

PERCEPCIÓN Y SATISFACCIÓN *del visitante* *de museos* Y SU INFLUENCIA EN EL DISEÑO DE ILUMINACIÓN

*Museum visitor perception and satisfaction and its
influence on lighting design*

LILIANA NATALIA BAZÁN*, RAÚL FERNANDO AJMAT**

Fecha de recibido:
19 septiembre 2022
Fecha de aceptado:
12 marzo 2023

*Universidad Nacional de
Tucumán, Argentina.

nbazan@herrera.unt.edu.ar

**Universidad Nacional de
Tucumán, Argentina.

rfajmat@hotmail.com

RESUMEN. La luz es un elemento indispensable para la apreciación de los objetos; pero a la vez una de las mayores causas de su deterioro, lo que genera conflictos en el doble rol de los museos de preservar el patrimonio a la vez que exhibirlo al público. El presente trabajo busca analizar cómo las decisiones de diseño de iluminación y las formas de utilización de luz natural y artificial dentro de las salas de exhibición en museos afectan la percepción de los visitantes del espacio iluminado y los objetos expuestos, así como su satisfacción con la iluminación y consecuentemente con su visita. Para esto se indagó en las preferencias lumínicas de los visitantes y su satisfacción, que fueron contrastadas con mediciones *in situ* de magnitudes fotométricas (luminancia e iluminancia) en dos museos de Argentina.

Los resultados indican qué rangos de iluminancias similares pueden generar sensaciones lumínicas a nivel general del museo altamente diferenciadas, prestando particular atención a las relaciones entre luminancias, tanto dentro como entre salas. Se delinean recomendaciones de diseño a partir de los resultados obtenidos, orientadas a mejorar la satisfacción de los visitantes con la misma y con su visita.

Palabras clave: condiciones ambientales, exhibición, iluminación, museo, satisfacción.

ABSTRACT. Light is essential for the appreciation of objects; nonetheless is as well one of the main deterioration factors. This produces a conflict in the double role of museums of preserving heritage while exhibiting it to the public.

This piece of work seeks to analyze how lighting design decisions and the use of natural and artificial light may affect visitors' perception within the exhibition halls in museums. Both, the illuminated space and exhibitions lighting may influence visitors' satisfaction with lighting itself and consequently with their visit. Preferences of visitors and their satisfaction were investigated, which were contrasted with *in situ* measurements of photometric magnitudes (luminance and illuminance) in two museums in Argentina.

Results indicate that similar illuminance ranges can generate highly differentiated lighting sensations of the museum, with particular consideration to the relationships between luminances' values within and between rooms.

Founded on the results obtained, lighting design recommendations are outlined, aiming to improve visitors' satisfaction with it and with their visit.

Key words: environmental conditions, exhibition, lighting, museum, satisfaction.

L

a luz es un elemento indispensable para activar la visión y por consiguiente para la exposición y apreciación de los objetos; pero a la vez una de las mayores causas de deterioro de los mismos (Pavlogeorgatos, 2003; CIE, 1991; Thomson, 1986), por lo que, si la iluminación no se diseña adecuadamente, puede generar conflictos en el doble rol de los museos de preservar el patrimonio a la vez que exhibirlo al público.

Los efectos de la iluminación interior en la salud humana, la satisfacción y el rendimiento han sido el foco de investigación durante décadas (Konstantzos *et al.*, 2020). Numerosas investigaciones científicas han demostrado que la luz es capaz de generar respuestas fisiológicas diversas diferentes de la visión, desde la modulación del sueño, a los ritmos circadianos, el estado de alerta, la fatiga, la temperatura corporal, el estado de ánimo, las emociones, entre otros (Vetter *et al.*, 2021; Konstantzos *et al.*, 2020; Lu *et al.*, 2019). Se ha probado además su importancia en la definición de la satisfacción general de usuarios con distintos ambientes como espacios de trabajo (Fakhari *et al.*, 2021; Konstantzos *et al.*, 2020) y se ha demostrado además su importancia particular en la formación de la satisfacción con la visita en museos (Bazán & Ajmat, 2021; Bazán, 2020; Bazán *et al.*, 2018; Oliveira & Steemers, 2008; Jeong & Lee, 2006).

El cambio de paradigma en los últimos cuarenta años relativo al rol de los museos en la sociedad, donde pasaron de ser instituciones que preservan nuestro patrimonio cultural a ser un servicio para la esfera pública (ICOM, 2022; Schielke, 2020) ha generado consecuencias en la forma en que se aborda el diseño de iluminación en estos ámbitos, donde la iluminación actúa como una herramienta que permite definir la atmósfera o ambiente lumínico de una exhibición, capaz de generar un impacto

en la forma en el que se apreciarán las obras (Schielke, 2020; Schielke, 2019) y donde cobra importancia la comprensión de las necesidades y el comportamiento de los visitantes en relación a la iluminación.

Al ser un aspecto fundamental en la impresión que tenemos de un ambiente, la luz puede alterar nuestra percepción del mismo, generando diferentes sensaciones, según cómo se ilumine (Chen *et al.*, 2016). Un diseño de iluminación inadecuado repercutirá directamente en la calidad de las exposiciones, que adquieren un carácter pobre y de poco atractivo (Miller & Miller, 2005). Es esencial además mantener los niveles de iluminación dentro del campo visual razonablemente similares, para permitir a los ojos ajustarse a un rango visual y brindar una amena transición entre áreas que posean diferentes niveles de iluminación (Goldstein, 2013).

Ajmat y colaboradores (2011) estudiaron la adaptación visual a los niveles de iluminación presentes durante el recorrido de un museo de arte contemporáneo en Barcelona, identificando niveles de discomfort generados ante cambios bruscos en la iluminación. Se evaluó la respuesta de los visitantes en términos cualitativos mediante una serie de encuestas realizadas en tres puntos a lo largo de un recorrido de 30-35 minutos de duración: un atrio altamente iluminado, con una luminancia¹ (L) media de 1092 cd/m², y otros dos puntos con una L media de 15-20 cd/m², uno a mitad del recorrido en la primera sala y otro al final de la exhibición. Los resultados mostraron que en el primer punto uno de cada tres visitantes se sintió incómodo por los altos niveles de iluminación; un 40% en el segundo punto debido a los bajos niveles y en el tercero, luego de 30 minutos de adaptación el porcentaje de visitantes incómodos decreció a sólo el 10%.

1 La luminancia (L) es una magnitud fotométrica definida como el cociente entre la intensidad luminosa emitida por la fuente o superficie en la dirección del observador y el área de dicha fuente o superficie vista por el observador, es decir, la unidad de área proyectada y su unidad es la candela por metro cuadrado (cd/m²) (IESNA, 2000).

Beltrán y colaboradores (2004) analizaron también la adaptación visual en tres galerías de exhibición en el campus de la Universidad de Texas A&M, EEUU. Los niveles de luminancia se midieron en las tres galerías de pie en el centro de los espacios y apuntando a las superficies verticales cada 30° de rotación horizontal, generando una rosa de luminancia. Los autores determinaron que los visitantes experimentaban altos contrastes visuales durante el recorrido, debido a relaciones de luminancias extremadamente altas en la zona de las ventanas por ingreso de luz natural, en un orden de relación de 1:176, es decir, que en el campo visual se presentaron puntos con valores de luminancias 176 veces mayores a otros.

