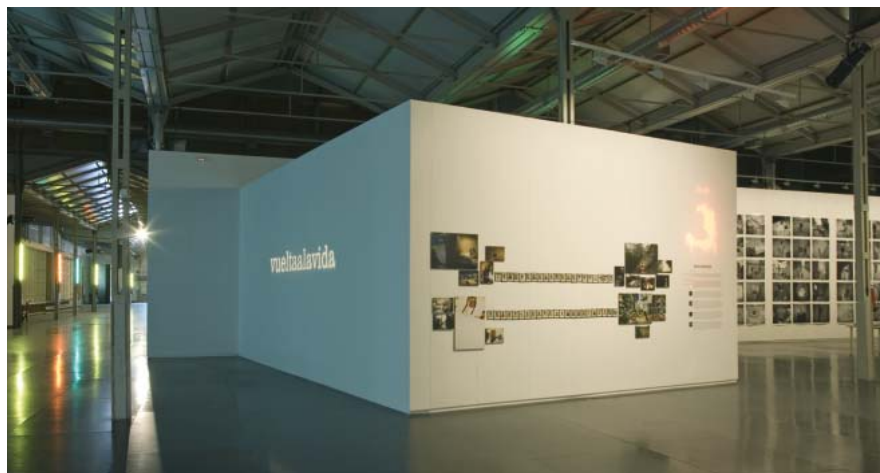
Col·lecció Fundació Aena. Sala de las Arquerías (Madrid, 2009). Fotografia: cortesia d'Intervento.

A la zona de més altura, trobem un bany de paret amb braços. Aquest és un exemple de sala molt poc versàtil.



5x5. Caja Madrid, edifici Avinguda Diagonal (Barcelona, 2000). Fotografia: cortesia d'Intervento.

Aquest és un exemple extrem de la influència de les fonts secundàries de llum (el terra, en aquest cas) i dels seus acabats en la imatge resultant. No tots els espais resulten útils per realitzar-hi exposicions.



Vuelta a la vida. Agencia Magnum. Matadero (Madrid, 2010). Fotografia: cortesia d'Intervento.

Des de l'entrada a la nau fins a l'exposició es flanqueja el camí amb fites cromàtiques, i es realitza una instal·lació completa de carrils i equips.



Vuelta a la vida. Agencia Magnum. Matadero (Madrid, 2010). Fotografia: cortesia d'Intervento.

S'utilitza una mica de llum acolorida per a gràfica, mapes i senyalització. El bany de paret presenta una bona uniformitat (equips de la casa Erco, simetria i ordre).



Museo Rafael Zabaleta (Quesada, 2008). Fotografia: cortesia d'Intervento.

Bany de paret al fons i focalitzacions molt precises sobre les obres en primer pla. Tant el sistema de suport (sense marc) com la il·luminació provoquen la sensació que, en lloc de tractar-se d'obres originals, siguin Duratrans retroil·luminats.



Museo Rafael Zabaleta (Quesada, 2008). Fotografia: cortesia d'Intervento.

Aquí el terra tampoc és el més adequat...



San Telmo Museoa (Sant Sebastià, 2011). Fotografia: cortesia d'Intervento.

El sostre a dues aigües impedeix l'ús d'un banyador de paret. S'utilitzen projectors per a làmpades halògenes amb reflector incorporat i lents difusores. Un mínim canvi de posició provocaria la ruptura de la uniformitat.



Instal·lació de Joseph Kosuth a La Casa Encendida (Madrid, 2008). Fotografia: cortesia d'Intervento.

La instal·lació busca la ruptura dels plans amb color i llum uniformes. Probablement, hauria funcionat millor augmentant el sistema de fluorescència central i no utilitzant banyadors (el bany de paret provoca lluentors als vinils).



Viajes de agua, d'Eva Lootz a La Casa Encendida (Madrid, 2009). Fotografia: cortesia d'Intervento.

La forta il·luminació sobre les imatges i el dibuix de fons fan que aquestes es desvinculin del pla expositiu.



The Subjects, de Thomas Hirschhorn a La Casa Encendida (Madrid, 2009). Fotografies: cortesia d'Intervento.

L'artista busca expressament la utilització de sistemes d'il·luminació de baixa qualitat i sense direccionament lluminós.



Mi movida madrileña, de Pablo Pérez-Mínguez. Museo Municipal de Arte Contemporáneo-MAC (Madrid, 2006).
Fotografía: cortesía d'Intervento.

Quan s'utilitzen tons saturats com a fons, la llum ha de circumscriure's, en la mesura que sigui possible, a l'obra exposada.



El honor de las injurias, de Carlos García-Alix. Museo Municipal de Arte Contemporáneo-MAC (Madrid, 2007).
Fotografía: cortesía d'Intervento.

Il·luminació de banda centrada a la gràfica.



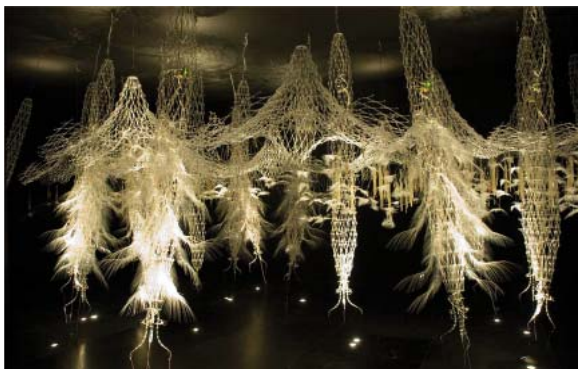
Pioneros de la Arqueología en España. Museo Arqueológico Regional (Madrid, 2004). Fotografía: cortesía d'Intervento.

El túnel s'ubica al claustre, i els arcs de llum generen un efecte agradable i interessant.



Josef Svoboda, escenógrafo de la luz. Teatro Fernán Gómez-Centro de Arte (Madrid, 2008). Fotografía: cortesía d'Intervento.

En una exposició d'escenografies, òbviament la llum ha de funcionar d'acord amb els canons d'aquesta disciplina.



Hylozoic Soil, de Philip Beesley i Robert Gorbet. Premis Vida'11. Fundación Telefónica. Matadero (Madrid, 2011). Fotografia: cortesia d'Intervento.

La llum és part substancial d'aquesta obra i, en qualsevol cas, ha de presentar-se d'acord amb la instal·lació original, llevat que es tinguin instruccions contràries per part de l'artista.



Hamburger Bahnhof (Berlín). Fotografia: cortesia d'Intervento.

Una instal·lació lluminosa de Dan Flavin coexisteix amb una il·luminació tradicional, i en presència de la llum natural. Tot el conjunt serveix d'aquesta manera a la presentació de la col·lecció. Suggeridora combinació.



Hamburger Bahnhof (Berlín). Fotografia: cortesia d'Intervento.

Una sala amb la mida necessària per exhibir aquestes peces ha de disposar d'una il·luminació zenital difusa. La uniformitat és perfecta, però probablement no a totes les latituds és possible conciliar una il·luminància i una uniformitat adequades als criteris de conservació i percepció.



Museo de la Naturaleza y el Hombre (Santa Cruz de Tenerife). Fotografies: cortesia d'Intervento.

Vistes de la vitrina: posterior, general i frontal. La pregunta és: què s'hi exhibeix? Sigui com sigui, els objectes no han quedat ben il·luminats.



Prolifera, especialment als museus arqueològics i científics, l'abús de la tecnologia i de determinats materials constructius que al final afavoreixen poc la disciplina museogràfica. És a dir, l'agressió visual és de tal magnitud que es fa difícil observar l'ocellet...

Imatge surrealista.

Museo de la Naturaleza y el Hombre (Santa Cruz de Tenerife). Fotografies: cortesia d'Intervento.



Mutis al natural. Museo Nacional de Colombia (Bogotà, 2009). Fotografia: cortesia d'Intervento.

És un dels primers exemples d'ús dels leds per a la il·luminació de vitrines. Salta a la vista la deficiència pel que fa a la seva reproducció cromàtica.



Museo del Oro de Colombia (Bogotà, 2009). Fotografia: cortesia d'Intervento.

S'observa una sensació similar però menys acusada a causa de la naturalesa de les peces. En aquest cas, emergeix de la part posterior una llum sobre cada peça en el pla vertical que reforça la sensació d'ingravedesa.



Les imatges, per ordre d'aparició, mostren l'interior d'una caixa de llum, la prova concloent, el tub (propi d'una oficina) i l'aparença final de la vitrina. Des del punt de vista de la conservació, ens trobem amb problemes de neteja, d'ús de fonts de llum no aptes (IRC=85 i emissió d'ultraviolats de 115 $\mu\text{W}/\text{lm}$) i de falta de manteniment. El tub adequat seria, per exemple, el Philips TLD-93 (IRC=95 i emissió d'ultraviolats de 49 $\mu\text{W}/\text{lm}$).



Vitrina d'un museu nacional (2011). Fotografies: cortesia d'Intervento.



San Telmo Museoa (Sant Sebastià, 2011). Fotografia: cortesia d'Intervento.

La vitrina s'il·lumina mitjançant leds. Ja es pot apreciar (en el transcurs de pocs anys) una millora en la qualitat de la llum utilitzada.

Conclusions

La il·luminació és, segons el meu criteri, l'instrument més potent en tots els sentits per a la representació museogràfica. Apaguem la llum i s'acaba el possible diàleg entre l'objecte i l'observador. Il·luminem malament l'obra (lluents, enlluernaments, falta d'uniformitat, reproducció cromàtica insuficient, equivocada elecció de la temperatura de color, etc.) i el diàleg és com intentar mantenir una conversa interessant i agradable amb una persona estimada sota l'estrèpit cridaner de qual-sevol cafè de –posem per cas– Madrid. Quan no trobem l'equilibri entre la llum que necessita l'obra, l'espai i el passejant, i quan no es crea l'atmosfera adequada, llavors tanquem les portes a la contemplació i, en conseqüència, al plaer que proporciona.



AMC

Associació de Museòlegs
de Catalunya

La iluminación en los museos

Autores

Joaquim Adell Calduch

Cristina Camps Colomer

Fernando Muñoz Gómez

Raquel Puente García

Miguel Ángel Rodríguez Lorite

Coordinación científica

Miguel Ángel Rodríguez Lorite

Alberto Velasco Gonzàlez

Presentación

Carme Clusellas Pagès

Presidenta de la Associació de Museòlegs de Catalunya

Uno de los objetivos fundacionales de la Associació de Museòlegs de Catalunya (AMC) es estimular el reciclaje permanente de sus profesionales, ofreciendo o facilitando formación especializada, o bien por iniciativa propia, o bien fomentando y estableciendo contactos y colaboraciones con universidades, museos, instituciones y entidades públicas o privadas que apuesten también por los estudios en museología y museografía.

Con esta voluntad, desde 1995, año de fundación de la AMC, se ha impulsado una serie de acciones muy diversas, conscientes de que en toda profesión es clave mantenerse al día, formarse y, sobre todo, reciclarse. Y más aún hoy en día, en un mundo cambiante como el actual, en el que los avances técnicos son constantes, y en una profesión como la nuestra, que necesita la suma y la incorporación de muchos otros conocimientos técnicos y conceptuales complementarios para desarrollarse con éxito. De este modo, hemos organizado seminarios, cursos y jornadas, o bien nos hemos sumado a iniciativas de terceros; pero también hemos impulsado proyectos editoriales como estos Manuales de Museología que presentamos ahora con su primer número.

La AMC dispone ya de instrumentos para difundir la reflexión crítica, la investigación, las experiencias y las aportaciones alrededor de la museología y la museografía. La más destacada es *Mnemòsine. Revista catalana de Museologia*. Es una publicación impulsada, coordinada y editada por la AMC que, con una periodicidad anual, cumple perfectamente esta función.

Con los Manuales de Museología, y especialmente con este, damos sin embargo un paso más, poniendo al alcance de los profesionales otro instrumento de carácter más práctico. Se trata de unos manuales monográficos que, de modo ordenado y sistemático, abordarán los procedimientos y los aspectos técnicos de los diferentes trabajos

que se efectúan en el marco de los museos y de la gestión y la musealización del patrimonio.

No es la primera vez que la AMC emprende una iniciativa de este tipo. En el año 1997 se editó un primer manual que, con el título genérico de *Ponències*, recogía las intervenciones de un seminario dedicado a la tasación y a los seguros de objetos museísticos. Era una propuesta que unía la formación presencial, en el marco de un seminario organizado por la AMC, con la edición de las ponencias y las aportaciones que se habían hecho. Y, como ahora, tenía un objetivo: facilitar instrumentos de aprendizaje práctico y ofrecer a los técnicos de los museos un repertorio de métodos, criterios y respuestas concretas a las necesidades cotidianas que se producen en el ejercicio profesional.

La museología y la museografía, como disciplinas profesionales, necesitan el apoyo y el conocimiento de muchos otros ámbitos. Estar al día y facilitar, de manera muy práctica, los criterios mínimos para un correcto ejercicio de la profesión implica establecer puntos de encuentro con muchas otras disciplinas y conocimientos. Al mismo tiempo, es necesario establecer unos protocolos mínimos que ayuden a normalizar y dar coherencia a una profesión aún joven y en vías de evolución.

Para poner al alcance de los profesionales los conocimientos más actualizados hemos apostado, de nuevo, por la suma con terceros: las jornadas y los cursos de formación que emprenden diversas asociaciones aportan y favorecen la difusión de las nuevas prácticas y los nuevos conocimientos, pero al mismo tiempo son un esfuerzo que no siempre es posible traducir en formatos más permanentes. Pensamos que la iniciativa de los unos y el interés de los otros pueden hacer viable el futuro de los Manuales de Museología.

Es con esta suma, y sirva como buen ejemplo, que presentamos el primer número de la colección. Una edición que parte de las I Jornadas sobre Museos, La Iluminación en los Museos, celebradas los días 3 y 4 de noviembre de 2010 y organizadas

por el Museu de Lleida: diocesà i comarcal y la Xarxa de Museus de les Terres de Lleida i Aran, con los que se estableció un acuerdo para publicar las ponencias y elaborar así *La iluminación en los museos*, con el que iniciamos la serie.

La temática, por otro lado, es una de las más necesarias. La iluminación es básica en cualquier ejercicio expositivo. Lo es en tanto que elemento clave en el proceso museográfico, que ayudará a definir un tipo de exposición y a mejorar la presentación de las obras y de los objetos. Pero también por las implicaciones directas en la conservación y la exposición de estas obras, y también —sobre todo últimamente— por su incidencia directa en los costes económicos y ambientales. Por otro lado, es uno de los campos en donde más se ha evolucionado e innovado, obligando a revisar los criterios vigentes hasta el momento.

El manual que presentamos, no obstante, no es un manual de iluminación y de museografía en el sentido más estricto. A través de una serie de artículos, se abordan aspectos teóricos, pero también pautas para el establecimiento de criterios propios, tanto en lo que se refiere a la elección como al diseño de uno u otro sistema de iluminación, así como artículos de reflexión sobre un aspecto, la iluminación, que ha evolucionado notablemente y que ha sido clave en buena parte de las renovaciones museológicas y museográficas que se han realizado en Cataluña y en España a lo largo de los últimos diez años.

Tenéis en vuestras manos, pues, el primero de una serie de manuales monográficos. Deseamos que *La iluminación en los museos* se convierta en un instrumento útil y en el estímulo necesario para continuar con los libros futuros.

Introducción

Miguel Ángel Rodríguez Lorite (Intervento)

Alberto Velasco González (Museu de Lleida:
diocesà i comarcal)

Coordinación científica de la edición

Esta publicación tiene su origen en las jornadas que los días 3 y 4 de noviembre de 2010 se celebraron en el Museu de Lleida: diocesà i comarcal. Bajo el título genérico de I Jornades Tècniques sobre Museus, esta primera edición se dedicó a la iluminación en espacios museográficos. La actividad, organizada por el propio museo en colaboración con la Xarxa de Museus de les Terres de Lleida i Aran, contó con la participación de un numeroso grupo de profesionales procedentes de toda Cataluña, lo que demuestra el interés que el tema suscita entre el colectivo técnico adscrito a los museos.

La influencia decisiva de la iluminación en la conservación y la presentación de las obras de arte, así como en la ambientación del espacio expositivo, motivó que en el transcurso de las jornadas se hiciera especial hincapié en la necesidad de que el personal técnico de los museos adquiriera una formación básica sobre la cuestión, en la medida en que —directa o indirectamente— la iluminación está presente en su actividad diaria. La iluminación es una disciplina transversal en el quehacer museográfico que afecta a los conservadores, a los conservadores-restauradores, a los responsables de mantenimiento y a aquellos profesionales que acostumbran a desarrollar su trabajo en espacios expositivos, ya sean museógrafos, diseñadores de exposiciones, arquitectos, comisarios o profesionales de la iluminación.

En los últimos años se ha incrementado considerablemente la actividad expositiva en museos y centros de exposiciones. Estas iniciativas exigen a los técnicos unos conocimientos determinados en materia de iluminación que no solamente abarcan los ámbitos del diseño, la estética o la conceptualización, sino que encuentran fuertes imbricaciones con el campo de la conservación preventiva, lo cual nos obliga a garantizar la preservación de los objetos mediante la aplicación de los mecanismos

adecuados que eviten su deterioro. Dicha combinación de intereses alimentaba la razón de ser de las jornadas, que pretendían ofrecer a los profesionales los conocimientos mínimos para abordar los aspectos comentados.

A la vista de lo expuesto, desde la organización de las jornadas se diseñó un programa de conferencias que tuviera como objetivo principal ofrecer conocimientos prácticos sobre una serie de cuestiones que afectan el día a día de los museos y de las personas que trabajan en ellos, ya sea en relación con tareas vinculadas al montaje de exposiciones temporales, instalaciones o proyectos museográficos de sedes museísticas permanentes. Por este motivo, se contó con la participación de ponentes de reconocido prestigio en la materia y, metodológicamente, se planteó el programa teniendo en cuenta el amplio y diverso abanico de técnicos asistentes.

Dicen que las palabras se las lleva el viento, y de ahí que el hecho de plantear la publicación de las conferencias impartidas en las jornadas es un gran acierto de la Associació de Museòlegs de Catalunya, que durante el desarrollo del curso ofreció la posibilidad de llevar a cabo dicha iniciativa editorial. Hay que felicitar a esta asociación por la idea, ya que ha supuesto estampar sobre soporte físico un conjunto de conocimientos que los profesionales de los museos no siempre tienen a su alcance, por la dispersión de las fuentes en publicaciones colectivas o revistas especializadas.

El presente libro no aborda de manera exhaustiva la iluminación en espacios expositivos ni pretende ser un manual de iluminación museográfica al uso, sino más bien el reflejo de un conjunto de experiencias diversas que dibujan un panorama que —a nuestro parecer— aporta una visión global sobre la cuestión.

La iluminación de museos.

Conceptos básicos

Raquel Puente García

Doctora ingeniera industrial. Profesora titular de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM)

Miguel Ángel Rodríguez Lorite

Licenciado en Ciencias Físicas. Director de Intervento

1. Marco de referencia

El proceso de la visión precisa del concurso simultáneo de tres agentes: la luz, el objeto y el observador. Si imaginamos cualquier circunstancia real en la que alguno de los tres no participe, comprobaremos que este proceso no tiene lugar.

Situamos un objeto en el centro de la escena: naturaleza, medida, forma, textura y color son sus principales atributos, que no podrán ser desconocidos cuando se tenga que representar fidedignamente. Pero el objeto necesita también un espacio físico donde ubicarse, que influirá en su lectura en mayor o menor medida de acuerdo con la arquitectura del espacio, los materiales que lo conforman, los acabados, los colores, etc. Más tarde podemos pensar en cómo y con qué iluminar la escena, y comprobaremos que no es lo mismo la luz natural que la artificial, la luz directa que la difusa, la fría que la cálida, para señalar una mínima parte de los parámetros que se tienen que considerar. Por último, tenemos al observador, que no es un sensor sino un ser humano, y que por lo tanto puede ver, mirar o contemplar la escena que se le ofrece, y experimentar de este modo unas u otras sensaciones.

De forma que construir una escena visual es un proceso único en el que intervienen multitud de factores que, en modo alguno, resultan ajenos al quehacer museográfico.

La iluminación en la pintura es, para R. Arnheim, “la imposición perceptible de un gradiente de luz sobre la luminosidad objetiva y los colores objetivos de la escena”. La iluminación artificial de los objetos en un espacio puede generar múltiples escenas de muy diversas lecturas y valores plásticos.

Es por ello que ante la obra de arte ya existente la intención de la iluminación no puede ir más allá de la interpretación fidedigna. Armando Ginesi sostiene —con razón— en su teoría de la iluminación de bienes culturales que, al considerar la luz como un lenguaje, se abre la posibilidad de la construcción de una sintaxis que puede ser interpretativa o creativa. El iluminador tiene en sus manos una herramienta poderosa, capaz de reproducir con precisión los valores plásticos de una obra dada o de enturbiar la escena hasta el punto de generar lo que podríamos denominar un falso estético accidental. La interrelación luz-objeto-observador es compleja, pero no caprichosa. Existen leyes físicas, criterios de conservación y cánones de percepción que, correctamente utilizados, nos aproximarán a soluciones de iluminación adecuadas a cada circunstancia, apreciables por cualquier observador curioso por más que sea ignorante en la cuestión. Estas soluciones podrán encontrar ciertas limitaciones en función de los recursos tecnológicos disponibles, pero no debe olvidarse que, en última instancia, la tecnología utilizada sin criterio no es otra cosa que chatarra.

2. La luz

2.1. Apunte histórico

El estudio de la luz ha estado siempre íntimamente ligado al desarrollo del pensamiento humano. Ya los filósofos griegos elaboraron sus teorías sobre la naturaleza y el comportamiento de la luz. Se conocía su propagación rectilínea; la ley de la reflexión fue enunciada por Euclides ya en el 300 a.C., y se iban estudiando fenómenos como el desdoblamiento aparente de objetos sumergidos en agua (*La República* de Platón).

Bajo el Imperio Romano se realizaron avances en el estudio de la refracción y la creación de lentes. La Edad Media hizo gravitar el centro del conocimiento alrededor del mundo árabe:

Alhazén avanzó en la ley de la reflexión, en los desarrollos ópticos y en el estudio del ojo humano.

Durante el Renacimiento el avance de la óptica fue muy limitado, y hasta el siglo xviii no se invirtió esta situación.

Newton sostiene que la luz tiene una naturaleza corpuscular (la luz es un conjunto de partículas que procede del exterior, y al incidir sobre el ojo impresiona la retina produciendo una sensación luminosa). Paralelamente, Huygens formuló la teoría de la naturaleza ondulatoria de la luz (la luz se transmite por medio de ondas que se propagan en un medio, el éter), que quedaría postergada durante mucho tiempo debido a la influencia de Newton en el mundo científico.

Mientras, se había descubierto la ley de la refracción de Snell, Fermat había formulado su principio de tiempo mínimo en la propagación de la luz entre dos puntos –corroborando de paso la ley de la reflexión–, y Hooke observó los efectos de la difracción e interferencia de la luz.

La teoría ondulatoria de la luz renació de la mano de Young a finales del siglo xviii, con la formulación del principio de interferencia.

Posteriormente, con el estudio del electromagnetismo por parte de Maxwell, se llegó a la conclusión de que la luz es una perturbación electromagnética en forma de ondas. Al calcular teóricamente el valor de la velocidad en que se propagaba una onda electromagnética, encontró que coincidía con el valor medio de la velocidad de propagación de la luz y, en consecuencia, esta tenía naturaleza ondulatoria.

Por sí solas, ni la teoría ondulatoria ni la corpuscular eran capaces de explicar del todo el comportamiento de la luz, ya que el efecto fotoeléctrico era inexplicable por la teoría ondulatoria, y el fenómeno de las interferencias lumínicas, por la corpuscular.

Con la llegada del siglo xx, Planck introdujo lo que posteriormente se conocería como mecánica cuántica, y Einstein, basándose en sus ideas, propuso una nueva forma de la teoría

corpuscular, asegurando que la luz consistía en “globos” o “partículas” de energía a los que denominó “fotones”, cuya energía estaba relacionada con su frecuencia a través de la constante de Planck ($E = h\nu$).

Poco a poco se hizo patente que los conceptos de partícula y onda, que en el mundo macroscópico son excluyentes, son intercambiables en el dominio subatómico.

2.2. Magnitudes

La luz que existe en un espacio necesita ser cuantificada, y por ello debe saberse distinguir entre la luz emitida por una fuente, la luz que sale de la luminaria, la luz que llega en una determinada dirección, la luz que refleja una superficie, la luz transmitida, etc.

Se definen a continuación las magnitudes fundamentales que cuantifican la luz.

Dado que la luminotecnia no puede desconsiderar que el elemento receptor de la sensación luminosa es el ojo humano, tenemos que conocer algunas de sus particularidades.

La parte del espectro electromagnético (el que clasifica las diferentes radiaciones conocidas en función de su longitud de onda) (Fig. 1) que conocemos como luz visible es muy reducida, y va de los 380 nm (violeta) a los 780 nm (rojo).

Fig. 1. Espectro electromagnético (p. 20).

Por otro lado, un watt en el verde-y-amarillo (555 nm) produce una sensación luminosa cinco veces superior a la que produciría el mismo watt a los 480 nm (verde-azul), como se puede comprobar en la curva de sensibilidad espectral relativa (Fig 2).

Fig. 2. Curva de sensibilidad espectral relativa del ojo (p. 21).

Por último, cabe informar de que esta curva sufre un desplazamiento hacia longitudes de onda más cortas cuando hay poca cantidad de luz (visión escotópica, o adaptación de la retina a la falta total o parcial de luz).

2.2.1. Flujo luminoso

Denominamos flujo luminoso a la energía radiante por unidad de tiempo que llega a la retina del ojo y produce sensación luminosa; el símbolo que se utiliza es Φ y su unidad es el lumen (lm).

Al ser el flujo la energía por unidad de tiempo que llega al ojo humano, lo lógico sería que se midiera en joules por segundo (J/s), y un J/s es el watt (W); así pues, el flujo debería medirse en watts. Ahora bien, como se tiene que evaluar en función de la sensación luminosa que es capaz de impresionar la retina del ojo, se mide en lúmenes.

Según la norma UNE, un watt-luz equivale a 683 lm de radiación luminosa con una longitud de 555 nm, que es precisamente la longitud de onda a la que el ojo patrón presenta la mayor sensibilidad.

El flujo luminoso es una magnitud que nos indica la cantidad de luz que proporciona una fuente, dato que los fabricantes de fuentes luminosas nos facilitan cuando compramos una luminaria.

De este modo, es fácil leer en un catálogo cualquiera qué cantidad de lúmenes produce una fuente en condiciones normales de funcionamiento; por ejemplo, un tubo fluorescente de 36 W daría, pasadas las primeras cien horas de vida, unos 3500 lm. Esta unidad —lumen— es fundamental en la luminotecnia y de ella se derivan el resto de unidades.

2.2.2. Intensidad luminosa

Es el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección determinada del espacio (Fig. 3). La intensidad se simboliza con I , y debería expresarse en lúmenes por estereorradiano (lm/sr) de acuerdo con la definición física de la misma, por ser estas las unidades respectivas del flujo luminoso y del ángulo sólido.

Fig. 3. Fuente luminosa y ángulo sólido (p. 22).

Pero no es esta la unidad que utilizamos, sino la candela(cd), por ser la denominación original.

A efectos prácticos, si tenemos dos lámparas que emiten la misma cantidad de luz y les incorporamos un reflector, de modo que la apertura del haz de luz sea en una de 8° y en la otra de 24° , obtendremos que la intensidad de la primera será superior a la de la segunda, por más que se trate de la misma potencia consumida y de la misma emisión total de luz.

2.2.3. Iluminancia

La iluminancia —también conocida como nivel de iluminación— es el flujo luminoso por unidad de superficie. Se simboliza con E y su unidad es el lux (lx), que es el lumen (unidad de flujo luminoso) por metro cuadrado (unidad de superficie).

$$E = \Phi/m^2 \quad 1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$$

Esta unidad es la que comúnmente se utiliza para asegurar las condiciones de conservación de las obras expuestas.

2.2.4. Luminancia

Es la intensidad luminosa radiada por unidad de superficie aparente. Su símbolo es L y su unidad es la derivada de la propia definición, o sea, candela por metro cuadrado (cd/m²).

$$L = I/S \text{ cd/m}^2$$

La interpretación de esta unidad es compleja y quizás el mejor modo de entenderla, al margen de fórmulas, es examinándola desde el punto de vista del observador (Fig. 4).

Fig. 4. El fenómeno de la luminancia (p. 23).

Pensemos en una luminaria opalizada puesta en el techo; si nos colocamos justo debajo y elevamos la vista, podremos ver toda la superficie de emisión y seguramente nos generará un cierto deslumbramiento porque la luminancia será máxima. Ahora bien, si nos vamos separando de ella, la superficie que vemos disminuirá, así como la sensación de molestia.

Por tanto, la luminancia dependerá de cómo se emita la luz de la fuente y de la perspectiva con la que la observemos. Pasa algo parecido con las

superficies que reciben luz, ya que la luminancia percibida está en relación con nuestra posición de observación. Jugamos con esto cuando iluminamos un retablo en una capilla de una iglesia. El retablo se encuentra en el plano vertical y debe aparecer como la superficie más iluminada de la escena; pero el altar, ubicado en el plano horizontal, tiene que recibir valores de iluminancia mucho más elevados para poder ejercer el trabajo visual del oficiante. Lógicamente, desde cierta distancia no percibimos en absoluto la luminancia de la mesa del altar y, en nuestro campo de visión, únicamente aparece la superficie iluminada del retablo.

Por último, imaginemos un proyector de haz cerrado, instalado en el techo y debidamente apantallado para que no veamos el origen de la luz. En el suelo, ponemos una superficie negra y apagamos todas las luces del espacio. En principio, nadie verá el haz de luz si no es que algo atraviesa su camino. Si con una hoja de papel cortamos el haz de luz, la luminancia percibida dependerá de la altura a la que coloquemos la hoja y de cómo la orientemos, de modo que obtendremos una mancha de luz sobre el papel que será mayor o menor, y más o menos intensa.

La luminancia es la magnitud que juega el papel más fundamental en el diseño de la iluminación. Del contraste y del equilibrio de luminancias dependerán casi todas las variables relacionadas con la correcta percepción del espacio y de los objetos, y por lo tanto, las sensaciones del espectador.

2.2.5. Absortancia

Se conoce también como coeficiente de absorción de una superficie, y es la relación entre el flujo luminoso absorbido por una superficie y el flujo luminoso que incide en ella. Se simboliza con α y se expresa en valores porcentuales.

$$\alpha = \Phi_a / \Phi_i$$

La consideración de esta variable está muy relacionada con los acabados superficiales. Una superficie es verde porque absorbe todos los colo-

res del espectro exceptuando el verde, que es el que refleja. Cuando se proyecta una iluminación en un espacio es fundamental conocer esta variable y las siguientes, ya que todas las superficies que conforman un espacio se comportan como fuentes secundarias de luz.

2.2.6. Transmitancia

Conocida también como coeficiente de transmisión de una superficie, se define como el cociente entre el flujo luminoso transmitido por la superficie y el flujo luminoso que incide en ella. Se simboliza con τ y se mide porcentualmente, igual que la absorptancia.

$$\tau = \Phi_t / \Phi_i$$

2.2.7. Reflectancia

La reflectancia, que también se denomina coeficiente de reflexión, es el cociente entre el flujo luminoso reflejado por una superficie y el flujo luminoso incidente sobre la misma. Se simboliza con ρ y, de igual modo que la absorptancia y la transmitancia, se mide porcentualmente.

$$\rho = \Phi_r / \Phi_i$$

Cuando un flujo luminoso incide sobre una superficie, una parte del flujo es absorbida —incrementando esta su temperatura o generando una acción fotoquímica—, otra parte puede ser transmitida a través de la misma, y el resto reflejado, de manera que se verifica siempre la siguiente ecuación:

$$\alpha + \tau + \rho = 1$$

Si la superficie fuera como el cuerpo negro ideal, se verificaría que el coeficiente de absorción sería igual a la unidad, mientras que los coeficientes de transmisión y reflexión serían nulos.

Si la superficie fuera perfectamente translúcida, la reflectancia y la absorptancia serían nulas y la transmitancia tendría el valor de la unidad.

Finalmente, si la superficie fuera perfectamente reflectora, los coeficientes de absorción y

transmisión serían nulos y el coeficiente de reflexión sería la unidad (Fig. 5).

Fig. 5. La reflexión según las diferentes superficies (p. 26).

En la naturaleza no existe ninguna superficie perfectamente translúcida, reflectora o absorbente, por lo que siempre se producen al menos dos de los tres fenómenos anteriormente descritos sobre cualquier superficie.

Esto nos lleva a tener muy en cuenta los cierres, tanto desde el punto de vista puramente constructivo como del acabado y el color.

La reflexión sobre las superficies puede ser especular o difusa en mayor o menor medida. La aparición de superficies con cierto poder de reflexión especular en el campo visual contribuye notablemente al desorden y a la incomodidad visuales. En las salas expositivas el control del acabado de los materiales en relación con esta variable es fundamental. No utilizar barniz de poliuretano en suelos de madera, ni pulir y encerar los suelos de mármol, son recomendaciones básicas si queremos una escena visual cómoda y limpia.

2.2.8. Contraste

Para ver los objetos, el ojo precisa de la luz, aunque ello no significa que se vean mejor cuanto más luz llegue a su superficie, ya que lo que percibe el ojo es la diferencia de luminancias, y esta se cuantifica mediante el contraste, que se expresa con la siguiente ecuación:

$$C = L_f - L_d / L_f$$

Donde: C es el contraste, L_f es la luminancia de fondo y L_d es la luminancia de detalle.

El contraste varía de +1 a -1 pasando por cero, y será positivo cuando la luminancia de fondo sea mayor que la de detalle, y negativo en el caso contrario.

Debido a que la retina se adapta en todo momento a la luminancia mediana dominante en el espacio observado, cuando existe un contraste muy fuerte entre el fondo y el detalle, el ojo pierde sensibilidad para captar texturas, diferencias

pequeñas de color en los detalles, e incluso en los acabados. Por ello se debe tener en cuenta que, para obtener un buen rendimiento visual, no tienen que existir grandes diferencias de luminancias entre el fondo y la figura. Más adelante haremos referencia a estudios específicos sobre la cuestión, relacionando esta variable con la agudeza visual.

2.2.9. Deslumbramiento

El deslumbramiento se produce por una elevada excitación de una parte de la retina como consecuencia de un exceso de luz. Cuando pasa esto, tiene lugar en el ojo un estado de no adaptación durante el que se anula la percepción del campo visual de menor luminancia.

Existen dos tipos de deslumbramiento, el directo y el indirecto.

El deslumbramiento directo es el producido por la presencia de luminarias de elevada luminancia dentro del campo visual habitual.

Si el incremento de luz no es excesivo, se reducirá la agudeza visual de la persona y le producirá sensación de incomodidad, fatiga y dolor de cabeza. Este tipo de deslumbramiento también se denomina molesto.

Si en cambio el incremento de luz es grande, lo que pasará es que el ojo perderá la capacidad de percepción de la escena visual, y entonces nos encontraremos frente al deslumbramiento incapacitador.

Cuando el exceso de luz es muy elevado, se produce en el ojo una pérdida de visión, en ocasiones irreparable. El deslumbramiento, en este caso, se denomina irreversible.

El deslumbramiento indirecto es el que se produce por la reflexión de la luz sobre otra superficie, antes de entrar en el campo de visión del observador.

Cuando la reflexión de la luz sobre la superficie está fuera del área del trabajo visual, lo denominamos deslumbramiento reflejado. Por el

contrario, cuando la superficie sobre la que se refleja la luz forma parte del trabajo visual, lo denominamos deslumbramiento de velo.

Se da con más frecuencia de la deseada en los museos, y pasa siempre que se disponen vitrinas enfrentadas o cuando la distancia de proyección o el ángulo de focalización sobre las obras colocadas en la pared no es el adecuado, especialmente si están protegidas con cristal o barnizadas.

La ausencia de deslumbramientos de todo tipo en el contexto museístico es básica para asegurar un entorno visual donde se facilite la contemplación de los objetos expuestos.

2.3. Color

El color es una propiedad de la luz, ya que entre los 380 nm y los 780 nm del espectro visible, las radiaciones de diferente longitud de onda presentan diferentes colores. Así, entre los 380 y los 436 nm, encontramos la radiación ultravioleta; entre los 436 y los 495 nm, la radiación azul; entre los 495 y los 566 nm, la radiación verde; entre los 566 y los 589 nm, la radiación amarilla; entre los 589 y los 627 nm, la radiación anaranjada, y entre los 627 y los 780 nm, la radiación roja.

Pero no es solo una propiedad de la luz, también es consecuencia de esta.

Hemos dicho anteriormente que una superficie se ve verde porque absorbe todos los colores del espectro menos este. Si el iluminante contiene todas las radiaciones dentro del visible, entonces no habrá ningún problema, el objeto se verá verde. Pero puede suceder que un iluminante aparentemente blanco no contenga la cantidad suficiente de luz verde para que nuestro objeto nos aparezca como tal.

Dentro de las familias de lámparas artificiales existentes, únicamente la incandescencia tiene un espectro de emisión con suficiente energía en todas las longitudes de onda que corresponden al espectro visible. Las fuentes de descarga pueden presentar una luz blanca

sin tener el espectro completo, simplemente mezclando las radiaciones de los colores primarios en lo que se conoce como mezcla aditiva: radiaciones rojas, verdes y azules producen luz blanca. Así pues, podemos mirar dos tubos fluorescentes que nos parezcan idénticos y que, en cambio, tengan espectros de emisión diferentes (metamerismo), lo que condicionará el modo de ver un objeto iluminado por uno u otro fluorescente. La razón es que nuestro sentido de la visión, a diferencia del oído, no es analítico.

Es necesario tener en cuenta el color del objeto, es decir, las características cromáticas de la luz que refleja o transmite bajo un iluminante patrón. El color depende por lo tanto del tipo de fuente utilizada, del modo en que está iluminado el objeto, de sus características, del ambiente que lo rodea, del modo y del tiempo de observación, etc.

La elección de los colores de fondo para los paramentos expositivos en museos o exposiciones temporales no puede ser realizada desconociendo el hecho de que este fondo puede alterar la percepción cromática de las obras. Una composición cromática de tonos fríos sobre un fondo cálido será percibida como aún más fría de lo que es, y viceversa. Este es el motivo por el que, para no producir falsos estéticos, las obras expuestas tienen que contrastar sobre fondos neutros.

2.4. Parámetros

2.4.1. Índice de reproducción cromática (IRC)

El IRC es lo que entendemos como la capacidad que tiene una lámpara para reproducir los colores como lo haría una lámpara patrón. Para poderlo cuantificar, se ha establecido una escala que va del 0 al 100. Este dato lo podemos encontrar en las hojas técnicas de las lámparas, que aparecen en los catálogos de las casas de los fabricantes. Si el valor se aproxima a 100, la reproducción del color será fiable. Como es obvio, una fuente de luz no puede tener un IRC de 0, ya que entonces no sería una fuente de luz sino un radiador de energía fuera del espectro visible.

La lámpara que se utiliza como patrón es una lámpara incandescente y se toma el valor de 100, con una fuente de luz normalizada, del cuerpo negro a 5000 grados Kelvin (K).

En principio, se podría pensar que la recomendación básica para la iluminación de museos sería utilizar lámparas que reprodujeran los colores con un índice de 100, para ofrecer a los visitantes una reproducción fiable de los colores de las obras expuestas. Pero, en ocasiones, es preciso utilizar lámparas con valores inferiores, ya que existen otras características que, a veces, las hacen poco aconsejables para los museos, como por ejemplo un exceso de disipación térmica capaz de alterar las condiciones ambientales de humedad relativa y de temperatura (Hr/T), al que deberemos prestar especial atención en el caso de las vitrinas.

Es obvio que si en una vitrina se exhibe material orgánico (libros, tejidos, etc.), se tienen que atender en primer lugar los requisitos para la conservación de las piezas.

El único sistema de iluminación que asegura el cumplimiento de las condiciones de conservación con un IRC de 100 es la fibra óptica. No obstante, en muchas ocasiones es recomendable también el uso de fluorescencia de alta frecuencia con regulación.

Actualmente se dispone de fluorescencia con un IRC de 95, que no se suele utilizar en las aplicaciones comunes como oficinas o lugares de trabajo, donde habitualmente se instalan con un IRC de 85. La experiencia aconseja revisar siempre los fluorescentes que se coloquen en el interior de las vitrinas cuando la instalación esté hecha por profesionales poco especializados en museografía; porque nueve de cada diez veces encontramos que los tubos son de menor calidad que la exigible. Es más, aunque se prescriba el tubo de más calidad, que tiene un precio dos veces superior al otro, el electricista o la empresa montadora saben que prácticamente nadie se dará cuenta de la diferencia.

Cabe preguntarse, pues, por qué el comisario o el conservador no se dan cuenta de la diferencia, aunque la percibirían de inmediato si se instalase la fuente de mayor calidad al lado de la de menor. La razón la encontramos en el hecho de que el ojo humano es muy sensible a la variación de luminancias y cambios de matices del color, pero al no ser capaz de descomponer el color de una luz dada y no ser capaz de nuestro cerebro de identificar cada tono y cada matiz (necesitaríamos un millón y medio de vocablos para poder designar los diferentes matices que el ojo humano es capaz de distinguir), tampoco podemos identificar con precisión el valor del IRC de una fuente dada.

Sea como sea, ninguna fuente con un IRC inferior a 85 debería utilizarse para iluminar directamente una obra.

2.4.2. Vida útil de las lámparas

Se define la vida útil de una fuente luminosa como el periodo de tiempo que pasa desde que la lámpara comienza a funcionar hasta que la emisión del flujo luminoso de esta ha descendido al 80% del valor inicial.

El fabricante facilita entre los datos técnicos de la fuente el periodo de vida útil. El intervalo para las fuentes más usuales en alumbrado de espacios interiores es muy amplio, ya que va de las mil a las sesenta mil horas.

Este parámetro, en los edificios históricos y en especial en los de uso religioso, obtiene especial relevancia.

Es usual que los equipos de iluminación se ubiquen en zonas de cierta altura o difícil acceso, y si la iluminación se realiza con lámparas de vida útil corta, seguramente el futuro de la instalación quedará comprometido.

En general en los museos, donde la eficiencia energética es un criterio secundario, el problema tiene más que ver con la política de mantenimiento. La sustitución de luminarias a medida que se van fundiendo comporta variaciones del flujo emitido, del IRC y de la temperatura de color sobre

las superficies iluminadas, teniendo en cuenta también que estos parámetros varían según la vida de la lámpara.

Lamentablemente, tan solo los que han aprendido a contemplar ejercitando la mirada se sienten incómodos al ver un baño de pared con fluctuaciones de los parámetros mencionados.

2.4.3. Eficacia luminosa

Es el parámetro que indica la cantidad de energía que se transforma en luz, y se define como el flujo luminoso que proporciona una fuente por cada watt que consume de la red eléctrica. Se mide en lúmenes por watt (lm/W), y el intervalo de eficacia entre las lámparas que existen en el mercado fluctúa entre los 10 lm/W y los 200 lm/W .

La importancia de este parámetro radica en los gastos de consumo energético y, en consecuencia, en los costes de explotación de una instalación. Tampoco es un criterio esencial para una instalación de iluminación en un museo. La eficiencia luminosa de una fuente está directamente relacionada con otros dos parámetros que estamos trazando; si utilizamos lámparas incandescentes en cualquiera de sus variantes obtendremos eficacias bajas (de 10 a 22 lm/W), y por ello gran parte de la energía consumida se disipará en calor, que puede ser tremendamente perjudicial para la conservación de las obras expuestas debido a la consiguiente alteración de las condiciones ambientales (H_r/T). Si pensamos en la fluorescencia, que es mucho más eficaz, comprobaremos como según el IRC mejora, disminuye la eficacia luminosa. Lógicamente, es impensable utilizar fuentes de vapor de sodio o de vapor de mercurio dentro de los museos, por más que su eficacia sea excelente, debido a sus deficiencias en parámetros imprescindibles para la aplicación en museos.

2.4.4. Temperatura de color (TC)

Es el parámetro que sirve para definir la frialdad o la calidez de las radiaciones de una fuente.

Partimos de la consideración de que un cuerpo capaz de absorber toda la energía radiante que

le llegue será capaz de emitir también todas las radiaciones. El símil de laboratorio es el cuerpo negro, que consiste en un volumen metálico cerrado con los paredes interiores recubiertas de negro de humo, y con una apertura de dimensiones despreciables en relación con el volumen del artefacto. Si entra un rayo de luz, se producirán en el interior múltiples reflexiones hasta que sea definitivamente absorbido por las paredes. En consecuencia, parece razonable pensar que será el mejor cuerpo radiante que podemos encontrar. Teniendo en cuenta la ley de Stefan-Boltzman, que establece la proporcionalidad entre el flujo emitido y la temperatura del cuerpo emisor, vemos que, según este se va calentando, por el orificio emerge una radiación de una tonalidad determinada. Al principio la luz será más roja y, a medida que aumente la temperatura termodinámica, irá variando hacia tonos más fríos. La analogía entre la temperatura física a la que se somete al cuerpo negro y la luz que sale de él es la TC. Por lo tanto, la luz de una fuente de 3000 K de TC tendrá la misma apariencia que la luz emitida por un cuerpo negro a esta temperatura física. En el caso de las lámparas incandescentes, la temperatura física del filamento es similar a su TC.

Pero esto no pasa cuando se trata de lámparas de descarga, cuyos fundamentos son diferentes. Entonces hablamos de TC correlacionada, que es la que más se parecería a la que tendría el cuerpo negro si emitiese una luz similar.

La TC es un parámetro que tiene mucho que ver con la calidad y el confort visual de la iluminación. Los márgenes de TC de las fuentes artificiales varían de los 1800 K a los más de 8000 K .

Dentro de la familia de la fluorescencia, la gama oscila entre los 2700 y los 7500 K .

¿Cómo decidir con un margen tan amplio cuál es el tubo correcto?

Se ha demostrado experimentalmente que la mayoría de las personas, cuando el nivel de iluminación que existe en un espacio es bajo, prefieren fuentes luminosas con TC cálidas,

mientras que cuando los niveles de iluminación son elevados, la mayoría opta por temperaturas frías. Este fenómeno fue estudiado por Kruthoff, quien realizó un diagrama que relaciona la TC con la iluminancia, indicando qué relación tiene que haber entre una y otra para que la sensación visual sea agradable (Fig. 6).

Fig. 6. Diagrama de Kruthoff (p. 34).

Un espacio iluminado con TC cercanas a los 3000 K da la sensación de ser un espacio cálido, incluso térmicamente, a la vez que este mismo espacio iluminado con lámparas de TC cercanas a los 5000 K produce la sensación perceptiva y térmica de un espacio frío.

Se dice que una fuente tiene una TC cálida cuando esta es menor o igual a 3000 K. Si la TC es mayor o igual a 5000 K, entonces se dice que la fuente tiene una TC fría. Y por último, si la temperatura está entre los 3000 y los 5000 K, se dice que es neutra, aunque, como es lógico, serán más frías las que se aproximen a los 5000 K y más cálidas las que estén cerca de los 3000 K.

Finalmente, cabe señalar que el término TC induce a frecuentes confusiones en su aplicación museográfica. Es un error común confundir la temperatura física o termodinámica con la TC. Cuando se trata de exhibir tejidos u obras sobre papel, que lógicamente estarán dentro de vitrinas, lo normal es que se exija "luz fría", de modo que en el interior de la vitrina no se disipe el calor y se puedan mantener las condiciones ambientales. Entonces es cuando se comete el error y se instalan fluorescentes con TC fría. Como, por otro lado, la cantidad de luz tiene que ser mínima para evitar el deterioro, nos encontramos con una escena visualmente desagradable y poco natural.

El esquema anterior (Fig. 6) pone de manifiesto que, en el caso de la aplicación que nos ocupa, si queremos respetar los valores de iluminancia recomendados para la conservación, el abanico de TC que podemos utilizar es bastante reducido, y se ubica siempre entre TC cálidas.

3. Fuentes de luz artificial

3.1. Lámparas incandescentes

Estas lámparas están basadas en el fenómeno de la termorradiación; ello quiere decir que, al circular la corriente eléctrica por un conductor (filamento), este se vuelve incandescente y emite energía, una parte muy pequeña de la cual se encuentra dentro del espectro visible y un porcentaje importante se convierte en calor.

En esta familia de lámparas la temperatura a la que está el filamento de tungsteno coincide prácticamente con la TC de la fuente.

La familia de estas lámparas es muy amplia, y son más utilizadas en museos las que se exponen a continuación.

3.1.1. Reflectores

Estas lámparas llevan en la parte posterior una capa donde se refleja el flujo luminoso impidiendo que este salga por detrás. Es una lámpara muy económica y que no precisa nada más que un portalámparas para adaptarse al carril electrificado.

La podemos encontrar con diferentes potencias y aperturas del haz de luz. La luz que emite es suave, sin estridencias, y sigue siendo bastante útil para la iluminación de exposiciones cuando los recursos son escasos.

3.1.2. PAR

Estas lámparas llevan una capa reflectora en la parte posterior y, además, un cristal especial en la parte delantera.

Las aperturas del haz de luz también son variables (10-30°). Emiten una luz un poco más brillante que las anteriores. Tienen buena aplicación para la iluminación de objetos tridimensionales apoyados en el plano horizontal. Su defecto principal es la falta de uniformidad en el haz proyectado, ya que habitualmente hacen círculos de diferente intensidad, por lo que no conviene su proyección sobre pared. Este hecho se corrige en las versiones de mayor potencia (PAR-56 de 300 W), aunque por ello no se utilizan en exposiciones de modo muy habitual.

3.1.3. Halógenas

Estas lámparas forman una subfamilia dentro de la incandescencia, porque en su interior llevan un halógeno, que regenera el filamento haciendo que la lámpara tenga una mayor duración.

Para que se produzca esta regeneración del filamento, la lámpara necesita que la temperatura de este sea superior, y debido a este incremento térmico, se tiene que utilizar cuarzo en la ampolla; por ello a estas lámparas se las conoce también como lámparas de cuarzo-yodo, al ser este halógeno el que se utilizó en un principio.

El cuarzo de la ampolla es un material que se puede desvitrificar con la grasa de la piel; por ello, en ocasiones, las lámparas halógenas llevan un doble envoltorio de vidrio. Si no es así, conviene tener la precaución de limpiar la lámpara una vez esté colocada, antes de proceder a encenderla, para eliminar los restos de grasa que pudieran quedar adheridos a la superficie.

Estas lámparas trabajan muy cerca del punto de fusión de los filamentos, por lo que una sobretensión les reduce la vida considerablemente.

La emisión de radiación ultravioleta es superior a la de una lámpara estándar, y el cuarzo deja pasar estas radiaciones; por ello, se recomienda el uso de las que lleven un filtro ultravioleta incorporado.

Las lámparas halógenas, al igual que las tradicionales, pueden llevar un regulador del flujo luminoso.

La tipología es francamente variada por la diferencia de casquetes, formas, potencias y medidas. Estas lámparas han contribuido decisivamente al desarrollo del diseño de proyectores, que pueden aplicarse tanto para iluminar uniformemente una pared como para el modelado de una escultura.

Algunas de estas lámparas admiten una versión con reflector incorporado, básicamente las b-pin, que funcionan a baja tensión. Estos reflectores son variados y condicionan cómo será la apertura

del haz de luz. Además, existen multitud de estas que presentan diferencias según los fabricantes. Desde una apertura de 2° a 45° , podemos encontrar casi cualquier configuración del haz.

En resumen, la familia de la incandescencia se compone de lámparas con un IRC bueno, una eficacia luminosa muy baja y una vida útil muy corta.

3.2. Lámparas de descarga

Este tipo de lámparas produce luz por descarga en el seno de gases y sólidos. Dentro del tubo de descarga, los electrones de unos átomos que han sido excitados previamente emiten radiaciones electromagnéticas.

El funcionamiento de estas fuentes no precisa, por tanto, de elevadas temperaturas como pasaba con la familia de la incandescencia, y no se produce tampoco en el interior del tubo tanto calor.