En la actualidad, los debates sobre la conveniencia de la utilización de luz natural en museos, en línea con las preferencias de los visitantes (Fathy *et al.*, 2020), así como las formas óptimas de hacerlo debido al riesgo de deterioro que representa para los objetos (Leccese *et al.*, 2020; del Hoyo-Meléndez *et al.*, 2011) continúan abiertos. En Latinoamérica, la realidad es que el completo control de la presencia de luz natural en las exhibiciones muchas veces es imposible, debido a que los museos funcionan generalmente en antiguos edificios refuncionalizados.

Una diferencia sustancial entre la luz natural y artificial es que los rangos de tolerancia y adaptación de nuestro sistema visual a una y otra son diferentes. Con un correcto tiempo de adaptación del sistema visual, una iluminancia² (E) de 100lx de luz natural permite una tarea de lectura adecuada, mientras que el mínimo recomendado en luz artificial es de 300lx. Niveles de hasta 2000lx de luz natural resultan preferibles o al menos tolerables, siendo inadmisibles en luz artificial, valores superiores a 1000lx provocan molestias y deslumbramiento (Nabil & Mardaljevic, 2005). Las preferencias de niveles son generalmente superiores a los valores establecidos en normas (Konstantzos

et al., 2020; Rodríguez y Pattini, 2010; Nabil & Mardaljevic, 2005).

En general, cuando se hace referencia a niveles de iluminación recomendados para el desempeño de cualquier tarea, las normas, tanto nacionales como internacionales, toman como índice principal la especificación de valores mínimos necesarios de iluminancia (Pattini, 2005; IESNA, 2000; IRAM, 1996).

El recorrido en los museos se compone de escenas consecutivas con las que los visitantes interactúan continuamente. Una escena es una vista del mundo real que contiene 1) elementos de fondo y 2) objetos organizados perceptualmente de manera significativa entre sí y con ese fondo (Goldstein, 2013).

Si bien los niveles de iluminancia en una sala de exhibición son de especial importancia en el control de daño sobre los objetos expuestos (del Hoyo-Meléndez *et al.*, 2011; CIE, 2004), frente a un ambiente visual determinado, el ojo humano percibe una composición de luminancias provenientes de los elementos y superficies que conforman el ambiente. Esta distribución de luminancias en la escena estará directamente relacionada con la percepción de luminosidad de la misma (Kruisselbrink *et al.*, 2020; IESNA, 2000). La satisfacción del individuo con el ambiente a nivel lumínico estará asociada entonces, en parte, a las relaciones entre las luminancias presentes y por lo tanto se configura como una magnitud de mayor interés para el diseño de iluminación.

La bibliografía consultada presenta un estudio fragmentado de la iluminación en museos, donde la evaluación con mediciones fotométricas objetivas se realiza en su mayor parte con vistas a solucionar problemas de conservación y preservación; y la evaluación de exhibiciones y sus públicos desde una perspectiva subjetiva, orientada a áreas como el marketing y el turismo (Forrest, 2013; Jeong & Lee, 2006). Existen muy pocos trabajos que planteen correlaciones entre ambos enfoques, con vista al desarrollo de pautas de diseño de iluminación orientadas a las preferencias y necesidades de los visitantes.

Diversos autores han indicado la necesidad de integrar las mediciones de luminancia al estudio del ambiente visual y el diseño de

2 La iluminancia (E) es una magnitud fotométrica que se define como el flujo luminoso por unidad de área incidente en un punto de una superficie dada y su unidad de medida es el lumen por metro cuadrado o lux (lux [lx] = lm/m²) (IESNA, 2000).

iluminación en museos (Fathy *et al.*, 2020; Hurlbert & Cuttle, 2020; Garside *et al.*, 2017; Ajmat *et al.*, 2011; Oliveira & Steemers, 2008), sin embargo, hay pocos trabajos en la bibliografía al respecto (Konstantzos *et al.*, 2020; Lo & Steemers, 2019).

Dado que hasta el momento no existe una recomendación de relaciones de luminancias (RL) específica para el ámbito de museos, en este trabajo se han adoptado las propuestas por la NORMA IRAM- AADL J-20-06 (IRAM, 1996), en general aplicables a ámbitos de trabajo o de tarea visual, resumidas en la tabla 1.

TABLA 1. RELACIÓN DE LUMINANCIAS (RL) CON LA TAREA VISUAL.

Zona del campo visual	Relación de luminancias (RL) con la tarea visual
Campo visual central (cono de 30° de apertura)	3:1
Campo visual periférico (cono de 90° de apertura)	10:1
Entre la fuente de luz y el fondo sobre el cual se destaca	20:1
Entre dos puntos cualesquiera del campo visual	40:1

FUENTE: INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN, 1996. NORMA IRAM AADL J-20-06.

METODOLOGÍA

Las mediciones de la valoración subjetiva de los visitantes, así como mediciones fotométricas se llevaron a cabo en dos museos de tipo histórico de Argentina:

Museo Histórico Provincial Pte. Nicolás Avellaneda, en San Miguel de Tucumán, Tucumán (MHIST) - El museo cuenta con 9 salas, 7 en planta baja (PB) y 2 en planta alta (PA). El recorrido entre PB y PA se conecta por un patio central que debe ser atravesado para acceder a la escalera (figura 1). Una particularidad del edificio es que todas sus aberturas se configuran como puertas de doble hoja, con más de 2/3 de su superficie vidriada y que cuentan con postigos de madera, los que al abrirse cumplen la función de ventana. En PB todos los postigos se encuentran cerrados, por lo que no hay ingreso de luz natural en las salas excepto mediante las puertas de acceso desde el patio a salas 1 y 7. Tanto en PB como en PA la iluminación artificial es puntual de tipo spot con lámparas AR111 halógenas y en PA se cuenta además con ingreso de luz natural desde las puertas-ventanas que

El presente trabajo busca analizar cómo las decisiones de diseño de iluminación y las formas de utilización de luz natural y artificial en salas de exhibición en museos afectan la percepción de los visitantes del espacio iluminado y los objetos expuestos, así como su satisfacción con la iluminación y su visita. Para esto se indagó, mediante estudios de público, en las preferencias lumínicas y satisfacción de los visitantes, que fueron contrastadas con mediciones *in situ* de luminancia e iluminancia con el fin de realizar una caracterización cuantitativa de la iluminación en dos museos de Argentina.

abren a los balcones a la calle en sala 8 y hacia el patio interno en sala 9. Las salas 1, 2, 4, 7 y 9 cuentan con vitrinas autoiluminadas (figura 1). El acabado de las paredes es de tipo rugoso, color blanco, con una reflectancia aproximada del 80%. En el caso del piso el acabado es liso (encerado), en PB de baldosas color terracota con una reflectancia aproximada del 20% y en PA listones de madera color marrón oscuro y una reflectancia del 15%. El entepiso y techo, de madera en ambas plantas, es de terminación rugosa, color marrón oscuro con una reflectancia del 10%.



FIGURA 1. VISTA DE PATIO CENTRAL (IZQUIERDA) Y SALA 2 (DERECHA) DEL MHIST.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



Museo Nacional Estancia Jesuítica de Alta Gracia y Casa del Virrey Liniers, en Alta Gracia, Córdoba (MEJAG) – El museo cuenta con 14 salas dispuestas en dos alas configuradas en L en torno a un patio. Cada ala se compone de una galería a la que abren todas las salas, que en muchos casos no tienen comunicación entre sí, de manera que durante su recorrido el visitante debe salir a la galería para ingresar a la siguiente sala (figura 2). La puerta de acceso a cada sala desde galería se encuentra permanentemente abierta, por lo que ésta y una ventana, ubicada de forma enfrentada en

la pared opuesta, funcionan como accesos de luz natural en casi la totalidad de las salas. La luz artificial funciona como un complemento de la luz natural; en 9 de las 14 salas es de tipo general con una única luminaria ubicada de manera central (figura 2), en las restantes se utiliza una iluminación puntual de tipo spot con lámparas AR111 halógenas. Las salas 3 y 10 cuentan con vitrinas autoiluminadas. El acabado en paredes y techo es rugoso, color blanco, con una reflectancia aproximada del 85%. Los pisos tienen un acabado rugoso color terracota, con una reflectancia del 30%.



FIGURA 2. VISTA DE PATIO CENTRAL (IZQUIERDA) Y SALA 13 (DERECHA) DEL MEJAG

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



Para las evaluaciones subjetivas se implementó un cuestionario desarrollado y aplicado en trabajos anteriores (Bazán & Ajmat, 2021; Bazán, 2020; Bazán *et al.*, 2018). Dicho instrumento se desarrolló en el contexto de una investigación de mayor envergadura, enfocada en el estudio de la influencia de variables ambientales como la iluminación y las condiciones higrotérmicas en la satisfacción con la visita y sus variables psicológicas componentes (cognitivas y emocionales). El cuestionario se divide en dos partes, los visitantes interesados eran entrevistados antes de entrar en la primera sala y posteriormente al finalizar la visita con una segunda etapa.

En el presente trabajo, se analizan los datos referidos a la percepción de la iluminación, así como su relación con la satisfacción obtenida con la visita, incluidos en la segunda parte del cuestionario.

Las preguntas de información sociodemográfica incluyeron: edad, género, ocupación y nivel de estudios. La satisfacción con la visita se midió mediante una escala de cinco ítems adaptada de bibliografía relevante (De Rojas & Camarero, 2008), mientras que las variables relacionadas a la iluminación con preguntas elaboradas en el marco del presente trabajo. La iluminación se evaluó de forma general, por lo

que las preguntas incluidas hacen referencia al museo en su totalidad (tabla 2).

El tamaño de las muestras fue de 101 en MEJAG y 62 en MHIST. Para las mediciones objetivas se hizo un registro fotométrico de luminancia e iluminancia en cada museo, de manera de obtener una caracterización lumínica cuantitativa de las percepciones reportadas por los visitantes.

Dado que la luminancia varía según la posición del individuo en relación a los ob-

TABLA 2. PREGUNTAS Y MODALIDAD DE RESPUESTA PARA VARIABLES DE ILUMINACIÓN Y SATISFACCIÓN CON LA VISITA.

Preguntas	Modalidad de respuesta
Inconvenientes de visualización	Selección Dicotómica [sí/no] + completar [dónde y motivo]
Nivel de iluminación percibido (sensación lumínica)	Diferencial semántico [muy oscuro -muy luminoso]
Percibió zonas mal iluminadas	Selección Dicotómica [sí/no] + completar [dónde]
Se sintió deslumbrado	Selección Dicotómica [sí/no] + completar [dónde] + diferencial semántico [poco molesto-intolerable]
Nivel de satisfacción con iluminación	Escala de 5 puntos [muy insatisfactoria a muy satisfactorio]
Satisfacción con la visita (5 ítems)	Escala Likert de 5 puntos para cada ítem

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Los registros fotométricos se realizaron sobre cada escena de la siguiente manera:

- Distribución de luminancias medidas sobre objetos y entorno: 1 punto de medición por cada objeto sumado a puntos de medición en el entorno cercano a cada objeto cubriendo las superficies verticales de la envolvente edilicia más piso y aberturas, así como reflejos y manchas de luz que pudieran apreciarse.
- Iluminancia vertical u horizontal sobre objetos: 1 punto de medición por cada objeto.

En MHIST se propusieron 17 escenas para mediciones fotométricas, 3 de las cuales correspon-

jetos o superficies observadas y la fuente de luz, las mediciones se realizaron con base en una propuesta metodológica de selección de escenas clave a lo largo del recorrido. Esto permite conseguir, mediante el análisis de los datos fotométricos del conjunto de escenas, una imagen integral de la experiencia visual a través de las salas.

den a espacios exteriores y de transición entre plantas (figura 3). En MEJAG se propusieron 19 escenas, 4 de espacios exteriores (figura 4). Se calcularon finalmente las relaciones de luminancias (RL) en cada escena, tanto entre figura-fondo, es decir, entre cada objeto en escena y su fondo inmediato, como la relación de luminancia máxima encontrada en cada escena (RL_{máx}), según lo establecido en norma IRAM- AADL J-20-06 (IRAM, 1996) (tabla 1).

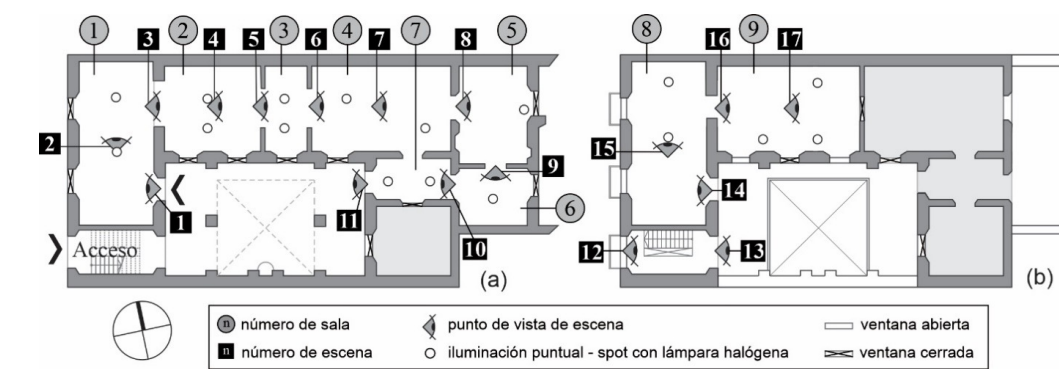


FIGURA 3. PLANTA BAJA (A) Y PLANTA ALTA (B) DEL MHIST, PUNTOS DE VISTA DE ESCENAS Y UBICACIÓN Y TIPOS DE FUENTES DE LUZ.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

RESULTADOS

Se calcularon las medias y frecuencias de todas las variables incluidas en el cuestionario estableciéndose 3 puntos de corte: 1-2,5 bajo/insatisfecho; 2,51-3,5 medio/algo satisfecho; 3,51-5 alto/satisfecho.

La muestra de visitantes en MHIST se conformó de un 65% de mujeres y un 35% de hombres; el 34% entre 15 y 30 años, el 27% entre 31 y 40, 10% entre 41 y 50, 16% entre 51 y 60 y el 13% de entre 61 y 75 años, con una media general de 36

años. El 20% eran estudiantes universitarios, 33% docentes, 24% otros profesionales, 16% empleados y el 7% jubilados.