Cuando la excitación de los átomos al paso de la corriente eléctrica se produce en el seno de gases o vapores, al proceso se le denomina electroluminiscencia. Estos átomos excitados vuelven a un estado estacionario y emiten a tal efecto radiación ultravioleta (115 nm). Esta radiación absorbe sustancias fosforescentes impregnadas en la cara interior del tubo, cuyos átomos la absorben y, por el proceso conocido como fotoluminiscencia, emiten luz en bandas muy específicas del espectro visible. Mezclando sustancias de esta naturaleza que emiten dentro de los colores primarios, obtenemos finalmente luz blanca de mayor o menor calidad.

Una de las características fundamentales de esta familia de fuentes es que no emiten la misma energía en todas las longitudes de onda del espectro visible, presentando puntas en los colores primarios, de modo que no alcanzan nunca el IRC de 100, tal como lo hace la lámpara patrón (Fig. 7).

Fig. 7. Espectro visible de las distintas fuentes (p. 38).

Otra de las características que diferencian a esta familia de fuentes es que, fuera de alguna rara excepción, todas precisan para su funcionamiento

de una reactancia y un cebador, y como el balasto produce un factor de potencia muy bajo en la red a la que se conecta, hace falta rectificarlo; por ello necesitamos también un condensador.

Las lámparas de descarga son las que se utilizan con mayor profusión gracias a su elevada eficacia luminosa, por su gran variedad y por tener una vida útil muy superior en la mayoría de los modelos.

Dentro de estas lámparas existen dos grupos: descarga en sodio y descarga en mercurio.

La descarga en sodio presenta un gran abanico de posibilidades, fundamentalmente para exteriores; pero existe un subgrupo que, aunque no es el adecuado, se puede encontrar aún hoy en día iluminando esculturas policromadas en nuestras iglesias. Se trata del sodio a muy alta presión, que comercialmente se conoce como sodio blanco.

La descarga en mercurio es muy amplia, y debemos destacar dos grupos: la descarga en vapor de mercurio a alta presión con halógenos metálicos, y la descarga en vapor de mercurio a baja presión, conocida comercialmente como fluorescencia.

La familia de las lámparas fluorescentes es también muy amplia, e incluye una gran variedad de medidas y modelos, pero la única aplicable para la iluminación de museos y exposiciones es la fluorescencia de alta calidad.

3.3. Led

El led es una fuente de luz electroluminiscente. Al paso de una corriente eléctrica por un semiconductor se produce la emisión de luz. Descubrió el fenómeno en el año 1907 por H. J. Round, el primer led de emisión dentro del espectro visible (rojo) fue construido por Nick Holonyak en 1962.

El enorme coste de producción limitó durante años su uso a funciones accesorias, para indicar el estado de funcionamiento de los equipos electrónicos.

El primer led azul de alta potencia fue desarrollado por Shuji Nakamura, quien recibió en el

año 2006 el Millennium Technology Prize por esta invención.

El desarrollo en los últimos años del led como fuente de luz eficiente ha sido espectacular, llegando ya a los 300 lm/W. No obstante, los leds de alta potencia (mínimo 1 W) con eficiencias de 135 a 150 lm/W en condiciones de laboratorio, a la práctica llegan únicamente a los 80 lm/W, lo que no deja de ser extraordinario si se tiene en cuenta, además, la larga vida de esta fuente.

Dependiendo del material semiconductor, el led emitirá en un rango muy preciso de longitudes de onda (rojo $610 < \lambda < 760$ nm, azul $450 < \lambda < 500$ nm, etc.). De modo que, para la obtención de la luz blanca hay dos opciones: o bien juntamos leds individuales que emitan en los colores primarios (RGB) y el resultado de la mezcla será luz blanca, o bien utilizamos un led azul o ultravioleta y lo recubrimos de sustancias fosforescentes, obteniendo así luz blanca por el mismo procedimiento que en el caso de la fluorescencia (Fig. 8 y 9).

Fig. 8. Distribución espectro led RGB (p. 40).

Fig. 9. Distribución espectro led blanco (p. 40).

En cualquier caso, el IRC máximo al que se está llegando, obviamente como consecuencia de la disminución de la eficiencia luminosa, no supera 90 sobre 100. La medición de la reproducción cromática de esta fuente ha puesto de manifiesto (informe ICE 177, del año 2007) que el método introducido en 1974 (CIE, 13.3.1995) no resulta satisfactorio para la determinación del IRC de las fuentes de led; por lo que se está trabajando en la creación de un índice adicional compatible con el anterior (Fig. 10).

Fig. 10. Tabla con los colores de led disponibles (p. 41).

4. Criterios para la elección de las lámparas para la aplicación en museos

4.1. Conservación

Más adelante veremos la influencia de la luz en la conservación de los bienes culturales; no

obstante, es bastante conocido el poder deteriorante de la radiación. Cualquier fuente de luz emite en el ultravioleta, en el visible y en el infrarrojo. Por lo tanto, dado que ni el ultravioleta ni el infrarrojo tienen influencia en el proceso de la visión, lo ideal sería que desaparecieran. Como que esto en general no es posible, deberemos utilizar aquellas fuentes de luz que emitan en rangos que se consideren aceptables. Por otro lado, la limitación del componente visible a los valores recomendados obliga a utilizar fuentes de luz cuyo flujo luminoso pueda ser regulado.

Es obvio señalar que el IRC debe acercarse lo máximo posible a 100. La reproducción fiable de los colores es condición indispensable en la iluminación de obras de arte. El diagrama de Kruithoff es un instrumento básico; la TC y el nivel de iluminación deben ir de la mano. Por lo tanto, si hablamos de 200 lx como máximo, solo podremos utilizar fuentes con TC en el rango comprendido entre los 2500 y los 3500 K.

4.2. Versatilidad en el diseño

Más adelante intentaremos demostrar que el diseño de la iluminación no es solo uno de los instrumentos indispensables en la labor museográfica, sino que, además, es el instrumento más eficaz para asegurar la conservación de los bienes culturales durante su exposición.

Las lámparas tienen su forma, su medida, varias potencias, posibilidades de incorporarse a una o varias luminarias, de aceptar accesorios que influyan en la modulación de la luz emitida, etc. Si en la elección de la lámpara a utilizar se consideran todos estos aspectos, probablemente se evitarán errores de difícil solución.

4.3. Valoración de las lámparas para su uso en museos y exposiciones

Se debe partir del hecho de que una buena elección de la lámpara para la creación de la escena visual dada es condición necesaria, pero en ningún caso suficiente para conseguir el objetivo.

Recordemos que un buen proyecto de iluminación es una solución de equilibrio entre los condicionantes derivados del objeto y su entorno, y de las necesidades perceptivas del observador.

Observando el cuadro comparativo adjunto (Fig. 11), vemos que los recuadros en amarillo indican los valores negativos de cada una de las fuentes disponibles. Ahora bien, si tuviéramos que jerarquizar los diferentes parámetros, comenzaríamos por aquellos que no pueden ser modificados, como el IRC o la posibilidad de regulación. Esta es la razón por la que no se recomienda el uso en esta aplicación de las lámparas de vapor de sodio o vapor de mercurio con halogenuros metálicos.

Fig. 11. Cuadro comparativo de la valoración de las lámparas para uso museístico (p. 43).

Es cierto que la industria ha dado pasos importantes en la mejora de los aspectos cualitativos de las lámparas de descarga. Mientras que los avances con la fluorescencia han sido espectaculares y cada día se encuentran más aplicaciones allá donde se exige más a la iluminación, en el resto de las lámparas de descarga o de inducción los avances han sido insuficientes.

5. Luminarias

La luminaria es el aparato que distribuye y filtra el flujo luminoso que sale de la lámpara, y la importancia que tiene se deriva de su función. En efecto, la fuente luminosa produce una cantidad determinada de flujo luminoso, que depende, para cada tipo de lámpara, de su potencia eléctrica y de su eficacia luminosa; ahora bien, quien la distribuye dirigiéndola hacia una determinada parte del espacio es la luminaria.

Imaginemos una fuente puntual, es decir, una pequeña esfera luminosa que emitirá la misma luz en todas las direcciones del espacio que la rodea. Pues bien, si se sitúa esta fuente dentro de una luminaria, se puede conseguir que la luz emitida en una pequeña porción del espacio que la rodea sea muy grande, mientras que en

el resto del espacio circundante la luz emitida sea nula.

La parte de la luminaria que se encarga de la distribución del flujo luminoso es el bloque óptico, que puede ser de diferentes materiales, como el cristal, el acero, el plástico, el aluminio, etc. La distribución de las intensidades luminosas que salen de la luminaria depende de las propiedades de la superficie que conforma el bloque óptico.

Además del bloque óptico, que como ya se ha indicado tiene una gran importancia dentro de la luminaria, esta dispone también de alojamientos auxiliares que contienen reactancias, cebadores, condensadores y los cables necesarios para el funcionamiento de las fuentes luminosas.

Las luminarias también cuentan en muchas ocasiones con difusores de vidrio o plástico, y de planchas o rejillas metálicas que servirán para disminuir la luminancia de la fuente y, de este modo, reducir o eliminar el deslumbramiento. Así mismo, es posible añadir filtros y lentes difusoras, concentradoras o Fresnel, que tienen una gran influencia en la modulación final de la luz emergente.

5.1. Tipologías

La Comisión Internacional de la Iluminación (CIE) ha dado una clasificación de las luminarias según la proporción de flujo emitido por estas en el plano que desean iluminar (Fig. 12).

Fig. 12. Clasificación de las luminarias según la proporción de flujo que emiten en el plano (p. 44).

Las luminarias también se pueden clasificar por la simetría en la emisión del flujo luminoso en simétricas y asimétricas.

6. Sistemas de iluminación

Si imaginamos un espacio con luz, debemos pensar en el sistema de iluminación ella como el elemento descriptivo del orden espacial y temporal que nos creará un recorrido y que, con su

disposición, centrará la atención de las personas en determinadas superficies o áreas.

Así pues, el término “sistema de iluminación” se utiliza para describir el efecto luminoso de las luminarias aplicadas de un modo determinado en este espacio, es decir, cómo es la luz y cómo está repartida.

Los sistemas de iluminación se clasifican, según la disposición de las luminarias y según la distribución del flujo luminoso de las mismas, de la siguiente manera.

6.1. Sistema de alumbrado general

Este tipo de sistema distribuye las luminarias por todo el espacio tratando de conseguir el mismo efecto que la luz natural difusa, es decir, la luz procede de la bóveda celeste. Este sistema se puede obtener de dos formas diferentes; la primera de ellas es utilizando el techo del espacio como soporte de las luminarias y repartiéndolas uniformemente en este, que es lo que conocemos como alumbrado general directo.

Ahora bien, también se puede utilizar el techo como superficie reflectante y descolgar las luminarias al menos un tercio de la altura total del espacio, y con ello se consigue iluminar el techo y utilizarlo como superficie luminosa para iluminar de forma indirecta las áreas expositivas; esto es lo que se conoce como sistema de alumbrado general indirecto.

En ambos casos se admite, dependiendo de la geometría del espacio, que los sistemas presenten una distribución perimetral.

6.2. Sistema de alumbrado dirigido o localizado

Con este tipo de sistema, se ubican y se dirigen las luminarias para conseguir el nivel de iluminación adecuado a las superficies expositivas. Esto se puede conseguir de dos formas diferentes.

En primer lugar, se puede iluminar la superficie expositiva de manera uniforme y difusa por medio de luminarias bañadoras de pared. Si estas

son de buena calidad, se puede obtener una gran uniformidad incluso en grandes superficies.

En segundo lugar, se puede iluminar solo la obra expuesta, que es lo que se conoce como iluminación de acento o localizada.

6.3. Sistema de alumbrado mixto

Este sistema de alumbrado se consigue a partir de las mezclas que se pueden obtener con los dos sistemas anteriores. De este modo podemos obtener sistemas de iluminación general directa y de acento, y también sistemas de iluminación general indirecta y, al mismo tiempo, difusa o uniforme sobre la superficie expositiva.

7. Luz y conservación de los bienes culturales

7.1. Introducción

La preocupación por los efectos deteriorantes generados por la luz sobre una gran parte de los bienes que integran el patrimonio tienen su origen, por un lado, en la incorporación al uso público de las fuentes de luz artificiales y, por otro, en la apertura del museo a la sociedad desde mediados del siglo XIX.

Como curiosidad, señalamos que todo comenzó en una disputa pública y vehemente en Londres en el año 1886. En los diarios se leían peticiones para que la National Gallery estuviera abierta a los visitantes hasta última hora de la tarde, y el South Kensington Museum (hoy, Victoria & Albert) era mencionado como un ejemplo de museo en el que la entrada estaba permitida de día y de noche.

A pesar de la oposición del director del museo y de Sir J. C. Robinson, administrador de las pinturas de la Reina, la House of Lords decidió que la National Gallery abriera tres tardes por semana. En su escrito de protesta, Robinson criticó al South Kensington por haber expuesto de forma continuada durante veinte o treinta años una importante colección de acuarelas inglesas: "Por esta causa los cuadros han sufrido daños

irreparables y ahora no son más que pálidas sombras de ellos mismos. Solo una generación ha disfrutado del placer de admirarlos ya que ahora están, podríamos decir, gastados".

Se despertaron las iras del Royal Institute of Painters in Water Colour, bajaron los precios de las acuarelas en las subastas y el South Kensington, además de guardar discretamente las mencionadas acuarelas, encargó a los científicos Abney y Russel estudiar minuciosamente el efecto de la luz sobre los cuadros.

Al cabo de dos años publicaron el informe que lleva sus nombres, en el que se llama la atención sobre el efecto fotoquímico, la ley de la reciprocidad y el efecto térmico.

La siguiente aportación significativa fue fruto de la investigación emprendida por el National Bureau of Standards (1949) para estudiar si era posible exhibir las Cartas de la Libertad, custodiadas por la Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos de América. Por primera vez se cuantificó el "factor de daño relativo" para las radiaciones de longitud de onda comprendidas entre los 290 y los 760 nm.

Tiene especial interés el informe de Laurence S. Harrison, *Report on the deteriorating effects of modern light sources*, realizado con motivo de la reforma del Metropolitan Museum en 1950.

Posteriormente, cabe destacar las aportaciones de Garry Thomson, Saunders, David Loe, Peter Boyce y Christopher Cuttle, entre otros.

En nuestro país se puede destacar la contribución de J. M. Casal a la literatura sobre la iluminación de museos. La CIE publicó en el año 2004 el informe CIE 157, *Control of Damage to Museum Objects by Optical Radiation*, en el que, aunque no encontramos ninguna aportación significativa, sí encontramos recogidos los avances realizados alrededor de la cuestión.

Como veremos más adelante, los organismos internacionales formularon, hace ya décadas, una serie de recomendaciones con el objetivo de

disminuir en la medida de lo posible los daños que la luz provoca en las obras expuestas. Estos organismos tuvieron el gran valor de apuntar una cuantificación en términos de iluminancia y de emisión de la radiación ultravioleta, en relación con el flujo luminoso que las obras podían tolerar en función de su naturaleza.

El desarrollo tecnológico ha puesto en manos de los profesionales que ejercen su actividad alrededor del museo bastantes instrumentos para garantizar la correcta conservación preventiva de los bienes culturales de un modo eficaz en un sistema físico determinado.

También es cierto que la conservación preventiva de bienes culturales ocupa —al menos en teoría— un rol cada vez más importante en cualquier actividad relacionada con el patrimonio histórico.

Pero, al mismo tiempo, este desarrollo técnico y social ha propiciado el gran crecimiento de las exposiciones temporales, en cuyos procesos es prácticamente imposible garantizar al cien por cien un adecuado control de las condiciones de conservación de las obras expuestas.

En el otro lado de la balanza, se debe insistir en que la exposición temporal es el mejor instrumento para dar vida a la obra de arte y a los museos. La influencia científico-técnica en los procedimientos para la conservación preventiva ha sido notable en las últimas décadas, pero no debe olvidarse que una gran parte de las prácticas esenciales de esta actividad profesional y de cualquier estrategia de conservación de una colección, tienen mucho más que ver con el sentido común que con la tecnología. Solo cabe recordar la época y las circunstancias en las que la Junta del Tesoro Artístico presentó los tesoros del Museo del Prado, con una metodología módica para entender lo anterior.

Peggy Guggenheim, en sus *Confessions of an Art Addict*, narra una anécdota interesante que tuvo lugar a raíz de la primera exposición de Kandinsky en Londres, organizada por su galería. Un profesor le pidió permiso para llevarse diez cua-

dros y poderlos enseñar a sus alumnos de una escuela del norte de Inglaterra, a lo cual tanto el artista como ella accedieron, y dijo: “Cuando terminó la exposición, vino el profesor, ató diez cuadros sobre el coche y se fue. Cuando volvió para devolvérmelos me explicó todo lo que había significado para su escuela”. Esto sucedía a mediados de los años treinta, cuando obviamente la metodología era un desastre, pero el valor ético y educativo de la acción era indiscutible.

La preocupación por los efectos de deterioro debidos a la luz, a los agentes medioambientales o a la manipulación no deben llevarnos por lo tanto a posiciones de estricta intransigencia. Obviamente, la actitud no puede ser la misma frente a testimonios únicos de la historia de la humanidad (véase, por ejemplo, la Sala de Polícromos de Altamira) que frente a muchas de las manifestaciones del arte clásico o actual; y esto por dos motivos: el primero porque los recursos son limitados, lo que obliga al Estado a establecer una jerarquía en las inversiones destinadas al campo de la conservación, y la segunda porque no se debe olvidar que la obra de arte nace, vive y también desaparece. Si se pusieran todos los medios técnicos con los que contamos para la conservación, y nos dedicásemos a velar escrupulosamente por la integridad de toda manifestación artística, en un breve periodo de tiempo histórico el arte habría perdido parte de su esencia. En definitiva, preservar el valor de uso del arte es más importante para su supervivencia que asegurar su conservación aséptica.

7.2. La luz y la energía

Partiendo de la conocida expresión de Planck, podemos calcular la energía asociada a cualquier radiación del espectro electromagnético:

$$E = h \, c / \lambda$$

En que: $h = 6,626 \times 10^{-34}$ J/s y $c = 3 \times 10^8$ m/s.

Son constantes universales y λ es la longitud de onda de la radiación considerada.

Si observamos el espectro de la radiación electromagnética, podremos comprobar que las

radiaciones llevan asociado un valor energético más alto cuanto menor sea su longitud de onda. En otras palabras, el numerador de la expresión de Planck es una constante en cualquier caso, de modo que la energía asociada es inversamente proporcional a la longitud de onda considerada.

En definitiva, cuanto mayor sea la longitud de onda, menor será la energía que lleve asociada y viceversa. Así pues, resulta sencillo entender por qué las ondas de radio son inocuas y, en cambio, una exposición prolongada a los rayos X es tremendamente perjudicial.

De las fuentes de luz utilizadas en la aplicación museográfica, la de mayor espectro es la luz natural, comprendida entre los 150 y los 4000 nm.

7.3. La transformación de la energía radiante

La radiación visible y no visible emitida por las fuentes de luz puede producir reacciones debido a su capacidad calorífica o a su poder fotoquímico.

La forma y el alcance de estas reacciones dependerán de las circunstancias concretas en las que los procesos se desarrollen. El calor disipado dependerá esencialmente de la radiación infrarroja emitida, y el poder fotoquímico, de la radiación ultravioleta y los colores fríos del espectro visible.

El calor que reciba una obra de arte dependerá de la naturaleza de la fuente de luz utilizada, de su funcionamiento, del sistema de iluminación, de la distancia de focalización, etc.; y la variación que pueda provocar en los parámetros medioambientales dependerá también de otros condicionantes arquitectónicos y museográficos. En líneas generales, podemos llamar la atención sobre lo siguiente.

Desde el punto de vista químico, se debe señalar la influencia de la temperatura en la velocidad de las reacciones. Así, un incremento de 10 °C de temperatura puede duplicar dicha velocidad. Ello se debe a un incremento de la energía cinética de las moléculas y, en consecuencia, al número de choques.

Desde el punto de vista físico, las variaciones de la temperatura provocan cambios de humedad relativa en el ambiente y, en consecuencia, alteraciones del agua contenida en los materiales, lo que da lugar a procesos de contracción-dilatación que pueden afectar gravemente a las propiedades elásticas del objeto.

Desde el punto de vista biológico, las altas temperaturas en medios húmedos crean un ambiente ideal para el desarrollo de agentes nocivos.

La acción fotoquímica está directamente relacionada con la radiación ultravioleta. En 1918, Ch. J. D. Grotthuss expresó por primera vez que solo las radiaciones que son absorbidas por una sustancia pueden determinar reacciones químicas. Una reacción fotoquímica elemental se produce únicamente si la energía del fotón es suficiente para provocar la ruptura de un enlace químico determinado.

El poder fotoquímico de una radiación disminuye a medida que aumenta su longitud de onda. Para evaluarlo, el National Bureau of Standards estableció el factor de deterioro relativo probable (D_r). Existen dos métodos para calcular dicho factor: el americano (Harrison) y el europeo (Krochman), aunque las diferencias entre ambos no tienen influencia significativa en la valoración de este. Ahora bien, también debe considerarse la influencia de la TC. En el año 1988, Cuttle demostró que una fuente de Planck (iluminante patrón) de 2500 K lleva asociado un daño potencial relativo de 0,92, mientras que para el iluminante patrón de 4000 K es de 1,37. En ambos casos, habiendo filtrado previamente el ultravioleta (radiación por debajo de los 400 nm para la CIE).

8. Efectos de la radiación sobre los materiales constitutivos de los bienes culturales

Son innumerables los estudios de estabilidad realizados sobre los diferentes materiales (soportes, pigmentos, barnices, etc.) que se han

utilizado y se utilizan para la creación de obras de arte. De las conclusiones de estos ensayos se derivan unas clasificaciones y posteriores recomendaciones de conservación que tienen una utilidad innegable para las políticas de conservación del patrimonio. Conviene realizar, de todos modos, la siguiente puntualización: la estabilidad de una obra de arte depende en ocasiones más de la técnica de ejecución y de la lógica de coligaciones entre sus materiales constitutivos que de la estabilidad de cada uno de ellos.

Los ensayos de envejecimiento de los materiales se realizan bajo condiciones extremas, a las que una obra de arte nunca se vería sometida. Permiten, en cambio, una comparación fiable entre materiales similares (pigmento, barniz, consolidante, etc.).

Dado que el aspecto más llamativo del efecto de la luz es la decoloración, es de gran utilidad el sistema ISO (1995) para la clasificación de los materiales en los museos. El sistema se basa en la escala Blue Wool de solidez frente a la luz, que comprende ocho categorías, siendo 1 la más sensible y 8 la que menos, y el paso entre la una y la otra del 50% (Fig. 13).

Fig. 13. Clasificación de los materiales de acuerdo con su sensibilidad a la radiación visible (p. 52).

Las muestras se colocan dentro de una cabina, donde se controlan las condiciones ambientales y, con una fuente de amplio espectro, se irradian las muestras (ensayo y patrón), que quedan cubiertas parcialmente y con las que se realizan posteriormente comparaciones visuales.

Otro método más preciso es recurrir a la colorimetría, con la que no solo detectamos las decoloraciones o variaciones de tono o matiz, sino también la pérdida de luminosidad.

9. Limitar el efecto de la luz

La exhibición de cualquier obra de arte en un sistema físico que no sea aislado (entendiendo como aislado el que no intercambia masa y ener-

gía con el exterior) representa un factor de deterioro ineludible. El objetivo de la conservación de los bienes culturales consiste, esencialmente, en temperar en la medida de lo posible los daños que el paso del tiempo pueda producir. En este contexto deben entenderse las recomendaciones formuladas por organismos como el ICOM en relación con el control de las condiciones ambientales o la luz. Cualquier fuente de luz natural o artificial en su espectro de emisión implica, en mayor o menor medida, los siguientes componentes.

9.1. Infrarrojo (IR)

Son varios los mecanismos de transmisión del calor desde una fuente de luz hasta la obra. No solo se tiene que eliminar el calor que por radiación acompaña al haz de luz que ilumina la obra; el calor disipado por la fuente puede ser transmitido por conducción a través de la luminaria que soporta la fuente y más tarde llegar al ambiente, donde por convección puede también alterar las condiciones de H_r y T convenientes para la conservación de las piezas. Se deberá en cada caso, pues, evaluar la carga térmica disipada en el espacio dado y su influencia en los parámetros medioambientales. Este estudio nos permitirá encontrar la más adecuada solución para garantizar la estabilidad de los parámetros citados.

9.2. Visible

Las recomendaciones aceptadas son: 50 lx para los objetos de gran sensibilidad, 200 lx para los de moderada sensibilidad y hasta 300 lx para los materiales inorgánicos.

Sobre esta cuestión ha habido numerosas opiniones, artículos, etc. De hecho, con la clasificación aportada por la CIE de la tabla anterior (Fig. 13), ya estaríamos hablando de cuatro intervalos a los que asociar una iluminancia dada. La cuestión fundamental no es tanto si en una exposición determinada estamos 20 lx arriba o abajo, sino que exista una conciencia y una práctica del control de la iluminancia cuando ello sea necesario para la conservación.

9.3. Ultravioleta (UV)

La norma tradicional es que no se deben utilizar fuentes de luz cuyo contenido de UV supere los 75 $\mu\text{W}/\text{lm}$.

Por otro lado, se deben respetar simultáneamente esta limitación y la anterior (valores de iluminancia) para garantizar que la cantidad absoluta de UV no escape del rango recomendado. Debe destacarse que este valor ya fue revisado por la CIE, que sugería en el informe 157 de 2004 que el límite se situase en los 10 $\mu\text{W}/\text{lm}$, entendiendo que actualmente se cuenta con lámparas de aplicación en museos que podrían respetar estos valores tomando las precauciones adecuadas.

10. El control de las recomendaciones para la conservación

A primera vista, para garantizar que la luz no acelere los procesos de deterioro, podría pensarse que es suficiente con armarse con los instrumentos de medida necesarios (luxómetro y ultraviómetro) y asegurar que los objetos expuestos no alcanzan más radiación de la debida. La realidad es muy diferente, ya que esta cuantificación afecta a la luz, soporte de la percepción. Es del todo imposible, cuando estamos trabajando con la luz, disociar los elementos cuantitativos de los cualitativos. Solo cuando el criterio de conservación de las obras se considere dentro del marco del proyecto de iluminación, podremos asegurar la compatibilidad entre una adecuada organización de la luz en el espacio y la garantía de los niveles precisos para una mejor conservación de los bienes culturales exhibidos.