En MEJAG participaron un 65% de mujeres y 35% de hombres. De ellos, 5% entre 18 y 20 años; 20%, entre 21 y 30; 22%, entre 31 y 40; 31%, entre 41 y 50, y 22%, de más de 51 años: la media general fue de 39 años. El 9% eran estudiantes universitarios, 30% docentes, 29% otros profesionales, 30% empleados y 2% jubilados.

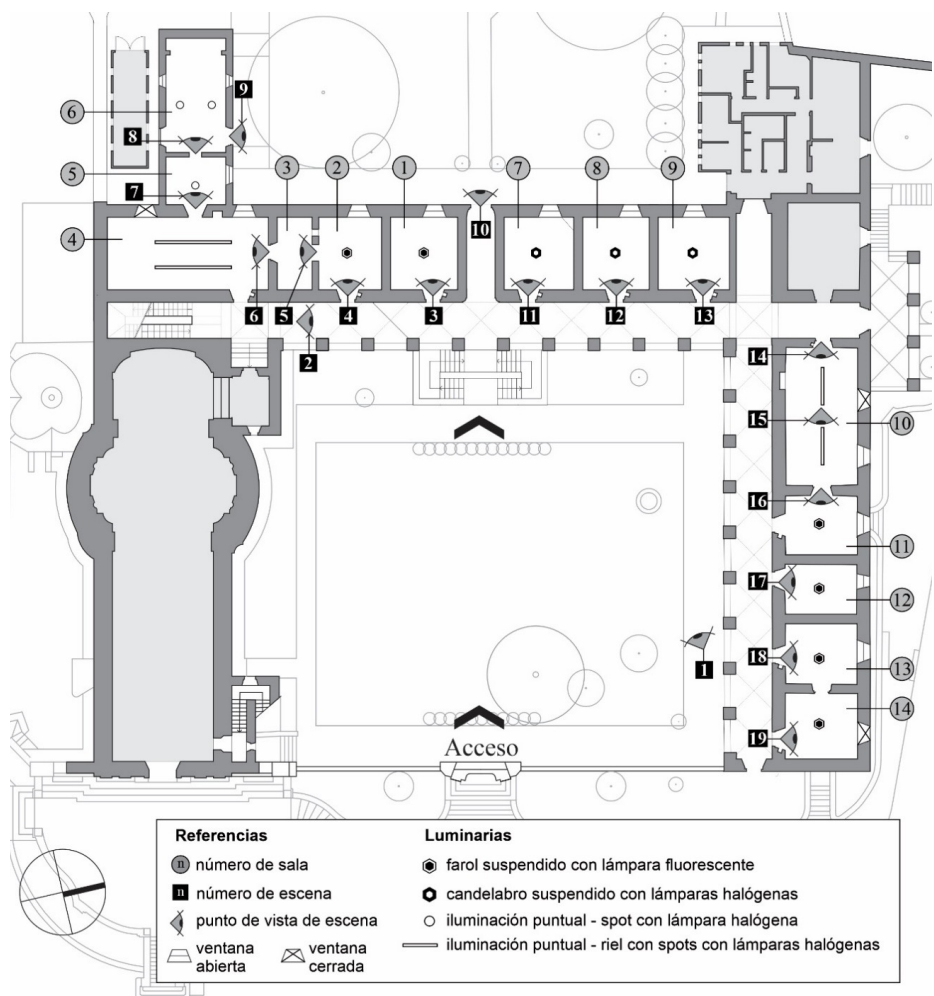


FIGURA 4. PLANTA DEL MEJAG, PUNTOS DE VISTA DE ESCENAS Y UBICACIÓN Y TIPOS DE FUENTES DE LUZ.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Percepción de la iluminación y satisfacción con la visita

La tabla 3 presenta los resultados de iluminación del cuestionario en ambos museos.

En MHIST la satisfacción general con la iluminación fue de 3,49, es decir, media-alta. En cuanto a la sensación lumínica, con una media

estadística de percepción general de 3,13, los visitantes consideraron el nivel de iluminación del museo como medio. El 45% percibió áreas mal iluminadas, conformado por un 21% que señaló como causa poca iluminación en general, otro 21% poca iluminación en PA y un 3% poca en PB. El 30% reportó problemas de visualización y un 3% de deslumbramiento por “altos

niveles de iluminación en PA”, con un nivel de molestia promedio de 3 sobre 5 puntos.

En MEJAG la satisfacción con la iluminación fue alta, con una media general de 3,93. La sensación lumínica que provocó el museo en los visitantes también fue alta, con una media de 3,88. Sólo el 4% percibió áreas mal ilumina-

das, indicando problemas de poca iluminación en general o en la última sala (sala 14). Un 5% reportó problemas de visualización y un 2% deslumbramiento por “reflexiones de luz natural sobre vitrinas”, con un nivel de molestia promedio de 3 sobre 5 puntos.

TABLA 3. RESULTADOS DE LA SECCIÓN DE ILUMINACIÓN DEL CUESTIONARIO, MEDIA MUESTRAL ($\bar{x}$) Y MEDIANA (Me).

Nivel de iluminación percibido				Percibió áreas mal iluminadas		Inconvenientes de visualización		Percibió deslumbramiento			
	Percepción	$\bar{x}$	Me	%	Motivo	%	Motivo	%	Motivo	$\bar{x}$ de molestia	Me
MEJAG	Alto	3,88	4	4	3% poca ilum. general	5	Bajos niveles de ilum., textos pequeños o mal ubicados, etc.	2	Reflexiones de luz natural sobre vitrinas	3	3
					1% poca ilum. en sala 14						
MHIST	Medio	3,13	3	45	21% poca ilum. general	30		3	Altos niveles de ilum. en PA	3	3
					21% poca ilum. PA						
					3% poca ilum. PB						

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

La satisfacción global con la visita fue alta en ambos museos, aunque MEJAG generó una media de 4,17, más alta que la de MHIST, de 3,74.

Mediante análisis de regresión simple con la satisfacción global como variable dependiente se confirmó su correlación representativa con la sensación lumínica y con la satisfacción con la iluminación en ambos museos. En MEJAG la sensación lumínica resultó significativa en la formación de la satisfacción global ($p=0,002$), presentando una correlación (r) del 30% y explicando el 8% de la varianza de la satisfacción

global (R^2); en el caso de la satisfacción con la iluminación la significancia (p) fue también de 0,002, la correlación fue del 29%, explicando un 7% de la varianza. En MHIST, por otro lado, la sensación lumínica resultó significativa con un $p<0,0001$, con un alto nivel de correlación con la satisfacción global (58%), explicando un 32% de su varianza; mientras que la satisfacción con la iluminación, resultó significativa, pero en menor medida ($p=0,02$), con una correlación del 29%, explicando un 7% de la varianza total de la satisfacción global (tabla 4).

TABLA 4. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE REGRESIÓN CON SATISFACCIÓN CON LA VISITA COMO VARIABLE DEPENDIENTE.

Museo	Variable	r	R^2	F	p
MEJAG	Sensación lumínica	0,30	0,08	9,86	0,002
	Satisfacción con iluminación	0,29	0,07	9,39	0,002
MHIST	Sensación lumínica	0,58	0,32	30,88	<0,0001
	Satisfacción con iluminación	0,29	0,07	5,68	0,02

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Luminancias e iluminancias en escenas

En MIST es posible distinguir dos grupos de salas a partir de los rangos de valores de luminancias medidos en cada una (tabla 5):

- Las salas 1, 2, 4 y 7 presentaron un rango de 2-60 cd/m². Las iluminancias sobre objetos en estas salas van de 10-300lx.