En líneas generales, una correcta política de conservación deberá contemplar:

- La eliminación de los componentes nocivos asociados a la luz (IR y UV), que no influyen en el proceso de la visión.
- El control de la composición espectral dentro del rango visible.

- El control de la iluminancia.
- El control del tiempo de exposición.

Todo ello es tecnológicamente posible; ahora bien, como hemos dicho anteriormente, hay veces en que una aparente buena solución para la conservación tiene consecuencias en modo alguno deseables para el proceso expositivo. Repasemos algunas de ellas, relacionadas con los apartados anteriores.

Lógicamente, Abney y Russell, tras publicar su informe, fueron requeridos para dar soluciones concretas a problemas de conservación relacionados con la luz.

Russell propuso que se instalasen en algunas salas del South Kensington, iluminadas con luz diurna y en las que se exponían cartones de Rafael, cristales coloreados verdes y naranjas, con el objeto de reducir la transmisión al interior de las longitudes de onda más cortas y reducir la iluminancia hasta un 20%. La instalación se terminó en el año 1894, y sirvió sin duda para mejorar las condiciones de conservación.

Durante mucho tiempo nadie protestó, hasta que en el año 1923 Lord Crawford cuestionó la instalación por su influencia negativa en la percepción de los colores originales. Planteó que era absurdo privar a las generaciones del momento de su contemplación, con el objetivo de que al cabo de cien años se pudiesen ver en mejores condiciones.

La instalación se mantuvo hasta 1939, cuando un bombardeo destruyó la sala.

La valoración es clara: una solución infinitamente más sensata hubiera sido reducir drásticamente el tiempo de exposición o el nivel de iluminancia sin alterar la composición de la luz.

En una exposición realizada hace años en Ámsterdam con dibujos de Leonardo y que posteriormente se pudo ver en otras ciudades, el nivel de iluminancia era mínimo, por lo que resultaba difícil estudiar las obras con detalle. Por ello, al lado de cada obra se ponía a disposición

del visitante una lupa. Imaginemos los efectos que podría haber provocado algún estudioso tenaz sobre alguno de sus detalles, más aún cuando la iluminación de la obra se hacía de forma focalizada sobre cada dibujo. Esto lo hemos podido volver a ver recientemente en una exposición en la Biblioteca Nacional de Madrid. Un buen diseño basado en el estudio de luminancias y contrastes y un adecuado control del índice de exposición (lx/h) hubieran sido unas armas mucho más eficaces para que los visitantes, con independencia de la edad, hubiesen contemplado correctamente la exposición garantizando a su vez los requisitos de conservación.

Muchas veces se realizan investigaciones que no tienen mucho sentido. Por ejemplo, el tan debatido asunto del *flash* en los museos. Getty publicó en el año 2001 una memoria exhaustiva de T. T. Schaeffer sobre la cuestión, en la que concluye que el uso del *flash* difícilmente puede llegar a generar un deterioro adicional de las obras. La CIE recoge en parte sus conclusiones en el informe técnico 157 (2004), alertando sobre una posible influencia en los materiales más sensibles. La cuestión es que, después de haber leído una cantidad ingente de literatura sobre el asunto, aún no hemos oído decir a nadie que el *flash* deba prohibirse porque genere deslumbramientos molestos a los otros visitantes, porque altere la necesaria tranquilidad ambiental que debe reinar en una sala de exposiciones o porque haga prevalecer el derecho individual sobre el colectivo; tres razones infinitamente más poderosas que el hipotético mal que pueda producir.

Un ejemplo más: Miller propone un sistema de armonización de la energía reflejada (REM), cuya finalidad es reducir la energía absorbida por el objeto. Para ello, propone iluminar las obras con un sistema que incorpore filtros, de modo que el rojo se ilumine con rojo y el azul con azul. Imaginando el resultado sobre un Albers, para ponerlo fácil, se puede vaticinar sin mucho riesgo a equivocarse que, sin duda, se producirá una alteración cromática del conjunto, con lo cual el

falso estético está garantizado. Además, ¿tiene alguna utilidad una investigación cuya aplicación debería ser de obra en obra?

11. La influencia del diseño de iluminación en la conservación

Ya hemos dicho que no es suficiente escoger una buena fuente de luz para asegurar el respeto a las recomendaciones de conservación. Existen otros elementos que, si se utilizan correctamente, pueden ayudarnos decisivamente en esta labor.

11.1. La luminaria

El equipo donde se ubica la fuente de luz tiene una gran influencia en el aprovechamiento de la luz emitida y en su reparto sobre la obra. Una correcta elección puede reducir la potencia instalada necesaria y, en consecuencia, todos los rangos espectrales a los que hacíamos referencia.

11.2. Espacios de adaptación

Tienen más que ver con el proyecto museográfico, pero son un elemento fundamental para la adaptación visual a bajas iluminancias. Si se proyectan adecuadamente, cantidades bajas de luz parecerán suficientes al observador.

11.3. Luminancias

Todos los objetos se observan contra un fondo sobre el que se contrastan. Si la elección de los colores de los revestimientos es adecuada, con menos luz el espacio puede parecer mejor iluminado. Debemos tener en cuenta además que todas las superficies de una sala de exposición son, en definitiva, fuentes secundarias de luz. Si el contraste de un objeto sobre el fondo es mínimo, precisaremos de más cantidad de luz para distinguirlo.

Por otro lado, si el contraste es excesivo, vulneraremos cánones perceptivos que nos alejarán de los rangos de comodidad visual.

Los ensayos de Peter Boyce al respecto son concluyentes. Con un contraste de luminancias de

un 30% entre el objeto y el fondo, obtenemos las más eficaces condiciones de visibilidad respetando los valores de iluminancia prescritos en el caso más desfavorable en un museo (50 lx). La elección de los colores, texturas y acabados de los paramentos de una sala de exposiciones, es decir, de las fuentes pasivas de iluminación, adquiere más importancia que la iluminación que realizamos con luminarias y proyectores.

11.4. Maneras de iluminar

Un baño de luz de 150 lx sobre un paramento con un fondo claro donde se exhiban cuadros hace que estos parezcan mucho más luminosos que con una iluminación focalizada obra a obra de 300 lx. La experiencia permite afirmar que, en el caso de la iluminación de objetos exhibidos en la pared, la mejor percepción se obtiene combinando una luz uniforme sobre el paramento con suaves acentos que cubran cada obra.

11.5. Tiempo de exposición

Se acepta que el efecto de la luz es acumulativo. Esto se formula mediante la ley de la reciprocidad, que relaciona el posible efecto de la luz con la cantidad resultante de multiplicar la iluminancia por el tiempo de exposición. Así pues, 1000 lx durante una hora producirán el mismo efecto que 100 lx durante diez horas.

No está de más señalar que, sin negar la utilidad y eficacia de esta ley en el terreno que nos ocupa, conviene ajustar la manera con que debe ser utilizada.

Muchas de las reacciones químicas que pueden desencadenarse en un determinado compuesto que forme parte de la obra precisan de una energía mínima de activación sin la cual no se producen. De este modo, 50 lx pueden llevar asociado un nivel energético insuficiente para este fin, mientras que con 200 lx la reacción quizás comienza a tener lugar. Seguramente será menos perjudicial para una acuarela una exhibición anual completa a 50 lx, que su exhibición tan solo durante un mes a 600 lx.

En los museos de uso medio conviene instalar, pues, sensores de presencia en las salas que activen los sistemas de iluminación.

11.6. Filtros

Hasta hace poco, e incluso ahora, se ha hecho una panacea de los filtros. La realidad de hoy en día es que el uso de filtros debe hacerse de modo selectivo y en circunstancias especiales, y para ello se destacan varias razones.

Contamos con fuentes de luz con baja emisión en el UV y que cumplen todos los requisitos necesarios para su uso en museos (fluorescencia de alta frecuencia con tubos de IRC 95).

Existen además sistemas de transmisión de la luz como la fibra óptica, adecuados para piezas de gran sensibilidad, en las que al menos la radiación por debajo de los 315 nm desaparece, siempre y cuando se utilicen con fuentes halógenas y no con lámparas de halogenuros metálicos.

Los leds de aplicación para esta actividad tampoco emiten UV.

A excepción de algún filtro, casi todos alteran la TC y el IRC de la luz emitida, con el consiguiente perjuicio en la contemplación de la obra, aunque debe señalarse que la mayor parte de las lámparas halógenas con filtro UV incorporado dan una luz en la que no se aprecia su presencia.



El diseño de iluminación en los espacios expositivos. Condicionantes y criterios

Joaquim Adell Calduch

Ingeniero de iluminación

0. Objeto

El presente texto trata de definir los objetivos, en materia de iluminación, en los proyectos de espacios expositivos.

1. Campo de aplicación

En el ámbito de los espacios expositivos incluimos museos con sus colecciones permanentes y sus propuestas temporales, sedes de exposiciones efímeras o temporales, galerías de arte y todos aquellos que puedan asimilarse.

No obstante, el lector no debe tomar como excluyente el párrafo anterior. Así, un yacimiento arqueológico musealizado al aire libre también debe leerse en clave expositiva, y qué decir por ejemplo del Chillida-Leku, un maravilloso conjunto interior-exterior que guarda la memoria y la obra escultórica del genial artista, inexplicablemente cerrado en diciembre de 2010.

Por tanto, el concepto de espacio expositivo debe entenderse en su sentido amplio, principal argumento por el que las propuestas de este capítulo no son cerradas en sí mismas, sino un intento de aproximación a la problemática.

2. Introducción / antecedentes

En España, la cultura moderna arranca en 1976 con la convocatoria del concurso internacional para la climatización y la iluminación del Museo del Prado.

Desde entonces y hasta nuestros días, la construcción y la rehabilitación de edificios para su uso como equipamientos culturales se ha desarrollado con una enorme productividad.

Desde el año 1997, además, el paradigma Bilbao-Guggenheim ha sido como una nueva guía de la excelencia para que las principales capitales asumieran el riesgo/beneficio que podía comportar tener un museo institucional propio asociado a la imagen de un arquitecto de reconocido prestigio.

Esta carrera, no finalizada todavía, ha situado el proyecto de iluminación de estos espacios en un interesante ejercicio de investigación y experimentación, a la vez que ha servido de inspiración para aplicar similares alternativas en espacios más modestos, como las galerías de arte o los pequeños ámbitos expositivos de los centros culturales construidos en todo tipo de municipios de nuestra geografía.

En este capítulo se analizan los aspectos más sugerentes de la iluminación de los espacios expositivos.

3. Criterios de calidad *versus* discurso museográfico

Ver, mirar y contemplar son actividades visuales habituales en el espacio expositivo; por lo tanto, a priori se puede afirmar que los criterios usuales de calidad en el proyecto de iluminación son también válidos en la aplicación que nos ocupa.

No obstante, podemos convenir que el rendimiento en color o índice de reproducción cromática (IRC) es un criterio de calidad objetivo en el ámbito del montaje expositivo y, a poder ser, las fuentes de luz artificial categoría 1A serían las recomendables.

Conocemos, por otro lado, que la luz al penetrar en nuestro órgano de visión sigue dos caminos, el visual y el biológico, dualidad que permite aproximaciones al proyecto desde la métrica y desde la percepción.

Por otro lado, la visita a una exposición es habitualmente un acto que se hace en movimiento, lo que permite un ejercicio personal y único que consiste en buscar la mejor posición de visión en función de las condiciones de ambientación e iluminación encontradas.

Finalmente, los montajes expositivos responden a un diseño que, a su vez, obedece a lo que se conoce como “discurso museográfico”; en definitiva, al concepto básico del proyecto expositivo que se quiere obtener y cómo se pretende obtener, de manera que la iluminación debe estar al servicio del citado concepto.

Esta mezcla de evidencias hace de la iluminación expositiva una fuente de creatividad, innovación y experimentación como pocas podemos encontrar en el ámbito del diseño de iluminación, lo que permite aventurar que también la transgresión puede llegar a ser uno de los objetivos del discurso museográfico, lo que abre la puerta a una aproximación *sui generis* al proyecto de iluminación.

4. Sistemas de iluminación propuestos

Aun a riesgo de incurrir en una simplificación excesiva, podemos asimilar los siguientes sistemas de iluminación expositiva:

4.1. Iluminación difusa y uniforme

Puede conseguirse de manera directa o indirecta, pero respetando un principio de neutralidad donde el todo prevalece sobre las partes, sin ninguna jerarquía de percepción. En teoría plantea un mantenimiento sencillo y poco problemático, y es muy recomendable allí donde no es posible encontrar especialistas.

Espacio y obra de arte conviven sin orden jerárquico.

4.2. Iluminación directa de acento

Jerarquiza, no mantiene el principio de neutralidad, incentiva la obra de arte sobre la que concentra la luz. El espacio, según sea su tratamiento, tenderá más o menos hacia su “desaparición perceptiva”; la iluminación lleva al visitante a concentrarse sobre el objeto exhibido. Este criterio exige una aplicación más profesional en el montaje y, sobre todo, una valoración muy personal del criterio conceptual expositivo.

Ejemplo de iluminación difusa, uniforme. Galería Horrach Moya (Palma de Mallorca). Fotografía: cortesía de Erco (p. 64).

Ejemplo de iluminación difusa, uniforme. ARTIUM, Centro-Museo Vasco de Arte Contemporáneo (Vitoria-Gasteiz). Fotografía: cortesía de Erco (p. 64).

Ejemplo de iluminación directa, de acento. Galería Gómez Turú (Barcelona). Fotografía: cortesía de Erco (p. 65).

Ejemplo de iluminación directa, de acento. Institut Valencià d'Art Modern - IVAM (Valencia). Fotografía: cortesía de Erco (p. 65).

4.3. Combinación de iluminación difusa e iluminación de acento

Como su propia definición indica, se trata de hacer convivir los dos tipos de sistemas de iluminación. Ofrece mayores posibilidades en el diseño, facilita otra percepción del espacio expositivo y puede permitir una mejor gestión de la instalación, que puede contribuir a una mejor eficiencia del sistema.

Normalmente esta combinación se materializa aplicando la iluminación difusa en un 30-40% de la iluminancia resultante, mientras que la iluminación de acento oscilará entre un 60-70%.

Por supuesto, estas tres opciones no son cerradas en sí mismas. Como se indica en otras partes de este capítulo, el montaje expositivo es un nicho de creatividad y diseño, y además la evolución de las propuestas artísticas obligará a un esfuerzo de adaptación permanente en diseño de iluminación. Tal sucede, por ejemplo, con las más modernas manifestaciones artísticas, como el *net-art*, el videoarte, las instalaciones artísticas, las *performances*, etc.

Iluminación difusa e iluminación de acento. CaixaForum (Barcelona). Fotografía: cortesía de Erco (p. 66).

5. Consideraciones generales del proyecto de iluminación

Citaremos a título de ejemplo algunos posibles criterios que permitan definir la solución proyectual.

5.1. Criterios espaciales o arquitectónicos

La clásica subordinación del contenido al continente, bastante usual con los titulados estelares.

5.2. Criterios de diseño de los soportes

Pueden condicionar positiva o negativamente, y limitar las posibilidades de la iluminación.

5.3. Criterios económicos

Queda claro el sentido del mismo.

5.4. Criterios de explotación

El conocer a priori si la instalación será gestionada profesionalmente permite opciones más elaboradas. Bien al contrario, la ausencia de una buena gestión profesional de la instalación pide soluciones simples y sencillas, sin menoscabo de su valor cualitativo.

Continente *versus* contenido. Museo Patio Herreriano (Valladolid). Fotografía: cortesía de Erco (p. 67).

5.5. Criterios de ambientación

Esto tiene que ver más con las sensaciones y las emociones. Normalmente, detrás de un proyecto expositivo hay todo un planteamiento de la atmósfera a crear y de cómo se quiere llegar al visitante y qué sensaciones se desean estimular en él.

La iluminación al servicio de un concepto expositivo es un reto y un estímulo para el profesional, que en la fase de diseño se debate y se insinúa, pero que no se materializa más que en la fase de montaje, pues es allí donde se experimenta, se analiza y se concreta la solución más adecuada.

5.6. Criterios de mimetismo

Cuál es el proyecto de referencia que inspira la nueva instalación; no invitamos a copiar sino a utilizar las instalaciones existentes como ejemplos que permiten a los interlocutores de un proyecto entenderse mejor.

Obra de arte única, espacio único. El *Guernika*, último y actual montaje fotografiado por Nano Cañas. Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía - MNCARS (Madrid). Fotografía: cortesía de Erco (p. 68).

Aunque pueda parecerlo, no es el mismo museo. Arriba, una sala del Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía - MNCARS (Madrid), en 1986; abajo, Museo Patio Herreriano (Valladolid). Fotografías: cortesía de Erco (p. 69).

¿Impacto visual o adaptación al programa de uso? Museo Jorge Oteiza (Alzuza, Navarra). Fotografía: cortesía de Erco (p. 70).

5.7. Criterios medioambientales

De obligada discusión, dada la situación actual en materia de sostenibilidad.

5.8. Criterios de composición y escala

Normalmente controlados por el principal facultativo del proyecto.

5.9. Criterios de impacto visual

Evaluar cómo convive formalmente la solución elegida en el espacio expositivo.

5.10. Otros

Los que el lector pueda añadir en función de sus propias experiencias.

6. La luz natural y el espacio expositivo

La luz diurna está presente en el proyecto museográfico desde el momento en que se rehabilitan edificios antiguos y clásicos, dotados de galerías con conexión exterior.

No obstante, en nuestro país la luz diurna, durante los últimos treinta años, ha sido utilizada más como referente que como iluminante, es decir, el diseño arquitectónico hace partícipe a la luz natural del proyecto de iluminación, sin centrar su aportación en la iluminación de la obra de arte sino al servicio de la conexión visual que permite la relación interior-exterior.

Incluso existen algunas leyendas urbanas que aconsejan la visita diurna si el interés es arquitectónico, o la nocturna si es artístico; este es el caso del Museu d'Art Contemporani de Barcelona - MACBA.

Así mismo, hay experiencias impagables acerca de cómo una colección se puede contemplar si la visita es diurna o nocturna; por ejemplo, el Museo Jorge Oteiza en Alzuza (Navarra).

La actual situación crítica en términos de energía está obligando a un cierto replanteamiento de la tesis anterior y, como mínimo, supone una

interesante novedad introducir en la fase de proyecto el debate sobre la oportunidad o no de la luz diurna como herramienta.

En cualquier caso, cabe recordar que la luz diurna debería ser difusa para optimizar su gestión, y esto solo es posible si los huecos de penetración están orientados al norte, y finalmente relacionar su uso con un buen sistema de gestión y control que, de manera automática, dosifique la cantidad de luz artificial necesaria en cada momento.

7. Algunas consideraciones en torno a la práctica de la iluminación expositiva

El espacio expositivo representa una tipología de proyecto de iluminación muy asociada con la experimentación. Difícilmente, por tanto, un proyecto teórico satisfará el resultado final. En el estudio de trabajo se hacen aproximaciones, pero normalmente el acierto final está vinculado a la experiencia *in situ* mediante el ejercicio práctico de prueba/error.

En los planos se podrá dibujar la implantación de la componente difusa; la componente personalizada o de acento se resolverá en fase de montaje, y en la memoria del proyecto se incorporará como dotación alzada aconsejada.

Por tanto, la visita y la inmersión en exposiciones, museos y galerías de arte es un necesario ejercicio si se quiere poseer un correcto dominio de la idiosincrasia del proyecto de iluminación.

La fotometría adopta un convencionalismo cuando define el ángulo del haz de una luminaria tipo proyector al valor medio de la intensidad luminosa máxima. Esto puede resultar una trampa en un montaje expositivo, donde la presencia de haces secundarios puede desvirtuar el efecto deseado cuando se ilumina la obra de arte. Por consiguiente, la exigencia de fotometrías que proporcionen un haz de calidad es imprescindible, y las correcciones con lentes son necesarias cuando se deseen neutralizar los citados efectos.

Finalmente, en la memoria de nuestro proyecto deberían efectuarse todas las consideraciones

necesarias en el ámbito de la comunicación. Por ejemplo, si estamos elaborando una propuesta para la exposición de una obra muy sensible con bajas iluminancias, hay que recomendar que el visitante encuentre una información previa que le explique el porqué de la poca luz y hacerle entonces cómplice de la propuesta para evitar que la critique por ignorancia. Para acabar, una reflexión del arquitecto Louis Khan, para quien lo fundamental en el proyecto de un museo es el silencio y la calidad de la luz.



El proyecto de iluminación. Sistemas de representación

Cristina Camps Colomer

Responsable de proyectos. Erco Iluminación, S.A.

1. Simulación y cálculo

Los arquitectos y proyectistas luminotécnicos se sirven de varios métodos para representar sus ideas y detalles técnicos, y comunicarlos a quienes intervienen en el proceso de planificación. Ya en la misma fase del proyecto, se da la posibilidad de una comparación de las propuestas, adoptándose las decisiones que se requieren para la posterior fase de construcción. La técnica digital de simulación sirvió para ampliar los métodos de los años ochenta del siglo xx, como el croquis, la maqueta, el muestreo y el dibujo.

1.1. Evaluación y presentación

Del mismo modo que existen maquetas de trabajo y de presentación, el sector de la simulación cuenta con una diferenciación similar. La maqueta de trabajo simplifica la tarea de proyectar, utilizando variantes aproximativas y esquemáticas. A ello se contraponen la maqueta de presentación, con una prolífica ejecución en todos sus detalles. En lo que a la luminotecnia se refiere, los croquis, los dibujos digitales o los retoques fotográficos son unas tecnologías de rápida visualización. Para profundizar los estudios, se proseguirá luego con una simulación luminosa aproximada, careciéndose de una definición exacta de los materiales y las luminarias. En la etapa siguiente, seguiremos afinando la simulación mediante superficies realistas y usando luminarias con datos fotométricos, que permitan la planificación detallada y la presentación.

1.2. Simulación y edición de imágenes

Generalmente la simulación se asocia con modelos 3D y con una ilustración exacta del efecto luminoso. Pero para las visualizaciones esquemáticas es frecuente utilizar la edición digital de imágenes a base de representaciones bidimensionales o tridimensionales. Su ventaja radica en

la abstracción y en una materialización más rápida. Pero si el local que se pretende iluminar acusa unas características complejas, dicho método topa con ciertas restricciones, ya que poco es lo que nos puede decir sobre escalas y geometrías complicadas para una planificación detallada.

1.3. Simulación cuantitativa y cualitativa

La simulación aplicada a la luminotecnia comprende dos campos. La simulación cuantitativa pretende averiguar valores numéricos correctos en el orden físico, al objeto de verificar las iluminancias y luminancias que las normas prescriben. La simulación cualitativa, en cambio, enfatiza los aspectos ambientales, que permiten al proyectista luminotécnico transmitir los conceptos estéticos que su proyecto de iluminación debe materializar.

1.4. Simulación y realidad

Es frecuente que la calidad de una simulación sea valorada por el grado mayor o menor en que esta se aproxima a la realidad, siendo planteada la pregunta de si el *rendering* o una representación fotorrealista son físicamente correctos. El criterio de los datos físicamente correctos se refiere a los valores numéricos de la simulación cuantitativa. La visualización en el monitor o por la impresión en color, realizada en el papel, jamás pueden dar la misma impresión que un entorno real. Del mismo modo como un fotógrafo regula la incidencia de la luz abriendo o cerrando más el diafragma, también en el *rendering* se adopta una decisión que afectará al diseño. A ello hay que añadir el margen de contraste con el que cuentan los medios de emisión. Ni la impresión en color, ni la visualización en el monitor, ni la imagen proyectada reproducirán correctamente el contraste de luminancia real. La impresión fotorrealista de una simulación cualitativa se da más bien a través de la representación exacta del efecto luminoso, como por ejemplo de la distribución de la luz y de la sombra, o de la reflexión de la luz en las superficies.

1.5. Interacción

Para poder apreciar los cambios mientras se está realizando el trabajo, el usuario querrá contar con una configuración interactiva de la simulación. De acuerdo con el estado tecnológico actual, la informática puede materializar la interacción solo hasta un cierto nivel. Esto depende también mucho del *hardware*. Generalmente los programas informáticos solo saben representar interactivamente los cambios en la geometría, la posición de la cámara, la textura y las modificaciones sencillas de las fuentes de luz, y las propiedades de los cambios en los reflejos, las sombras complejas y la luz indirecta.

1.6. Proceso de planificación

Para que una simulación luminosa resulte eficaz dentro del proceso de planificación, se requieren una magnitud idónea de los detalles y la buena colaboración con un especialista. Mediante la fijación del alcance de la representación es posible gobernar los factores tiempo y coste. Para la realización de las simulaciones luminosas, el estudio proyectista puede optar por la elaboración propia o recurrir a un especialista en esta clase de servicios. La solución interna admite el *rendering* en paralelo al proceso de planificación. Pero si las simulaciones son extensas y si los servicios son realizados por personal externo, el intercambio de informaciones acusará un volumen considerable. La contrapartida consiste en la mayor experiencia del prestador de servicios, unos resultados más rápidos y una disminución de los gastos del estudio. La simulación luminosa propiamente dicha se puede subdividir en cuatro fases: el modelado de la geometría, la definición de los materiales, la iluminación del modelo y el proceso de renderización.

2. Simulación luminosa

La simulación luminosa es un método útil para visualizar y verificar la iluminación. Exige ciertos pasos en concepto de planificación previos al *rendering*: el concepto y el croquis, el modelo 3D

CAD, así como la especificación de las fuentes de luz y propiedades de las superficies. Para las simulaciones luminosas profesionales, el usuario se sirve de un *software* especial, como 3D VIZ/Max o DIALux. Ahora bien, en su mayor parte, los programas CAD no están en condiciones de simular luz con características físicas correctas.

2.1. Modelo 3D: importación-exportación y geometría

Como base para la simulación se utilizan los datos 3D de un local, con los cuales se calculan las imágenes. Estos datos 3D pueden tener su origen en programas CAD sencillos, o en aplicaciones especializadas. Si el estudio ya está trabajando con datos 3D, estos admiten ser importados desde ese *software*, y que se efectúe con ellos la simulación luminosa. Cuanto mejor se haya preparado el modelo 3D, más sofisticada podrá ser la simulación luminosa, y mayor será el tiempo requerido para hacerla.