- Las salas 3, 5, 6, 8 y 9, con un rango de luminancias de 2-30 cd/m² con algunos valores mayores en el orden de las 550-700 cd/m² en la sala 8 y de 1200 cd/m² en la sala 9 debido a la presencia de luz natural. En la sala 8 se presentaron además reflejos en vitrinas o el suelo de entre 46-106 cd/m² (figura 5). En cuanto a las iluminancias, el rango fue similar al primer

grupo, de 15-280lx con algunos puntos aislados de mayor valor en las salas de la PA en el orden de los 500-600lx por ingreso de luz natural. En la sala 3 se encontraron valores menores, con un rango de 9-121lx.

- En el patio central el rango de luminancias medido fue de 28-1048 cd/m².

TABLA 5. RANGOS DE LUMINANCIAS (L), ILUMINANCIAS (E), PORCENTAJES DE RELACIONES DE LUMINANCIAS FIGURA-FONDO INMEDIATO (RL) ≤ 3:1 Y RELACIÓN DE LUMINANCIAS MÁXIMA (RLMÁX) POR SALA EN PLANTA BAJA Y PLANTA ALTA EN MHIST.

	N°sala	L (cd/m²)	E (lx)	RL ≤ 3:1	RLmáx
Planta baja	1	2-60	10-300	57%	111:1
	2	2-60	10-300	54%	117:1
	3	2-30	9-121	80%	50:1
	4	2-60	10-300	80%	83:1
	5	2-30	15-280	50%	39:1
	6	2-30	15-280	50%	39:1
	7	2-60	10-300	67%	70:1
Planta alta	8	2-30	15-280	45%	245:1
	9	2-30	15-280	33%	1400:1
	Patio	28-1048	-	-	-
	Acceso/escalera	8-658	-	-	-

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Las relaciones de luminancias figura-fondo inmediato (RL), así como la relación máxima entre dos puntos de la escena visual (RLmáx), se analizaron determinando el porcentaje que cumplió con la normativa por sala. En MHIST se detectaron tres situaciones de RL (figura 6, tabla 5):

- Un primer grupo de salas, conformado por las salas 1, 2 y 6 presentaron un 50-60% de sus relaciones en un orden ≤ 3:1, respetando la norma.
- El segundo grupo, las salas 3, 4, 5 y 7 presentó un 70-100% de sus relaciones ≤ 3:1.

- Por último, las salas 8 y 9 en PA, donde sólo 33-45% de las relaciones cumplía con la normativa. En este último grupo, algunas de las relaciones llegan a alcanzar valores particularmente altos: 90:1 en la sala 8 y de 157:1 en la sala 9.

Los valores de RLmáx (figura 6, tabla 5), no se cumplen en casi ninguna de las salas con relaciones superiores a 40:1, siendo otra vez las salas de PA las que presentan valores más problemáticos con relaciones de hasta 245:1 (sala 8) y 1400:1 (sala 9).

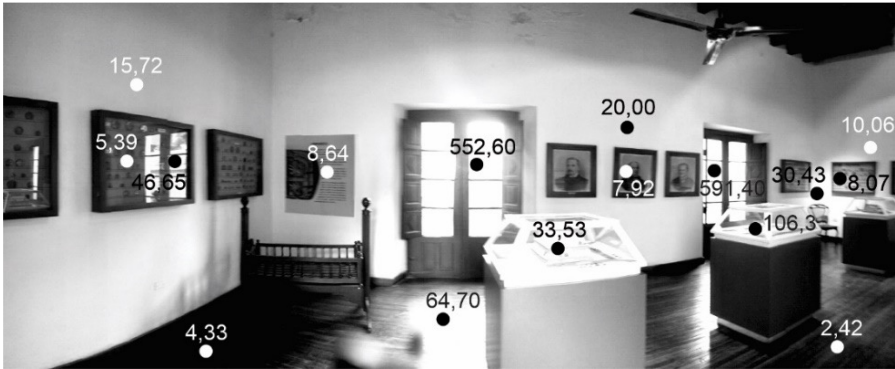


FIGURA 5. VALORES DE LUMINANCIA EN LA ESCENA 14 EN LA SALA 8 - MHIST.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

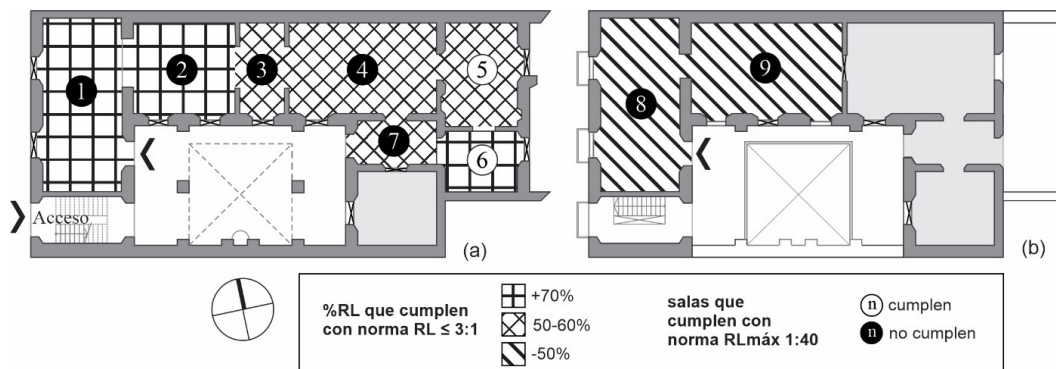


FIGURA 6. CLASIFICACIÓN DE SALAS SEGÚN CUMPLIMIENTO DE NORMA IIRAM AADL J-20-06: PORCENTAJES DE RELACIONES DE LUMINANCIAS FIGURA-FONDO INMEDIATO (RL) $\leq$ 3:1 Y RELACIÓN DE LUMINANCIAS MÁXIMA POR SALA (RLMÁX) EN PLANTA BAJA (A) Y PLANTA ALTA (B) EN MHST.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En MEJAG se distingue también dos grupos de salas según rangos de luminancias e iluminancias, en este caso relacionados su orientación (tabla 6):

- Las salas 1, 2, 4 y 7, de orientación este-oeste, presentaron valores superiores tanto de luminancia como iluminancia. El rango de luminancias medidas fue de 2-100 cd/m^2 y de iluminancias sobre objetos de 45-450 lx.
- Las salas restantes, que a excepción de la 8 y 9, tienen orientación norte-sur. En las 8 y 9 el cuerpo del edificio donde se ubican los servicios genera una obstaculización que explicaría su inclusión en este grupo. El rango de luminan-

cias es similar entre salas, entre 2-65 cd/m^2 , pero las iluminancias presentan diferencias de rangos, moviéndose entre los 30-300 lx. En ambos grupos de salas se encuentran algunos valores por fuera del rango general. En el caso de las luminancias, entre 5000-7500 cd/m^2 , correspondientes ya sea a la luminaria central de la sala o a las ventanas y son valores semejantes a los encontrados en el exterior (figura 7). En las iluminancias los valores por fuera del rango corresponden en general a vitrinas auto iluminadas, variando entre 500-900 lx.

TABLA 6. RANGOS DE LUMINANCIAS (L), ILUMINANCIAS (E), PORCENTAJES DE RELACIONES DE LUMINANCIAS FIGURA-FONDO INMEDIATO (RL) $\leq$ 3:1 Y RELACIÓN DE LUMINANCIAS MÁXIMA (RLMÁX) POR SALA EN MEJAG.

	N°sala	L (cd/m^2)	E (lx)	RL $\leq$ 3:1	RLmáx
Orientación este-oeste	1	2-100	45-450	0,9	680:1
	2	2-100	45-450	1	201:1
	3	2-65	30-60	1	13:1
	4	2-100	45-450	86%	831:1
Orientación norte-sur	5	2-65	50-250	49%	138:1
	6	2-65	50-250	58%	1153:1
Orientación este-oeste	7	2-100	45-450	69%	2585:1
	8	2-65	50-250	71%	2214:1
	9	2-65	30-180	59%	1540:1
Orientación norte-sur	10	2-65	60-300	72%	343:1
	11	2-65	60-300	50%	1572:1
	12	2-65	60-300	86%	176:1
	13	2-65	50-250	70%	1318:1
	14	2-65	30-180	31%	3042:1
Exteriores		900-8000	-	-	-

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Respecto a las RL (figura 8, tabla 6), en 9 de las 14 salas más del 70% de las relaciones cumplía con la normativa ($\leq 3:1$), mientras que, en las 5 salas restantes, este porcentaje fue entre el 40-60%, a excepción de la sala 14, que cumplió sólo en un 30% de sus relaciones.

Las RLmáx (figura 8, tabla 6) no se cumplen en ninguna sala, ya que todas presentan valores por fuera de los rangos, correspondientes a luminarias o luz natural, generándose diferencias de hasta 3000 veces con los valores más bajos de cada escena.

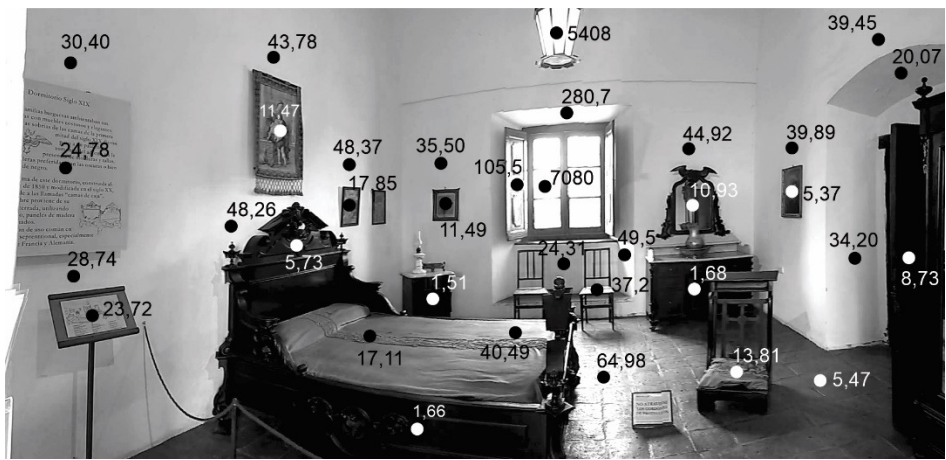


FIGURA 7. VALORES DE LUMINANCIA (L) (CD/M²) EN LA ESCENA 18 EN LA SALA 13 - MEJAG.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En M_{HIST} los visitantes percibieron diferencias o heterogeneidades en la iluminación a lo largo del recorrido por las salas del museo, con un 30% de los encuestados reportando problemas de visualización y un 45% reportando haber encontrado zonas mal iluminadas, siendo indicada en ese caso la PA en un 21% de esos casos. La PA fue señalada además como fuente de problemas de deslumbramiento por altos niveles de iluminación por un 3% de los encuestados.

Si se comparan las condiciones generales de iluminación entre ambas plantas, se observan rangos similares de E en casi todas las salas y los niveles de L medidos variaron sólo en un rango aproximado de 30 cd/m² entre salas. Las relaciones entre luminancias, por otro lado, sí presentan diferencias. En PA sólo el 45% (sala 8) y 33% (sala 9) de estas relaciones cumplieron con la normativa ($\leq 3:1$). En contrapartida, la PB cumple con la normativa en al menos el 50% de las relaciones en todas sus salas. Si bien las RLmáx no se cumplen en la mayoría de las salas, las dos de PA presentan las RLmáx que más se alejan de los valores recomendados. En síntesis, en las salas de PB hay mayor cantidad

de contrastes recomendados figura-fondo u objeto-entorno que en las de PA.

La propia arquitectura del museo puede haber colaborado o acentuado las diferencias de percepción de la iluminación entre las salas de PB y PA: la necesidad de atravesar un patio con rangos de luminancias muy superiores a los encontrados en las salas de ambas plantas. Adaptado a una luminancia determinada, el sistema visual puede percibir las luminancias mucho más altas como deslumbrantes, mientras que las mucho más bajas como sombras (Boyce, 2003). Un aumento repentino en los niveles de luminancia en el patio pudo generar una disrupción en la adaptación a los niveles de iluminación que el sistema visual del visitante fue generando en la PB, para luego encontrarse con niveles altamente inferiores al ingresar a las salas de PA, generando una percepción de zonas mal iluminadas.



En MEJAG, por otro lado, las percepciones de los visitantes respecto a la iluminación fueron mucho más homogéneas a lo largo del recorrido, con sólo un 5% reportando problemas de visualización, un 4% reportando zonas mal iluminadas y con una sensación lumínica y satisfacción con la iluminación más elevadas que en MHIST. Los problemas de deslumbramiento se reportaron en un porcentaje similar al de MHIST (2%), siendo las causantes en este caso “reflexiones de luz natural sobre vitrinas”.

Si se observa los valores de L y E en ambos museos, se distinguen rangos similares. Diez de las catorce salas de MEJAG presentan un rango de L de 2-65 cd/m², encontrado también en las salas de mayor tamaño en PB de MHIST, y un rango de E igual o menor al de las salas de MHIST, con máximos de entre 250-300 lx.

Al igual que al comparar PB y PA en $_{MHIST}$, la diferencia entre $_{MHIST}$ y $_{MEJAG}$ se centra en las relaciones de luminancias, tanto en las que se establecen dentro de cada sala individualmente, como en las diferencias o similitudes entre salas a lo largo del recorrido. En primer lugar, en cuanto a la situación dentro de cada sala, las relaciones figura-fondo inmediato cumplen con las recomendaciones en un 70-90% de las veces en la mayoría de salas en $_{MEJAG}$, mientras que en $_{MHIST}$ esta situación se da sólo en tres de las nueve salas. Por otro lado, los niveles de luminancia no presentan cambios abruptos en $_{MEJAG}$; la adaptación visual inicial a los niveles exteriores de luminancia se mantiene constante durante todo el recorrido. Los visitantes están en permanente contacto con el exterior, tanto entre una sala y otra como dentro de las mismas, a través de las ventanas en el centro de las

escenas visuales, con valores de luminancias equivalentes a los encontrados en los exteriores.