Si existe un modelo 3D en un programa diferente para la simulación luminosa, los datos se podrán transferir mediante una exportación e importación. Puesto que los modelos 3D contienen datos bastante complejos, el usuario deberá contar con la aparición de errores, realizando a mano las correcciones necesarias.

Por ello se recomienda efectuar dicha importación desde un principio a varios formatos diferentes de intercambio. Tales formatos de intercambio 3D CAD son, por ejemplo, DWG, DXF y 3DS.

Puesto que los modelos CAD satisfacen unas exigencias distintas a las que requieren los modelos para la simulación luminosa, es frecuente que, a causa de la geometría de los modelos, se den problemas con la simulación. Si bien en un programa CAD no aparece problema alguno en el diseño de los cables metálicos de una barandilla de escalera en calidad de cilindros de alta resolución, por ejemplo, lo cierto es que el cálculo de la superficie del cilindro durante el *rendering* viene a ser bastante complicada. Será conveniente que el usuario tenga en cuenta

esta circunstancia ya a la hora de crear el modelo 3D, y en los ajustes para la exportación. Dado que las simulaciones exigen efectuar muchos cálculos, cosa que seguirán haciendo, la optimización de la geometría permitirá reducir notablemente el volumen de esta tarea. Las geometrías pequeñas pero abundantes en detalles, situadas sobre una capa (*layer*) inactiva propia, pueden disminuir el tiempo de cálculo. Igual de recomendable es una estructura de capas (*layers*) basada en materiales para realizar rápidamente cálculos intermedios.

2.2. Superficie: sombreado y textura

El observador reconoce los materiales tan solo a través de la definición de las propiedades de la superficie. De acuerdo con la sofisticación deseada, en los programas de simulación es posible efectuar ajustes tanto sencillos como complejos.

El concepto inglés *shading* significa “sombreado”. Con la ayuda de un *shader*, el usuario define para las superficies las propiedades luminotécnicas con el color, la reflectancia y la transparencia. Estas determinan cómo aparecerá la luz en el objeto, y qué influencia ejercerá en el entorno. A su vez, el efecto luminoso de las propiedades del material dependerá siempre del tipo y la posición de las fuentes de luz, y aquél se vuelve visible a través de la combinación de los factores de sombreado y la iluminación. Así, por ejemplo, los puntos brillantes en superficies reflejantes aparecen tan solo cuando existe la luz de las fuentes correspondientes.

Para poder representar los objetos con no solo un matiz, es posible asignar texturas a las superficies. Con esta tecnología, llamada *mapeado*, el patrón puede consistir en diseños gráficos abstractos o en fotografías. Los programas de simulación ofrecen, con este fin, unas colecciones extensas de patrones reunidas en bibliotecas, por ejemplo para representar madera u hormigón a la vista. Con la ayuda de unos procedimientos de mapeado especial (mapeado *bump*), es posible modificar las microestructu-

ras, y así dar la impresión de que se trata de superficies tridimensionales. Una sensación muy realista se obtiene mediante fotografías que se asignan a las superficies como textura. Para conseguir una buena calidad, la fotografía deberá contar con una elevada resolución, en lo posible haber sido tomada desde una posición frontal, no acusar la presencia ni de haces de luz reflejados ni de reflejos, e igualmente estar libre de distorsiones originadas por la lente fotográfica.

2.3. Luz: directa, indirecta, fuentes de luz y luz diurna

Si el proyectista pretende transmitir la imagen del ambiente de un local, la luz figura entre los medios de visualización más importantes. La luz forma parte esencial de la percepción del entorno y determina la manera en la que el ser humano interpreta los espacios y los objetos. Simular la luz en un modelo 3D con un *rendering* es un proceso laborioso. El usuario puede recurrir entonces a fuentes de luz normalizadas, o puede trabajar con conjuntos de datos digitalizados para la reproducción de luminarias reales.

En el caso de la luz directa, el rayo de luz va desde la fuente de luz hacia la superficie. Si en el rayo de luz no hay ningún obstáculo, el punto en la superficie se considera iluminado. La luz directa requiere un volumen de cálculo reducido, y este ya era posible en los comienzos de la gráfica informatizada. Pero acusa una restricción considerable, por no ser capaz de reproducir la luz indirecta. Esto significa que un local iluminado mediante un bañador de techo estaría completamente oscuro, salvo en la zona donde incide la luz directa.

La luz indirecta resulta de la reflexión de la luz en una superficie. La reflectancia de la superficie y el grado, generalmente idealizado, de la dispersión determinan la luz indirecta reflejada. Para que se produzca una impresión real del local, el cálculo deberá comprender la máxima cantidad posible de interreflexiones, al objeto de obtener una distribución natural de la luz en el espacio.

Fue tan solo en los años noventa que los progresos habidos en materia de *hardware* permitieron realizar cálculos complejos. Al cálculo de la luz indirecta, se le llama también iluminación global.

En los programas de simulación existen fuentes de luz ordinaria, como las de *spot*, la puntual, la extensiva y la luz solar. No obstante, la representación de luminarias especiales exige la existencia de un interfaz que admita importar sus datos de distribución luminosa. Estos conjuntos de datos, que tienen disponibles casi todos los fabricantes, describen la distribución específica de la intensidad luminosa de cada luminaria. A nivel internacional, el formato IES es bastante corriente para ello. No hay otra posibilidad para efectuar un cálculo correcto de las luminarias que cuenten, por ejemplo, con una distribución luminosa asimétrica, como los bañadores de pared o techo. El uso suplementario de accesorios, como el de una lente de escultura, influye adicionalmente en la distribución luminosa y requiere un conjunto de datos propio.

Si el usuario no desea limitarse a una simulación luminosa cuantitativa, pretendiendo demostrar el efecto que las luminarias producen en el local, este necesitará unos modelos 3D de las luminarias. Hay algunos fabricantes que, con este fin, facilitan las llamadas "luminarias virtuales", que comprenden la geometría tridimensional de la luminaria, las propiedades de su superficie, los ejes funcionales de giro y la distribución de intensidad luminosa. Con la ayuda de la cinemática inversa resulta muy fácil la creación rápida y realista de proyectos. Cuando el usuario está orientando la distribución luminosa en el local, automáticamente se estarán adaptando en este sentido los elementos móviles de la luminaria.

La combinación de la luz diurna, con la luz del sol en incidencia directa y la luz celeste difusa, concede a las simulaciones una apariencia de realidad. Si bien es cierto que la luz diurna es fácil de calcular para presentaciones y estudios de sombreado, su análisis cuantitativo resulta ser bastante más complejo. Unas predicciones

exactas sobre el deslumbramiento en el puesto de trabajo y sobre la transmisión térmica de los diferentes tipos de cristales antisolares solo son posibles mediante un *software* especial y unas herramientas de análisis correspondientes

2.4. *Rendering*: radiosidad, mapeado de fotones y ray tracing

Mediante el motor de *render* es posible generar imágenes fotorrealistas sobre la base de un modelo 3D. Todo programa de simulación cuenta con unos procedimientos de renderización especiales que tienen sus ventajas y desventajas. La experiencia demuestra que, gracias a los progresos que hay en las prestaciones del *hardware*, cada tres o cuatro años se desarrollan unos métodos nuevos de cálculo. Si bien es cierto que son considerables los progresos de optimización en los programas de simulación, la calidad del *rendering* depende también de la habilidad del usuario.

En el cálculo de iluminación mediante el procedimiento de la radiosidad, los rayos de luz proceden de la fuente de luz y son reflejados al incidir en una superficie. Este proceso prosigue con un número definido de iteraciones, con lo que además se tiene en cuenta la luz reflejada por otras superficies. Una ventaja esencial de la radiosidad consiste en que se guardan las propiedades de la luz en una red sobre la geometría del modelo. Este detalle permite cambiar posteriormente la posición de la cámara sin tener que efectuar nuevos cálculos. Algunas desventajas de la radiosidad son el aumento del tiempo de cálculo, los detalles, las esferas u otras escenas complejas con un elevado número de polígonos. Con una red de los valores de luz, cuyas mallas son relativamente grandes a fin de acelerar el cálculo, pueden aparecer, en cambio, errores en la distribución de la iluminación. La radiosidad fue uno de los primeros procedimientos para el cálculo de iluminación, y fue bastante difundido debido a la posibilidad de calcular la iluminación indirecta, difusa. Si en la animación de un modelo arquitectónico lo único que cambia es el ajuste de la cámara,

pero no la luz, bastará un cálculo único para las diversas perspectivas.

El mapeado de fotones funciona de una manera similar al procedimiento de *ray tracing*. Mientras que el *ray tracing* trabaja con rayos que parten del foco de proyección, el mapeado de fotones aprovecha los rayos que parten de la fuente de luz. El mapeado de fotones trabaja con partículas virtuales, los llamados “fotones”, desde los cuales la luz irradia al espacio. Si estos inciden en una superficie, son reflejados y los valores de iluminación son guardados en ese lugar. Una tarjeta propia (*photon map*) guarda los ajustes de los fotones. Así no se vincula la geometría, y puede ser utilizada para simulaciones con cálculos distribuidos en la red. La posición de la cámara admite ser modificada sin tener que efectuar un cálculo nuevo. Cuanto mayor sea el número de fotones presentes en el modelo, tanto mayor será la precisión con la que se pueden diseñar las transiciones en el *rendering*, y aumentará el volumen de cálculo necesario. Después de un cierto número de reflexiones, la tarjeta de fotones poseerá la exactitud deseada. En un proceso adicional se podrán fundir los puntos entre sí mediante el alisado (*gathering*). El mapeado de fotones sirve actualmente de base para otros procedimientos de cálculo adicionales. Para poder representar mejor los detalles, se utiliza una combinación con el *ray tracing*. Un método que esté basado exclusivamente en el *ray tracing* puede resultarnos más laborioso si se trata de modelos con fuentes de luz muy pequeñas o muy claras.

El cálculo de iluminación con *ray tracing*, también llamado *Monte Carlo ray tracing*, no se basa en los rayos de luz que salen de las fuentes de luz, como lo hacen la radiosidad y el mapeado de fotones. En su lugar, los rayos van del foco de proyección hacia el modelo y las fuentes de luz. Si los rayos que vienen del foco de proyección inciden en una superficie, se verifica a través de unos rayos adicionales si este punto refleja luz o si recibe sombra. El resultado es reproducido como un píxel en un plano de imagen. Cuanto

mayor sea la resolución de la imagen elegida, y cuantas más superficies reflectantes existan, más rayos y mayor cálculo exigirá la simulación. La ventaja del *ray tracing* radica en la reproducción exacta de los detalles y las sombras más pequeñas. Puesto que este método depende de un plano de imagen, el cambio del lugar de observación y de la dirección de la vista exigirá un nuevo cálculo. Las escenas con unas relaciones de contraste muy elevadas son críticas, ya que los rayos aleatorios para el cálculo parten del ojo y porque las aperturas de luz pueden quedar fuera de consideración, como si fueran unas pequeñas ventanas en una gran pared.

2.5. Evaluación

Al igual que es posible evaluar una fotografía según criterios de calidad, los participantes en la planificación pueden verificar los errores en los *renderings*. La primera impresión se rige por la estética de la imagen y la similitud del efecto luminoso con el entorno natural, pero hay otros criterios para una evaluación crítica. Al deseo de contar con una reproducción lo más exacta posible, se contraponen el trabajo necesario para un modelado detallado y unos tiempos de cálculo más largos. Esto significa hallar una buena medida de equilibrio entre la exactitud y la velocidad.

2.6. Hardware

Un *hardware* más rápido produce un efecto más notable en la simulación luminosa y su cálculo que en otros campos, como son la comunicación o el procesamiento de textos. Para un proceso de simulación eficaz es decisivo que haya una buena coherencia entre el procesador, la memoria y la tarjeta gráfica.

2.7. Software

Para la simulación luminosa se dispone de bastantes programas. El espectro del *software* va desde el análisis cuantitativo hasta visualizaciones sofisticadas. Si con un cierto *software* se podrá realizar una simulación luminosa correcta a nivel físico, es algo que el usuario podrá averiguar consultando en el manual del mismo si brinda

soporte a la iluminación global o radiosidad, y si el formato correspondiente es IES o Eulumdat. Si se da este caso, el usuario podrá componer los datos fotométricos sobre la base de los respectivos datos DXF 3D.

DIALux es un *software* gratuito para el cálculo y la visualización de proyectos de iluminación. Este programa es del Instituto Alemán de Luminotecnia Aplicada (Deutsches Institut für Angewandte Lichttechnik, DIAL). El *software* DIALux permite el análisis cuantitativo rápido y sin problemas de un proyecto, y cuenta con una funcionalidad sencilla de renderización 3D. El formato de datos ULD para luminarias comprende la geometría 3D de la luminaria, la distribución de intensidad luminosa y la descripción del artículo. Los paquetes *plug-in* de los fabricantes de luminarias comprenden datos de planificación adicionales, como son el factor de mantenimiento o los valores UGR.¹

Con el *software* VIZ, la empresa Autodesk pone a disposición del usuario un programa para visualizaciones exigentes. Los datos de luminarias para Autodesk VIZ, o también 3D Max, incluyen el modelo 3D de la luminaria, las propiedades de su superficie y las texturas, junto con la movilidad de los componentes (cinemática inversa). Mediante la cinemática inversa es posible orientar los proyectores con pocos ajustes. Para la simulación luminosa se necesitarán además datos fotométricos. Con el Autodesk VIZ o el 3D Max es posible efectuar un cálculo de la radiosidad al objeto de obtener una simulación luminosa correcta a nivel físico.

Radiance es un programa profesional para la simulación luminosa de Berkeley Lab. El amplio surtido de herramientas de cálculo y análisis exige tener unos conocimientos muy extensos de sistemas operativos y comandos *shell*, razón por la que suele ser empleado en centros de investigación y empresas altamente especializadas. Debido a esta complejidad, dicho programa no es idóneo para la representación rápida de un

proyecto de iluminación cualitativo. Mediante los datos de luminarias IES es posible realizar una simulación luminosa correcta en el ámbito físico.

2.8. Desarrollos

La expresión *High Dynamic Range* (HDR) describe un formato técnico que permite guardar y representar un mayor contraste de luminancia. Los equipos de salida gráficos funcionan actualmente con el *Low Dynamic Range* (LDR), de 255 graduaciones por cada canal cromático para RGB (8 bit). En una escena con un muy elevado contraste de luminancia, por ejemplo debido al sol, es posible que haya zonas que sean cien mil veces más claras que las que están en la sombra.

Si se guarda la imagen como fichero TIFF o JPG, el alcance de los contrastes es comprimido, con el efecto que el sol es solamente 255 veces más claro que la sombra. Así, el sol y un florero blanco pueden aparecer ambos como blancos en la imagen, no siendo correctamente reproducido el contraste de luminancia real. Puesto que en las imágenes en formato HDR (32 bit) se conserva el alcance completo de los contrastes, se dan unas posibilidades nuevas para la post-exposición o la renderización. Cuando esto sea usual, veremos cómo el desarrollo de monitores idóneos para HDR llevará esta tecnología a un nivel más elevado. A medio plazo, el formato HDR habrá sustituido a los actuales formatos de imagen. El formato fotográfico RAW constituye un paso en esta dirección.

La calidad de la reproducción cromática todavía no se puede apreciar en la mayoría de los modelos de simulación, puesto que no disponemos de los datos y los programas correspondientes. Actualmente, el *software* no está calculando todo el espectro visible de la luz, sino que se limita a ciertos segmentos: rojo, verde y azul. Como las diferentes fuentes de luz no cuentan con un espectro uniforme, resulta de ello una reproducción cromática diferente, que no es cubierta por los programas de simulación. Esto quiere decir que

¹ Más información sobre el *software* DIALux: www.dialux.com

con el estado actual de la técnica no se pueden hacer predicciones sobre, por ejemplo, la reproducción cromática que se tendrá al iluminarse materiales textiles en un comercio. Unas funcionalidades adecuadas, todavía futuras, impondrían la condición de tener que definir adicionalmente tanto las fuentes de luz como las superficies por sus propiedades espectrales.

En las simulaciones siempre transcurre un cierto tiempo entre la entrada de datos y el resultado. Por esta razón, se desea que el cálculo tenga lugar en tiempo real. Hay ya numerosas funciones cuya reproducción se consigue en tiempo real. Pero los avances técnicos suelen ir acompañados de unas exigencias más altas en cuanto a la representación, lo que vuelve a disminuir la velocidad. Unos impulsos correspondientes los está recibiendo la tecnología del tiempo real de los videojuegos, donde la interacción modifica directamente la secuencia de imágenes. El usuario saca provecho, en los videojuegos, de unos sofisticados cálculos previos que no son usuales en la simulación de arquitectura. Los fabricantes de programas de renderización desarrollan, debido a ello, unas soluciones que se basan en las funciones de *hardware* de tarjetas gráficas potentes.

2.9. Cálculo

La planificación de instalaciones de iluminación exige toda una serie de cálculos técnicos y económicos: el nivel medio de iluminación o la luminancia exacta en los diferentes puntos del espacio. Además, puede ser importante averiguar la luminancia de ciertos espacios individuales, las características de calidad de la iluminación: el sombreado y la reproducción de contraste, o bien los costes de una instalación de iluminación, incluyendo los costes de mantenimiento.

3. Ejemplos de planificación

Los ejemplos de planificación siguientes muestran la manera conveniente de utilizar las simulaciones luminosas. Las visualizaciones simplifican, no solo la optimización de la disposición de

las luminarias, sino que ayudan, al mismo tiempo, en todo lo que a la comunicación de conceptos se refiere. Estos ejemplos dan a conocer la evolución habida a través del tiempo —desde el primer empleo de luminarias virtuales y el cálculo de reflectores hasta la representación de conceptos dinámicos de iluminación.

El proyecto de iluminación de la Chiesa Dives in Misericordia viene a ser un verdadero hito, puesto que en 1998 se utilizaron allí por primera vez luminarias virtuales para la simulación luminosa. Esto permitió representar, verificar y analizar las variantes del concepto desde un momento temprano de planificación. En el modelo general de esta iglesia se utilizaron unas 160 luminarias virtuales. Las imágenes individuales del programa Lightscape se combinaron para formar módulos interactivos disponibles en Internet para todos los proyectistas. De este modo podían evaluar las diferentes escenas de luz. El concepto de iluminación trabaja con luz directa, dirigida, para la zonificación del espacio interior de la iglesia, y para acentuar los puntos de interés principales, como el altar y el crucifijo. Para ello se montaron proyectores en la estructura de acero de la claraboya. La otra componente del concepto resulta de la iluminación uniforme de las caras interiores de los paramentos abombados de hormigón, con proyectores y bañadores que fueron montados por encima de las claraboyas.

Chiesa Dives in Misericordia (Roma). Fotografía: cortesía de Erco (p. 87).

La Puerta de Brandenburgo, símbolo de Berlín, fue restaurada y se le puso una iluminación nueva. Los proyectistas luminotécnicos hicieron uso intenso de simulaciones luminosas durante todo el proceso de planificación. No era posible efectuar iluminaciones de prueba, ya que la obra se encontraba cubierta durante toda la fase de proyección, hasta el momento de la inauguración. Las luminarias virtuales con la distribución luminosa fotométrica permitieron tanto las evaluaciones cualitativas como los análisis cuantitativos. Sobre la base de los resultados se pudieron averiguar la disposición y la orientación de las

luminarias. El uso intenso de las simulaciones durante el concurso contribuyó eficazmente al éxito del proyecto.

Bañadores de pared con lente que acentúan las columnas. Bañadores con distribución luminosa asimétrica iluminan, de manera homogénea, las paredes de los pasos que atraviesan la puerta. Los proyectores para la cuadriga sobre la puerta se distribuyeron discretamente sobre los edificios circundantes.

Puerta de Brandenburgo (Berlín). Fotografías: cortesía de Erco (p. 88).

En las simulaciones del Ara Pacis de Roma se usó el método de la foto-textura. El templo fue fotografiado por completo, y las fotografías, asignadas a las diferentes partes del edificio. El programa DIALux permitió tener una impresión realista. Un punto clave de la simulación luminosa lo constituyó el análisis del ángulo óptimo de incidencia de la luz en el relieve, de modo que se pudiera verificar la formación de sombras en el friso en voladizo, y para integrar bien las luminarias en la arquitectura. El modelo fue utilizado a su vez para simulaciones con luz natural. La inclusión de la arquitectura en su entorno se efectuó mediante un programa gráfico.

El visitante accede al edificio a través de un atrio cerrado, antes de quedar expuesta a su vista la nave que, inundada de luz natural, alberga el altar. En los nichos del techo, con una estructura en celosía de hormigón, están montados los proyectores que iluminan los relieves del templo. Las luminarias, equipadas con filtros de conversión *daylight*, armonizan excelentemente con el color de la luz natural. La calidez de la luz halógena, en cambio, hace resaltar de manera óptima el color de las ventanas de travertino.

Simulación diurna del Ara Pacis (Roma). Fotografía: cortesía de Erco (p. 89).

Simulación de la luz artificial en el Ara Pacis (Roma). Fotografía: cortesía de Erco (p. 89).

Simulación del edificio del Ara Pacis (Roma) desde el exterior. Fotografía: cortesía de Erco (p. 89).

Con sus techos de curvatura asimétrica, la visibilidad de la estructura soporte del techo y la manera en la que fueron acomodados los asientos,

el Parlamento escocés (Edimburgo) presenta una geometría sumamente compleja que hace difícil proyectar su iluminación. Esta situación exigió el empleo de la simulación luminosa a fin de cumplir las especificaciones impuestas para la transmisión de televisión, en lo que a la dirección de la luz y la luminancia se refiere. En la sala de plenos, unos doscientos proyectores con lente Vario para HITCE 150 W con 4200 K generan el elevado nivel de iluminación necesario para las transmisiones de televisión, y garantizan que los diputados cuenten con un buen confort visual. Mediante la lente Vario el proyectista luminotécnico puede ajustar individualmente el ángulo de irradiación, y compensar de este modo las diferencias de distancia con respecto a la superficie iluminada.

Parlamento escocés (Edimburgo). Detalle de la complejidad de la arquitectura. Fotografía: cortesía de Erco (p. 90).

Parlamento escocés (Edimburgo). Simulaciones luminosas. Fotografía: cortesía de Erco (p. 90).

Con las simulaciones para el concesionario de automóviles Dinamica se verificó el concepto de iluminación, y al mismo tiempo se ofreció al dueño de la obra una presentación fácilmente comprensible. En cuanto a las prestaciones de las simulaciones, a estas pertenece el cálculo de la luminancia y la luminancia de los automóviles, las paredes y las superficies de trabajo, a fin de poder analizar contrastes críticos de luminancia y evitar el deslumbramiento. Comparando los dibujos técnicos con proyecciones horizontales y verticales, las visualizaciones ayudaron a formarse una mejor idea tridimensional de la solución luminotécnica.

La iluminación básica antideslumbrante del pabellón es efectuada mediante Downlights pendulares con lámparas de halogenuros metálicos de 150 W. Unos proyectores adicionales, en estructuras luminosas suspendidas, hacen resaltar las superficies de presentación dadas y consiguen producir efectos de brillo en los metales y cristales. Una serie de Uplights enmarca el contorno del edificio, iluminando las láminas de aluminio del techo en voladizo.

Dinamica, concesionario oficial de BMW y Mini (Brescia, Italia). Fotografía: cortesía de Erco (p. 91).

Más información: www.erco.com/guide_v2/simulacionycalculo

Museos de España: ¿una década prodigiosa?*

Joaquim Adell Calduch

Ingeniero de iluminación

Cristina Camps Colomer

Responsable de proyectos. Erco Iluminación, S.A.

Este artículo expone la evolución en el tratamiento de las soluciones de iluminación para los museos de España, básicamente de arte, a lo largo de los últimos años.

A continuación se tratará de valorar de qué manera circunstancias tales como las innovaciones en las fuentes de luz y el diseño de luminarias, en los sistemas ópticos y las distintas interpretaciones formales y arquitectónicas de los contenedores-museos, han podido influir en las modificaciones de las propuestas de iluminación. En este sentido, se analizarán los aspectos específicos que han sufrido mayores cambios y el porqué.

Al final de la dictadura y durante el proceso de transición democrática, el campo de los equipamientos culturales en nuestro país, y todo lo relacionado con la cultura, estaba en una fase muy inicial. Este fue el impulso que necesitaba el sector para comenzar un largo camino.

En este trabajo se trata de analizar este recorrido, valorando las aportaciones de cada época y su posible evolución futura, y haciendo una comparación en el tiempo que permita verificar el alcance o la influencia de las distintas etapas e intervenciones.

En nuestro recorrido analítico, buceando dentro de un enorme archivo de proyectos con sus respectivos soportes documentales fotográficos, distinguimos alrededor de siete hechos significativos o hitos que suponen las etapas que explican este desarrollo.

1. 1975, el concurso de climatización y de iluminación del Museo del Prado. Introducción

La historia moderna de los museos de arte españoles tiene su origen en 1975, año en el que se convoca un concurso para la renovación y la mejora de las instalaciones del Museo del Prado de Madrid; originalmente, de climatización y extensivo, después, a la iluminación.

Como consecuencia de esta convocatoria, la firma ganadora del concurso desarrolló un concepto de iluminación que se concretó, para la primera fase de la actuación, en luminarias asimétricas, empotradas o de superficie, para tres lámparas fluorescentes con óptica parabólica de alto brillo y muy baja luminancia. En 1977 se inicia la intervención y, a nuestro modesto juicio, este es el primer hito y origen de esta "década" de casi treinta años de desarrollo, modernización y despegue de nuevos conceptos de iluminación específicos para los museos de arte de España.

2. 1982-1983, ala Goya del Museo del Prado

En este periodo se realiza la iluminación de las salas temporales situadas en el ala Goya del Museo del Prado, con la aplicación de un concepto de luz difusa y luz de acento en un soporte estructural electrificado y, por tanto, flexible. El cambio conceptual de sistema de iluminación en relación con las luminarias instaladas a raíz del concurso de 1975 hay que atribuirlo, en primer lugar, a un condicionante arquitectónico y a la necesidad de buscar una mayor flexibilidad en los recursos de iluminación, dado el carácter temporal de las exhibiciones.