Las R_Lmáx no cumplen con la normativa en casi todas las salas de ambos museos, sin embargo, la mayoría de los visitantes no reportó problemas de deslumbramiento. Esto es particularmente notable en el caso de MEJAG, donde las R_Lmáx presentan valores superiores a los de norma mucho más alejados de los valores recomendados que en MHIST. Esta situación podría relacionarse con el contacto visual permanente interior-exterior en las salas de MEJAG (ventanas en centro de campo visual), que además de permitir una continuidad en la adaptación visual que el visitante trae del exterior al ingresar al museo, admite, como ya se ha mencionado, rangos de tolerancia mucho más elevados que la iluminación artificial (Nabil & Mardaljevic, 2005).

El análisis de regresión confirmó la influencia tanto de la sensación lumínica como de la satisfacción con la iluminación sobre la satisfacción global con la visita en ambos museos, sin embargo, se observa un peso mayor de la sensación lumínica, sobre todo en el caso de MHIST, donde la correlación resultante fue particularmente alta. Si se tiene en cuenta que la sensación lumínica en MHIST fue media, menor que en MEJAG, esta mayor influencia podría estar relacionada con lo que Baker y Crompton (2000) describen como “factor de generación de insatisfacción”: existe un nivel mínimo de calidad para los ítems contenidos en el mismo por debajo del cual los mismos comienzan a generar insatisfacción, pero su mejora por arriba del nivel mínimo no aumenta la satisfacción general o global.

*El análisis
de regresión*
CONFIRMÓ LA INFLUENCIA
tanto de la
SENSACIÓN
LUMÍNICA
como de la
SATISFACCIÓN CON
LA ILUMINACIÓN
sobre la
SATISFACCIÓN GLOBAL
con la visita en
AMBOS MUSEOS,
sin embargo,
SE OBSERVA
un peso mayor en la
SENSACIÓN
LUMÍNICA,
sobre todo en el
caso del MHIST,
DONDE LA CORRELACIÓN
resultante fue
PARTICULARMENTE
ALTA.

CONCLUSIONES

Con base en el análisis de los resultados objetivos y subjetivos en ambos museos, se evidencia la necesidad de un especial cuidado en el diseño de iluminación en los espacios expositivos, no sólo respecto a la interacción de la luz con cada objeto o cada sala en particular, sino, y tal vez más importante, respecto a la interacción de la luz con la espacialidad, la arquitectura y las formas de recorrido que se plantean, un enfoque que no ha sido explorado aún en profundidad en la bibliografía.

Si bien numerosos estudios han comprobado que las preferencias de niveles de iluminación tienden a ser mucho mayores que las necesarias a nivel funcional, en los espacios de museos, esto tiende a contraponerse con la necesidad de control de los niveles de iluminación para la preservación de los objetos exhibidos.

El presente trabajo evidencia que, en salas de exhibición, similares niveles de iluminación (rangos de L y E medidos en ambos museos) pueden dar como resultado percepciones muy diferenciadas del ambiente iluminado (diferencias de sensación lumínica y satisfacción con la iluminación en ambos museos) según sean las relaciones que se establezcan entre dichos niveles y con la arquitectura y museografía existentes (RL y RL_{máx} en cada sala y entre salas y rangos de L entre salas) y que esto repercute en el disfrute y satisfacción del visitante, como se comprueba en los análisis de regresión. Esto concuerda con resultados obtenidos en museos de diferentes características (Bazán *et al.*, 2018). Se ha comprobado también que el cumplimiento de las recomendaciones establecidas por la norma IRAM - AADL J-20-06 (1996) para relaciones de luminancias, hasta el momento generalmente aplicables a ámbitos de trabajo, podría estar relacionado con la percepción del espacio iluminado por parte de los visitantes (sensación lumínica).

El diseño de iluminación en museos, deberá entonces prestar particular atención a:

- La conservación de la adaptación visual, evitando en lo posible generar cambios bruscos en los niveles de iluminación, realizando cambios progresivos en los mismos y estudiando las secuencias de recorrido y el diseño museográfico, respetando a la vez las necesidades de preservación y conservación de los objetos exhibidos.

- Las relaciones de contraste entre objetos expuestos y su entorno en las diferentes instancias del recorrido museográfico, partiendo para ellos de las relaciones de luminancias. En este punto es importante mencionar que, si bien no es un tema abordado en el presente trabajo, los contrastes pueden estar dados no sólo por niveles de iluminación, sino por los colores de objetos y entorno.

- El tratamiento de los tipos de luz, natural o artificial durante el recorrido. Si se tiene en cuenta tanto las preferencias reportadas en la bibliografía sobre luz natural (Nabil & Mardaljevic, 2005), como la diferencia de percepciones en la iluminación reportada por los visitantes en MHIST Y MEJAG para niveles fotométricos similares (L y E), la sensación lumínica del espacio podría estar ligada a los tipos de iluminación. Debido a esto, si bien es importante hacer un aprovechamiento de la luz natural cuando sea posible, lo que dependerá además de otros factores como las condiciones higrotérmicas del lugar, se debe tener en cuenta que continuas transiciones entre un tipo de iluminación y otra podrían actuar en detrimento de la percepción del espacio iluminado y por consiguiente de la experiencia de visita y satisfacción del visitante.

Posibles soluciones de control para esto podría ser la utilización de películas control de la radiación solar adheridas a los vidrios o vidrios especiales que reaccionen a la acción directa del sol (electrocromáticos) que no afecten la estética del edificio, en la mayoría de los casos de valor patrimonial en la región, disminuyendo los niveles de iluminación natural en el interior cuando sea necesario.

Dentro de las limitaciones del trabajo se mencionan en primer lugar, que no se consideraron las variaciones significativas de la luz natural, tanto horarias como estacionales, sino que se trabajó con un corte de tipo transversal para el registro de datos. En segundo lugar, el alcance de la evaluación de la percepción de la iluminación se trabajó en una escala general del museo. Un análisis por salas ampliaría la

información a obtener en cuanto a la configuración de los recorridos en relación a las condiciones lumínicas que presente cada sala.

El presente trabajo supone un aporte en la búsqueda de aumentar la comprensión del comportamiento visual de los visitantes en salas de museos y sus preferencias teniendo a la iluminación como parámetro mediador. Se aportan valores objetivos de referencia a las evaluaciones perceptuales descritas, datos poco encontrados en la bibliografía hasta el momento para estos ámbitos y se delinean pautas a tener en consideración para el diseño de iluminación que permitan a los responsables de estas instituciones establecer cambios que favorezcan la mejora de la experiencia museística. El sistema visual humano es particularmente eficaz para detectar diferencias de luminancias (Boyce, 2003), por lo que esta magnitud permitiría a los diseñadores de iluminación la realización de evaluaciones empíricas simples que les permitan generar conclusiones de valor para la toma de decisiones concernientes al diseño de iluminación.

El éxito del diseño de iluminación en un museo, implicará un trabajo conjunto de un equipo de trabajo interdisciplinario con una mirada integral en su planteo, que trascienda el diseño de unidades aisladas entre sí, funcionando como un todo cohesivo y articulado.

El ÉXITO
**DEL DISEÑO DE
ILUMINACIÓN
EN UN MUSEO,**
implicará un
TRABAJO CONJUNTO
de un
EQUIPO
MULTIDISCIPLINARIO
con una
MIRADA
INTEGRAL
en su
PLANTEO,
que trascienda
EL DISEÑO
DE UNIDADES AISLADAS
entre sí,
funcionando
COMO UN TODO
COHESIVO Y
ARTICULADO.

FUENTES DE CONSULTA

Ajmat, R., Sandoval, J., Arana Sema, F., O'donell, B., Gor, S. & Alonso, H. (2011), "Lighting design in museums: exhibition vs. preservation", *WIT Trans. Built Environ*, 118, pp. 195-206.

Baker, D. A. & Crompton, J. L. (2000), "Quality, satisfaction and behavioral intentions", *Annals of tourism research*, 27(3), pp. 785-804.

Bazán, L., (2020), Influencia de las condiciones ambientales en museos en la satisfacción de los visitantes. Su evaluación. [Tesis doctoral]. Universidad Nacional de Tucumán. Disponible en repositorio CONICET: <http://hdl.handle.net/11336/114637>.

Bazán, L., Ajmat, R., Sandoval, J. (2018), "Iluminación en museos, experiencia y satisfacción de visitantes en contextos patrimoniales. Casos de estudio en el Noroeste Argentino", *Anales AFA*, [S.l.], pp. 39-48.

Bazán, L. N. & Ajmat, R. F. (2021), "Considerations on Visitor Satisfaction as Part of an Integral Evaluation Methodology", *Intervención (México DF)*, 12(23), pp. 204-255.

Beltran, L., Atre, U., Chongcharoensuk, C. & Mogo, B. (2004), "Evaluating the Daylight Performance of Three Museum Galleries", *Proceedings of the National Solar Energy Conference*, American Solar Energy Society, Portland, pp. 921-926.

Boyce, P.R. (2003), *Human factors in lighting* (2nd Ed.), Taylor & Francis, London.

Chen, H. S., Chou, C. J., Luo, H. W. & Luo, M. R. (2016), "Museum lighting environment: Designing a perception zone map and emotional response models", *Lighting Research & Technology*, 48(5), 589-607.

CIE (Commission International de l'Eclairage) (1991), *On the Deterioration of Exhibited Museum Objects by Optical Radiation*, CIE Publication 89-1991, CIE, Vienna.

CIE (Commission International de l'Eclairage) (2004), *Control of damage to museum objects by optical radiation*, CIE Publication 157-2004, CIE, Vienna.

De Rojas, C. & Camarero, C. (2008), "Visitors' experience, mood and satisfaction in a heritage context: evidence from an interpretation center", *Tourism Management*, 29(3), pp. 525-537.

Del Hoyo-Meléndez, J. M., Mecklenburg, M. F. & Doménech-Carbó, M. T. (2011), "An evaluation of daylight distribution as an initial preventive conservation measure at two Smithsonian Institution Museums, Washington DC, USA", *Journal of Cultural Heritage*, 12(1), pp. 54-64.

Fakhari, M., Vahabi, V. & Fayaz, R. (2021), "A study on the factors simultaneously affecting visual comfort in classrooms: A structural equation modeling approach", *Energy and Buildings*, 249, 111232.

Fathy, F., Mansour, Y., Sabry, H., Refat, M. & Wagdy, A. (2020), "Conceptual framework for daylighting and facade design in museums and exhibition spaces", *Solar Energy*, 204, pp. 673-682.

Forrest, R. (2013), "Museum atmospherics: The role of the exhibition environment in the visitor experience", *Visitor Studies*, 16(2), pp. 201-216.

Garside, D., Curran, K., Korenberg, C., MacDonald, L., Teunissen, K. & Robson, S. (2017), "How is museum lighting selected? An insight into current practice in UK museums", *Journal of the Institute of Conservation*, 40(1), pp. 3-14.

Goldstein, E. Bruce (2013), *Sensation and perception* (9th Ed.), Cengage Learning, USA.

Hurlbert, A. & Cuttle, C. (2020), "New museum lighting for people and paintings", *Leukos*, 16(1), pp. 1-5.

ICOM (International Council of Museums) (2022), Definición de museo. Disponible en <https://icom.museum/es/recursos/normas-y-directrices/definicion-del-museo/>, consultado el 13 de marzo de 2023.

IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) (2000), *Lighting Handbook: Reference & Application* (9th Ed.), IESNA, New York.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (1996), *Luminotecnia. Iluminación artificial de interiores. Niveles de iluminación*, Norma IRAM-AADL J 20-06, IRAM, Buenos Aires.

Jeong, J.-H. & Lee, K.-H. (2006), "The physical environment in museums and its effects on visitors' satisfaction", *Building and Environment*, 41(7), pp. 963-969.

Konstantzos, I., Sadeghi, S. A., Kim, M., Xiong, J. & Tzempelikos, A. (2020), "The effect of lighting environment on task performance in buildings—A review", *Energy and Buildings*, 226, 110394.

Kruisselbrink, T. W., Dangol, R. & Van Loenen, E. J. (2020), "A comparative study between two algorithms for luminance-based lighting control", *Energy and Buildings*, 228, 110429.

Leccese, F., Salvadori, G., Tambellini, G. & Kazanasmaz, Z. T. (2020), "Application of climate-based daylight simulation to assess lighting conditions of space and artworks in historical buildings: the case study of Cetacean gallery of the monumental charterhouse of Calci", *Journal of Cultural Heritage*, 46, pp. 193-206.

Lo, V. W. L. & Steemers, K. A. (2020), "Methods for assessing the effects of spatial luminance patterns on perceived qualities of concert lighting", *Lighting Research & Technology*, 52(1), pp. 106-130.

Lu, Y., Li, W., Xu, W. & Lin, Y. (2019), "Impacts of LED dynamic white lighting on atmosphere perception", *Lighting Research & Technology*, 51(8), pp. 1143-1158.

Miller, J. V. & Miller, R. E. (2005), Museum Lighting Pure and Simple. Seaford, US: NoUVIR Research. Disponible en <https://www.nouvir.com/peer-reviewed-science.htm>, consultado el 19 de septiembre de 2022.

Nabil, A. & Mardaljevic, J. (2005), "Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings", *Lighting Research & Technology*, 37(1), pp. 41-57.

Oliveira, F. & Steemers, K. (2008), "210: Daylighting Museums—a survey on the behaviour and satisfaction of visitors", *PLEA 2008—25th Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Dublin.

Pattini, A. (2005), "Recomendaciones de niveles de iluminación en edificios no residenciales: una comparación internacional", *Avances en Energías Renovables y Ambiente*, 9, pp. 7-12.

Pavlogeorgatos, G. (2003), "Environmental parameters in museums", *Building and Environment*, 38(12), pp. 1457-1462.

Rodriguez, R.G., Pattini, A. (2010), "Determinación de satisfacción visual por medio de evaluaciones post ocupacionales en edificios no residenciales. El caso de oficinas", *Avances en Energías Renovables y Ambiente*, 14, pp. 57-64.

Schielke, T. (2019), "The language of lighting: applying semiotics in the evaluation of lighting design", *Leukos*, 15(2-3), pp. 227-248.

Schielke, T. (2020), "Interpreting art with light: Museum lighting between objectivity and hyperrealism", *Leukos*, 16(1), pp. 7-24.

Thomson, G. (1986), *The museum environment* (2nd Ed.), Butterworths-Heinemann, London.

Vetter, C., Pattison, P. M., Houser, K., Herf, M., Phillips, A. J., Wright, K. P. & Glickman, G. (2022), "A review of human physiological responses to light: implications for the development of integrative lighting solutions", *Leukos*, 18(3), pp. 387-414.