Se emplearon lámparas PAR-38 de haz de luz fría, tanto en la intervención de luz difusa como en la de acento en sus dos modalidades *spot* 10° y *flood* 30°, en un tipo básico de proyector capaz de modificar su fotometría con la adición de accesorios tales como lentes, filtros y elementos de control del flujo luminoso. De ahí la posibilidad de adaptación a cualquier montaje expositivo.

* Los autores presentaron este artículo en el XXIX Simposium Nacional de Alumbrao (Cuenca, 2003).

Más de quince años después, este mismo concepto se repite en las salas nuevas del Museo de Bellas Artes de Bilbao, cuya última reforma es del año 2002.

La aplicación, no obstante, no se efectúa al pie de la letra, sino que se iluminan solo las obras, no se bañan las paredes uniformemente.

Museo del Prado (Madrid). Fotografía: cortesía de Erco (p. 95).

Museo de Bellas Artes de Bilbao. Fotografía: cortesía de Erco (p. 95).

3. 1984-1986, Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía (MNCARS)

Este espacio correspondía a un antiguo hospital, obra del arquitecto Francesco Sabatini y datado en la época del rey Carlos III. Estamos ante la primera gran rehabilitación arquitectónica del siglo xx, en lo que a equipamientos culturales se refiere. España inicia la moderna historia de rehabilitación de espacios para exhibir las colecciones de arte contemporáneo y ubicar las obras de los artistas actuales.

La concepción arquitectónica del “contenedor” de las obras asume su propio protagonismo e influye en el concepto de la iluminación museográfica. Por primera vez se debe prever un nuevo concepto de iluminación arquitectónica junto a la iluminación museográfica. En consecuencia, deben convivir ambos conceptos de la manera más natural posible.

Se plantea una combinación de luz difusa indirecta para iluminar la bóveda de cañón, una luz difusa vertical directa y una luz de acento, las tres a partir de una misma estructura soporte. La fuente de luz empleada es la halógena, básicamente en versión doble envolvente, y PAR-38 para el acento. La industria de la iluminación evoluciona su oferta a partir de nuevas mejoras en las fuentes de luz halógenas que, en la versión de doble envolvente con la ampolla exterior mate, permiten el desarrollo de ópticas asimétricas y una correcta absorción de la energía ultravioleta.

Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía - MNCARS (Madrid). Fotografía: cortesía de Erco (p. 96).

Este criterio, al igual que en la anterior etapa (ala Goya del Prado), pretende la iluminación de paramentos de manera uniforme, de tal modo que el montaje de las obras de arte es independiente de la iluminación y no establece ningún condicionante. Se cuelgan y descuelgan mientras el ritmo de elementos de iluminación permanece constante e inamovible. Este concepto de iluminación hace fácil el montaje expositivo, el cambio de montajes y el mantenimiento, lo que representa una tendencia que se ha mantenido hasta nuestros días.

Ante la conmemoración Madrid Capital Cultural en el año 1992, un nuevo equipo de arquitectos analiza la posibilidad de cambiar totalmente el concepto de iluminación de este edificio, con el objetivo de dejar su impronta en la intervención. Después de casi un año de elucubraciones, llegarían a la conclusión de que lo más válido era lo instalado en 1986.

Quince años más tarde, este mismo concepto se aplicará en el Museo Patio Herreriano de Valladolid. Este es otro edificio rehabilitado —un monasterio— para un uso distinto al original, aunque, como el Reina Sofía, alberga una importante colección de arte contemporáneo.

Museo Patio Herreriano (Valladolid). Fotografía: cortesía de Erco (p. 97).

Como nota anecdótica, cabe destacar que tanto el tipo como el color del pavimento son exactamente los mismos que los empleados en el Reina Sofía, y que hay bastantes similitudes en el tratamiento de la luz natural. En este caso también se emplean las lámparas halógenas de doble envolvente como fuente de luz principal, y lámparas PAR-38 para la iluminación de acento.

4. 1985-1989, Institut Valencià d'Art Modern (IVAM)

Proyectado en 1985 e inaugurado en 1989, este edificio fue pensado y realizado para ser un museo con vocación de puro contenedor anónimo, que cedía toda la importancia al arte. Este es un

hecho significativo de gran importancia. No hay ninguna recuperación de un edificio histórico, sencillamente se edifica un espacio pensado directamente para su uso.

El concepto de iluminación que refleja está basado en una iluminación vertical difusa, mediante bañadores asimétricos asociados a una trama de raíl, con el complemento de una iluminación de acento para la colección de esculturas de Julio González, adquirida por el museo en su fase fundacional. Las luminarias se equipan con lámparas halógenas de doble envolvente.

Institut Valencià d'Art Modern - IVAM (Valencia). Fotografía: cortesía de Erco (p. 98).

El criterio es equivalente al del Reina Sofía. La única gran diferencia es que aquí se aplica a un edificio de nueva planta, no a uno preexistente, motivo por el que no hay condicionante previo de iluminación arquitectónica.

El IVAM ha adquirido una gran importancia y valoración como centro de arte moderno, habiéndose convertido en la actualidad en todo un referente. No en vano Carmen Alborch, después ministra de Cultura, Tomás Llorens, actualmente director honorario del Thyssen de Madrid, y Vicent Todolí, antiguo director de la Tate Modern de Londres, han dejado su huella como gestores del centro.

El Centro Atlántico de Arte Moderno - CAAM, en Las Palmas de Gran Canaria, repite el mismo modelo de iluminación en 1992, así como un buen número de otros centros expositivos de nuestro país.

Centro Atlántico de Arte Moderno - CAAM (Las Palmas de Gran Canaria). Fotografía: cortesía de Erco (p. 99).

5. 1990, antológica de Velázquez en el Prado

Enmarcado dentro de un proceso de reforma sin prisas, pero sin pausa, en esta nueva etapa el Museo del Prado resituó las obras de Velázquez. Esta exposición coincidió con una potente intervención en las cubiertas que permitió, entre otros objetivos constructivos, un mejor control de la luz de día.

Un lucernario, cuyo aporte en pared escasamente permite obtener 40 lx como máximo, y proyectores a una distancia media aproximada de 14 m equipados con lámparas halógenas de bajo voltaje QT-12 100 W-12 V, son la solución. Por ello, es necesario manejar un concepto de iluminación personalizada de tipo directo y difuso. Debemos recordar que en estos lucernarios se habilita en paralelo una iluminación fluorescente para que, en ausencia de luz de día, nunca puedan aparecer como transparencias oscuras.

En paralelo a esta actuación, se instaló en las galerías de acceso a las salas de exposición, también espacios expositivos, una infraestructura de raíles electrificados para la iluminación de acento complementaria a la iluminación natural proporcionada por los lucernarios.

Museo del Prado (Madrid). Fotografía: cortesía de Erco (p. 100).

Al cabo de ocho años, en 1998, se desarrolla una interpretación de esta aplicación para la ampliación del Museu de Belles Arts de València. Esta exposición representa el inicio de un nuevo concepto de iluminación, basado en la combinación de luz directa (30% del total) y luz personalizada de acento (70% del total). Por supuesto, la componente difusa puede ser obtenida tanto con luz de día como con iluminación artificial.

Museu de Belles Arts de València. Fotografía: cortesía de Erco (p. 101).

6. 1992, Museo Thyssen-Bornemisza (Madrid) y Museo de Bellas Artes de Sevilla

A partir de 1990, con la reforma y acondicionamiento del Museo de Bellas Artes de Sevilla y la apertura de la colección Thyssen en el palacio de Villahermosa de Madrid, se inicia un proceso de renovación de los museos. Son proyectos de iluminación basados en la combinación de una luminaria asimétrica para lámpara fluorescente y de un concepto añadido de iluminación de acento con distintas interpretaciones, aunque siempre con lámpara halógena.

Museo de Bellas Artes de Sevilla. Fotografía: cortesía de Erco (p. 102).

Museo Thyssen-Bornemisza (Madrid). Fotografía: cortesía de Erco (p. 102).

Itinere. Caminos e caminantes en la sala de exposiciones del Centro Galego de Arte Contemporánea - CGAC (Santiago de Compostela, diciembre 1994 - marzo 1995). Fotografía: Archivo Fotográfico CGAC / Juan Rodríguez (p. 103).

Aquí se produce una importante mutación: la luz vertical uniforme y difusa a partir de la utilización de lámparas halógenas cambia a fluorescencia. Han pasado quince años desde la primera introducción de las lámparas fluorescentes en los museos, y coincide con el momento en que aparece la generación de lámparas fluorescentes con rendimientos de color superiores a 90 y una componente energética en ultravioletas muy controlada, lo que ayuda a su plena integración en los espacios museográficos.

Hay varios ejemplos de mimetismo de estos conceptos:

- 1993, Centro Galego de Arte Contemporánea - CGAC (Santiago de Compostela).
Con una aplicación espartana del concepto de luz vertical asimétrica y difusa a partir de la utilización de lámparas fluorescentes.
- 1995, Museo de Belas Artes da Coruña.
Al igual que en la colección Thyssen, se emplea luz vertical difusa con lámparas fluorescentes y la posibilidad de una iluminación de acento con el equipamiento de una estructura electrificada, situada por detrás de las luminarias bañadoras.
- 1998, Museo de Bellas Artes de Asturias (Oviedo).
En este caso, se repite el mismo esquema que en el CGAC y que en el Museo de Bellas Artes de Sevilla.
- 2000, Museu de Belles Arts de Castelló.
En este espacio coexisten salas con solo una iluminación difusa vertical y salas con iluminación personalizada difusa a través de proyectores a bastante distancia.
- 2002, ARTIUM, Centro-Museo Vasco de Arte Contemporáneo (Vitoria-Gasteiz).
El concepto de iluminación es similar a los museos descritos con anterioridad, aunque por razones de composición, la iluminación bañadora

se realizó con lámparas halógenas y por ello con proyectores de menor tamaño.

Museo de Belas Artes da Coruña. Fotografía: cortesía de Erco (p. 104).

Museu de Belles Arts de Castelló. Fotografía: cortesía de Erco (p. 104).

ARTIUM, Centro-Museo Vasco de Arte Contemporáneo (Vitoria-Gasteiz). Fotografía: cortesía de Erco (p. 104).

7. 1995-1997, Museu d'Art Contemporani de Barcelona (MACBA) y Guggenheim Bilbao Museoa

Se introducen estos dos proyectos porque se trata de una aplicación en Europa de conceptos generados y desarrollados en Estados Unidos, basados en el empleo de lámparas de incandescencia y halógenas. Además porque, especialmente el Guggenheim, suponen un nuevo estilo basado en una combinación de competencia técnica y, sobre todo, recursos económicos.

Aunque el Guggenheim Bilbao Museoa ha tenido mayor eco y predicamento como espacio de referencia, el hecho de proponer ambos como hitos de una nueva etapa estriba en que la comparación entre ellos permite obtener interesantes conclusiones.

La diferencia entre ambos museos es que, mientras que en el MACBA la dirección facultativa acepta que la aplicación se europeice y se materialice con proyectores suficientemente contrastados, básicamente para lámpara halógena de bajo voltaje QT-12 de 75 y 100 W, en el Guggenheim exigen el desarrollo de un nuevo concepto de proyectores donde se integran los accesorios en lugar de añadirlos, como hasta entonces se hacía, y se aplica un nuevo concepto para el recorte del haz secundario de los proyectores: el *snoot*.

Además, no se acepta la adaptación europea en materia de fuentes de luz y se definen las muy americanas PAR-56, 240 W-110 V y QPAR-38, 60-80 y 120 W-110 V, lo que obliga a los proyectores a incorporar una mochila que albergue el transformador necesario para elevar la tensión de 110 a 220 V. También se utiliza la QR-111 en diferentes potencias y aperturas de haz trabajando a 12 V.

Soy inmortal y estoy vivo, de Gil J. Wolman. Museu d'Art Contemporani de Barcelona - MACBA (2010). Fotografía: Archivo fotográfico MACBA / Tony Coll (p. 106).

Guggenheim Bilbao Museoa. Fotografía: cortesía de Erco (p. 106).

CaixaForum (Barcelona). Fotografía: cortesía de Erco (p. 106).

Desaparece el sistema soporte estructural de raíles electrificados y nace el concepto de *powerpoint*, toma de energía eléctrica y *powerbar*, barra soporte conectada al *powerpoint*. Mediante este sistema, los puntos de toma de energía son perfectamente invisibles si no se necesitan. En ambos museos se trata de una iluminación personalizada, principal cambio e innovación, y se modifica por tanto la secuencia del montaje expositivo, ya que primero se montan las obras de arte y luego se iluminan a la carta. Como efectos miméticos de estas intervenciones, encontramos la ampliación del IVAM de Valencia en el año 2000, la ampliación del Museu Picasso de Barcelona en el mismo año, y el centro cultural CaixaForum, también en Barcelona, en el año 2002.

Museu Picasso (Barcelona). Fotografía: cortesía de Erco (p. 107).

8. Evolución del rol de la luz de día

Durante el desarrollo de esta historia hemos podido fijarnos en cómo ha evolucionado el papel de la luz de día. Así, mientras que en el Prado se ejecutaron importantes inversiones para controlar mejor la luz diurna, hay museos como la Fundació Miró de Barcelona que no han tenido más remedio que clausurarla en la mayoría de eventos expositivos. Los nuevos edificios de museos procuran mantener también la presencia de la luz de día, pero sin utilizarla como iluminante, o al menos sin que haga este papel voluntariamente. Se trata entonces de un instrumento de comunicación y de referencia, más que de una fuente de luz. Trabaja en el entorno psicológico de las personas, no ilumina las paredes; mantiene solo una relación visual con el exterior.

Como ejemplos de ello tenemos el MACBA, el Guggenheim, el Museo de Belas Artes da Coruña, así como nuevos museos no citados en este trabajo por sus pocos meses de funcionamiento, como el Museo de Arte Contemporánea de Vigo - MARCO.

9. Conclusiones

Por lo que se ha podido contemplar, la tendencia actual en la iluminación museográfica se dirige hacia una iluminación más personalizada. Se pretende una mayor implicación en el montaje y ya no sirve colgar las obras sin más ante una iluminación uniforme, sino que se individualiza la iluminación en cada obra colgada o expuesta.

Los profesionales del mundo escenográfico tienen cada vez un papel de mayor relevancia; se les convoca a trabajar también en el museo o en los espacios expositivos y aplican criterios teatrales de iluminación. Los montajes expositivos tienden a ser cada vez más arriesgados y problemáticos con relación a la percepción visual, en el sentido de que fuerzan reiteradamente la acomodación del ojo, con la problemática de adaptación que ello genera. Por supuesto, las antiguas alternativas coexisten en paralelo con la tendencia citada anteriormente. En general son bastante más económicas, proporcionan un resultado de iluminación correcto y digno, y facilitan las tareas del montaje expositivo y del mantenimiento posterior.

Con independencia de ello, nuestro país, desde el concurso de climatización e iluminación del Museo del Prado, se ha dotado de una serie de instalaciones museísticas modélicas que representan un hito en la promoción cultural de nuestras ciudades. Sin embargo, Juan Carlos Rico, arquitecto, doctor en historia del arte y autor de tres libros imprescindibles para quien quiera profundizar en el mundo del museo, publicó un ensayo en 2002 titulado: *¿Por qué no vienen a los museos? Historia de un fracaso*. El autor reconoce que nunca como hasta ahora ha habido tanta gente en los museos, pero se pregunta si esto era lo que se pretendía, pues se pone en cuestión si la gente disfruta o va porque se "debe" ir.

Pero este debería ser el argumento para otro artículo, ponencia, debate o discusión.

Fuentes:

Fondo documental de proyectos de Erco Iluminación, S.A.

Bibliografía:

Juan Carlos Rico: *¿Por qué no vienen a los museos? Historia de un fracaso*, Madrid, Silex, 2002.



La exposición y la conservación preventiva en la museografía

Miguel Ángel Rodríguez Lorite

Licenciado en Ciencias Físicas. Director de Intervento

Fernando Muñoz Gómez

Arquitecto. Responsable del departamento de diseño de Intervento

“El hecho de exponer algo es más complejo que el simple hecho de mostrar. Es una puesta en escena de carácter discursivo basada en los objetos, su naturaleza, relación y significado. Exponer es codificar, interpretar y proponer modelos de percepción y entendimiento sobre lo que se ha expuesto. Es por este motivo que no es una actividad inocente ni al margen de determinados intereses, sean ideológicos, políticos o económicos.” (Díaz Balerdi, 2008)

1. Marco de referencia

El 90% de los museos y centros de exposiciones tiene menos de cincuenta años de vida. Su espectacular crecimiento tiene mucho que ver con la evolución del “primer mundo”, y hoy la realidad del museo como entidad cultural tiene cada vez menos relación con los pilares teóricos de la museología clásica. La interrelación entre las funciones de conservación e investigación, divulgación y exposición ha variado sustancialmente.

Si por un lado es innegable que el desarrollo científico y tecnológico ha encontrado por fin su lugar en el campo de la conservación de bienes culturales, que la preocupación por la conservación preventiva ha llegado prácticamente a todos los ámbitos de la gestión cultural, y que en líneas generales se aplican los protocolos de conservación en la mayor parte de los museos y exposiciones temporales de relevancia; también es cierto que no estamos ante una práctica generalizada.

Paradójicamente, en nuestro país —será por aquello de llegar siempre tarde a todas partes—, se continúa aún haciendo museos y centros culturales

sin la más mínima garantía de funcionamiento, incluso a corto plazo; de modo que no hay ciudad, por pequeña que sea, que no tenga un centro de arte contemporáneo, ni pueblo sin un centro de interpretación o museo local.

Esta “museofilia”, por lo que se refiere a las infraestructuras culturales, se acompaña de un cambio en el concepto tradicional de lo que es museizable, de modo que podemos encontrar en muchos almacenes y exposiciones obras sin el significado, valor, interés o antigüedad necesarios para poder ser coleccionadas y, por tanto, preservadas.

Si en los años ochenta del siglo pasado era imprescindible emprender un proceso de ampliación y modernización de los museos de nuestro país, después su proliferación ha alcanzado cotas de mercado artificiales, promovida sin duda por la megalomanía de los políticos.

En paralelo, la producción de exposiciones temporales ha sido el instrumento preferido por los museos y entidades culturales para incrementar la afluencia de visitantes.

Las dos últimas décadas han sido un ejemplo de exposiciones faraónicas, paradigmas del despilfarro y el lujo, impropias de sociedades cultas y avanzadas. Pero dejando de lado los ejemplos más significativos, lo cierto es que la tónica general ha consistido en ciclos de programación de alta velocidad, que hacen imposible la visita de gran parte de los ciudadanos, posiblemente interesados, y por tanto su rentabilización cultural y económica como servicio público.

2. La conservación preventiva no es solo una cuestión técnica

Tradicionalmente el ámbito de la conservación preventiva de bienes culturales se restringía al control de las interacciones energéticas entre el objeto y el medio circundante, así como a las precauciones en todos los procesos de manipulación y desplazamiento de este.

En los últimos años, la mayor parte de las disciplinas que se ocupan del patrimonio han desarrollado facetas de su actividad en este campo, lo que es sin duda un progreso. Pero, en definitiva, la conservación preventiva se sigue circunscribiendo a ámbitos científicos y técnicos de algunas profesiones.

La museografía es quizás uno de los procesos más completos de intervención sobre las obras de arte en el que participan, de modo decisivo, otras disciplinas y profesiones que no entienden su implicación en la tarea de la conservación. En el caso de las exposiciones temporales, debido a su naturaleza, los riesgos se concentran.

2.1. El discurso

El trabajo curatorial consiste en elaborar un guión con total libertad intelectual basado en los objetos oportunos. Como es natural, la materialización de este discurso obliga a la reunificación, en un espacio determinado, de una serie de obras que procederán de diferentes lugares.

Solo la concentración y posterior exhibición de estas piezas supondrá daños objetivos, con independencia de que se hayan extremado las precauciones y se cuente con todos los recursos técnicos que se consideren necesarios. Es evidente que el traslado de una pieza de un país a otro implica manipulaciones, movimientos, cambios en las condiciones climáticas, etc., y por tanto se producirá siempre un deterioro.

Ahora bien, conservar en un sentido global una obra no es solo garantizar su integridad física, sino también ofrecer una visión enriquecedora de la misma en un contexto y mantenerla viva en la memoria colectiva. Por tanto, si se alcanza el objetivo y se han tomado todas las posibles precauciones, el balance será entonces positivo en términos de conservación.

Otra cuestión diferente es la práctica habitual. Es evidente que en muchas ocasiones resulta imposible saber exactamente cuáles de las piezas en las que el discurso se ha de apoyar podrán formar parte finalmente de la exposición. Pero

una vez ya se sabe lo que hay, ya se ha llegado al montaje de la muestra y las obras ya están en la sala, es de difícil justificación no exhibir aunque sea solo una de ellas. Normalmente esto no pasa si la obra procede del extranjero y el transportarla ha comportado un coste significativo, pero es frecuente en obras que proceden de museos cercanos. Es decir, que por improvisación, inseguridad, o por la razón que sea, se acaba “cosificando” la obra; de modo que pasa de ser el soporte del discurso a ser la ilustración o decoración del mismo, y por tanto es prescindible. Entonces sí se ha generado un problema de conservación gratuito.

Obviamente también existen exposiciones sin sentido, pero en este caso, la responsabilidad última es de la autoridad cultural que las promueve.

2.2. La gestión

2.2.1. La planificación

Si existe algo que no se mueve en el proceso de producción de una exposición temporal es la fecha de inauguración, por lo que la planificación adquiere una importancia decisiva para respetar los protocolos establecidos. Todos los errores e incumplimientos de los plazos en el proceso de producción se delatan en la última fase —la más delicada—, que es el montaje de la exposición.

Quien tiene un poco de experiencia en este campo sabe que acabar “resolviendo en la obra” pone en grave peligro las piezas. Un montaje con más personal del necesario, con estrés, jornadas maratónicas y sin una coordinación eficaz es, sin duda, el mayor riesgo para la conservación de las obras y la seguridad de las personas.

El cronograma y su severo cumplimiento son claves en la estrategia de conservación; en el caso de que se tenga que asumir la presión, mejor que sea en las oficinas, durante la fase previa a la producción, que en las salas de exposición.

2.2.2. La gestión económica

La cuestión económica también puede afectar a la conservación de las piezas, especialmente

cuando se trata del embalaje, el transporte de las obras y el montaje.

El procedimiento establecido para la gestión económica de una exposición temporal es conocido por todos los profesionales que desarrollan su actividad en este ámbito (Hernando, 2006). Una vez se conoce el proyecto y se cuenta con el diseño de la exposición, es fácil que la estimación presupuestaria se pueda realizar correctamente. Es cierto también que existen multitud de ajustes presupuestarios que se pueden hacer sin influir en la exposición propiamente dicha (catálogos de mayor o menor calidad de diseño y de imprenta, supresión de gastos protocolarios y elementos superfluos de diseño, etc.), pero lo habitual es que los mecanismos de ajuste se reserven para el final, cuando toca contratar el montaje. Ello implica una reducción de calidad de los materiales, medios, tiempo de montaje, equipo profesional, etc., justo cuando lo que se debe hacer está en relación directa con la obra a exhibir, su entorno físico y su manipulación.

Con la antigua Ley de contratos para las administraciones públicas, la solvencia técnica o las mejoras de los pliegos de los concursos para el montaje de las exposiciones aún servían para algo, pero con la nueva ley, la profesionalidad, los recursos técnicos o la experiencia no valen prácticamente nada, siendo el único criterio decisivo para la adjudicación la oferta económica.

Esta tendencia irrefrenable de contratación a la baja —que probablemente se agudice más aún en un futuro próximo— puede tener efectos muy perjudiciales para la conservación de las obras. De hecho, ya existe un espacio dentro de los grandes museos para las empresas de montaje de actos o ferias, en detrimento de las compañías con décadas de experiencia en el montaje de exposiciones de obras de arte.

El gestor, una vez llevada a cabo la experiencia y después de constatar que al final el resultado “aparentemente” es el mismo, se sentirá satisfecho de su capacidad de administrar el dinero público o de su entidad. Si un gran centro de arte es capaz

de contratar un servicio de montaje a un precio de 15 euros la hora, debería saber que dejará las obras de arte en manos de personal sin la formación necesaria, y a cargo de una empresa que, seguramente, no tiene todo lo que hay que tener en regla. El accidente es solo cuestión de tiempo.

Ante una disponibilidad presupuestaria menor, una autoridad cultural competente se debe plantear mejorar la eficacia del equipo de producción y la coordinación de su entidad, reducir gastos suntuarios, solicitar a comisarios y diseñadores proyectos contenidos y racionales, buscar precios razonables de producción y montaje o, en última instancia, disminuir el número de exposiciones. Es decir, se debe apostar por la racionalización y la optimización de los recursos (lo que debería hacerse también en épocas de prosperidad), sin sacrificar la calidad del producto final y, menos aún, las garantías para el cuidado y la seguridad de los bienes expuestos.

2.3. El diseño museográfico

Más adelante dedicaremos un apartado específico a esta cuestión. Es cierto que los diseñadores —en general— son conscientes de que las piezas se deben exhibir de acuerdo con su naturaleza. No obstante, en ocasiones, determinados aspectos constructivos y formales se contravienen con los criterios de conservación de las obras. Dejando de lado aquellas exposiciones —cada vez existen menos, afortunadamente— en que las piezas no son más que la coartada del diseño, aún se concede demasiado territorio a la recreación espacial.

Habitualmente el diseñador parte de una serie de condicionantes derivados de la tipología de un espacio, del guión de la exposición de quien asume el comisariado, de la naturaleza y morfología de las piezas, de sus condiciones de conservación y del presupuesto. Un buen proyecto será el que, sin perder de vista todos y cada uno de estos condicionantes debidamente jerarquizados, encuentre una solución constructiva eficaz que, como es natural, responda al criterio estético del diseñador.

La realidad, sin embargo, permite afirmar que la inmensa mayoría de los museógrafos peca de una formación básica en la conservación preventiva y en los recursos tecnológicos necesarios para asegurar que las condiciones de conservación se mantengan. La explicación es muy sencilla: la conservación preventiva no se ve y tampoco sale en las fotografías.

2.4. Las salas

Normalmente las condiciones de conservación de las que se informa en un *facility report* hablan únicamente de la humedad, la temperatura, la iluminación y los soportes, así como de las características del edificio y de determinados servicios de prevención, aspectos que deberían considerarse escrupulosamente, aunque no siempre es posible.

La mayoría de los centros expositivos importantes se ajustan al Código Técnico de la Edificación (que contempla la reglamentación para espacios de uso público), lo que no solo repercute en la seguridad de las personas, sino también en la de los bienes contenidos en el edificio.

Señalamos ahora tres aspectos en los que la mayoría de las salas dejan mucho que desear. El primero tiene que ver con el control de las condiciones climáticas. Casi todas las salas aseguran el control de la temperatura, pero no el de la humedad relativa; la instalación no es sectorial en función de los espacios expositivos y no cuentan con sistemas de seguimiento y control. En segundo lugar, la instalación de la iluminación suele estar adaptada a la geometría de la sala, pero no presenta la versatilidad necesaria para servir a las configuraciones espaciales que se derivan del diseño museográfico y, además, no suele estar prevista la posibilidad de regulación centralizada. Y finalmente, existe un tercer elemento significativo (sobre el que volveremos más adelante), que es la inexistencia de líneas de vida¹ para asegurar el trabajo en altura, a pesar de que prácticamente todos los centros de arte actuales disponen de salas con alturas superiores a los cuatro metros.

2.5. La coordinación

Probablemente la coordinación es la función más delicada del proceso de premontaje y montaje de la exposición. La relativa novedad de la expografía como disciplina museográfica permite el acceso a esta actividad desde los cursos de especialización que se imparten en numerosas universidades públicas y privadas.

El perfil más habitual es el de personas que entienden este trabajo como el primer peldaño hacia el comisariado o la gestión de una entidad cultural y, en general, con más conocimientos de historia del arte, legislación o comunicación que de aspectos prácticos de la arquitectura efímera, la organización de una exposición o la conservación de los bienes culturales.

En el caso de los museos públicos, la labor suele recaer sobre conservadores de museos o restauradores, aunque el trabajo no tenga que ver estrictamente con sus funciones.

Articular la comunicación y el entendimiento entre los diferentes actores del proceso, facilitar la cooperación y asegurar el cumplimiento de los cronogramas y los protocolos no es un trabajo fácil cuando, además, se condimenta por sistema con el estrés.

Una correcta coordinación es la principal salvaguarda para el cumplimiento de los protocolos de conservación de las obras; así pues, la inclusión de este perfil en los organigramas de las entidades culturales significaría un avance importante para la museografía y la conservación.

2.6. Las empresas de montaje

La explosión expográfica de las últimas décadas ha permitido el desarrollo de empresas especializadas en este campo, habituadas al trabajo

¹ Las líneas de vida, del inglés *lifecycle*, son un elemento de prevención de los riesgos laborales indispensable para desarrollar multitud de trabajos en altura. Básicamente, son cuerdas de seguridad que deben anclarse en puntos que garanticen la eficacia para evitar accidentes producidos por caídas. Las mediciones de los factores de caída y las resistencias de los materiales deben ser analizadas por un técnico competente para garantizar su correcta instalación.

dentro de los museos y centros culturales. En paralelo, aunque de forma desigual y esencialmente pragmática, estas empresas han aprendido la metodología de trabajo con los bienes culturales, conocen los protocolos de interacción con la obras y los han incorporado a sus rutinas profesionales. Muchas de ellas cuentan en su plantilla (o sino los subcontratan) con técnicos y profesionales de diferentes disciplinas capaces de resolver las situaciones más delicadas.

Cabe señalar, no obstante, que en líneas generales las empresas no han aprovechado la época de crecimiento para modernizarse en profundidad. Unas se han disfrazado de “modernas”, mientras que otras han continuado como siempre, aunque con más medios e infraestructuras. Las asignaturas pendientes continúan siendo la escasa atención que se presta a la formación en salud laboral y al cumplimiento de la legislación en este terreno, a la formación continua de los trabajadores, a la creación de plantillas estables, a la incorporación de nuevas tecnologías ya presentes en cualquier montaje, a la igualdad de género, etc.

Ahora bien, lo cierto es que las empresas hacen en función de lo que los clientes piden. Teniendo en cuenta que el 80% de la facturación de las empresas proviene de las administraciones y las fundaciones de las grandes entidades, se deberá considerar su responsabilidad en la falta de exigencia a los proveedores sobre los aspectos antes mencionados. Es evidente que si en los concursos se valorasen realmente estas cuestiones, las empresas harían mayores esfuerzos para adaptarse a la legislación vigente. Como es natural, los que han hecho los deberes y promueven modelos de empresa socialmente responsables son los principales perjudicados, quedando de este modo fuera de la competición en el aspecto puramente económico, dado que sus costes son sensiblemente superiores a los de la empresa tradicional.

3. Propuesta metodológica para la garantía de la conservación de las obras en el proceso expositivo

Dando por supuesto que se está avanzando en la racionalización de la difusión de la cultura en lo que hace referencia a las exposiciones —bien por la implementación de políticas coherentes, bien por las limitaciones presupuestarias relacionadas con los procesos de creación de las exposiciones—, existe un gran espacio y una oportunidad para eliminar costosos lastres económicos y de procedimiento. A nuestro parecer, las siguientes recomendaciones podrían ser de utilidad:

- Situar la cuestión de la conservación en el origen del proceso, es decir, que una vez recibido un proyecto curatorial, su evaluación —viabilidad y costes— desde el punto de vista de la conservación debe ser preceptiva.
- Los centros expositivos tienen que contar con informes precisos sobre la idoneidad de sus instalaciones para garantizar realmente la conservación preventiva. Esta información se debe acompañar de la planimetría real en formatos aptos para el trabajo del museógrafo y de los que tengan que intervenir posteriormente (descripción de las instalaciones, accesos, equipamientos de iluminación, etc.).
- El diseñador debe realizar su proyecto a partir de los condicionantes derivados de la conservación y las salas. Su proyecto tiene que ser examinado para asegurar que no infringe normas de conservación (circulaciones, vitrinas, soportes, acabados, materiales, etc.). Tiene que asumir también la responsabilidad de elaborar el pliego de condiciones técnicas y el presupuesto de referencia. Posteriormente, deberá supervisar la producción y la calidad de la obra.
- Se tienen que promover criterios de sostenibilidad en el diseño museográfico. Por ello se debe apostar por el diseño minimalista y por el uso de materiales reciclables.

- Los centros tienen que elaborar protocolos para el trabajo dentro de sus salas, que recojan todos los aspectos de legislación laboral y de seguridad y salud que deberán cumplir las empresas que participen en la producción y el montaje de exposiciones, así como los procedimientos particulares que el centro considere oportunos. Estos protocolos tendrán que ser controlados estrictamente por la persona que coordine la exposición, la seguridad del edificio, etc.
- Los centros tienen que contar con coordinadores de producción y montaje de exposiciones con suficiente experiencia y atribuciones. Los informes de evaluación del proceso, una vez inaugurada y clausurada la exposición, ilustrarán sobre la bondad de los procedimientos y permitirán la evaluación de las empresas que hayan participado, el funcionamiento de los diseños, etc.
- La programación de las salas no se puede hacer limitando el tiempo de montaje y desmontaje de las exposiciones, dado que son los momentos en que los accidentes son más probables.
- La gestión económica no puede separarse de la gestión cultural. En todos los concursos tiene que prevalecer la oferta técnica sobre la económica, especialmente por lo que se refiere al embalaje y el transporte de las obras y al montaje de la exposición. Del mismo modo que cuando se hace el concurso para el diseño de una exposición o un museo no gana quien cobra menos, sino quien resuelve mejor el proyecto, este mismo criterio se tiene que hacer extensible a todos los trabajos que la exposición comporta.

4. Reflexiones sobre la práctica expositiva

Dentro del proceso expositivo existen dos elementos que varían en cada caso, que están directamente relacionados con la conservación de las obras y que definen la imagen final de la muestra: el diseño museográfico y la iluminación.

Existen otras disciplinas, como el diseño gráfico o la comunicación a través de sistemas audio-

visuales, que tienen que ver con la imagen final pero que de ningún modo influyen en la conservación de las obras. Y existen muchas otras que, independientemente de la muestra, se resuelven con la misma metodología, como son el embalaje, el transporte, el control de las condiciones ambientales, la revisión del estado de conservación de las obras, la manipulación, el montaje, etc., pero que no afectan al diálogo entre el objeto y el observador. Por lo tanto, nos centraremos en las que se relacionan con la presentación y con la conservación simultáneamente.

4.1. Diseño museográfico

Algunos historiadores del arte han aceptado tradicionalmente la autonomía de la obra de arte y han ignorado todo lo que pasaba a su alrededor. Las consecuencias de escoger en determinados momentos de la historia unas piezas para agruparlas dan lugar a un hecho que, por sí mismo, debería ser estudiado de manera independiente a las obras de arte.

A pesar del creciente interés por el diseño museográfico desde los años ochenta, la forma en la que las obras de arte son exhibidas hoy en día se ha descuidado relativamente. La naturaleza efímera de las exposiciones —que contribuye determinadamente a esta amnesia— no justifica que la historia del arte se centre únicamente en el análisis de las obras de arte de forma individual, y olvide sus “puestas en escena”. Los historiadores han olvidado a menudo que al mostrarse una obra de arte esta nunca está sola, sino que forma parte de una exposición creada según unos criterios conscientes que tienen que ver con su contexto social y cultural, y con un proyecto expositivo concreto desarrollado específicamente para este momento.

Las exposiciones, al igual que las obras de arte, representan las cuestiones e ideologías del consciente y del subconsciente. Su lado menos obvio no es sino la manifestación de los códigos sociales y las limitaciones históricas.

El diseño expositivo floreció en Europa y en los Estados Unidos en los años veinte, y se desarrolló hasta los años sesenta como una disciplina experimental que generó una gran expectación. Herbert Bayer, Walter Gropius, Frederick Kiesler, Lilly Reich, El Lissitzky, László Moholy-Nagy, Giuseppe Terragni o Theo van Doesburg, entre otros, fueron conscientes de la importancia de esta nueva disciplina que significó una parte representativa de su trabajo, desarrollando comprometidos proyectos que han dado lugar a destacadas discusiones alrededor del mundo del arte.

Comprometidos con el arte, el espacio y los avances tecnológicos, crearon espacios que se han estudiado y analizado más aún incluso que los objetos que se expusieron.

La actividad experimental en el diseño museográfico comenzó a disminuir entre los años sesenta y setenta, resultado de la consolidación de las “convenciones” asumidas por los museos de arte moderno y la institucionalización en general del arte contemporáneo, que ha conducido a que se asuman como correctas posturas que sencillamente resultan más cómodas. De todos modos, esto no justifica la permanente amnesia que hemos vivido hasta hace muy poco.

- ¿Cómo afecta el diseño museográfico al significado de una exposición?
- ¿Qué influencias de carácter político, social y cultural condicionan estos diseños?
- ¿Qué tipo de visitante está interesado en las “tendencias” del diseño museográfico?
- ¿Qué tipo de museos ponen en práctica un diseño museográfico más relevante?
- ¿Cómo influye en el ritual cultural del visitante el diseño museográfico más o menos “evidente”?
- ¿Qué tipo de exposiciones somos capaces de producir si las instalaciones del pasado han sido olvidadas? ¿Qué referencias tenemos? ¿Existe bibliografía? ¿Es accesible?

Estas cuestiones ponen de manifiesto la virginidad en la que aún hoy se encuentra esta disciplina profesional, que cuenta con sus propios códigos, necesidades y tipologías resolutorias.

¿Existe realmente en la actualidad una formación específica para ser diseñador museográfico?

En los años veinte y treinta, la Bauhaus ya manifestó su interés por el diseño museográfico, y aunque en un principio no contaba con una disciplina específica, sí existía como parte de otras asignaturas de diseño. De hecho, Gropius describe esta práctica en su programa: “Investigación en la naturaleza de las exposiciones, para resolver los problemas de la muestra de las artes visuales y la escultura en el marco de la arquitectura”.

4.1.1. Exposición o escenografía

La exposición temporal de obras de arte o bienes culturales —como fenómeno— tiene más que ver con la producción de una obra de teatro o una ópera que con otras manifestaciones culturales, con la diferencia de que mientras que en estas disciplinas la obra queda inalterada (al margen de la versión o el montaje concreto), en las exposiciones temporales la mayor parte del discurso se construye alrededor de unas obras —únicas— que deben estar presentes, y cuya estabilidad y conservación no puede ser descuidada.

Este condicionante tiene —o debería tener— más influencia de lo que parece en la creación del espectáculo expositivo, ya que se tendrán que configurar barreras entre el observador y el objeto que limitarán notablemente las posibilidades de una comunicación plena, dado que “se escamotean al visitante algunas de las posibilidades más placenteras en relación con los objetos: tocarlos, manipularlos, poseerlos o cambiarlos de lugar” (Díaz Balerdi, 2008: 121). Además, herramientas tan potentes para la creación de escenas, como el color o la iluminación, deberán utilizarse de forma moderada y bajo criterios más hermenéuticos que recreativos.

Otra gran diferencia que se olvida en algunas tendencias expográficas excesivamente centradas en

la escenografía radica en la posición y la actitud relativas entre la escena y el observador; mientras que en el teatro el observador sentado contempla a distancia una escena dinámica, en una exposición la escena es estática, y es el visitante quien busca la perspectiva y la distancia de contemplación. Por tanto, en la museografía no vale el engaño ni la luz de gas, y son de mucha más utilidad los principios de la creación arquitectónica.

Por último, la otra gran diferencia radica en la relación con el observador; mientras que la escenografía utiliza sus herramientas para potenciar la emoción, la expografía debería tender a propiciar la exposición serena.

En la escenografía se manipulan las proporciones y las relaciones de escala entre las partes en virtud de la consecución de un todo aparentemente coherente, gracias a la inmovilidad del espectador. En cambio, la experiencia real e interactiva de recorrer un espacio en que van apareciendo una serie de objetos que por sí mismos tienen una lógica discursiva, obliga al diseñador a que la primera y más importante decisión sea la ubicación de las piezas. La decisión más importante de un arquitecto a quien encargan un edificio es su ubicación dentro de la parcela, que en nuestro caso sería la sala donde se realizará la exposición. Si esta primera decisión no se toma adecuadamente, no importa que se haga a partir de este momento, no importa que se utilicen fantásticos acabados y recubrimientos o que compremos el material tecnológico de última generación; el resultado final será un fraude.

El edificio debe estar orientado del modo más eficiente en función de la actividad que se desarrolle en su interior y de las condiciones climáticas del lugar, ha de contar con el mejor punto para entrar en su interior en función del entorno y, por último, debe tener una distribución interior eficaz. Pues bien, eso mismo es lo que se tiene que hacer cuando se da el primer paso en el diseño de una exposición.

Podríamos decir, pues, que la función del arquitecto

en el caso del diseño museográfico no es otra que comunicar las diferentes dimensiones implicadas en la exposición, los contenidos específicos que adoptan cada una de las categorías, las relaciones con las demás y la lógica que las entrelaza.

4.1.2. La complejidad organizada: el espacio como producto de las relaciones entre los objetos. *Positio + Dispositio + Compositio = Expositio*

Una mesa llena de objetos constituye un "sistema básico" en que los objetos simplemente están presentes en un espacio definido, y las relaciones entre ellos son casuales. Si los ordenamos según un criterio determinado, estos objetos formarán un "sistema complejo", y las relaciones entre ellos comenzarán a adquirir significado.

Crear un sistema, o lo que es lo mismo, una estructura de vínculos, es finalmente la función del diseñador museográfico. Este sistema se encuentra a su vez dentro de un sistema de orden superior. La exposición en sí misma forma parte del sistema del arte, ocupa un lugar en la ciudad, es una representación de la cultura; se encuentra, de hecho, en un cruce entre el arte y la cultura.

Por otro lado, la exposición tiene la ventaja de ser un laboratorio, un espacio social en que se ensaya el arte, un espacio que se resiste a lo literal. Es un espacio autónomo, sin patrones, un campo de pruebas no impositivo. Es el único espacio que queda en las ciudades en que la experimentación es el método de trabajo, donde se ensaya y se acierta o se fracasa.

Antes de que tuviéramos conciencia de la figura del diseñador de exposiciones, los artistas ya diseñaban sus propios dispositivos para mostrar su obra, implicándose en la materialización de marcos, vitrinas, pedestales y estanterías. Todos estos elementos forman parte también de la historia de la exposición como campo de entreno.

Theo van Doesburg, por ejemplo, aparte de seleccionar las piezas que iba a exponer cuando se

hacía una muestra de su trabajo, diseñaba también todo el sistema de relaciones y distancias que tenía que haber entre ellas antes de ser colgadas en la pared.

La relación entre artistas, comisarios y arquitectos en el siglo xx ha sido constante, diluyéndose en muchas ocasiones las funciones de unos respecto a los otros. Esta falta de límites específicos ha permitido que, desde las vanguardias de principios de siglo hasta los años setenta, se llevaran a cabo interesantes propuestas expositivas a través de las cuales se ha ido construyendo, de modo improvisado, lo que hoy podemos ya definir como diseño museográfico.

No es fácil para el público enfrentarse a determinados montajes expositivos; de hecho, se produce a menudo un desajuste entre los intereses y formatos de acción de los artistas respecto a los de los visitantes de los museos. Actualmente el público ya ha asumido un lenguaje de percepción que, en cambio, ha venido impuesto por la época anterior, y que se aleja de los intereses de los artistas contemporáneos, que, inmersos en la lógica autónoma del mundo del arte, cuestionan sin parar las categorías de percepción comunes, es decir, los principios de producción del arte anterior.

Esta realidad afecta directamente al diseñador museográfico, que se acaba involucrando en el proyecto global expositivo junto con el comisario y los artistas, asumiendo este cambio de códigos perceptivos y de comunicación para formar parte de un gran equipo en el que se produce una hibridación funcional desde el origen del proyecto.

Las obras de los artistas necesitan también el asesoramiento de otros profesionales especializados (informáticos, ingenieros, programadores, diseñadores gráficos y de audiovisuales, etc.), que añaden factores de planificación a tener en cuenta por parte del “coordinador general” de este nuevo modelo de equipo de trabajo, que se retroalimenta continuamente haciendo que los trabajos de diseño museográfico requieran mayor formación específica.

4.1.3. *Oikonomia*

El término griego *oikonomia*, o lo que podríamos entender hoy como gestión o *management*, define, como decía Aristóteles, una actividad práctica que tiene que afrontar, cada vez, un problema y una solución particulares.

Se maneja un proceso plural en el que se deben administrar, controlar y orientar —en un sentido que se supone útil— los comportamientos, gestos y pensamientos de artistas, gestores, comisarios y diseñadores.

La administración de los esfuerzos no se suele distribuir en la misma medida en todo el proceso de desarrollo de una exposición, convirtiéndose, en todo caso, en una necesidad inminente en el periodo de la construcción. Ello implica que el perfil profesional del equipo encargado de coordinar los requerimientos del comisario, del diseñador y del artista tiene que ser versátil para cumplir satisfactoriamente con la realidad de los tiempos de acción existentes en el montaje final de una exposición. El periodo de producción de una exposición de arte contemporáneo suele ser escaso, y acostumbra a estar enfrentado a indefiniciones que impiden desarrollar una planificación eficaz.

En una exposición de arte contemporáneo no podemos aplicar los códigos y los procedimientos utilizados hasta ahora en la museografía “práctica”; de hecho, el propio proceso de materialización de este tipo de exposiciones puede generar un resultado inesperado. El diálogo entre artista, comisario, diseñador y productor de la exposición se ha vuelto más fluido, ya que se han contaminado sus lenguajes. En cambio, esto que *a priori* debería ser una ventaja, puede suponer un problema en cuanto a los tiempos de toma de decisiones, ya que la negociación quedará siempre más abierta e indefinida.

Surgen dudas también de hasta donde se tiene que intervenir desde el diseño museográfico, e incluso desde la producción, para resolver cuestiones prácticas.

El lenguaje constructivo para el montaje de una exposición temporal no tiene correspondencia con el que se utiliza en una instalación museográfica permanente, y tampoco los presupuestos. Por lo tanto, las soluciones constructivas deberán corresponderse adecuadamente a este condicionante, lo que no suele resultar fácil a arquitectos y diseñadores.

La calidad de los acabados y la precisión constructiva no son las mismas que se utilizan en el mundo de la instalación permanente, y es importante contar con ello a la hora de comenzar el diseño de una exposición, ya que puede suponer en muchos casos una pérdida de tiempo y de dinero que va en contra del montaje. Por este motivo, el coordinador de la producción tiene que ser también capaz de identificar dónde gastar el tiempo y el dinero.

Por otro lado, el diseñador tiene que ser consciente de la dimensión presupuestaria de aquello en lo que está trabajando y, por lo tanto, tener experiencia práctica en la implantación de las soluciones constructivas desarrolladas en sus propuestas.

Eficacia y economía (no solo referida al dinero, sino también a la sencillez de producción de los detalles constructivos) deben estar en el mismo plano que las decisiones estéticas.

Por ello se está consolidando la figura del diseñador que forma parte del equipo de producción, con un perfil más adecuado que el de diseñador independiente, ya que de este modo se garantiza su implicación directa desde el inicio. De esta forma se actúa más eficazmente, mejorando la articulación entre praxis y teoría (campo específico de comisario y artistas), y se controla desde el primer momento el presupuesto, garantizando la eficacia de la implantación expositiva y desarrollando planes de sostenibilidad y reutilización de materiales para evitar consumir recursos que puedan ser reaprovechados en otros montajes, en los que seguramente él mismo se verá implicado.

Uno de los principales problemas del mundo de la museografía temporal es la cantidad de residuos que se generan por seguir utilizando técnicas y materiales del pasado. Si el diseñador sabe que cuenta con determinados materiales que tendrán que servir también en otras ocasiones, podrá ofrecer alternativas más económicas y eficaces a los gestores, que si están fuera del proceso de producción.

En este sentido es muy interesante la instalación que hizo el artista Michael Asher en el año 2008 en el Santa Monica Museum of Art (SMMoA), donde levantó, de manera simultánea, los esqueletos de todos los muros que se habían ido construyendo desde 1998 para dar forma al museo. Puso de manifiesto de este modo la densidad constructiva y el gasto material que genera una exposición, y a su vez se pudo comprobar mediante los planos de la distribución espacial de todas las exposiciones —que estaban presentes también en la muestra— cómo había esquemas de distribución que se repetían o que eran muy similares, que se habían levantado y demolido sucesivamente, generando un gasto y unos residuos que con otros planteamientos técnicos y constructivos se podrían haber evitado.

4.1.4. La crítica en el diseño museográfico

“Si el crítico de literatura y pintura lleva hoy una vida tan difícil es en gran parte porque un conjunto de escritores y artistas conoce suficientemente la historia del arte para saber imitar de una manera cínica y oportunista las apariencias del vanguardismo... Hay quien sabe imitar tan bien la postura filosófica que, ante los no filósofos, parecerán más filósofos que los filósofos.” (Bourdieu, 2010)

Normalmente la crítica especializada del mundo del arte no presta atención en sus valoraciones al diseño expositivo, y analiza únicamente el discurso curatorial y las obras de los artistas. Esta situación no sorprende si partimos del hecho de que se ha institucionalizado la premisa de que el diseño museográfico debe permanecer invisible, en pro de la correcta lectura de las obras expuestas.

Habitualmente son los arquitectos los que acaban haciéndose cargo de lo que hace referencia al diseño espacial de una exposición. No obstante, al contrario que con la arquitectura, no cuentan con mucha documentación a la que recurrir. En arquitectura existen múltiples publicaciones de crítica o de simple muestra de proyectos, que no tienen que estar necesariamente contruidos. Se convocan multitud de concursos públicos buscando el proyecto más adecuado para un edificio, y se publican los proyectos participantes aparte, obviamente, de los ganadores. Esto permite que sean los mismos profesionales los que puedan establecer comparaciones y juzgar las decisiones del jurado abriendo líneas de diálogo. De hecho, a lo largo de la historia de la arquitectura nos hemos encontrado con proyectos que, a pesar de no haberse materializado, han sido capaces de generar un mayor grado de discusión e investigación que otros brillantemente contruidos.

El mundo del diseño museográfico no cuenta con todo este despliegue de información, y no por falta de inauguraciones.

¿Existe o ha existido alguna tendencia dentro del diseño expositivo? ¿Se podrían identificar ciclos o autores relevantes a lo largo de la corta historia de esta disciplina? ¿Quiénes son los capacitados para juzgar un diseño de calidad?

Esta falta de información se debe seguramente a que, al ser intervenciones temporales, no se considera necesario hacer el esfuerzo de recopilar toda la información alrededor del diseño y del montaje expositivo (bastante energía se ha gastado ya al hacer el catálogo, que raramente incluye referencias a estos temas y que, además, debe estar publicado el día de la inauguración para poderlo regalar a políticos y gestores).

En este sentido es ejemplar la labor que desarrolló desde sus primeros años el departamento de exposiciones del Museum of Modern Art de Nueva York (MoMA), no solo a nivel de diseño sino también de documentación. Destaca el libro *The power of display*, de Mary Anne Staniszewski, que supone un grato hallazgo para los

que estamos interesados en saber más sobre la historia de la museografía, ya que analiza detenidamente las exposiciones llevadas a cabo en el MoMA desde el punto de vista del diseño museográfico a lo largo de toda su trayectoria. Se trata la exposición como una “representación”, como la manifestación de valores, ideología, política y estética de una sociedad. En este libro se documenta y descifra un capítulo esencial de la historia del arte y de la cultura del siglo xx, ofreciendo un marco teórico para esta nueva disciplina del diseño: el diseño expositivo.

Ha sido a través del mundo editorial que grandes maestros del arte, del diseño o de la arquitectura se han consagrado sin contar para ello con una larga y demostrable carrera. Esta magia tan solo se puede dar en las revistas. Sin ir más lejos, arquitectos tan reconocidos como Le Corbusier, Mies van der Rohe o el grupo Archigram consolidaron su prestigio gracias a que supieron exponer sus teorías y sus proyectos en papel, antes de que pudieran construirse. Las revistas fueron la plataforma que les permitió dar el paso para la materialización de sus grandes proyectos. A pesar de que algunos de ellos llevasen ya años construyendo, no toda su obra tenía el suficiente interés para ser mostrada. ¿Puede que sea esto lo que pasa en el mundo de la museografía contemporánea? ¿Que a pesar del elevado número de inauguraciones estemos, desde la década de los setenta, inmersos en un periodo en el que no hay nada que merezca la pena ser analizado o discutido y, en definitiva, publicado?

4.2. Diseño de iluminación

4.2.1. Alcance de los protocolos actuales

Existen recomendaciones al respecto —de todas conocidas— en términos de valores para el control de la iluminancia (lux, lx) y de la radiación ultravioleta (microwatt/lumen, $\mu\text{W}/\text{lm}$). Una vez la obra está ubicada se realizan las mediciones, pero ¿qué pasa si el proyector regulable no es regulable, si la fuente de luz emite más ultravioletas de lo permitido o si la carga térmica es excesiva? ¿Quién comprueba que el fluorescente

de la vitrina es el adecuado? Cuando la exposición ya está montada, poca cosa se puede hacer.

4.2.2. La infraestructura de las salas

La condición necesaria para que la iluminación de una sala funcione es que sea suficientemente versátil. El ejemplo antes mencionado de la instalación de Michael Asher pone de manifiesto que, casi con seguridad, una instalación de carriles y puntos de toma de corriente adecuados sirve correctamente para cualquier configuración espacial que se proponga. No obstante, existen muchas salas, incluso de reciente creación (las salas del Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía - MNCARS de la ampliación de Nouvel y las del CaixaForum de Madrid, ambos ejemplos significativos), que no responden a este requisito. Al final, el objetivo es que cualquier objeto, al margen de su morfología y de su plan de exhibición, pueda ser iluminado respetando los cánones de percepción.

4.2.3. La iluminación en el diseño museográfico

Si una vez realizado el diseño museográfico se hace el ejercicio de relacionarlo con la planta de la sala, pero no mirando al pavimento sino al techo, entonces se podrá comprobar si la iluminación puede funcionar (geometría elemental) o si se tiene que proceder a hacer modificaciones (en general, bastante sencillas) en su red de carriles. Posteriormente se deberá revisar el equipamiento de iluminación para saber si se cuenta con el material adecuado.

La pregunta es: ¿cuántos diseñadores museográficos entienden suficientemente de iluminación para distinguir a simple vista si la dotación de la sala es la adecuada? En general, la cultura luminotécnica de la mayoría solo llega a saber si se quiere un baño de pared o focalizaciones, o si el material existente es de primera, con lo que ya tienen bastante.

Un buen equipo de diseño museográfico tiene que ser multidisciplinario, y por supuesto contar con un especialista en iluminación. En caso con-

trario –el habitual–, es probable que no se atienda debidamente a los requisitos de conservación y seguro que el resultado visual de las escenas de la exposición dejará mucho que desear.

4.2.4. La iluminación de subcontenedores

Si la vitrina no incorpora en su interior la iluminación, los riesgos de deterioro de las piezas disminuyen; en cambio, una iluminación inadecuada desde el exterior puede provocar deslumbramientos de velo o sombras sobre la pieza, causadas por la proyección del encuentro entre los cristales de la vitrina y el haz de luz.

En el caso de que la vitrina contenga la iluminación, la cuestión es más complicada, y deberá considerarse su inclusión en la fase de diseño. Las precauciones imprescindibles son:

- Elección de las fuentes de luz de modo que la emisión en el ultravioleta sea aceptable, que permitan la regulación del flujo y que la carga térmica sea mínima.
- Elección de los parámetros adecuados en términos de índice de reproducción cromática (IRC) y de temperatura de color (TC).
- Elección de un sistema de iluminación (general, planos de los que procede, sistema de difusión, focalizaciones, etc.).
- Elección de la posición de la focalización, si existe, para que no contravenga los cánones de percepción (luz excesivamente rasante, sombras invertidas, etc.).
- Control del deslumbramiento directo y de velo, interior y exterior.

4.2.5. Sistemas de iluminación

4.2.5.1. Pasivos

La primera decisión afecta a los colores generales del espacio y a los revestimientos. Los pavimentos brillantes generan un desorden visual importante. Por un lado, pueden llegar a ser deslumbrantes y ocupar un protagonismo que no les corresponde y, por otro, pueden producir

deslumbramientos de velo sobre las superficies acristaladas de vitrinas u otros elementos.

La elección del color de los planos expositivos puede condicionar la elección del sistema de iluminación activo y distorsionar la percepción de las obras. Los problemas más frecuentes frente a una mala elección son:

- Si la superficie de fondo es de una tonalidad saturada, el observador se defiende de esta agresión visual induciendo en la superficie de la zona no saturada (donde se ubica el cuadro) el color complementario, con lo que se distorsiona plenamente la correcta percepción de la obra (contraste sucesivo). Obviamente influye en ello la relación de medidas entre el fondo y el objeto a observar.
- Otro problema derivado del anterior es que obliga a utilizar únicamente focalizaciones, por lo que la percepción global de la exposición es agotadora visualmente, en especial cuando la focalización es excesivamente contrastada.
- Existe otra práctica habitual que consiste en revestir los paramentos de negro cuando los objetos a exhibir son muy delicados, y se pretende que la iluminación esté muy controlada. Se fundamenta en una falsa creencia según la cual, centrando la luz en el objeto, se puede utilizar una cantidad menor de ella, mejorando al mismo tiempo su visibilidad. Estudios realizados al respecto muestran que la agudeza visual no mejora con el exceso de contraste (superior al 30%), sino que lo que provocamos es un rápido agotamiento visual.

En definitiva, el color y la luminancia de los revestimientos del espacio arquitectónico y los fondos sobre los que las obras se contrastan, son las herramientas fundamentales para crear el espacio visual y generar un orden y una jerarquía en la escena.

Determinar la iluminación activa que es posible realizar y, por tanto, la toma de decisiones en este terreno, debe estar muy pensado y fundamentado. Obviamente, cuando se toma la decisión de jugar únicamente con matices de blan-

co, las posibilidades de acertar se incrementan exponencialmente.

4.2.5.2. Activos

Bajo nuestro punto de vista, no existe ninguna razón para crear escenas visuales “diferentes” en una exposición de obras de arte. Cuanto más se parezcan estas a lo que nuestro sistema perceptivo ha aprendido, mejor y más agradable será la comunicación visual.

El equilibrio de luminancias es el instrumento clave: la cantidad de luz no es el parámetro, sino el modo en que las superficies que conforman el espacio arquitectónico hacen llegar la luz a nuestros ojos. Para iluminar una exposición, los proyectores y las luminarias son una condición necesaria, pero no suficiente. Hablar de ello excede literalmente el objeto de este trabajo.

4.2.6. Protocolo para el control de la iluminación

Los protocolos que se aplican habitualmente son insuficientes. La propuesta que más se parecería a la “ideal” podría consistir en:

- Si existe luz natural en la sala, sería preceptivo haber realizado previamente un estudio sobre el factor de iluminación natural en el interior, generando un modelo extensivo a todo el año y sobre todos los planos que conforman la sala. No basta con los programas informáticos para conocer su comportamiento, sino que tendremos que hacer también un contraste con mediciones reales. Un estudio bien hecho puede determinar si es posible, y cómo, compatibilizar el uso de luz natural con los criterios de conservación. No se debería utilizar la luz natural si se confía el control de la instalación a planchas metálicas, estores, etc., gobernados por la domótica; y se debe tener en cuenta que no todas las arquitecturas reciben buena luz natural.
- La infraestructura de la iluminación artificial de la sala tiene que estar correctamente planificada, así como la instalación eléctrica. Actualmente se cuenta con sistemas de regulación

y de control muy sofisticados. La experiencia demuestra que el personal de mantenimiento de los museos no tiene la formación necesaria para hacerlos funcionar correctamente, por lo que suelen caer en desuso. Lo más eficaz es que el manejo y el control de la instalación se realicen desde la misma sala con sistemas de regulación más tradicionales.

- Las salas tienen que diferenciar los sistemas de iluminación para operaciones de montaje, desmontaje, limpieza y vigilancia de los que se utilizan para la iluminación museográfica. De este modo, se disminuirá el tiempo de exposición de los objetos.
- Todos los equipos de iluminación tienen que permitir la regulación individual o centralizada, ya que es el modo más seguro de obtener los valores de iluminancia deseados.
- No todas las fuentes de luz artificial se pueden utilizar para la iluminación de obras de arte. Tienen que cumplir las siguientes condiciones:
 - IRC superior a 90 sobre 100.
 - TC adecuada a la iluminancia (2500-3600 K).
 - Posibilidad de regulación del flujo.
 - Emisión en el ultravioleta inferior a $50 \mu\text{W}/\text{lm}$.

Se deben excluir taxativamente el vapor de mercurio con halogenuros metálicos y el vapor de sodio a alta presión. Por lo que respecta a los leds, se tiene que señalar que, aunque tengan un futuro claro como fuente de iluminación a utilizar en museos, la falta de normalización actual impide conocer realmente sus parámetros luminotécnicos.

- El diseño museográfico tiene que ser revisado bajo el punto de vista de la conservación, especialmente los sistemas previstos para vitrinas.
- El equipo de medición mínimo tiene que consistir en un luxómetro fiable (con corrección del coseno inferior al 4° a 50°), un ultravímetro que suministre las medidas en términos abso-

lutos (W/cm^2) y un termómetro para infrarrojos para conocer el aumento de temperatura de la superficie iluminada.

- Para obtener en cualquier circunstancia una buena iluminación dentro de los parámetros de conservación, es necesario, aparte de conocer la tecnología existente, entender las necesidades de conservación de las obras y, lo que es mucho más difícil, saber trabajar con la luz.

5. Conclusiones

La intención de este trabajo es procurar una visión más amplia de lo habitual por lo que se refiere a los protocolos de conservación preventiva en los procesos de las exposiciones temporales.

Estas recomendaciones, que en líneas generales cumplen los museos y los centros de exposiciones, se concentran en los momentos más críticos del proceso (embalaje, transporte, desembalaje, etc.), con las correspondientes revisiones a cargo de restauradores expertos. Ahora bien, cabe señalar que la parte que hace referencia al medio físico (condiciones ambientales, iluminación) y al acondicionamiento espacial se trata de una manera sucinta y más bien formal. La otra perspectiva que se ha intentado ofrecer es que los principales agentes del hecho expositivo (políticos, gestores, comisarios y diseñadores) tienen más responsabilidad de la que parece a la hora de garantizar la conservación de los bienes culturales.

Bibliografía:

- AADD: *Lighting: a conference on lighting in museums, galleries and historic houses*, Turmaston, Museums Association Publications, 1987.
- Adell Calduch, J.: "Una propuesta para la iluminación de pinturas en museos, salas de exposiciones temporales y galerías", en *Luces CEI*, setiembre de 1993, p. 38-44.
- Applebaum, B.: *Guide to Environmental Protection of Collections*, Madison, Sound View Press, 1991, p. 65-95.
- Bordieu, P.: *El sentido social del gusto: elementos para una sociología de la cultura*, Madrid, Siglo Veintiuno, 2010.
- Carbó, G. et al.: "Exposiciones Temporales ¿para qué?", en *Zona Pública*, 2, 2006 (*on line* a <http://museologia.cat/index.php/ca/publicacions-amc/zona-publica-n2/19-zona-publica-n2>).

- Casal López-Valeiras, J. M.: *Alumbrado de museos: bases de su realización*, Madrid, Dirección General de Bellas Artes, Archivos y Bibliotecas, 1982.
- Casal López-Valeiras, J. M.: "La Luz como agente degradante en el museo (I)", en *Electra*, 29, 1983, p. 3-16.
- Casal López-Valeiras, J. M.: "La Luz como agente degradante en el museo (II)", en *Electra*, 29, 1983, p. 17-33.
- Casal López-Valeiras, J. M.: "Iluminación de Museos", en *Boletín de la ANABAD*, XXXIV, 2-4, 1984, p. 211-238.
- Casal López-Valeiras, J. M.: "En el centenario del informe Russell-Abney", en *Boletín de la ANABAD*, XXXVIII, 4, 1988, p. 497-516.
- CIBS *Lighting Guide Museums and Art Galleries*, Londres, CIBS, 1980.
- *Control of Damage to Museum Objects by Optical Radiation*, CIE 157, 2004.
- Cuttle, Ch.: *Light for Art's Sake: Lighting for Artworks and Museum Display*, London, Elsevier, 2007.
- Cuttle, Ch.: "Damage to Museum Objects Due to Light Exposure", en *Lighting Research Technology*, 28 (1), 1996, p. 1-9.
- Díaz Balerdi, I.: *La memoria fragmentada: el museo y sus paradojas*, Gijón, Trea, 2008.
- Ginesi, A.: *Por una teoría de la iluminación de bienes culturales*, Milà, Domus, 2004.
- Hernando, E. et al.: *Exposiciones temporales: organización, gestión, coordinación*, Madrid, Secretaría General Técnica, Subdirección General de Publicaciones, Información y Documentación, 2006.
- Herraiz, J. A.; Rodríguez Lorite, M. A.: *Manual para el uso de aparatos y toma de datos de las condiciones ambientales en museos*, Madrid, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Ministerio de Cultura. Dirección General de Bellas Artes y Archivos, 1989.
- Michalski, S.: "Towards Specific Lighting Guidelines", en *Ninth Triennial Meeting ICOM-CC*, París, ICOM-CC, 1990, p. 583-585.
- Prah, W.; Roessler, G.: "To see or Not to see. That is the question", en *Lux Europa 1993*, London, Chartered Institution of Building Services Engineers, 1993.
- Puente, R.; Rodríguez Lorite, M. A.: "Iluminación, tecnología y diseño", en Rico, J. C. (ed.): *Los conocimientos técnicos. Museos. Arquitectura. Arte*, Madrid, Silex, 1999, p. 155-203.
- Ruiz Bremón, M.: "La gestión de exposiciones en el MNCARS", en *Museo*, 8, 2003, p. 273-284.
- Saunders, D.; Kirby, J.: "Light-Induced Damage: Investigating the Reciprocity Principle", en *ICOM Committee for Conservation 11th Triennial Meeting, Edinburgh, Scotland, 1-6 September 1996*, Londres, 1996, p. 87-90.
- Staniszewski, M. A.: *The Power of Display: a History of Exhibition Installations at the Museum of Modern Art*, Cambridge, Massachusetts, MIT, 1998.
- Tanizaki, J.: *El elogio de la sombra*, Madrid, Siruela, 1994 [1933].
- Thomson, G.: *The Museum Environment*, Oxford, Butterworth-Heinemann, 1986.

La iluminación de exposiciones en imágenes

Miguel Ángel Rodríguez Lorite

Licenciado en Ciencias Físicas. Director de Intervento

Las imágenes que se muestran a continuación no son necesariamente soluciones adecuadas desde el punto de vista de la percepción, de la representación de los objetos o de su conservación. Tampoco se han escogido con una finalidad didáctica, solo reflejan escenas reales de las que es posible extraer algún tipo de conclusión general.

Exposición de Dominique Perrault en la sala de exposiciones de la Fundación ICO (Madrid, 2009). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 139).

La fotografía final (izquierda) y la del proceso (derecha) tienen —como imágenes— poco que ver. La temperatura de color (TC) real de las fuentes era de 3000 K (cálida), de modo que probablemente la de la derecha se aproxima más a la realidad, aunque sea menos espectacular. Ponemos pues en entredicho cualquier imagen.

La luz se organiza conciliando el realce de las maquetas en el plano horizontal con una visión neta de las pantallas. La sala dispone de un carril perimetral, y los carriles centrales son piezas móviles que se utilizan según la exposición y que pueden girar 360° alrededor de uno de los extremos. De este modo, en cualquier punto de la zona central de la sala se podrá colocar un proyector si se considera necesario.

Deutsches Historisches Museum (Berlín). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 140).

En contraste, si escogemos un sistema fijo en el techo, deberán aparecer más carriles de los que serían deseables para asegurar la versatilidad de la sala.

Exposición de Paul Thek en el Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía - MNCARS (Madrid, 2009). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 140).

La iluminación indirecta representa debidamente el espacio. El realce de las obras en todos los planos se consigue mediante focalizaciones

abiertas muy suaves, con valores de iluminancia adecuados en criterios de conservación según las piezas. Se evita la luz sobre el suelo y la variación de iluminancias evita la monotonía.

Generaciones 2010 en La Casa Encendida (Madrid, 2011). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 141).

Baño de pared más focalización sobre cada obra en el paramento derecho, que se transforma en la luminaria del espacio. Las pantallas del paramento de la izquierda evitan la sensación de falta de luz en este plano.

Generaciones 2010 en La Casa Encendida (Madrid, 2011). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 141).

La luz sobre las obras se consigue mediante una banda continua centrada en las mismas para evitar la contaminación luminosa.

Generaciones 2010 en La Casa Encendida (Madrid, 2011). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 142).

En esta fotografía, observamos un baño de pared más una focalización sobre cada obra en ambos planos.

Exposición *Weegee's New York* en la Fundación Telefónica (Madrid, 2009). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 142).

Aquí podemos observar un baño de pared con una alta uniformidad.

La femme aux portraits: Isabelle Huppert en el Real Jardín Botánico (Madrid, 2006). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 143).

Los estores evitan la entrada de luz directa. La sala cuenta con un sistema de fluorescencia general que se mejoró con tubos de alto índice de reproducción cromática (IRC), con los que se consiguió una uniformidad en el paramento positivo muy buena, pero...

¡Vemos aquí a Isabelle Huppert desesperada por los reflejos! (p. 143). Es imprescindible que una sala de exposiciones temporales disponga de las infraestructuras de iluminación mínimas.

Colección Fundación Aena. Sala de las Arquerías (Madrid, 2009). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 144).

La sala cuenta con una iluminación indirecta detrás de los paneles y con un carril central desde el que es imposible focalizar los cuadros, ya que

queda muy alejado del plano expositivo y muy bajo en relación con el pavimento. Así que, finalmente, se optó por colocar una línea de fluorescencia adosada al carril.

Colección Fundación Aena. Sala de las Arquerías (Madrid, 2009). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 144).

En la zona de mayor altura, encontramos un baño de pared con brazos. Este es un ejemplo de sala muy poco versátil.

5x5. Caja Madrid, edificio Avenida Diagonal (Barcelona, 2000). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 145).

Este es un ejemplo extremo de la influencia de las fuentes secundarias de luz (el suelo, en este caso) y de sus acabados en la imagen resultante. No todos los espacios resultan útiles para realizar exposiciones.

Vuelta a la vida. Agencia Magnum. Matadero (Madrid, 2010). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 145).

Desde la entrada a la nave hasta la exposición se flanquea el camino con mojones cromáticos, y se realiza una instalación completa de carriles y equipos.

Vuelta a la vida. Agencia Magnum. Matadero (Madrid, 2010). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 146).

Se utiliza un poco de luz coloreada para gráfica, mapas y señalización. El baño de pared presenta una buena uniformidad (equipos de la casa Erco, simetría y orden).

Museo Rafael Zabaleta (Quesada, 2008). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 146).

Baño de pared al fondo y focalizaciones muy precisas sobre las obras en primer plano. Tanto el sistema de apoyo (sin marco) como la iluminación provocan la sensación de que, en lugar de tratarse de obras originales, se trate de Dura-trans retroiluminados.

Museo Rafael Zabaleta (Quesada, 2008). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 147).

Aquí el suelo no es tampoco el más adecuado...

San Telmo Museoa (San Sebastián, 2011). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 147).

El techo a dos aguas impide la utilización de un

bañador de pared. Se utilizan proyectores para lámparas halógenas con reflector incorporado y lentes difusoras. Un cambio mínimo de posición provocaría la ruptura de la uniformidad.

Instalación de Joseph Kosuth en La Casa Encendida (Madrid, 2008). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 148).

La instalación busca la ruptura de los planos con color y luz uniformes. Probablemente, habría funcionado mejor aumentando el sistema de fluorescencia central y no utilizando bañadores (el baño de pared provoca brillos en los vinilos).

Viajes de agua, de Eva Lootz en La Casa Encendida (Madrid, 2009). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 148).

La fuerte iluminación sobre las imágenes y el dibujo de fondo hacen que estas se desvinculen del plano expositivo.

The Subjecters, de Thomas Hirschhorn en La Casa Encendida (Madrid, 2009). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 149).

El artista busca expresamente la utilización de sistemas de iluminación de baja calidad y sin direccionamiento luminoso.

Mi movida madrileña, de Pablo Pérez-Mínguez. Museo Municipal de Arte Contemporáneo - MAC (Madrid, 2006). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 150).

Cuando se utilizan tonos saturados como fondo, la luz debe circunscribirse, en la medida en que sea posible, a la obra expuesta.

El honor de las injurias, de Carlos García-Alix. Museo Municipal de Arte Contemporáneo - MAC (Madrid, 2007). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 150).

Iluminación de banda centrada en la gráfica.

Pioneros de la Arqueología en España. Museo Arqueológico Regional (Madrid, 2004). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 151).

El túnel se ubica en el claustro, y los arcos de luz generan un efecto agradable e interesante.

Josef Svoboda, escenógrafo de la luz. Teatro Fernán Gómez-Centro de Arte (Madrid, 2008). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 151).

En una exposición de escenografías, obviamente la luz tiene que funcionar de acuerdo con los cánones de esta disciplina.

Hylozoic Sail, de Philip Beesley y Robert Gorbet. Premios Vida'11. Fundación Telefónica. Matadero (Madrid, 2011). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 152).

La luz es parte sustancial de esta obra y, en cualquier caso, debe presentarse de acuerdo con la instalación original, si no se tienen instrucciones en contra por parte del artista.

Hamburger Bahnhof (Berlín). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 152).

Una instalación luminosa de Dan Flavin coexiste con una iluminación tradicional, y en presencia de la luz natural. Todo el conjunto sirve de este modo a la presentación de la colección. Suggerente combinación.

Hamburger Bahnhof (Berlín). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 153).

Una sala con las medidas necesarias para exhibir estas piezas debe contar con una iluminación cenital difusa. La uniformidad es perfecta, pero probablemente no en todas las latitudes es posible conciliar una iluminancia y una uniformidad adecuadas a los criterios de conservación y percepción.

Museo de la Naturaleza y el Hombre (Santa Cruz de Tenerife). Fotografías: cortesía de Intervento (p. 154).

Vistas de la vitrina: posterior, general y frontal. La pregunta es: ¿qué se exhibe? Sea como sea, los objetos no han quedado bien iluminados.

Prolifera, especialmente en los museos arqueológicos y científicos, el abuso de la tecnología y de determinados materiales constructivos que al final favorecen poco la disciplina museográfica. Es decir, la agresión visual es de tal calibre que se hace difícil observar el pajarito...

Imagen surrealista.

Museo de la Naturaleza y el Hombre (Santa Cruz de Tenerife). Fotografías: cortesía de Intervento (p. 155).

Mutis al natural. Museo Nacional de Colombia (Bogotá, 2009). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 156).

Es uno de los primeros ejemplos de uso de los leds para la iluminación de vitrinas. Salta a la vista la deficiencia en lo que se refiere a su reproducción cromática.

Museo del Oro de Colombia (Bogotá, 2009). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 156).

Se observa una sensación similar pero menos acusada debido a la naturaleza de las piezas. En este caso, emerge de la parte posterior una luz sobre cada pieza en el plano vertical que refuerza la sensación de ingravidez.

Vitrina de un museo nacional (2011). Fotografías: cortesía de Intervento (p. 157).

Las imágenes muestran, por orden de aparición, el interior de una caja de luz, la prueba concluyente, el tubo (propio de una oficina) y la apariencia final de la vitrina. Desde el punto de vista de la conservación, nos encontramos con problemas de limpieza, de uso de fuentes de luz no aptas (IRC=85 y emisión de ultravioletas de 115 $\mu\text{W}/\text{lm}$) y de falta de mantenimiento. El tubo adecuado sería, por ejemplo, el Philips TLD-93 (IRC=95 y emisión de ultravioletas de 49 $\mu\text{W}/\text{lm}$).

San Telmo Museoa (San Sebastián, 2011). Fotografía: cortesía de Intervento (p. 158).

La vitrina se ilumina mediante leds. Ya se puede apreciar (en el transcurso de pocos años) una mejora en la calidad de la luz utilizada.

Conclusiones

La iluminación es, según mi criterio, el instrumento más potente en todos los sentidos para la representación museográfica. Apagamos la luz y se termina el posible diálogo entre el objeto y el observador. Iluminamos mal la obra (brillos, deslumbramientos, falta de uniformidad, reproducción cromática insuficiente, equivocada elección de la temperatura de color, etc.) y el diálogo es como intentar mantener una conversación interesante y agradable con una persona querida bajo el estrépito estridente de un café cualquiera de —por ejemplo— Madrid. Cuando no encontramos el equilibrio entre la luz que necesita la obra, el espacio y el paseante, y cuando no se crea la atmósfera adecuada, entonces cerramos las puertas a la contemplación y, en consecuencia, al placer que proporciona.



La il·luminació als museus és un manual pràctic que proposa una aproximació al fet, sempre complex, de la tria i l'ús de la il·luminació als museus i a les exposicions. Una pràctica que requereix coneixements tècnics específics, però també criteris conceptuals per aplicar-los en el cas concret dels museus. El manual permet, a través de diversos articles, conèixer i aprofundir en conceptes bàsics sobre la llum i les seves particularitats físiques, en conceptes tècnics i en els tipus de fonts de llum i les tipologies de lluminàries actuals. També aporta elements de reflexió sobre l'evolució dels sistemes d'il·luminació en els museus al llarg de les últimes dècades. Alhora, defineix bases metodològiques i criteris generals per afavorir i facilitar el correcte disseny d'un projecte d'il·luminació i l'elecció del sistema d'il·luminació més adient segons els diferents espais expositius, sense perdre de vista l'equilibri necessari entre la preservació i la presentació, entre la conservació i l'exposició.

El manual recull bona part de les ponències presentades a les I Jornades Tècniques sobre Museus. La Il·luminació als Museus, organitzades per la Xarxa de Museus de les Terres de Lleida i Aran i el Museu de Lleida: diocesà i comarcal (Museu de Lleida, 3 i 4 de novembre de 2010). És el primer títol editat dels **Manuals de Museologia**, que volen esdevenir una eina de consulta però també d'aprenentatge i reciclatge per als professionals, actuals i futurs, de la museologia.

Amb el suport:



Generalitat de Catalunya
Departament de Cultura

Amb la col·laboració:

