



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**
FACULTAD DE ARQUITECTURA

TEMA

**“LA ENSEÑANZA DE LA ILUMINACIÓN ARTIFICIAL
EN EL TALLER DE ARQUITECTURA”**

**TESIS TEÓRICA QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
ARQUITECTO**

PRESENTA

MANUEL ALEJANDRO RAMIREZ OLVERA

SINODALES

PRESIDENTE: ARQ. JOSÉ VÍCTOR ARIAS MONTES

VOCAL: ARQ. BEATRIZ SÁNCHEZ DE TAGLE LOZANO

SECRETARIO: ARQ. GUILLERMO ORTIZ CORTÉS

**MAYO DEL 2018
CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MÉXICO**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

1. JUSTIFICACIÓN	3
1.1 OBJETIVOS	3
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.3 DESCRIPCIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LA ARQUITECTURA Y LA ILUMINACIÓN	24
2. MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA	37
2.1 ELEMENTOS ACADÉMICOS DE LA LICENCIATURA	37
2.1.1 PEDAGÓGICOS Y DIDÁCTICOS	37
2.1.1.1 LAS ÁREAS DEL CONOCIMIENTO	38
2.1.1.2 LAS ÉTAPAS FORMATIVAS	43
2.1.1.3 LAS LINEAS DE INTERÉS PROFESIONAL	44
2.1.1.4 LOS TEMAS TRANSVERSALES	45
2.1.1.5 EL TALLER DE ARQUITECTURA	46
2.2 CRITERIOS BÁSICOS Y GENERALES DE LA ILUMINACIÓN	47
2.2.1 CARACTERÍSTICAS Y FENÓMENOS DE LA LUZ	48
2.2.2 CRITERIOS FOTOMETRICOS	52
2.2.3 CRITERIOS LUMINOTÉCNICOS	53
2.2.4 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES LUMINOSAS	56
3. PROPUESTA	60
3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROGRAMA	60
3.1.1 SEGÚN LAS ÁREAS DEL CONOCIMIENTO	60
3.1.2 SEGÚN LAS ÉTAPAS FORMATIVAS	63
3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TEMAS DEL PROGRAMA	66
3.2.4. CONCEPTOS CULTURALES	67
3.2.5. CONCEPTOS HABITABLES	98
3.2.6. CONCEPTOS TECNICOS, ECONÓMICOS Y FINANCIEROS	116
3.2.7. CONCEPTOS AMBIENTALES	130
4. CONCLUSIONES	145
4.1 APORTACIONES GENERALES Y PARTICULARES	145
4.2 LINEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN	145
4.2 CONSIDERACIÓN FINAL	146
5. ANEXOS	147
6. BIBLIOGRAFÍA	155

1. JUSTIFICACIÓN

1.1 OBJETIVOS

La presente tesis nació por la discusión generada sobre la revisión del plan de estudios 99 para la Facultad de Arquitectura (FA), pues al reconocer que “la enseñanza de la arquitectura juega un papel relevante para nuestra sociedad por ser una actividad históricamente vinculada con las actividades sociales, económicas y políticas”¹; una mejora constante en la educación superior incide positivamente en el bienestar y desarrollo del país, y así ante la situación socioeconómica que presenta la mayor parte de los ciudadanos este país, así como su dinámica laboral en general, se puede aceptar que “la formación profesional es la única certeza que tenemos de brindarles un futuro mejor”² a las futuras generaciones. Levin y Kelley demuestran lo anterior, al expresar que:

la educación sólo constituye un factor de mucha importancia en el conjunto de elementos y condicionantes que determinan la productividad y la competitividad económicas, así como los niveles de criminalidad, la participación política y los niveles de salud de la sociedad.³

Este sentimiento siempre ha sido ampliamente avalado y compartido por muchas instituciones públicas de educación superior. Sobre esto, nuestra Universidad Nacional Autónoma de México señala que:

Seguirá cumpliendo con la responsabilidad social que le han asignado los mexicanos. Para ello continuará siendo una institución de excelencia,

¹ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I.* México, UNAM, FA, 2017. p. 6

² *Proyecto de modificación del plan y programas de estudios de la Licenciatura en Arquitectura.* México, UNAM, FA, 2012. p. 4

³ Henry Levin y Carolyn Kelley. “Can education do it alone?”, *Economics of Education Review*, vol 13, núm 2, Estados Unidos, Stanford University, School of Education, 1994, p.107.

promotora de la generación de conocimiento y formadora de jóvenes con capacidades científicas y humanísticas para contribuir al desarrollo del país.⁴

Igualmente, la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura (ESIA), Unidad Tecamachalco, del Instituto Politécnico Nacional (IPN), afirma en su programa educativo que esta escuela “desde su creación, se ha caracterizado por su visión social, innovadora, vanguardista, flexible y centrada en el aprendizaje”⁵.

Así las diferentes actualizaciones al Plan de Estudios no solo han constituido una inversión trascendente para el desarrollo de nuestro país, sino también en la mejora constante de la manera en que se enseña y aprende la profesión de arquitecto, al dotarlo de mayor precisión y claridad sobre todos los temas relacionados a nuestra formación. Es así como se garantiza “su vigencia, su coherencia académica interna y su capacidad para formar profesionales que atiendan las demandas del país. Así como en la capacitación para enfrentarse a los futuros retos de su profesión”⁶, es decir continuar la labor de “formar más y mejores estudiantes con capacidad de respuesta, para que sean profesionales al servicio de una comunidad que ha depositado la confianza en esta institución⁷”. Momentos y procesos que también favorecen la calidad y prestigio institucional, no solo de la misma Facultad de Arquitectura sino de la Universidad Nacional Autónoma de México, pues:

En su sede de Ciudad Universitaria y a lo largo de 62 años de vida académica consistente y responsable, se han impulsado y establecido nuevos enfoques y conceptos expresados en los planes de estudios modificados en distintos

⁴ *Plan de Desarrollo de la Universidad 2011-2015*, UNAM, 2012. p. 24

⁵ *Rediseño del Programa Académico de Ingeniero Arquitecto*, IPN, ESIA, 2008. p. 1

⁶ *Plan de estudios 1999*, México, UNAM, FA, 1999, p. 6

⁷ *Proyecto de modificación del plan y programas de estudios de la Licenciatura en Arquitectura*. México, *op. cit.* p. 4

momentos, que, al diversificarse, refuerzan y modernizan la perspectiva académica de la FA ante el ejercicio profesional y las demandas de la sociedad.⁸

Esto también es visible en los planes de estudios de otras instituciones, como sucede en la Universidad Iberoamericana, donde se postula que:

Con el deseo de mantener el nivel de excelencia en la formación académica de los Arquitectos de la Ibero, se ha rediseñado un plan curricular que incorpora los avances conceptuales más innovadores; que, aunado a las nuevas instalaciones físicas y tecnológicas, permite ofrecer un programa de formación relevante en México.⁹

Estas modificaciones no se conciben como procesos arbitrarios, improvisados o intuitivos; pues en su procedimiento intervienen diferentes actores de diferentes disciplinas que han logrado una estructura bastante adecuada de los contenidos didácticos y pedagógicos de la licenciatura. Es por esto que es necesario e imperante “actualizarlo con un enfoque participativo e incluyente, con una visión social, histórica, humanista, artística y científica, en correspondencia con los postulados de la Universidad Nacional Autónoma de México”¹⁰.

Pero el cambio también se da por la misma naturaleza de nuestra carrera, que nunca podrá ser estática, sino que siempre sigue un proceso evolutivo natural, es decir que “a lo largo de la historia diferentes paradigmas y formas de concebir la arquitectura han determinado la manera en que la sociedad visualiza al arquitecto, a la arquitectura y la forma de enseñarla, de aprenderla y de ejercerla”¹¹.

⁸ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit.* p. 8

⁹ *Plan de estudios*, México. UIA, Departamento de Arquitectura, 2004. Consultado en marzo de 2013 en: <http://www.arquitectura.uia.mx/plandestudios.html>

¹⁰ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit.* p. 6

¹¹ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit.* p. 11

Así mismo, esta investigación también es producto de mis propias vivencias en la práctica profesional, pues como sostiene Iturbe:

La reflexión de la experiencia, nos da cabida a la evaluación, para la mejora continua de la educación. Sin lugar a dudas, cada día se requiere de profesionistas competentes y docentes comprometidos, con una constante actualización, ya que su apoyo y acompañamiento son parte fundamental en la relación que se establece con los estudiantes.¹²

Así el mismo alumno es también un personaje activo que sugiere de alguna manera tanto el perfil de alumno como de egresado que desearía tener, es decir, que “determine el marco histórico, cultural, social y educativo en que se insertará”¹³

Entonces, no debe interpretarse este trabajo como una queja sin fundamento, sino más bien como una sugerencia que intenta apoyar la creación y el desarrollo de un posible nuevo modelo educativo analizando las fortalezas, oportunidades, deficiencias y amenazas del actual Plan de Estudios 2017, sin plantear un cambio radical sino más bien, adaptándose a él para complementar y mejorar los problemas y omisiones que se observan sobre el tema que aquí se abordará. Resulta necesario mencionar que las soluciones expuestas en este trabajo no deben considerarse como las únicas verdaderas, pues la determinación final de éstas siempre está a cargo de un grupo multidisciplinario de especialistas encargados en la educación y didáctica de la arquitectura. Nuestro objetivo principal en esta tesis, es contribuir a un progreso constante en la calidad educativa, para que los estudiantes y futuros egresados puedan contar con un nivel adecuado y coherente tanto en su adiestramiento dentro de las aulas, como en su experiencia profesional fuera de estas.

¹² Jorge Iturbe Bermejo, “Editorial”, *Revista Triángulo. núm. 18*. México, Universidad La Salle. 2008, p. 1.

¹³ *Plan de estudios 1999, op. cit.* p. 24

Es por esto que el presente documento ha sido elaborado desde una perspectiva crítica y teórica; pues por un lado, la crítica se presenta como una herramienta conveniente para mejorar la calidad de los procesos educativos y generadores de objetos arquitectónicos, siempre y cuando se elabore de manera adecuada a favor de un resultado benéfico que se traduzca en “un avance en los conocimientos que sustentará beneficios en el quehacer de los arquitectos”¹⁴, como lo sugieren los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior a través del Comité de Arquitectura, Diseño y Urbanismo y la Coordinación Nacional para la Planeación de la Educación Superior. En este mismo sentido el Plan de Estudios 99 planteó que los egresados cuenten con un perfil que “ejercite la reflexión, la crítica y la autocrítica”¹⁵ para así abordar cualquier problema a resolver, como son, los que conciernen al trabajo arquitectónico o urbano; mientras que el Plan de Estudios 2017 asegura que:

Formar arquitectos con capacidad para fundamentar, valorar y tomar decisiones en el ámbito urbano arquitectónico, con actitud crítica, reflexiva y de servicio, que atienda al equilibrio y la comprensión del fenómeno urbano arquitectónico como un proceso que materializa e integra las acciones individuales y colectivas; que conoce las necesidades básicas del hombre en su hábitat en todas sus dimensiones y escalas; con capacidad de intervención activa, creativa y autogestiva para asimilar los cambios tendentes a mejorar la calidad de vida; con intervención en proyectos nuevos y obras ya construidas y para cualquier forma de producción del hábitat.¹⁶

Esto también se encuentra presente en la última propuesta a la modificación de Programa Académico de la ESIA Tecamachalco para “formar integralmente a

¹⁴ *La educación de la arquitectura en México*. México, CIEES, CONPES, 2001, p. 3

¹⁵ *Plan de estudios 1999*, op. cit. p. 24

¹⁶ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I*, op. cit. p. 39

profesionales críticos y éticos, a través de un proceso científico y participativo para planear, diseñar, construir, mantener y regenerar espacios arquitectónicos y urbanos que nos conducen a la renovación integral y el desarrollo constante de nuestra carrera”¹⁷. También el Colegio Académico de Arquitectura y el H. Consejo Técnico, sugieren que la universidad debe formar profesionistas con “pensamiento abierto, crítico y reflexivo”¹⁸; y que, por último, Rafael Martínez Zarate también señala que es importante:

Estimular en el alumno la capacidad participativa y crítica, fomentando la labor de investigación, el trabajo en grupo, la autocrítica y la autoevaluación, así como el ejercicio de las facultades científicas de investigación y análisis, dentro de marcos lógicos de estudio.¹⁹

Por otro lado, en cuanto a lo teórico, Ernesto Nava Trujillo reitera que “la creatividad es materia prima de la teoría y es en ella donde sustenta sus cambios y transformaciones”²⁰. Y esto al relacionarse con la complejidad del estudio de la arquitectura, ha generado múltiples teorías valiosas sobre la producción, el diseño y la construcción de espacios y objetos arquitectónicos y cómo debe aproximarse a estos. Estas hipótesis toman mayor relevancia cuanto más se aparta la idea del oficio arquitectónico como creación artesanal para llevarlo a un desempeño más razonado, lógico y organizado.

¹⁷ *Rediseño del Programa Académico de Ingeniero Arquitecto*. México, IPN, ESIA, 2008. p. 1

¹⁸ *Proyecto de modificación del plan y programas de estudios de la Licenciatura en Arquitectura*, *op. cit.* p. 4

¹⁹ Rafael Martínez Zarate. *Investigación aplicada al diseño arquitectónico*. Ed. Trillas, México, 2003. p. 5

²⁰ Ernesto Nava Trujillo, “La creatividad, los laboratorios de arquitectura y el problema del espacio arquitectónico”, *Revista del centro de investigación. Dossier No.2, suplemento del vol. 9, núm. 35*. México, Universidad La Salle. Enero a junio de 2011, p. 28

Tanto el Plan de estudios 1999²¹ y el de 2017²² enfatizan a la figura del Taller de Arquitectura como un espacio primordial que tiende a la práctica, donde se fortalecen e integran todas las asignaturas que cursamos durante la Licenciatura, para así superar la fragmentación del conocimiento, es aquí donde convergen y participan de manera global e interdisciplinaria, las competencias más bien teóricas que hemos hasta ese momento adquirido.

Para alcanzar la finalidad propuesta, este trabajo se divide en cuatro grandes secciones. En primer lugar, se tiene la justificación de esta tesis. En este punto se establecen los fundamentos, metas y propósitos de esta investigación; la importancia de la relación que se establece entre la producción arquitectónica y el fenómeno de la iluminación tanto natural como artificial, así como su evolución histórica; y, por último, los problemas que se presentan en el modelo actual en cuanto a la enseñanza de una iluminación coherente al espacio arquitectónico a diseñar o construir.

En segundo lugar, se observa, a manera de marco teórico de referencia, las bases y actores principales que intervienen en el proceso académico general de la enseñanza de la carrera de Arquitectura a nivel licenciatura en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México

En tercer lugar se expone la propuesta, que es un planteamiento personal y básico sobre las consideraciones, métodos y herramientas que la Facultad de Arquitectura pudiera modificar o generar para superar tanto el problema señalado en este documento, como la creación de un nuevo posible paradigma que cumpla con las

²¹ *Plan de estudios 1999, op. cit. p. 6*

²² *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I. México, op. cit. p. 29*

características tanto del nuestro Plan de Estudios 1999, como la propuesta de remplazo de este; es decir, donde se integre “el conocimiento en un bloque sólido que sistematice, retroalimente y dé consistencia a los procesos del proyecto arquitectónico”²³. Así mismo, se procura que estas propuestas tengan un vínculo con otros modelos educativos análogos locales e internacionales con cierta experiencia en el campo de la enseñanza y aprendizaje del tema que abordaremos.

En último lugar, se presentan las conclusiones, es decir, el resumen de las intenciones que se presentaron en el desarrollo de este trabajo y que encontraron alguna resolución, así como las que podrían seguir retomándose posteriormente con mayor profundidad por otros investigadores; y otros temas importantes que se encontraron relacionados a este análisis.

Para finalizar y a manera de paréntesis, aunque el Plan de estudios 99 ya ha vencido, hemos decidido retomarlo también pues no solo es el antecedente más inmediato sino también la síntesis satisfactoria de los planes 81' (el que permitió la transformación de la Escuela Nacional de Arquitectura a Facultad de Arquitectura con la puesta en marcha de maestrías y doctorados) y 76' (el que pretende zanjar las diferencias de la Escuela Nacional de Arquitectura generadas por el proceso de ruptura y modernización del Autogobierno).

Debido a que el diseño en la iluminación tanto natural como artificial presenta diferentes aspectos que lo determinan, su enseñanza debe estar atacada por distintos frentes tanto físicos como temporales, que respondan a cada una de estas competencias, por un lado, de manera exclusiva, pero que al mismo tiempo se

²³ *Plan de estudios 1999, op. cit.* p. 13

interrelacionen. Para esta labor, se han clasificado los objetivos y enfoques de cada área para el tema de la enseñanza y aprendizaje de la iluminación natural y artificial, según los fundamentos del programa actual. Pero también para cada una de las materias correspondientes al Taller Integral de Arquitectura según los objetivos pedagógicos y la temática didáctica de cada etapa.

Por último, es importante atacar la ambigüedad que puede presentarse bajo ciertos temas que señalan tanto el Plan de Estudios 99 como su proyecto de modificación de 2017; necesarios para la formación básica del futuro profesionalista, ya que el sistema pedagógico actual de talleres autónomos, puede ocasionar que cada profesor interprete de manera distinta lo que debe enseñar en cada etapa o área. Ante esta omisión se pueden encontrar diferencias en el conocimiento de los alumnos de un mismo nivel, pero de diferentes talleres. Esto muchas veces se puede percibir como deficiencias o lagunas en la formación académica, y por lo tanto un riesgo en la certificación que se pretende, así como en la vida laboral posterior.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Sabemos que hoy nuestra carrera se ha convertido en una profesión compleja y extensa. El mismo Plan de estudios 99, hablaba ya de programas arquitectónicos (aunque sin utilizar ese término), es decir conjuntos y paquetes de proyectos relacionados entre sí; y establecía diferentes conocimientos cada vez más útiles que los nutren para satisfacer tanto sus necesidades como sus características estéticas, culturales, habitables, técnicas, económicas o ambientales; que no solo son necesarios para el perfil educativo del futuro profesionalista, sino que también para la vida profesional del egresado. Se dice entonces que “la formación del profesional de la

arquitectura debe incluir también la adquisición y conocimiento de técnicas y métodos de las distintas disciplinas que lo apoyan y auxilian”²⁴, y también se permite “desarrollar una actitud propositiva, y ser capaz de promover su participación en los diversos campos de la disciplina arquitectónica, de manera que pueda crearse opciones de trabajo sin depender por completo de otras ofertas”²⁵. Entonces, tanto el mercado laboral, como la manera de hacer arquitectura tienen una evolución constantemente, y cada vez más podría requerir de profesionales que traten de manera específica cada uno de los amplios frentes que se abren en un proyecto arquitectónico específico. El arquitecto bajo una formación tradicional y general se va haciendo cada día algo más desfasado frente a programas cada vez más complejos, y es ahora cuando “el futuro arquitecto se enfrenta desde hoy al reto de revertir la imagen obsoleta que se tiene de su disciplina, sostenida en una concepción romántica y acrítica del profesional, acorde solamente con los anhelos clientelares de un sector de la población que ha sido ampliamente rebasado”²⁶.

Es por esto que se nos advierte que:

Actualmente, el campo de lo arquitectónico ha perdido sus anteriores límites por lo cual, el primer cambio que se impone, es el de no limitar el término a lo estrictamente arquitectónico, sino ampliarlo a un mundo epistemológicamente más concreto que es el campo del diseño [...] Hoy se puede afirmar que la profesión del arquitecto en el mundo contemporáneo es una profesión variada, diversa y compleja que abarca muchos campos de acción relacionados con la producción arquitectónica [...] surgen los saberes provenientes de otros campos de conocimiento que permiten reforzar el componente técnico proyectual [...] La prospectiva para el profesional de la arquitectura en este siglo, es enfrentar las demandas específicas que requerirán de su intervención. Hoy el ejercicio de la profesión muestra una tendencia a modificar la figura del arquitecto tradicional que proyecta y construye, que actúa individualmente a la manera de los maestros del renacimiento, y sustituirla por el profesional que

²⁴ *Plan de estudios 1999, op. cit.* p. 23

²⁵ *Plan de estudios 1999, op. cit.* p. 25

²⁶ *Plan de estudios 1999, op. cit.* p. 13

trabaja colectivamente, con grupos diversos y en equipo con otros profesionales [...] En el proceso de formación de los futuros arquitectos, se deben abordar los problemas actuales desde puntos de vista multidisciplinarios y transdisciplinarios, y como conceptos de referencia ineludibles los fenómenos naturales y sociales, lo que requerirá de un proceso de actualización permanente que integre a la docencia, la investigación y la práctica profesional con un sentido ético.²⁷

Igualmente, se nos señala la integración armónica de todos esos nuevos elementos que intervienen, es decir:

La arquitectura es una disciplina de servicio que demanda una formación vasta en temas humanísticos, científicos, tecnológicos y estéticos. Requiere a la vez, una visión holística que permita desarrollar el proceso del quehacer arquitectónico, centrado en la planeación, el diseño y la materialización de edificios útiles al hombre y la sociedad, desde un enfoque sistémico consistente en la aplicación de la teoría general de los sistemas como un método interdisciplinario que integra técnicas, saberes y actitudes de diversos campos del conocimiento, fundamentalmente en el proceso de proyecto, planificación y diseño del objeto arquitectónico urbano.²⁸

El futuro profesional debe más que nunca tener y dominar esa visión integradora, pues tendrá que hacer frente cada vez más a:

Una sobre oferta profesional ante una disminución del campo laboral tradicional en el diseño arquitectónico, mayor competencia de firmas extranjeras dentro de nuestro mercado local, en el cual incide el mercado inmobiliario y la participación de actores nacionales e internacionales de los sectores público y privado, condiciones más selectivas de capacidades profesionales en sistemas, procedimientos y materiales constructivos más avanzados, con los tiempos y formas de ejecución de obra que demandan, además de los conocimientos multidisciplinarios, nuevas actitudes para desenvolverse eficiente y competitivamente dentro y ante otros grupos de profesionales de diversas disciplinas y enfoques profesionales, como economistas, sociólogos, administradores de empresas, arqueólogos y antropólogos.²⁹

²⁷ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit. p. 12 y 13*

²⁸ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I. México, op. cit. p. 47*

²⁹ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I. México, op. cit. p.17*

Así, se abren nuevas ramas y áreas de trabajo en las que el arquitecto se puede desarrollar, como son el interiorismo, el diseño y cálculo estructural, etc. Sin embargo, la diversificación profesional del egresado podría no cumplirse del todo pues aún se desconocen o ignoran ciertos elementos que hacen más rico tanto nuestro campo laboral, como el proceso de diseño y ejecución de un proyecto arquitectónico. Muchas universidades y, por lo tanto, muchos futuros profesionistas, no han explorado o considerado aún otras alternativas inherentes a la profesión “para insertar a estos nuevos egresados en una actividad económica a corto plazo”³⁰, y que les abren una gran cantidad de posibilidades de trabajo. Esto forma parte de una de las justificaciones por las que el Plan de Estudios del año de 1992 de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México fue modificación y actualizado, pues debido a la observación de “ciertos cambios importantes, tanto en la concepción tradicional del perfil del arquitecto como en la diversidad de actividades que éste realiza”³¹, es decir, desde el entorno escolar hasta el entorno laboral, y los desafíos de este nuevo siglo.

Retomando lo planteado por Biosca Azamar³² y la CIEES³³, podemos asegurar que en muchas ocasiones para que los nuevos profesionistas puedan tener un crecimiento en estos nuevos espacios aún poco explorados desde la Academia, se recurre lamentablemente a la autoformación totalmente empírica, lo que se significará en la

³⁰ Antonio Biosca Azamar, “La especialización del arquitecto”, *UNAM, FA*, 2003, p.1

³¹ *Plan de estudios 1999, op. cit.* p. 6

³² Antonio Biosca Azamar, *op. cit.* 3

³³ *La educación de la arquitectura en México, op. cit.* p. 2

gran mayoría de los casos, un desarrollo deficiente, errático, o sin los conocimientos deseables que se pueden garantizar con la experiencia y capacitación que otorgan las aulas. Además, una parte importante del mercado al que se refiere la formación académica actual del arquitecto sigue siendo muy restringido pues existen condiciones como las relaciones sociales, el capital económico o el prestigio profesional que para el caso de nuestra profesión, el reconocimiento se basa muchas veces en la obra construida, por lo que a muchos “recién egresados al no tener estas ventajas, se les dificulta insertarse en el mercado laboral actual, y esto se puede traducir en un desarrollo profesional tardío”³⁴.

Como antecedente a esto, se tiene que recordar que durante las décadas de 1950 hasta 1960, la bonanza económica de la posguerra en el primer mundo consolidó y fortaleció los cambios económicos, políticos y sociales que se venían gestando desde finales del siglo XIX a través del movimiento obrero, es decir, las mejoras en derechos, beneficios, protecciones sociales, y distribución de la riqueza de los ciudadanos de esos países. Gracias a estos avances del Estado de bienestar, la sociedad logró alcanzar su pleno desarrollo durante este mismo siglo. Si bien México nunca logró convertirse en una economía plenamente desarrollada como los anteriores, y aún hoy sigue en este proceso, el Estado de Providencia en nuestro país sí trajo cambios significativos, pues según Vaughan:

El estado de bienestar en México logró, como en otros lugares, una desmilitarización del Estado y un gobierno civil, así como un modelo industrial de crecimiento económico que permitió a más hombres tener un empleo más

³⁴ Antonio Biosca Azamar, *op. cit.* 5

protegido y legal, donde los más beneficiados fueron los habitantes de las grandes ciudades, donde se concentraban la mayoría de los recursos.³⁵

En esta etapa la universidad pública se destaca como la matriz del desarrollo tecnológico y económico del país. Así pues, la UNAM se ha afirmado como un proyecto de gran importancia a nivel nacional, y de este modo se han generado muchos de los profesionistas más influyentes de la segunda mitad del siglo xx y principios del xxi en nuestro país (ver figura 1.2.1).



Figura 1.2.1 La construcción de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México, un proyecto de carácter nacionalista a mediados del siglo pasado. Fuente: Archivo histórico de la Fundación ICA.

³⁵ Mary Kay Vaughan, “El estado de bienestar quedó atrás”, *Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades. Universidad de Guadalajara*, 2012. Consultado en marzo de 2016 en: <http://www.cucsh.udg.mx/noticia/el-estado-de-bienestar-queda-atras-mary-kay-vaughan>

Por lo tanto, desde sus inicios, la Universidad Nacional Autónoma de México “ha responsabilizado a la Facultad de Arquitectura de la formación de profesionales conscientes de la importancia social de su labor, y de la trascendencia de sus acciones para mejorar su entorno y preservar, reflejar y contribuir a desarrollar la cultura”³⁶. Sin embargo, desde la década de 1970 y 1980 el Estado social en México se ve reducido y truncado para dar paso a ciertas políticas neoliberales. Esto en un país que aún no logra su pleno desarrollo como el nuestro, ha generado que muchos empleos que ya no pudieron crearse debieron concentrarse en la ilegalidad del empleo informal. Lo anterior queda demostrado por Hernández, al separar las ocupaciones en tres grupos (según la información otorgada por los censos de población y vivienda del INEGI entre 1990 y 2000) para evaluar su calidad, es decir, el Grupo 1 que incluye ocupaciones típicas realizadas por profesionistas, el Grupo 2 comprende ocupaciones de carácter comercial, técnico y operarios calificados, y el Grupo 3 incorpora ocupaciones que pueden ser desarrolladas indistintamente por personas con y sin educación profesional en su mayor parte. De todo esto, el autor concluye tres cosas:

En la primera se detecta una mayoría absoluta (60%) de profesionistas mexicanos se emplean en ocupaciones preferentemente profesionales, es decir, del grupo 1; y en la segunda se detecta, sin embargo, un crecimiento mayor del número de profesionistas en ocupaciones de los grupos 2 y 3 durante la década, lo que estaría sugiriendo una relativa saturación del primer grupo de ocupaciones. Por último, todas las carreras aumentaron, en mayor o menor proporción, el número de sus egresados en ocupaciones residuales del Grupo 3 durante la década, lo que confirma la relativa saturación del empleo en las ocupaciones más profesionales, y la necesidad de emplearse que ha tenido una fracción creciente de profesionistas en ocupaciones para las cuales no parece ser necesaria la alta calificación que les podría otorgar su título universitario.³⁷ (Ver figura 1.2.2).

³⁶ *Plan de estudios 1999, op. cit.* p. 23

³⁷ Enrique Hernández Laos. “Panorama del mercado laboral de profesionistas en México”, *Economía UNAM, vol 1, núm 002*, UNAM, 2004, p. 104

Es por esto que hoy vivimos la explosión violenta de la desigualdad que se ha ido gestando desde entonces, pues nuestro país, aunque sigue mostrando signos de

crecimiento y de estabilidad en términos macroeconómicos, sigue arrastrando una gran cantidad de

habitantes en pobreza y marginación. Actualmente hasta en el mundo desarrollado se experimentan los riesgos de crisis y recesiones económicas constantes, lo que podría marcar a la generación de la siguiente década.

Ante esto, en la actualidad se habla de profesionistas recién egresados o trancos que 'ni trabajan, ni estudian'. Se suele marcar como responsables de lo anterior, a las políticas económicas gubernamentales o a los propios jóvenes que no saben aprovechar la formación en la licenciatura. Sin embargo, esto podría ser parcialmente cierto, ya que la universidad pública olvida que esto también se genera por una falla propia del sistema educativo. Algunos autores señalan que la universidad pública, como sucede en España, no ha ido en paralelo a la evolución del mercado laboral y a la mejora de los propios estudios superiores. Y en muchas ocasiones se considera a los estudios profesionales como algo necesario para el mercado laboral pero no suficiente para encontrar empleo. Antes esto, nuestro plan de estudios actual hace una crítica a la evolución actual del modelo actual de enseñanza y aprendizaje en nuestra Facultad, pues indica que:

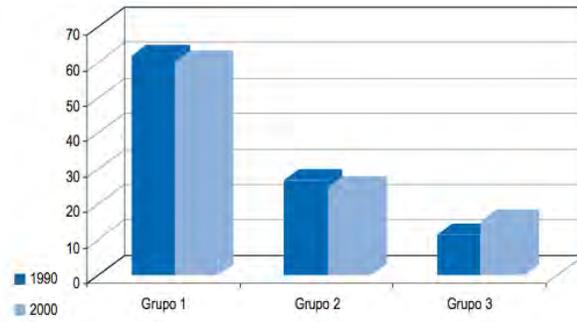


Figura 1.2.2 Porcentaje de profesionistas empleados por grupos ocupacionales en 1991 y 2000. Cálculo elaborado por Enrique Hernández Laos según datos de los censos de población y vivienda. INEGI. Fuente: *Revista Economía UNAM*, vol.1 n°2, México 2004.

la consideración de los conflictos sociales, ideológicos, políticos y económicos de nuestra realidad se han sustituido con planteamientos simples, con la finalidad de abordar de manera práctica problemas inmediatos, y que olvidan el análisis de las agudas contradicciones que las últimas crisis han generado.³⁸

También Levin y Kelley señalan que la educación obtiene resultados significativos en las áreas de la productividad y competitividad económica, y los niveles de criminalidad, la participación política y los niveles de salud de la sociedad “si las condiciones necesarias y los insumos requeridos se encuentran presentes”³⁹.

Además, se puede decir que existe una posible saturación del mercado laboral, pues como indica Hernández:

La oferta de egresados creció 6.7% anual mientras que la economía mexicana registró 3.5%, por lo cual la oferta de egresados se enfrentó a un mercado laboral poco capaz de ofrecer las oportunidades para quienes salían de las universidades en empleos en correspondencia con su formación.⁴⁰ (*Ver figura 1.2.3*).

Este mismo autor indica que “el número de egresados de nivel superior en México pasó de 149 000 en 1991 a 268 000 en 2000”⁴¹. Debido a lo anterior, la reflexión es importante pues como indica CIEES en los últimos años “la matrícula de la carrera de Arquitectura se incrementó en números reales, pero su demanda se redujo en porcentaje, ya que éste se ha distribuido entre carreras afines”⁴² como el diseño industrial, el paisajismo, el urbanismo, la ingeniería civil, entre otras. Además, nuestro campo real de desempeño profesional, parece no estar del todo definido aún, debido

³⁸ *Plan de estudios 1999, op. cit.* p. 15

³⁹ Henry Levin y Carolyn Kelley. “Can education do it alone?”, *Economics of Education Review*, vol 13, núm 2, Estados Unidos, Stanford University, School of Education, 1994, p. 107.

⁴⁰ Enrique Hernández Laos, *op. cit.* p. 102

⁴¹ Enrique Hernández Laos, *op. cit.* p. 101

⁴² *La educación de la arquitectura en México, op. cit.* p. 6

a las múltiples y diversas actividades muy diversas que se podrían realizar, y esto “ha generado que nuestro mercado de trabajo, como arquitectos, se perciba confuso”⁴³.

Regresando a la ponencia de Biosca

Azamar ⁴⁴ presentada al Consejo Universitario, afirmamos que ya se aprecian consecuencias muy visibles,

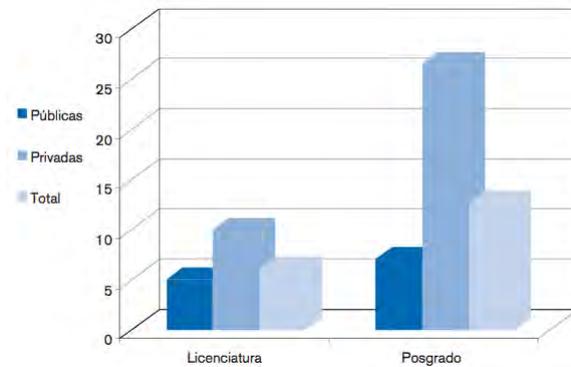


Figura 1.2.3 Tasa media anual de crecimiento, en porcentajes, del número de egresados de instituciones de educación superior. México 1991-2000. Cálculo elaborado por Enrique Hernández Laos según datos de ANUIES. Fuente: *Revista Economía UNAM, vol.1 n°2, México 2004.*

pues existe el problema de no poder asegurar que los egresados de las universidades tengan acceso al mundo laboral, y con esto también se pondría en riesgo los logros importantes que se han hecho en nuestro país en estos últimos 30 años en cuanto a la educación superior.

Y es así como llegamos al tema principal de esta ponencia, pues se puede decir que es la iluminación uno de los asuntos que quizás no se exploran, atienden o aprovechan de la manera más óptima en nuestra formación tanto al interior como al exterior del Taller de Arquitectura.

Por un lado, la iluminación natural constituye un recurso notable en la configuración de nuestros proyectos arquitectónicos; de esta manera el recorrido solar según el hemisferio y la fecha del año del año es motivo de estudio y análisis para el desarrollo de los mismos. Así, desde los primeros años de la formación profesional del futuro

⁴³ *Plan de estudios 1999, op. cit. p. 8*

⁴⁴ *Antonio Biosca Azamar, op. cit. 7*

arquitecto, se pretende instruir la optimización de este tipo de iluminación a través de la observación del emplazamiento y la geometría, tanto de la envolvente como de los vanos del edificio a diseñar.

Si bien podemos considerar que se tiene un buen despegue, también se podría constatar que la evolución del conocimiento se queda superficial, pues se sigue considerando como válidos los mismos conceptos y criterios que se aprendieron desde el primer año. Sin embargo, los ejercicios del Taller de Arquitectura se complican cada vez más en semestres posteriores, lo que quiere decir que el estudio de los efectos del asoleamiento requiere así mismo de consideraciones más específicas y complejas para así poder dar soluciones más congruentes. Debido a lo anterior, quedan en el aire (o incluso no se enuncian) preguntas tan urgentes como ¿qué criterios específicos definen lo que es ‘fresco’ y/o ‘bien iluminado’?, ¿cuál es la relación que se debe considerar entre la entrada de luz y las dimensiones de los vanos?, ¿cómo saber con seguridad si la cantidad de luz que entra en el espacio es la necesaria para que los usuarios realicen sus actividades?, ¿cómo se comporta específicamente la absorción de calor en el edificio debido al asoleamiento, según las características en las superficies de su envolvente?, ¿cuánto calor entra de manera efectiva al espacio a través de sus vanos y cómo afecta esto al microclima interior?, ¿cuánta energía eléctrica se puede ahorrar en el uso de calefacción, aire acondicionado e iluminación artificial, si se conoce de manera puntual la entrada de calor al edificio? Por otro lado, la iluminación artificial corre con peor ‘suerte’ que la natural, a pesar de que su uso se generalizó desde el siglo XIX y que desde entonces es indispensable para realizar durante la noche actividades que antiguamente solo eran posibles durante el

día. No obstante, en muchos de nuestros proyectos escolares su implementación está reducida a criterios parciales y quizás hasta obsoletos. Su desarrollo se centra demasiado para el diseño de la instalación eléctrica, ignorando así que en la práctica laboral la ejecución de un correcto proyecto de iluminación puede conllevar al uso de diferentes consideraciones de diseño que también involucran la arquitectura. Si bien un proyecto luminotécnico representa varios tipos de fuentes luminosas, con características eléctricas, estéticas, constructivas, financieras y ambientales que deben satisfacer necesidades culturales y funcionales del usuario; todo esto no suele revisarse en los proyectos que se trabajan en el Taller de Arquitectura. De este modo, parecería que se excluye la relevancia de la luz artificial como un elemento constitutivo de nuestros objetos arquitectónicos, a diferencia de los materiales, acabados, muebles y otros componentes constructivos sobre los que sí se pone énfasis.

Además, opciones en la enseñanza de la iluminación artificial para la carrera de Arquitectura podrían considerarse como poco diversas. En cuanto a la licenciatura, se encuentra la presencia de dos cursos selectivos, que son el de Iluminación en Arquitectura y el de Diseño de Iluminación. En estos se pretenden exhibir de manera general todos los conocimientos básicos relacionados a la iluminación y que intervienen en un proyecto arquitectónicos, como son los fundamentos teóricos-científicos de la naturaleza de la luz, los principios básicos del control, las fuentes luminosas, los cálculos de iluminación, los conceptos psicofisiológicos de la luz, las aplicaciones específicas según distintos géneros de edificios, y las estrategias de luz natural. Sin embargo, se puede observar que los temas que cada uno aborda por

separado, parecen ser iguales y repetitivos, y quizás nunca se logra vincular la teoría aprendida en clase con la práctica, como sí se logra en el Taller de Arquitectura.

También existe desde hace siete años el diplomado internacional en diseño de iluminación arquitectónica, coordinado por la División de Educación Continua de nuestra facultad, la Profesional Lighting Designers Association, y las universidades KTH de Suecia y Wismar University of Technology, Business and Design de Alemania. En este curso pretende enseñar de manera general, durante 120 horas, la relación biológica de la luz con el ser humano, las fuentes de iluminación, la tecnología e integración de la luz natural, así como los fundamentos eléctricos, técnicos y arquitectónicos de la iluminación. Si bien se puede observar de nuevo cierta repetición en las lecciones de las selectivas enunciadas con anterioridad, este curso ya ofrece algunos temas selectos que no se aprenden en los anteriores, como son el análisis histórico y la iluminación urbana; sin embargo, muchos asistentes concuerdan que el curso es demasiado ambicioso pero el tiempo es escaso.

Por último, desde 2009 se hablaba ya de la aprobación por parte del Consejo Técnico de la Facultad de Arquitectura de la especialización en Diseño de Iluminación Arquitectónica, con duración de un año, como en las demás especializaciones de la carrera. Así, desde 2013 esta opción ya es real y tangible, y parece ser la mejor para completar la formación del Arquitecto interesado en este tema, aunque solo se puede acceder a ella después de conseguir la titulación; y quizás algunos años de experiencia profesional en el campo, o no. Por lo que el alumno podría llegar a ella sin los conocimientos previos en el tema; y lamentablemente, sin una visión totalmente amplia de lo que representa el campo laboral de su profesión.

1.3 DESCRIPCIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LA ARQUITECTURA Y LA ILUMINACIÓN

Con este apartado, se establecen los conocimientos, experiencias y teorías que se tienen sobre la arquitectura, por un lado, y cómo interactúa con los relacionado con la iluminación. Este punto adquiere relevancia pues por primera vez en todo este documento, se menciona la importancia de una iluminación correcta en la configuración de un objeto o espacio arquitectónico.

La Arquitectura podría definirse como una disciplina técnica y cultural que se encarga de la producción de espacios donde se realizan las múltiples actividades cotidianas tanto las individuales y las privadas como las colectivas y las públicas; a través de un proceso denominado proyecto arquitectónico. Este último se considera, según el Plan de estudios 99 de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México, como “la principal característica de nuestra profesión, porque es mediante esta actividad que se plantean y resuelven las contradicciones entre los requisitos y condiciones de un problema arquitectónico”⁴⁵; pero también es:

Una actividad constituida como proceso y producto proyectual; se plantea y resuelve contradicciones entre los requisitos y las condiciones de un problema arquitectónico y prefigura las características de uso, expresión y realización de objetos arquitectónicos y urbanos que respondan a las demandas sociales con actitud ética dentro de un medio físico, respondiendo a los valores culturales de un momento histórico determinado otorga un sentido y un sitio a la construcción de un espacio habitable digno, significativo y sostenible para el desarrollo de las actividades humanas, responde a las demandas sociales con el propósito de cumplir con la finalidad de situar, mejorar y facilitar dentro de un medio físico y cultural el desarrollo del proceso de habitar. [...] Es el referente del trabajo que identifica al profesional, es el centro de convergencia de las diversas ramas de la disciplina que intervienen en su formación. Es la actividad que permite integrar, con un enfoque común y una visión global el trabajo

⁴⁵ *Plan de estudios 1999, op. cit. p.9*

arquitectónico, las acciones del conocimiento de todas las áreas que participan en este proceso.⁴⁶

Consideramos a la Arquitectura como técnica, pues requiere destrezas y habilidades manuales e intelectuales, conocimientos variados, así como procedimientos y protocolos que consideramos prácticos y analógicos, que son aprendidos por un individuo y posteriormente transmitido a otros que podrían modificarlos y adaptarlos eventualmente, pero siempre para obtener un resultado determinado y estable, es decir, un objeto arquitectónico válido.

La Arquitectura se considera cultural también, porque desde nuestros primeros años de formación profesional sabemos que estas destrezas, habilidades, conocimientos, procedimientos y protocolos varían según el tiempo, el lugar e idiosincrasia del grupo en los que están inmersos, pues si bien el ser humano tiene necesidades básicas, a diferencia de cualquier otro ser vivo, la resolución de dichas necesidades en el hombre siempre se logra mediante objetos culturales. Esto implica que tales objetos satisfacen la carencia primaria (como puede ser la necesidad de protección de sus habitantes frente al clima y los depredadores), pero también observan los patrones estéticos determinados por la tradición y las posibilidades técnicas y materiales de cada comunidad y cada época (como las necesidades de representación, identidad y comunicación de los individuos y del grupo).

Así pues, la habitabilidad se convierte en el fundamento principal que da origen a nuestra carrera, y es por lo tanto el aspecto primordial que todo futuro profesionalista debe dominar, ya que “el objeto de estudio de la arquitectura es el hábitat, concepto

⁴⁶ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit. p. 72*

que surge y se fortalece desde paradigmas de la complejidad, con la preocupación constante por una relación armónica con la naturaleza y la necesidad de ir comprendiendo de manera integral y plural la lógica misma del vivir humano”⁴⁷. Es por esto que “el arquitecto, en su práctica profesional, debe considerar que la suya es una disciplina de servicio y de producción cultural, para realizar las propuestas que satisfagan las exigencias vitales que en materia de espacio y objetos habitables demanden individuos y comunidades de la más amplia diversidad”⁴⁸, y que además “como disciplina al servicio del hombre, la arquitectura ha tenido tradicionalmente una visión antropocéntrica vinculada a satisfacer exclusivamente las necesidades y problemáticas de los usuarios”⁴⁹.

Desde los tratados más antiguos conocidos hasta el día de hoy, como en *De Architectura* de Marco Vitrubio Polión, nuestra profesión ha precisado desde entonces que los objetos producidos para ser considerados arquitectónicamente válidos deben cumplir y reflejar ciertos conceptos estéticos (*venustas*), funcionales (*utilitas*) y tecnológicos (*firmitas*). Posteriormente, a partir de la época Moderna se añadieron también consideraciones legales, económicas y ambientales, que también perduran hasta hoy. Estos planteamientos son esenciales pues dan estabilidad e identidad al proceso creativo arquitectónico.

De manera general, en la formación profesional se nos enseña que la estética determina los planteamientos formales de nuestros objetos arquitectónicos, es decir,

⁴⁷ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit. p.14*

⁴⁸ *Plan de estudios 1999, op. cit. p. 24*

⁴⁹ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit. p. 47*

de la composición armónica respecto a la simetría, proporción y ritmo de los volúmenes, colores y texturas que lo constituyen (*ver figura 1.3.1*); los programas funcionales y legales especifican su habitabilidad según las condiciones mínimas de salubridad, seguridad, accesibilidad y confort térmico o acústico; la tecnología establece sus posibilidades constructivas y estructurales, la economía dispone del aprovechamiento óptimo de los recursos materiales y monetarios para suscitar su rentabilidad; por último, las propuestas ambientales describen su integración al paisaje inmediato tanto en su contexto natural (clima, vegetación y relieve), como del artificial (características formales y culturales de los elementos urbanos que lo rodean).



Figura 1.3.1 Complejo habitacional en Bolgen, Dinamarca, inspirado en las formas del paisaje circundante, es decir, las olas del agua del río y las montañas de los fiordos que lo contiene. Diseño por Henning Larsen. *Fuente: archivo de la revista virtual ARCHITECTURAL DIGEST.*

Entonces se comprende cómo el proyecto arquitectónico “debe prefigurar las características de uso, expresión y realización de objetos que respondan a las demandas sociales, dentro de un medio físico y cultural, y un momento histórico

determinados”⁵⁰. Además de lo dicho anteriormente, el proceso proyectual concentra fases de configuración intelectual y analítica que llamamos diseño, y fases de ejecución y fabricación que denominamos construcción. Es importante enfatizar que la existencia de un ‘sentido común’ en ambas situaciones es peligroso, puesto que más bien requieren de experiencia en la generación, análisis, expresión, experimentación y aplicación de “ideas que son tan únicas como el diseñador mismo pues son producto de su educación, experiencias, valores, inspiración y creencias”⁵¹. También Martínez nos dice que “la complejidad del mundo en que se desarrollan actualmente el arquitecto y el diseñador, condiciona la labor creativa de ambos”⁵². Por último, se nos revela que “la propia imaginación es dependiente de nuestra experiencia, sin ella no podemos transitar de una idea a otra”⁵³.

El diseño dedicado se caracteriza por el cultivo, comunicación y registro ágil de las ideas que se generaron (*ver figura 1.3.2*); además, de su ajuste óptimo a los criterios mencionados con anterioridad según su razonamiento. Por lo que Sage advierte que autocalificarlas de equivocadas o erróneas es poco oportuno pues “no hay respuestas incorrectas en el diseño, simplemente ideas y posibilidades que son más apropiadas que otras”⁵⁴.

⁵⁰ *Plan de estudios 1999, op. cit. p. 27*

⁵¹ Sage Russell, “Chapter 1. The Design Mentality”, *The Architecture of Light*. Ed. Conceptnine, Estados Unidos, 2008, p. 13.

⁵² Rafael Martínez Zarate, *op. cit. p. 5*

⁵³ Ernesto Nava Trujillo, *op. cit. p. 27*

⁵⁴ Sage Russell, *op. cit. p.13*

Esto implica que sólo se pueden calificar como poco adecuadas respecto a su contexto estético, funcional, tecnológico, económico, ambiental. Así, pues este autor indica que la recompensa final a un adecuado proceso de observación es el de tener seguridad y confianza de que no serán



Figura 1.3.2 Registro y comunicación de las ideas del diseñador, ya sea a través de croquis, maquetas, fotomontajes o notas. Fuente: archivo de la revista virtual *IÇ MIMARIN TASARIN*.

rechazadas por críticas de agentes externos a nuestro procedimiento creativo.

El estudio de la Arquitectura, sus objetos y sus procesos resulta variado y complicado, ya que no puede ser definido con la misma exactitud que los conceptos de las ciencias exactas o naturales, pues como se ha mencionado, los conceptos arquitectónicos dependen del modo, el estilo y el comportamiento de individuos y grupos. Este fenómeno ha sido estudiado con particular interés por la Lingüística. En ella, algunos teóricos como Thomas Givon⁵⁵ y Michael Posner⁵⁶ apuntan que los conceptos pueden definirse a partir de características observables en objetos reales, de los cuales se extraen aquellas que resultan necesarias o suficientes para generar una categoría. No obstante, existen otras características que no se ajustan del todo a este paradigma, sino por relaciones de semejanza y familiaridad, lo que ocasiona que estos objetos

⁵⁵ Thomas Givon, "Prototypes: between Plato and Wittgenstein" en *Noun classes and categorization*. Universidad de Oregon, Eugene, 1986, pp. 77-101.

⁵⁶ Michael Posner, "Empirical Studies of Prototypes" en *Noun classes and categorization*. Universidad de Oregon, Eugene, 1986, pp. 53-62.

reales puedan clasificarse como mejores o peores ejemplos del mismo según se aproximen a lo que se considera como ideal.

Así por ejemplo, para la habitabilidad, el concepto de la vivienda en un contexto urbano resulta distinto frente a uno rural, porque aunque el grueso de los individuos esté de acuerdo en que los espacios habitables deben cumplir con condiciones de funcionalidad, ésta será definida de una forma diferente por distintos sectores de usuarios, incluso por aquellos especializados en la arquitectura, y al presentarse espacios concretos, según los patrones arquitectónicos, éstos serán percibidos distintos, según sus necesidades y experiencias. Por otro lado, como arquitectos somos responsables del diseño y construcción “de espacios que obligan a la interacción y provocan emociones, por lo que más allá de las funciones básicas de nuestros diseños, nos debe importar cómo el usuario se siente y por lo tanto cómo se comporta e interactúa con nuestro diseño”⁵⁷ (ver figura 1.3.3). Esto implica que el

usuario no sólo reconoce las características del espacio a partir de sus patrones culturales colectivos, sino también de manera individual a través de sus sentidos y emociones. La percepción visual, sonora, táctil y olfativa permite al usuario

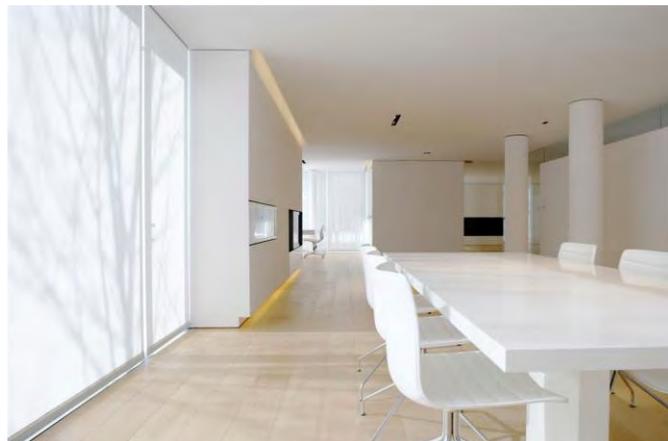


Figura 1.3.3 Colores sobrios que invocan al reposo, la calma, la relajación y la simplificación en la mente del usuario. Fuente: archivo de la revista virtual ARCHDAILY.

⁵⁷ Sage Russell, *op. cit.* p. 15.

organizar el medio que lo rodea, pues el espacio también se experimenta a través de la consciencia y el subconsciente.

Para resumir todo lo anterior, podemos decir que la arquitectura es:

La respuesta a la necesidad de habitar y construir materializando el vínculo entre el espacio y la experiencia física, psicológica y sensorial, que ha evolucionado dando respuesta a las cada vez más complejas demandas de la sociedad. [...] La arquitectura nace como una estrategia de satisfacción para las necesidades del ser humano ante el medio y para favorecer otras que le aseguren una mejor calidad de vida. [...] Como tal, la arquitectura busca dotar al ser humano de espacios funcionales y confortables; sin embargo, su viabilidad puede verse seriamente comprometida al no estar asentada en un escenario de realidad, por lo que debe partir del entendimiento de las variables sociales, económicas y técnicas bajo las cuales se desarrolla.⁵⁸

Esto mismo, también nos permite comprender que la arquitectura nace como una búsqueda por satisfacer necesidades complejas y al arquitecto como un “profesional que transforma las necesidades humanas concretas y vitales en espacios arquitectónicos donde el hombre pueda realizar y desarrollar su vida, atendiendo los intereses de comunidades de las más amplia diversidad regional, ambiental, patrimonial y cultural, en todos los sectores de la sociedad”⁵⁹. Y es por esto, que se justifica la enseñanza y la búsqueda de profesionales dedicados a la arquitectura y en dominar los agentes que intervienen en la habitabilidad de sus objetos arquitectónico, es decir, en “asegurar variables de confort térmico, acústico, de iluminación, de ventilación y otros; dotar de las correctas proporciones ergonómicas, pensar los efectos psico-ambientales que vivirán los usuarios o bien tomar en cuenta las

⁵⁸ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit.* p. 51

⁵⁹ *Plan de estudios 1999, op. cit.* p. 10

sensaciones y emociones que producirá la percepción de espacios y formas en quienes las transitan.”⁶⁰

En el medio arquitectónico, puede decirse que “la principal experiencia que se recibe es visual, y es por esto que la mayor parte de los usuarios reconocen a la vista como la principal y más confiable fuente de comprensión espacial”⁶¹. La visión, por su propia naturaleza, es un producto de la luz; es el resultado de su reflexión sobre los objetos y su posterior recepción en nuestros ojos, que el cerebro puede procesar y convertir en información significativa.

Podemos decir que la luz funciona de tres maneras. La primera trata de la iluminación funcional o la que es necesaria para la habitabilidad y el confort de los objetos arquitectónicos al proporcionar condiciones visuales necesarias para el desarrollo de actividades al interior o exterior de estos, pues la luz permite observar mejor los elementos de un espacio en el que se habita. Lo anterior puede observarse al conducir de noche en una carretera, por ejemplo, donde la luz tanto del alumbrado público como las de los faros delanteros de los autos permiten ver mejor los obstáculos del camino (*ver figura 1.3.4*). Pero también existen luces que no permiten ver mejor los objetos en sí, pero que sí dan información cultural relevante. Retomando el ejemplo anterior, sabemos que las luces rojas, ámbar y verdes de los semáforos dan advertencia al conductor sobre lo que debe y puede hacer. Esto nos permite comprender la aseveración de Sage⁶² sobre la naturaleza fototrópica del instinto

⁶⁰ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit.* p. 50

⁶¹ Sage Russell, “Chapter 2. The Power and Purpose of Light”, *The Architecture of Light*. Ed. Conceptnine, Estados Unidos, 2008, p. 17.

⁶² Sage Russell, *op. cit.* p.21.

humano, pues hemos desarrollado estímulo a la atracción de la luz; puede decirnos hacia donde movernos para así evitar las zonas oscuras, puede indicar si debemos proceder o detenernos, o puede utilizarse para llamar la atención o advertir (como la que parpadea).



Figura 1.3.4 La iluminación uniforme que proviene de los postes permite a los conductores observar el camino y sus obstrucciones durante la noche, en el aeropuerto de Los Ángeles. *Fuente: archivo de la revista virtual ARCHITECTURAL LIGHTING.*

Por último, la iluminación artificial también influye en la realización de ciertas necesidades fisiológicas y psicológicas de los usuarios, y al igual que el fototropismo en los vegetales, pues ayuda en sus procesos metabólicos, y provee seguridad y protección frente a la oscuridad. Esto es bien conocido por los actores de la industria de la iluminación pues se sabe que en tiendas y espacios comerciales destaca y realza las mercancías de vitrinas y exhibidores haciéndolas más atractivas para el consumidor; en hoteles y centros de hospedaje ayuda en la creación de experiencias y detalles memorables, acogedores, íntimos, productivos o estilizados, establece áreas

de ocio, de descanso o de negocios; en instalaciones industriales, de almacenaje y de trabajo está estrechamente ligada a aspectos relacionados a la seguridad y la salud de los usuarios, pues una iluminación deficiente ocasiona fatiga visual, perjudica el sistema nervioso y visual, deteriora la calidad de trabajo, y provoca un desperdicio de recursos energéticos y por lo tanto monetarios; en centros de atención hospitalaria, puede contribuir a crear espacios pulcros, limpios y confortables para los pacientes, constituye una herramienta fundamental durante la evaluación médica e impacta en el estado de alerta de enfermeras, asistentes y médicos; en las grandes ciudades impacta la economía local pues crea una identidad y personalidad visual en sus residentes y visitantes destacando los espacios públicos para hacerlos más atractivos y contribuye a la seguridad pública. Así mismo, la iluminación artificial también afecta la manera en que se percibe un espacio u objeto determinado. La luz artificial tiene textura, color y forma, además de contraste y temperatura, que en su conjunto pueden aportar valores estéticos decisivos a los espacios diseñados. Sobre esto, durante nuestra formación escolar se nos enseña sobre los recursos que podemos aplicar al diseñar un espacio arquitectónico. Estos pueden ser las texturas y colores de los acabados; los cambios en la escala debido a cambios en el nivel de pisos, entrepisos o plafones; la composición de los recorridos; el aprovechamiento de vistas hacia el exterior, y de remates hacia el interior; la relación entre macizos y vanos en fachadas; o la jerarquización de volúmenes en el conjunto.

Definitivamente, esto también se puede ver afectado con el simple hecho de modificar el color de la luz del espacio (*ver figura 1.3.5 y 1.3.6*). Y esto convierte a la iluminación

en “una parte importante de la ‘caja de herramientas’ del diseñador porque modifica por completo cómo el usuario experimental el espacio”⁶³.



Figura 1.3.5 Luz blanca cálida entra por una puerta; luz blanca fría entra por la otra. Fuente: archivo de la revista virtual *İÇ MIMARIN TASARIN*.

Y es por todo lo anterior que podemos concluir que “si la iluminación artificial no se adecúa apropiadamente a las tareas y superficies a iluminar, entonces el diseño no cumple del todo con sus metas”⁶⁴. Conocerla y controlarla nos permite aprovecharla mejor en nuestros objetos arquitectónicos.

Por esto es importante enfatizar que la luz artificial merece ser tratada con la debida atención que se le da a cualquier otro elemento de composición arquitectónica ya sea durante la formación académica o en la práctica profesional, pues como bien resume Russell, “así como cualquier diseñador toma decisiones cuidadosas sobre los matices y sutilezas acerca del color y el material del objeto, también debe hacer consideraciones pertinentes sobre la luz artificial”⁶⁵.

Por lo tanto, una iluminación artificial adecuada al diseño arquitectónico se considera una útil y poderosa herramienta del proyecto arquitectónico para el diseño de sus espacios interiores o exteriores. La elección adecuada de una fuente y cantidad de luz,

⁶³ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler. “Chapter 2. Basic concepts in lighting”, *Lighting design basics*. Ed. Jhon Wiley and Sons, Estados Unidos, 2012, p. 3

⁶⁴ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 3

⁶⁵ Sage Russell, *op. cit.* p. 17.



Figura 1.2.5 La experiencia de caminar por el vestíbulo de acceso del Palacio de congresos de Montreal se ve transformada durante el día debido a la luz que entra por sus ventanales multicolor e inunda el espacio al interior. *Fuente: archivo del fotógrafo Michael Muraz.*

es también un componente complejo donde intervienen diferentes variables perceptivas, culturales, funcionales, técnicas, ambientales y normativas que necesitan un estudio y experimentación adecuada al igual que la arquitectura en su conjunto.

Es por esto que en la presente investigación siempre se pretende reivindicar la enseñanza y aprendizaje de la iluminación artificial como un elemento básico del taller de Arquitectura; es decir, su adiestramiento tanto teórico como práctico sobre el correcto uso, aplicación y control de la luz artificial tanto en el diseño de los interiores como de los exteriores en nuestros proyectos arquitectónicos, para incorporar y extender este conocimiento, al que se considera el bloque de mayor importancia y relevancia en la formación del futuro arquitecto (el Taller de Arquitectura).

2. MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA

En esta sección se trata de definir tanto los principales elementos y recursos que intervienen y dan forma tanto a la investigación como al desarrollo de este trabajo.

2.1 ELEMENTOS ACADÉMICOS DE LA LICENCIATURA

2.1.1 PEDAGÓGICOS Y DIDÁCTICOS

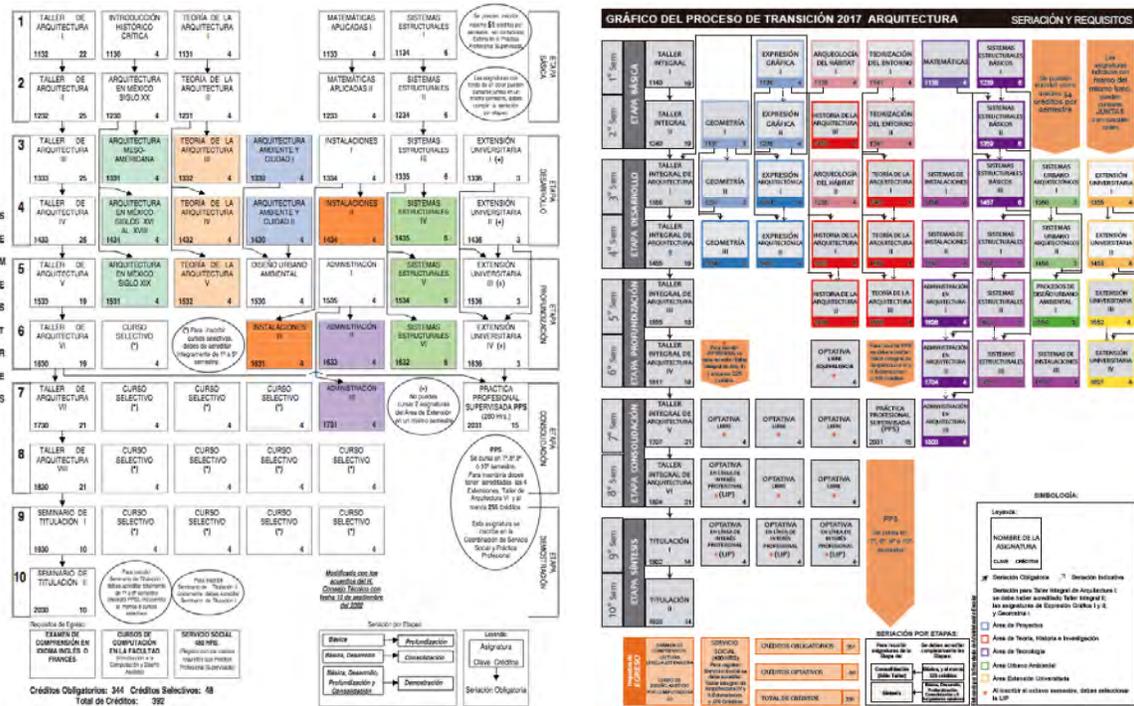


Figura 2.1.1 Mapas curriculares para la Licenciatura en Arquitectura según los planes de 1999 y 2017. Fuente: Sitio web de la Facultad de Arquitectura, UNAM.

En primer lugar, se señalan las características de la estrategia pedagógica y didáctica. Comenzamos entonces con el Plan de Estudios de la Licenciatura de Arquitectura, cuya vigencia comenzó en el año de 1999 y es renovado por el Proyecto de modificación de 2017. Se trata entonces de dos elementos rectores en la enseñanza y aprendizaje de la profesión de arquitecto, pues en estos documentos se exponen y

organizan todas las características, labores y temas tanto curriculares como pedagógicos y didácticos que se presentan durante la formación del futuro arquitecto y que deben completarse para satisfacer el grado correspondiente.

Para lo anterior, el Plan de Estudios 99, estructuraba y organizaba su sistema educativo en tres elementos importantes (*ver figura 2.1.1*); retomados por el proyecto de modificación del 2017 y renovándolos por dos nuevos conceptos.

2.1.1.1 LAS ÁREAS DEL CONOCIMIENTO

En este elemento se constituyen el conjunto de posibilidades académicas, prácticas educativas, y conocimientos mediante los cuales se ha organizado tradicionalmente la enseñanza de la arquitectura. Como mencionaba el Plan de estudios 1999⁶⁶, todas las materias y cursos que se consideran para obtener la certificación en la Licenciatura en Arquitectura de nuestra Facultad, ya sea los de carácter predominantemente teórico como son los obligatorios o selectivos, o los de presencia teórico-práctica como sucede para los talleres que integrar en bloque del Taller de Arquitectura; están ordenados en torno a estas cinco áreas. Estas cinco áreas son la de Proyecto; la de Teoría, Historia e Investigación; la de Tecnología; la Urbano-Ambiental; y la de Extensión Universitaria, y en cada una de estas áreas se proponen unas determinadas metas fundamentales, enfoques y actividades académicas, tanto formativas, como analíticas y multidisciplinarias, y que se expondrán a continuación. Sobre esto mismo el proyecto de modificación de 2017 nos dice que estas cinco áreas:

Articulan una serie de conocimientos, habilidades y actitudes que le dan sentido al Taller Integral de Arquitectura, que funge como eje articulador de la formación, al vincular y crear aprendizajes como resultado de nuevas

⁶⁶ *Plan de estudios 1999, op. cit. p.27*

estructuras cognitivas surgidas en los campos de integración de los conocimientos y los temas transversales que permiten vincular de manera permanente al taller de arquitectura con las asignaturas obligatorias y optativas como vínculo pedagógico de las diferentes etapas formativas.⁶⁷

Y que, además:

Las áreas de conocimiento para la enseñanza de la arquitectura son componentes curriculares que organizan los conocimientos con un criterio científico y pedagógico para el aprendizaje basado en el pensamiento complejo, el constructivismo sociocultural y la reflexión sobre la acción, en los espacios formativos de la licenciatura. Se entiende por área de conocimiento, la coordinación y ensamble de conocimientos, habilidades y actitudes afines o de la misma rama, tendentes al estudio e interpretación de un fenómeno urbano-arquitectónico de la realidad, a partir de una metodología propia y común en cada área, manteniendo la especificidad de su enfoque y apuntando a la articulación de los conocimientos alrededor de una temática elegida para la enseñanza de la arquitectura de manera integral. La conformación de las áreas permite superar la fragmentación del conocimiento en la formación de los estudiantes y fortalecer la comprensión de los problemas urbano-arquitectónicos del ejercicio profesional de la arquitectura. Favorecen la relación con otras disciplinas y se guían por ellas con el fin de abordar los problemas urbano-arquitectónicos, aportan al plan de estudios los conocimientos mínimos y necesarios para la arquitectura, proponen y cuidan académicamente los enfoques establecidos en el plan de estudios, con una actitud de investigación e innovación para el futuro.⁶⁸

Igualmente, según el Plan de Estudios 1999⁶⁹, el área de Proyectos se torna la primordial, pues la actividad relacionada con el proyecto arquitectónico no solo es una singularidad propia de nuestra profesión, sino que además es la más importante. En esta etapa se integra todo lo relacionado al análisis y la reflexión del estudiante para interpretar las diversas demandas sociales de objetos arquitectónicos, y examinar, desarrollar y expresar las soluciones que las satisfagan. Ya sea a través de

⁶⁷ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit. p. 46*

⁶⁸ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit. p. 64*

⁶⁹ *Plan de estudios 1999, op. cit. p.31*

su habitabilidad, sus particularidades formales, estéticas y culturales; o en el empleo de lenguajes gráficos. Es decir:

Se emplean recursos instrumentales y conceptuales para resolver un problema arquitectónico considerando las demandas sociales, el contexto físico, los recursos materiales y económicos y la experiencia espacial como expresión de un valor cultural relevante. Mediante esta actividad, constituida como proceso y producto proyectual, se plantean y resuelven contradicciones entre los requisitos y las condiciones de un problema arquitectónico y se prefiguran las características de uso, expresión y realización de objetos arquitectónicos y urbanos que respondan a las demandas sociales con actitud ética dentro de un medio físico, respondiendo a los valores culturales de un momento histórico determinado. El proyecto arquitectónico otorga un sentido y un sitio a la construcción de un espacio habitable digno, significativo y sostenible para el desarrollo de las actividades humanas, responde a las demandas sociales con el propósito de cumplir con la finalidad de situar, mejorar y facilitar dentro de un medio físico y cultural el desarrollo del proceso de habitar.⁷⁰

En segundo lugar, se encuentra el área de Teoría, Historia e Investigación, donde el alumno fundamenta y estimula su capacidad “para valorar el objeto arquitectónico en su contexto”⁷¹ y las diferentes tendencias y modelos teóricos que se han sucedido, así como la sistematización de los procesos que generan el proyecto arquitectónico y su vínculo con el desarrollo científico. Así:

Es la responsable de proporcionar al alumno las herramientas para la acción reflexiva y crítica del quehacer arquitectónico en su desarrollo histórico y teórico, mediante un enfoque sistémico y la aplicación de métodos de investigación arquitectónica y de sus principios, valores y trascendencia social. La reflexión teórica sobre el hacer arquitectónico plantea una serie de posturas alrededor de la disciplina, implicando la construcción de herramientas de crítica y pensamiento sobre las diferentes maneras de entender y construir la arquitectura.⁷²

⁷⁰ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit. p. 65*

⁷¹ *Plan de estudios 1999, op. cit. p. 33*

⁷² *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit. p. 66*

En tercer lugar, se encuentra el área de Tecnología. En esta se promueve el aprendizaje de los aspectos del diseño estructural y constructivo, así como la optimización de los procesos y recursos productivos, energéticos, económicos y financieros; o como lo expresa el proyecto de modificación de 2017:

La tecnología se considera como un conjunto de disciplinas vitales y fundamentales para la realización del objeto arquitectónico, tomando en cuenta las características que presenta su posible inserción actual y futura en la realidad nacional. Se reconoce como un medio que propicia la investigación y experimentación en objetos arquitectónicos, para cumplir con los requisitos expresivos y culturales que se les asignan, a través del empleo de sistemas de conocimientos y prácticas que permiten su materialización e integración óptimas y sostenibles, de tal forma que sean accesibles para los usuarios. El área ofrece un abanico de posibilidades dentro de los campos de la construcción, los sistemas estructurales, de instalaciones, de la administración y de los sistemas ambientales, que les permita profundizar en los conocimientos necesarios para examinar la relación entre el diseño y su organización sistémica analizando su pertinencia.⁷³

En antepenúltimo lugar se encuentra el área Urbano-Ambiental. En esta se proporciona al alumno los marcos de referencia para hacer consciente al estudiante de las relaciones que existen entre su objeto arquitectónico con el contexto urbano y natural que lo rodean. Por lo que entonces:

Debe promover los conocimientos, las habilidades y actitudes que le permitan al futuro arquitecto integrarse profesionalmente a los procesos de producción del espacio habitable en diferentes escalas y diversos ámbitos. Atenderá los aspectos que intervienen en el fenómeno arquitectónico y urbano, tanto físico como social, para el desarrollo de capacidades con el fin de participar responsablemente en el trabajo con otros especialistas en proyectos relacionados con el desarrollo urbano y el cuidado del medio ambiente desde su profesión de arquitecto. Adquirirá herramientas teóricas y metodológicas, que le permitan integrarse a equipos multidisciplinarios en el desarrollo de proyectos de diseño urbano y espacio público desde la perspectiva arquitectónica, desarrollando habilidades para generar espacios socialmente incluyentes bajo los criterios de sostenibilidad urbana, social, ambiental y

⁷³ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit. p. 67*

económica, dando prioridad a la integración del objeto arquitectónico con el entorno inmediato.⁷⁴

Por último, como exponen tanto el Plan de estudios 1999⁷⁵ y el de 2017⁷⁶; la Extensión Universitaria, se define básicamente como el vínculo o la articulación que relaciona la formación académica en las aulas con la realidad al exterior de estas. Su naturaleza es netamente de servicio y participativa para satisfacer los problemas en el mejoramiento del hábitat de diferentes grupos sociales, sin caer en el protagonismo excesivo del futuro profesional, pues siempre se respetan las necesidades culturales de los asentamientos o familias a las que se pretende atender; impulsando e interviniendo así también en la formación de los estudiantes, pues el futuro profesional pone en práctica todos las metodologías y conocimientos aprendidos en el Taller de Arquitectura, para comprender de manera práctica las particularidades, restricciones y exigencias técnico-constructivas, técnico-ambientales, económico-financieros, legales y normativos de las soluciones que propone. Es decir:

En esta área, el alumnado aplica sus conocimientos teóricos y metodológicos, mediante el concepto de participación y los pone en práctica a través del trabajo colaborativo para construir propuestas arquitectónicas transformadoras a los problemas que se demandan. Como área de conocimiento, cuenta con bases teóricas, sociales, éticas y humanísticas que le permiten tener una visión social de corresponsabilidad, solidaridad y compromiso con la sociedad. Orienta y construye su ámbito de competencia profesional dentro de la gestión y producción del hábitat en entornos sociales en los que se ejecuta, consciente de la pertinencia del ejercicio arquitectónico orientado por el pensamiento crítico, la participación comunitaria, la producción social del hábitat dentro de la inserción concreta comprometida con la realidad.⁷⁷

⁷⁴ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit. p. 68*

⁷⁵ *Plan de estudios 1999, op. cit. p.3 8*

⁷⁶ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit. p. 69*

⁷⁷ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit. p. 70*

2.1.1.2 LAS ÉTAPAS FORMATIVAS

El Plan de Estudios 99 establecía cinco fases de progreso según las aptitudes y competencias tanto de los cursos como del alumno, que el nuevo Plan de Estudios de 2017 retoma y organiza de la siguiente manera: la Básica para 1º y 2º semestre, la de Desarrollo para 3º y 4º semestre, la de Profundización para 5º y 6º semestre, la de Consolidación para 7º y 8º semestre, y la de Síntesis (o Demostración según el Plan de Estudio 1999) para 9º y 10º semestre. Esta clasificación pretende que la formación sea progresiva partiendo de lo más sencillo, en la Etapa Básica; a lo más complicado, en la Etapa Síntesis (o Demostración). De este modo, las tres primeras etapas tienen como principal objetivo el de transmitir y trabajar las capacidades, competencia y destrezas que constituyen la práctica arquitectónica. La cuarta etapa tiene un carácter vocacional, pues es aquí donde según las preferencias y capacidades del alumno, este establece las asignaturas, materias y disciplinas sin importar a que área pertenecen para así concluir mejor sus estudios en la última etapa que se define por los seminarios de titulación y los cursos necesarios para finalizar la licenciatura⁷⁸. El proyecto de modificación de 2017 resume lo anterior señalando que:

Se constituyen y diferencian por la secuencia del aprendizaje, expresado en conocimientos, habilidades y actitudes, a través de un método inductivo en el trayecto de formación, para su apropiación y que va de lo más simple y general, en la Etapa Básica a lo más complejo y detallado en la Etapa Síntesis. En cada una de ellas -programada en semestres- se equilibran las cargas de trabajo escolares y horarias para una mejor apropiación de los contenidos, el desarrollo de habilidades y la conciencia social como egresados de la Universidad Nacional Autónoma de México y, así cumplir con el perfil de egreso que establece este plan de estudios.⁷⁹

⁷⁸ *Plan de estudios 1999, op. cit.* p. 28

⁷⁹ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit.* p. 46

2.1.1.3 LAS LINEAS DE INTERÉS PROFESIONAL

El nuevo proyecto de modificación de Plan de Estudios de 2017, vuelve a hacer énfasis en las aptitudes del alumno que pueden empezar a expresarse a partir de la Etapa de Profundización (6° semestre) pues por primera vez se habla de las LIP, que son agrupaciones de materias selectivas y optativas similares entre sí “con el propósito de que el alumnado pueda fortalecer una vocación para su futuro profesional”⁸⁰, dotando a la carrera de mayor versatilidad con énfasis en la formación inter, multi y transdisciplinaria; diseñándose “de acuerdo con la importancia y peso que tiene un ejercicio profesional, o bien, sobre un tema de investigación cuya relevancia como campo emergente y posicionamiento prospectivo es ineludible en la disciplina”⁸¹. Así por primera vez se ofrecen dos alternativas con valor curricular para que el futuro profesional pueda concluir su formación: a) cursando cuatro asignaturas selectivas relacionadas a la LIP que ha escogido, más cuatro asignaturas selectivas independientes; b) cursando cuatro asignaturas selectivas a la LIP que ha escogido, más la Práctica Profesional Supervisada. Así, la orientación vocacional del alumno se vuelve primordial para fortalecer y favorecer de manera congruente la culminación de sus estudios y su titulación pues los dos seminarios de la Etapa Síntesis “conjuntamente con las asignaturas optativas, apoyarán – preferentemente– el trabajo desarrollado en las asignaturas mencionadas”⁸²

⁸⁰ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit. p. 56*

⁸¹ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit. p. 79*

⁸² *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit. p. 56*

Las ocho LIP son:

- Línea de Proceso Proyectual (destacando la materia de diseño eléctrico en la arquitectura)
- Línea de Expresividad Arquitectónica (destacando las materias de geometría solar, estrategias de iluminación y diseño de alumbrado arquitectónico)
- Línea de Cultura y Conservación del Patrimonio
- Línea de Gestión en la Producción del Hábitat
- Línea de Crítica y Reflexión
- Línea de Diseño del hábitat y medio ambiente
- Línea de Estructuras y tecnologías constructivas
- Línea de Gerencia de Proyectos

2.1.1.4 LOS TEMAS TRANSVERSALES

Son cuatro elementos abordados en el proyecto de modificación del 2017 que incorporan un panorama estructural de la producción arquitectónica los cuales deben ser abordados de manera integral en todos los niveles, áreas, talleres que comprenden el proceso de enseñanza y aprendizaje de la carrera de Arquitectura, pues en ellos se basan, fundamentan y enfocan la comprensión del fenómeno arquitectónico en los alumnos a través de las circunstancias materiales e inmateriales, la pluralidad cultural y la personalidad de las comunidades que componen la sociedad, procedimientos y técnicas del proyecto (diseño y construcción), la naturaleza y desarrollo de los ecosistemas urbanos y rurales, el bienestar de los usuarios arquitectónicos, y el compromiso e impacto ambiental y económico. Son así mismo las bases entonces de las asignaturas optativas, selectivas y las Líneas de Interés Profesional.

Estos temas transversales son:

- Habitabilidad

- Sostenibilidad
- Factibilidad
- Inclusión

2.1.1.5 EL TALLER DE ARQUITECTURA

Por último, el Plan de Estudios 99⁸³ hacía mención al Taller de Arquitectura, que se define como el eje que integra los planteamientos del mismo, pues es el lugar donde los conocimientos y capacidades de la labor arquitectónica se crean, convergen, condensan y comprueban; el cual surge de los múltiples esfuerzos que abarcan a la enseñanza-aprendizaje de la Arquitectura, concibiéndose y coordinándose de manera inter y multidisciplinaria. Se considera como la base formativa de los alumnos para plantear propuestas coherentes para su campo laboral futuro, por lo tanto, el trabajo que se realiza dentro de él resulta de interés común entre las actividades de docentes de diferentes disciplinas y de los estudiantes.

Así, sus ejercicios surgen de la interpretación y propuesta que dan los grupos académicos a los contenidos temáticos de cada etapa formativa establecida en ese Plan de Estudios⁸⁴. Es decir, es el bloque donde se fusionan las acciones educativas de las cinco áreas del conocimiento, según sean los objetivos, enfoques y actividades que cada una. Así, por ejemplo, el Taller de Arquitectura se integra del taller de proyectos, el taller de representación gráfica, el taller de geometría, el taller de investigación, el taller de construcción, y el taller de diseño urbano; que a su vez se colegian en dieciséis Talleres autónomos, que, de manera anual o semestral, es libre para organizar los

⁸³ *Plan de estudios 1999, op. cit. p. 44*

⁸⁴ *Plan de estudios 1999, op. cit. p. 76*

temas, contenidos, objetivos y enfoques; pero siempre cumpliendo con los lineamientos generales.

Comparando lo anterior con el proyecto de modificación de 2017, sobre el Taller Integral de Arquitectura (nombre que recibe en este nuevo documento), se nos indica que:

Se concibe como el eje curricular de la Licenciatura en Arquitectura, constituye la estructura básica pedagógica del proceso cognitivo y la formación de los profesionales de la arquitectura, pues en torno a él se estructuran todas las actividades académicas que constituyen la base formativa del alumnado. Esta organización pedagógica es el espacio donde se propician, generan, sintetizan y experimentan conocimientos, habilidades y actitudes del quehacer arquitectónico y la interrelación de las acciones educativas de profesores y estudiantes de las diversas áreas del conocimiento para realizar propuestas arquitectónicas. En este espacio académico se realizan propuestas coherentes para la atención de los problemas, temas y ejercicios que plantearán los equipos de profesores con el fin de facilitar la integración de los conocimientos y el desarrollo de los contenidos temáticos y objetivos de las etapas formativas, con la corresponsabilidad de intervención de las áreas de conocimiento, por lo cual contiene los elementos que relacionan al área de proyecto con sus componentes teóricos, sociales, tecnológicos, constructivos y urbano ambientales.⁸⁵

2.2 CRITERIOS BÁSICOS Y GENERALES DE LA ILUMINACIÓN

Es necesario conocer de manera general a través de parámetros cuantitativos y cualitativos los criterios generales que hacen referencia a la iluminación en general, para establecer de manera lógica y práctica un diseño apropiado, y fijar un lenguaje técnico claro y adecuado para la comunidad con la que pretendemos comunicarnos. Además, muchos aspectos que serán mencionados en la propuesta de esta tesis, estarán referenciados a los siguientes criterios.

Como antecedente, se establece todo lo relacionado a la naturaleza general de la luz, así como las particularidades de su propagación. Posteriormente, se explica todo lo

⁸⁵ *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I, op. cit. p. 71*

relacionado a la medición y magnitud de los fenómenos expuestos en el punto previo, y se analizan las cualidades de la producción de la luz artificial o natural. Al concluir lo anterior, la información se aboca únicamente a lo relacionado a la iluminación artificial, por lo que en primer lugar se debe definir y clasificar de manera precisa a los protagonistas de un proyecto de iluminación artificial, y por último se precisan las peculiaridades en la operación y control de las fuentes de iluminación artificial.

2.2.1 CARACTERÍSTICAS Y FENÓMENOS DE LA LUZ

➤ EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

La luz es causada por la vibración de una parte de la radiación del espectro electromagnético que puede ser percibida con el ojo humano a simple vista. Es por esto que Russell indica que:

Todos los diferentes tipos de radiación viajan alrededor de nuestro planeta y universo a la misma velocidad. La única diferencia entre una forma de radiación y otra es que tan rápido esa radiación vibra mientras viaja.⁸⁶

Esta vibración se manifiesta como una onda y la longitud de esta se expresa en nanómetros (nm), que son la millonésima parte de un metro, y que, según Russell, sería el único parámetro exacto para discernir sobre cada tipo de radiación. De este modo, en este espectro se puede encontrar desde los rayos gamma que son los que vibran más rápido de todas, hasta las ondas de radiofrecuencia que son las que tienen la mayor longitud de onda (*ver figura 2.2.1*).

⁸⁶ Sage Russell, *op. cit.* p. 38

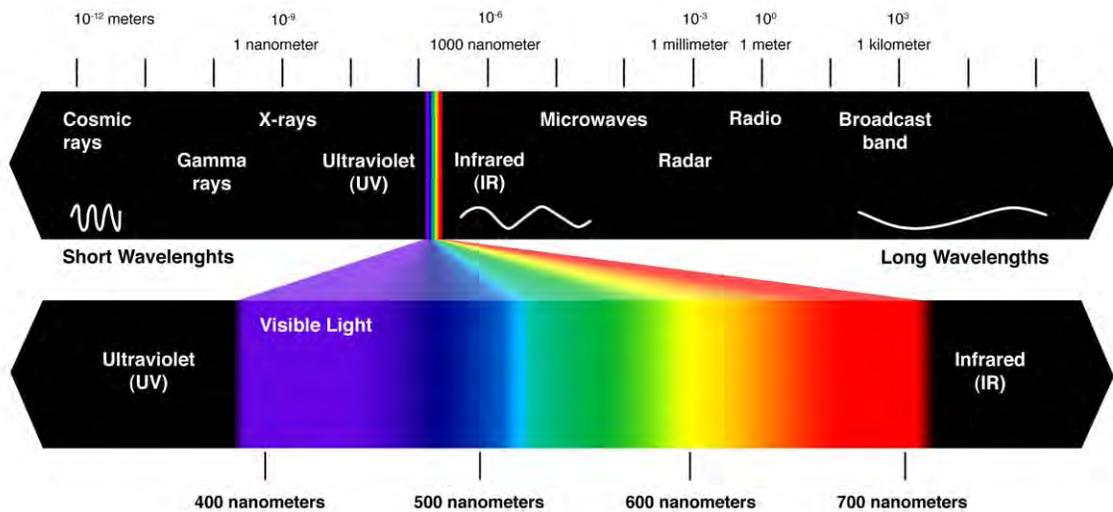


Figura 2.2.1 El espectro electromagnético, y el rango de luz visible, medidos en nanómetros. *Fuente: archive de la revista virtual LUX MAGAZINE.*

Se considera que la porción del espectro que “tiene longitudes de onda en un rango desde 380nm hasta 740nm”⁸⁷ se denomina espectro de luz visible, sin embargo, esta frontera es aproximada, pues varía un poco según los diferentes autores que se quieran consultar.

Aunque nuestros ojos no puedan ver más allá del espectro de luz visible, tenemos otros mecanismos para percibir otros tipos de radiación, como sucede con la infrarroja (800nm a 1000nm), ya que podemos “detectarla con nuestros nervios como diferentes niveles de calor”⁸⁸.

➤ LA PERCEPCIÓN DEL COLOR

Sin embargo, dentro del rango visible de radiación electromagnética, los humanos tenemos una “habilidad para distinguir entre diferentes tipos y combinaciones de

⁸⁷ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 12

⁸⁸ Sage Russell, *op. cit.* p. 40

luz”⁸⁹, y la hemos relacionado con el color. Es por esto que Benya, Karlen y Spangler indican que:

Similar a los colores en pigmento, tendemos a organizar el color de la luz en tres primarios (rojo, verde y azul). Y tres secundarios (amarillo, cian y magenta). Cuando los tres primarios se superponen crean luz blanca.⁹⁰

Sin embargo, el color es solo un efecto ocasionado por el cerebro humano al traducir las señales nerviosas que emiten los fotorreceptores en la retina de nuestros ojos. Por lo tanto “la luz por sí misma no tiene color”⁹¹ pues “la radiación es esencialmente energía, y como tal, no tiene masa, color, sabor u olor”⁹². Sobre lo anterior, Jiménez señala que “el color no existe como elemento físico y solamente es una ilusión formada por la mente humana”⁹³. Este mismo autor establece también que las vibraciones de la radiación visible “individualmente tomadas, reproducen un color concreto”⁹⁴, es decir, que cada color se relaciona con cada longitud de onda diferente dentro del espectro visible.

➤ COMPORTAMIENTO DEL HAZ LUMINOSO

Esto último nos introduce al comportamiento que presenta cualquier tipo de radiación ante cualquier superficie que encuentre a su paso, y que puede ser la absorción, la transmisión y la reflexión del haz luminoso. Esto no solo está

⁸⁹ Sage Russell, *op. cit.* p. 41

⁹⁰ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 13

⁹¹ Sage Russell, *op. cit.* p. 41

⁹² Sage Russell, *op. cit.* p. 38

⁹³ Carlos Jiménez. *Manual de Luminotecnia, Museos y exposiciones*. Ediciones CEAC, España, 1999, p. 28

⁹⁴ Carlos Jiménez. *Manual de Luminotecnia, Museos y exposiciones, op. cit.* p. 19

determinado por el color del plano, como se menciona en el punto anterior, sino que también por su textura. Sobre esto Jiménez⁹⁵ asegura que, en las caras lisas y pulidas, la dirección de reflexión del rayo de luz es preciso con una dispersión mínima, por lo que la densidad inicial del haz se mantiene; mientras que, en los planos porosos y rugosos, el haz se disgregará en pequeños rayos con diferentes direcciones al chocar en esos planos. Benya, Karlen y Spangler⁹⁶ analizan también este comportamiento, pues cuando las caras son lustrosas el haz de luz se reflejará sin dispersión en el mismo ángulo en el que la golpeó, al contrario de una superficie mate o texturizada donde la difusión se hará en todas las direcciones. Estos mismos autores señalan que la opacidad también influye; y de

este modo se tiene que, en un plano difuso y translúcido, el haz se distribuirá de manera uniforme y una parte de la luz se absorberá mientras que la otra se dejará pasar. Al contrario, en una superficie transparente, la forma del haz no verá modificada, pues no absorbe luz y simplemente atravesará el plano.



Figura 2.2.2 Una fotografía es iluminada directamente, y la superficie resplandece (brillo), sin embargo, la cantidad de luz que es absorbida y reflejada es bien diferente en cada color que contiene la fotografía (contraste). Fuente: archivo de la revista virtual DESIGNBOOM.

⁹⁵ Carlos Jiménez, *op. cit.* p. 30

⁹⁶ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 76

De lo anterior se desprenden otras características subjetivas que son el brillo y el contraste. Russell⁹⁷ define al primero como el resultado luminoso que se percibe sobre una superficie iluminada (*ver figura 2.2.2*), mientras que el contraste se podría determinar como la diferencia en la percepción del efecto anterior respecto de objetos o planos determinados, y es por esto que los objetos no solo son visibles porque se les arroje luz sobre ellos, sino porque la reflejan de manera diferente a la de su entorno.

2.2.2 CRITERIOS FOTOMETRICOS

Existen dos unidades básicas que determinan la sensación de luminosidad, es decir, a las que el ojo humano es sensible. La primera es el flujo luminoso (F), medido en lúmenes (lm), y expresa la cantidad de luz que irradia una fuente luminosa en todas las direcciones posibles. El segundo patrón es la intensidad luminosa (I), medido en candelas (cd), y revela la proyección del flujo luminoso, contenido en un ángulo sólido cualquiera cuyo eje coincida con una dirección determinada.

➤ ILUMINANCIA Y LUMINANCIA

De los dos anteriores, se desprenden dos índices, que describen de manera precisa, el brillo y el contraste que genera la iluminación. La iluminancia (E), calculada en luxes (lx) se define como la densidad del flujo luminoso que incide de manera uniforme en la extensión de una superficie real o imaginaria. Mientras que la Luminancia (L), calculada en candelas por metro cuadrado (cd/m^2), se establece como la densidad de la intensidad luminosa emitida por una superficie, ya sea luminosa (directa) o iluminada (indirecta), en una dirección determinada.

⁹⁷ Sage Russell, *op. cit.* p. 24

➤ CURVA FOTOMÉTRICA

Por último, se encuentra la transcripción gráfica bidimensional, en los dos planos verticales (transversal y longitudinal), de las intensidades luminosas en todas las direcciones del espacio en la emisión de una fuente luminosa.

2.2.3 CRITERIOS LUMINOTÉCNICOS

En esta sección se muestran y explican cuatro criterios básicos relacionados a la calidad en la emisión de la luz tanto natural como artificial, que son, la temperatura de color expresada en grados Kelvin (K), el índice de representación de color (CRI por sus siglas en inglés) que se manifiesta en una escala que va del 0% al 100%, la consistencia y estabilidad del color, y la textura de la luz.

➤ TEMPERATURA DE COLOR

Benya, Karlen y Spangler⁹⁸ informan que esta propiedad nos advierte sobre la tonalidad de la emisión de la luz, es decir, si parece cálida, neutra o fría (*ver figura 2.2.3*), y que es inversamente proporcional a su magnitud, por lo que entre mayor sea la temperatura de color, la luz que emite nuestra fuente será más fría; y, al contrario, entre menor sea la temperatura de color, la luz de la lampara será más cálida.



Figura 2.2.3 Ejemplos de diferentes temperaturas de color bajo un mismo objeto. Fuente: archivo de la revista virtual CNET.

⁹⁸ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 13 y 14

Esta característica también indica el desplazamiento del color blanco de la luz hacia un extremo u otro del espectro, pues se relaciona con la composición de la luz de acuerdo a la cantidad de componentes rojos o azules presentes en el haz. De este modo una temperatura de color de aproximadamente 3 700K a 4 000K corresponde a una sensación de blanco medio, en tanto que, por debajo de esa cifra, la luz se va haciendo progresivamente más rojiza, es decir tiene un mayor porcentaje de rojo; por el contrario, una temperatura por encima de los 3 700K a 4 000K, tiene una marcada tendencia al blanco azulado, y cada vez se hace más pronunciada la presencia del azul o violeta.

La luz del Sol también presenta diferentes temperaturas según sea la hora del día.

➤ INDICE DE REPRESENTACIÓN DEL COLOR

En segundo lugar, se encuentra al CRI, y se refiere a la capacidad que tiene una fuente de luminosa de reproducir los colores de los objetos y las superficies que ilumina de la manera más real, precisa o correcta. Al contrario de la propiedad anterior, entre más alto sea el CRI de una fuente luminosa, mejor será la expresión de los colores de los materiales de los objetos a iluminar; por el contrario, con valores más bajos de CRI, los colores se verán más distorsionados o peor representados (*ver figura 2.2.4*). Por esto, se considera a una fuente de luz con una buena reproducción del color cuando tiene un porcentaje mayor a 80, y una excelente cuando es mayor a 90. Esta característica también describe la “complejidad de la emisión electromagnética del espectro de una lámpara”⁹⁹, pues se considera que “entre más saturación de

⁹⁹ Sage Russell, *op. cit.* p. 53

longitudes de onda tenga una fuente luminosa, más alto será su CRI¹⁰⁰. Debido a esto se considera al Sol como la fuente luminosa con el CRI más alto de todas. Entender y conocer estos dos primeros elementos es muy importante "para alcanzar una visión completa de las capacidades de las fuentes luminosas"¹⁰¹.

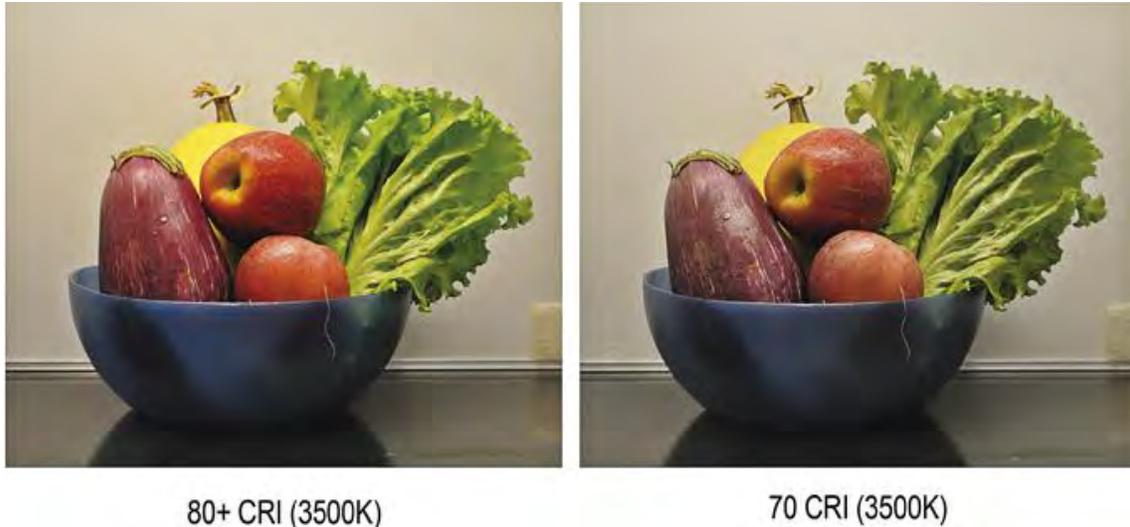


Figura 2.2.4 Ejemplos de diferentes índices de reproducción de color con la misma temperatura de color bajo el mismo objeto. Fuente: archivo de la revista virtual CNET.

En cuanto a la cualidad de la de consistencia y estabilidad de color, Benya, Karlen y Spangler destacan que:

Hace mención a que tan fiable es una fuente luminosa, respecto a otra colocada en el mismo periodo de tiempo. La estabilidad de una fuente luminosa se refleja en su color durante un periodo de tiempo. Todas las fuentes luminosas reducen su intensidad con el tiempo, pero algunas otras también se desplazan en color.¹⁰²

➤ TEXTURA DEL HAZ LUMINOSO

¹⁰⁰ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 13

¹⁰¹ Sage Russell, *op. cit.* p. 56

¹⁰² Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 14

Sobre esto, Russell¹⁰³ menciona que la iluminación de textura difusa, es aquella donde la luz sale de la lámpara de manera equitativa en todos los ángulos y direcciones de nuestros espacios, y como tal, se refleja en las superficies de nuestro entorno, llenando todas las sombras con manchas con bordes poco definidos.

Entonces, por otro lado, se encuentra la luz focalizada que crea manchas con los bordes bien diferenciados y un gran contraste entre lo iluminado y lo oscuro.

2.2.4 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES LUMINOSAS

A partir de este momento las fuentes luminosas se separarán en dos grupos, y de este modo, se denominará lámpara a toda fuente, foco o superficie que “convierte la electricidad en energía luminosa radiante”¹⁰⁴, y por lo tanto la emite.

➤ POR SU PRODUCCIÓN DE LUZ

Se conoce la existencia de tres tipos de lámparas (*ver figura 2.2.5*). En primer lugar, se encuentra el de los proyectores térmicos, es decir, los que producen luz a partir del calentamiento de un filamento metálico de Wolframio o Tungsteno. En este grupo se encuentran las lámparas incandescentes y las halógenas.



Figura 2.2.5 Diferentes tipos de lámparas. Una incandescente, una fluorescente compacta, una halógena y varias HID. Fuente: archivo de la revista virtual CNET.

El segundo grupo abarca las lámparas de descarga, es decir las que producen luz a través de procesos electroquímicos. En este conjunto se ubican las de baja presión o fluorescentes, y

¹⁰³ Sage Russell, *op. cit.* p. 79.

¹⁰⁴ Sage Russell, *op. cit.* p. 57

las de alta densidad de descarga (HID en inglés). Las primeras tratan de tubos huecos largos, o cortos para las versiones compactas, rellenos de mercurio vaporizado que es excitado debido a un bombardeo de electrones libres, lo que produce una radiación ultravioleta invisible al ojo humano, pero que es amplificada en un espectro visible, gracias a la capa de fósforo con la que se recubren. Posteriormente están las lámparas de alta descarga como son las de alta presión de sodio, halogenuros metálicos y halogenuros metálicos cerámicos, y que generan luz a partir de un arco eléctrico en un ambiente de vapor metálico.

El tercer y último grupo está formado por proyectores de semiconductor, o LED (Light Emitting Diode), Se trata de dispositivos electrónicos que alguna vez fueron usados como simples indicadores luminosos en aparatos electrónicos. Según la emisión de su luz, existen dos tipos. En primer lugar, están las monocromáticas. Estas generan una emisión ultravioleta que es traducida en luz blanca gracias a una capa de fósforo, como en las lámparas fluorescentes. Por otro lado, se encuentran las RGB, que emiten tres colores únicamente (rojo, azul y verde) y al mezclarse se crea un haz multicolor.

➤ POR SU EMISIÓN LUMINOSA

En cuanto a los luminarios, se conoce como tal, al objeto que envuelve a la lámpara para darle soporte, conexión eléctrica, y permite su correcta distribución luminosa. Según Benya Karlen y Spangler¹⁰⁵, se trata de todo aquel dispositivo que incluya una base portalámparas, los recursos para su electrificación, y el sostén de dicho dispositivo. También se indica que estos dispositivos son entonces los encargados de darle una dirección y sentido, es decir la manera en la que distribuyen la luz, e

¹⁰⁵ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit*, p. 39

inclusive una textura, al haz luminoso según los elementos que constructivos que la comprenden y así, se encuentran seis tipos en la emisión¹⁰⁶, que son:

- a. **Directa**, es decir cuando las luminarias emiten luz hacia abajo, a las superficies de trabajo de nuestros espacios.
- b. **Indirecta**, cuando las luminarias emiten luz hacia arriba para que se refleje en los techos de los espacios correspondientes.
- c. **Directa e indirecta**, que son luminarias que emiten luz en la misma dirección, pero en diferentes sentidos (hacia arriba y hacia abajo pero no a los costados).
- d. **Fija**, que se constituye de fuentes luminosas que no se pueden ajustar para corregir su emisión.
- e. **Dirigible**, que se constituye de fuentes luminosas que si se pueden ajustar para corregir su emisión.
- f. **Simétrica**, que consta de luminarias cuya curva fotométrica es igual en todos los ángulos y planos espaciales.
- g. **Asimétrica**, que consta de luminarias cuya curva fotométrica no es igual en todos los ángulos y planos espaciales.

➤ POR SU OPERACIÓN Y CONSUMO ELÉCTRICO

En primer lugar, se tienen las que trabajan a tensión de red, es decir, directamente a la corriente suministrada para la instalación eléctrica, que puede ser a 110V, 240V ó 277V, según la ubicación geográfica del proyecto arquitectónico. Por otro lado, también existen las que trabajan a tensiones eléctricas específicas diferentes a los del circuito eléctrico, como pueden ser 12V o 24V, por lo que requieren de una conexión a equipos especiales para la modificación de los voltajes, como es el caso de los

¹⁰⁶ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.*, p. 42

transformadores, balastos o drivers. La tecnología de estos artefactos puede ser electrónica o magnética, y según esto, se puede tener cierta presencia de ruido en su funcionamiento.

Por último, se sabe que parte de la potencia que utiliza una lámpara se transforma en luz visible, mientras que el resto se convierte en radiación no visible como la infrarroja (calor). Así, la eficiencia luminosa, que se mide en lúmenes sobre watt (LM/W), indica la relación que existe entre la energía aprovechada y la desperdiciada de una lámpara.

3. PROPUESTA

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROGRAMA

En este apartado, se tratará de delinear a grandes rasgos la organización en los contenidos que deberían ser abordados y aplicados para un nuevo programa en el Taller de Arquitectura que incluye la enseñanza y aprendizaje en del diseño de la iluminación tanto natural como artificial que se integre tanto a la formación del estudiante de la Licenciatura de Arquitectura, como a la vida profesional del profesionalista egresado. Se propone que los criterios aquí descritos, tengan relación y coherencia, por un lado, con el modelo que se plantean en los planes de estudios descritos en el capítulo del Marco teórico de referencia de este trabajo (el Plan de Estudios 99 y el Plan de Estudios 2017).

Es importante recordar que uno de los objetivos principales del presente trabajo es propiciar la interacción del conocimiento, sobre todo del que se explica en este capítulo, con el de las experiencias afines. Por lo tanto, para su ejercicio, no se propone la implementación de cursos especiales y/o independientes a los que ya se conocen dentro del bloque del Taller de Arquitectura, sino su integración al conjunto de temas que ya se tratan en cada uno de los actuales que lo conforman.

3.1.1 SEGÚN LAS ÁREAS DEL CONOCIMIENTO

Se reconoce una amplia variedad de características (psicológicas, biológicas, culturales, económicas, técnicas, ambientales y normativas) que confluyen en el campo de la iluminación natural y artificial orientada hacia objetos arquitectónicos, presenta diversas características que confluyen durante las etapas de diseño y

ejecución de un proyecto arquitectónico. Estas variables que serán analizadas con mayor profundidad en los siguientes capítulos, pueden ser separadas y reorganizadas en las áreas con las que presentan mayor afinidad y de este modo se puede abordar con mayor facilidad el tema. Sin embargo, todas las áreas y por lo tanto sus conocimientos, pueden vincularse entre sí a través de las diferentes materias del Taller de Arquitectura.

Debido a la forma de trabajo de cada una, tres de ellas (Tecnología, Urbano-Ambiental y Teoría, Historia e Investigación) conformarían la fuente teórica de los conocimientos y solo dos (Proyectos y Extensión Universitaria) se enfocarían a su aplicación práctica. Por un lado, el área de Tecnología se encargaría de todo lo relacionado con lo constructivo, financiero y normativo del proyecto arquitectónico. Existen diferentes tipos de vanos ubicados tanto en los límites verticales como horizontales del edificio, y que aportan una calidad distinta en la iluminación del espacio. Esto mismo ocurre con las fuentes eléctricas pues según su tamaño, su voltaje de operación, su tecnología para producir luz, o la construcción de su luminario; el tipo de luz que producen será diferente. Tanto en la iluminación natural como artificial se tienen diferentes sistemas que la controlan. Los primeros tratan de elementos pasivos ubicados en los vanos del objeto arquitectónico, y se basan en el movimiento aparente del sol a lo largo del día o el año, y la orientación de los espacios frente al asoleamiento. Los otros, que pueden ser normales o automatizados, se configuran según la instalación eléctrica, es decir, en el número de hilos (fases, neutros, señales) o el tipo de equipos que necesita la lámpara para trabajar.

El área Urbano-Ambiental abordaría los contenidos relacionados a la iluminación tanto natural o artificial de un objeto, que puede ser abierto o cerrado, pero a una gran escala. De este modo, tomando el ejemplo de una plaza (un objeto arquitectónico abierto), tanto los edificios que la encierran, como la vegetación que crece dentro de ella repercute en la manera en su asoleamiento a lo largo del día o del año. También es importante observar el comportamiento que presenta el objeto arquitectónico con su contexto inmediato, sobre todo en cuanto a su iluminación artificial exterior, como sucede en las fachadas o en el alumbrado público, pues se produce el fenómeno de la contaminación lumínica que afecta a cualquier ser vivo del ecosistema local.

El área de Teoría, Historia e Investigación se concentraría en la capacidad de observación y reflexión del futuro profesionalista, sobre el uso y selección tradicionales que le da cada género de edificio, de manera histórica o actual, para cada tipo de fuente luminosa o sistema de control, natural o artificial, basados en los recursos estéticos, habitables, ideológicos, científicos, monetarios y geográficos que se utilizan o se piensan explotar.

Por otro lado, en el área de Proyectos, la preparación se da por la reunión y justificación de los criterios de iluminación natural y/o artificial observados en las áreas de vocación teórica, y que inciden en el ejercicio del diseño de un modelo arquitectónico ya sea abierto o cerrado. Es decir, que se fundamenta en una problemática real, pero que no se trata del desarrollo de un objeto real.

Por último, en el área de Extensión Universitaria, también se permite la concentración del conocimiento de la iluminación natural y/o artificial, formado en las demás áreas,

pero con la finalidad de lograr el diseño y el desarrollo un objeto arquitectónico real bajo una problemática real.

Lo anterior puede observarse mejor en las figuras que se presentan a continuación.

3.1.2 SEGÚN LAS ÉTAPAS FORMATIVAS

Además de lo anterior, se necesita tener una congruencia con el progreso de las habilidades que se pretenden implementar y desenvolver, en el tiempo de la licenciatura.

Debido a que, durante toda su formación académica, “el estudiante de arquitectura se enfrenta a una cantidad infinita de datos e información”¹⁰⁷, en el primer año, el de la etapa Básica, es necesario comenzar con un preámbulo. Lo que puede traducirse en información fundamental sobre la naturaleza de la luz, y la manera en que incurre la concepción de objetos arquitectónicos. De este modo se puede “tener la suficiente seguridad para tomar buenas decisiones en nuestra iluminación al momento de diseñar y así evitar los peligros de una iluminación mal aplicada”¹⁰⁸, para evitar “deficiencias y limitaciones que se evidencian en el alto riesgo de errores en la toma de decisiones intuitivas”¹⁰⁹. Por lo tanto, ya que el conocimiento sobre las instalaciones eléctricas comienza hasta la segunda etapa formativa de la carrera, como se puede observar en los mapas curriculares que se exponen en capítulos anteriores (tanto en el Plan de Estudios 99 como en el Plan de Estudios 2017), el alumno requiere un adiestramiento sobre las variables que influyen en la iluminación natural de un

¹⁰⁷ Rafael Martínez Zarate, *op. cit.* p. 23

¹⁰⁸ Sage Russell, *op. cit.* p. 39

¹⁰⁹ Rafael Martínez Zarate, *op. cit.* p. 23

objeto arquitectónico, abierto o cerrado a una pequeña, mediana o gran escala, pues “antes de seleccionar la fuente artificial apropiada, es importante considerar como usar la luz natural efectivamente”¹¹⁰.

Es en esta etapa donde el alumno estudia y aprende:

- Sobre la correcta orientación de los espacios, y el uso eficaz de la iluminación natural en estos, para evitar efectos negativos (calor excesivo, degradación del mobiliario, incomodidad visual)
- Sobre el efecto la manera de introducir y controlar la luz natural al interior de un espacio cerrado, tanto en edificios antiguos como actuales.
- Sobre el comportamiento de las sombras, el contraste y el brillo en las superficies planas de un espacio abierto o cerrado, según sus formas geométricas, materiales y acabados (fachadas, muros, pisos, cubiertas).
- Los efectos de la luz natural en la psicología, biología e ideología del ser humano.

Posteriormente, en la de Desarrollo, el alumno ya puede reconocer las variables de la de la iluminación eléctrica, sin embargo, debido a que esta es mucho más compleja que la natural, el conocimiento de esta se debe organizar para simplificarlo, de tal modo que se comience por entender a los objetos arquitectónicos cerrados de pequeña y mediana escala, sin contemplar un contexto urbano o ambiental, pues este aparece en las siguientes etapas. Los temas que se abordan podrían ser:

- La manera en que emiten, trabajan, consumen y se instalan; las fuentes luminosas eléctricas destinadas al interior del espacio cerrado.

¹¹⁰ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 19

- El uso y control normal de la luz eléctrica al interior de un espacio cerrado, tanto en edificios antiguos como actuales.
- El comportamiento de las sombras, el contraste y el brillo en espacios tridimensionales, según sus formas geométricas, materiales y acabados.
- Los efectos de la luz eléctrica en la psicología, biología e ideología del ser humano al interior de un espacio cerrado.
- La normatividad que se debe cumplir para que un espacio cerrado sea considerado como bien iluminado.

En la cuarta etapa, la de Profundización, se tiene un énfasis en la correcta integración del objeto arquitectónico a un entorno ambiental determinado. Es entonces en este nivel donde se trata de explicar la iluminación artificial al exterior de objetos arquitectónicos cerrados de pequeña y mediana escala. Entonces se habla de:

- La manera en que emiten, trabajan, consumen y se instalan; las fuentes luminosas eléctricas destinadas al espacio abierto.
- El uso y control normal de la luz eléctrica de un espacio abierto, tanto en edificios antiguos como actuales.
- Los efectos de la luz eléctrica en la psicología, biología e ideología del ser humano al exterior de un espacio abierto.
- La normatividad que se debe cumplir para que un espacio abierto sea considerado como bien iluminado.
- La reducción en el impacto de un objeto arquitectónico cerrado en su ecosistema inmediato (contaminación lumínica procedente de fachadas).
- El aumento en la eficiencia energética y reducción en el consumo eléctrico en la iluminación al interior y exterior de un objeto arquitectónico, a través de una interacción correcta entre la luz natural y artificial.

En la última etapa, la de Síntesis (o Demostración) se hace hincapié en los objetos arquitectónicos de gran escala, al contexto urbano, y a la tecnología de punta. En este punto se pretende instruir sobre la iluminación eléctrica de edificios de gran altura e inteligentes, así como en espacios arquitectónicos abiertos de gran escala, es decir en:

- Los sistemas de control automatizado.
- La reflexión y análisis sobre la iluminación eléctrica de objetos arquitectónicos abiertos importantes, ya sean antiguos o actuales.
- La reducción en el impacto de un objeto arquitectónico abierto en su ecosistema inmediato (contaminación lumínica procedente del alumbrado público).
- El aumento en la eficiencia energética y reducción del consumo eléctrico en la iluminación de un objeto arquitectónico abierto (alumbrado público sustentable).

Lo anterior puede observarse mejor en las figuras que se presentan a continuación.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TEMAS DEL PROGRAMA

El proyectista debe estar muy consciente de las decisiones que toma pues no solo afecta la iluminación de su edificio. De ahora en adelante, se reconoce que la luz tanto natural como artificial es un ingrediente más que depende e integra el espacio arquitectónico, junto con los materiales, los acabados, la habitabilidad, los sistemas constructivos y los recursos monetarios. No es entonces, un elemento independiente cuyas repercusiones no afecten la apariencia o el desarrollo del mismo. Así, Benya Karlen y Spangler¹¹¹ enfatizan que el arquitecto debe determinar que fuente luminosa

¹¹¹ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 53

es la que trabajará de maneras más apropiada para su proyecto; así como evaluar la condiciones arquitectónicas del mismo, como son la estética y funcionalidad de su diseño, los recursos necesarios y disponibles para la ejecución de la obra, y el presupuesto del cliente; tanto la luz natural como artificial tienen características y efectos únicos que no son antagónicos, por lo que debemos aprender a verlas como complemento tanto una de otra, como de la misma labor arquitectónica. Es por esto que Russell concluye que:

Ya sea que nuestros ingredientes en iluminación natural sean funcionales o estéticos, es necesario considerar como puede sustituir o trabajar en armonía con la luz eléctrica. En aplicaciones de diseño vale la pena investigar cómo puede un efecto particular ser recreado con luz eléctrica, o viceversa. El punto es saber manera la luz natural para expandir conceptos que pueden ser logrados con esta. Cualquier fuente de luz eléctrica tiene una contraparte de luz natural. La responsabilidad es simplemente investigar las posibilidades y pensar a través del proceso de diseño.¹¹²

3.2.4. CONCEPTOS CULTURALES

➤ NECESIDADES ESTÉTICAS

La estética es una disciplina que se encarga de calificar la apariencia de los objetos que nos rodea, por lo tanto, su jurisdicción adquiere fuerza sobre todo en las carreras dirigidas al diseño. La calidad de sus productos se basa en la búsqueda de la belleza para su distinción, así como la corrección de la fealdad en aquellos donde esta categoría ya se ha establecido. La mayoría de la comunicación humana ocurre en un sentido no verbal y de este modo, la apariencia física es primordial.

Lo anterior también es una preocupación constante para el arquitecto al tratar sus proyectos, pues se relaciona con el juicio estético que tendrán los usuarios hacia el espacio que ocupan. Como encargados del diseño arquitectónico buscamos exaltar sus

¹¹² Sage Russell, *op. cit.*, p. 125.

cualidades al mismo tiempo que se requieren reducir sus defectos, pues de este modo hacemos que surja interés visual. Es decir que:

Estamos creando una lógica que va a ordenar como el espectador viajará a través del ambiente visual de un solo espacio. Podemos ordenar una trayectoria visual de manera inconsciente desde un fresco en un muro acentuado, hacia un candelabro de cristal, y hacia una mesa de comedor perfectamente amueblada. Esta organización de intereses visuales estimula al visitante a experimentar el ambiente en un orden específico, tomarse el tiempo para interactuar con el diseño, una clase de coreografía, pero a menor escala.¹¹³

Podemos decir que la belleza de la arquitectura provoca una sensación de bienestar evidente: uno sencillamente quiere estar ahí, en ese edificio, aunque ni siquiera se piense por qué.

Entonces, el mismo Russell¹¹⁴ señala que el espacio es el material artístico base que utiliza el arquitecto, y que para modelarlo y configurarlo se vale de diferentes estrategias que involucran las características físicas tanto de las superficies arquitectónicas como del mobiliario que cohabitan en el objeto arquitectónico, como son el color, la textura, el brillo o la forma, siendo estos cuatro primeros de importancia capital cuando se habla de diseño integral de iluminación, es decir donde confluye la luz natural y artificial; así como la escala, donde interviene casi de manera exclusiva la luz eléctrica. No obstante, esto también se puede ver reforzado gracias al valor escenográfico de la luz, y se demuestra así que:

La luz depende totalmente de la visión, así que es razonable decir que los mejores conceptos arquitectónicos o efectos espaciales no significan nada sin la aplicación correcta de luz.¹¹⁵

Mientras que Benya, Karlen y Spangler señalan que:

¹¹³ Sage Russell, *op. cit.* p. 33.

¹¹⁴ Sage Russell, *op. cit.* p. 124.

¹¹⁵ Sage Russell, *op. cit.* p. 33 y 34.

Con frecuencia se pueden ver espacios bien diseñados con soluciones de iluminación pobre, que se convierten en insatisfactorios o sin éxito. En cambio, espacios ordinarios pueden volverse muy satisfactorios y exitosos a través de soluciones creativas en su iluminación.¹¹⁶

Estos mismos autores¹¹⁷ indican que, una correcta iluminación arquitectónica conjuga todos los elementos visuales mencionados anteriormente y que conforman la expresión y originalidad propias del espacio que se plantea. Por lo que debe ser obvio para cualquier interesado en el diseño de iluminación que la estética inherente es de gran importancia para el éxito de las soluciones en iluminación. Esto conlleva a que los futuros profesionistas tengan en cuenta como quieren incorporar la luz para que se concilien y acentúen los elementos arquitectónicos propuestos a través de su geometría, su escala y sus materiales, como nos sugiere Russell¹¹⁸, y de esta manera:

Quando acentuamos un objeto de nuestro espacio, también estamos haciendo decisiones sobre el tipo de luz que es apropiado para ese objeto. Esto requiere entender sobre los materiales usados en nuestro diseño y si responden mejor a determinadas intensidades, colores y texturas del acento luminoso.¹¹⁹

Se puede admitir que la iluminación no es por sí misma un ingrediente con el cual lograr el provecho de la arquitectura que se esboza, pues también puede considerarse como una gratificación extra para los elementos que ya presentan cierta atracción y así es más eficaz aplicar luz “a objetos y superficies ya interesantes únicamente con el propósito de hacer estas obras más evidentes¹²⁰”. También se puede considerar la carga y calidad visual de las fuentes luminosas que se pretenden integrar al objeto

¹¹⁶ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 75

¹¹⁷ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 10

¹¹⁸ Sage Russell, *op. cit.* p. 87

¹¹⁹ Sage Russell, *op. cit.* p. 33 y 34.

¹²⁰ Sage Russell, *op. cit.* p. 33.

arquitectónico, como sucede con las luminarias decorativas, que Russell¹²¹ describe como acentos artísticos auto luminosos que siempre atraerán por sí solos y de manera inmediata, la atención de los ocupantes del espacio que estemos concibiendo.

Entonces:

Cuando estamos hablando de objetos de acento para crear interés visual y lógico, estamos también hablando sobre fuentes luminosas decorativas que añaden enfoque y destello a un espacio.¹²²

a. COLOR

Anteriormente las corrientes arquitectónicas en la modernidad hicieron del blanco el color oficial que dominada al interior y al exterior de los objetos arquitectónicos. Sin embargo, en los últimos años esta tendencia ha cambiado y ahora las fachadas de los nuevos objetos arquitectónicos se modifican para procurar dinamismo y singularidad gracias al uso de colores vivos ya sea en pigmento o en la iluminación.

Así el color se puede utilizar como una herramienta que asimila el edificio con su contexto y el paisaje inmediato ya que nos permite entender e imitar la perfecta armonía con la que la naturaleza se nos muestra; además que nos permite percibirlo de diferentes maneras pues lo transforma, lo fragmenta, le da movimiento y novedad. Por lo tanto, algunos investigadores como Juan Serra aseguran que “en las últimas décadas se ha reintroducido el color en el diseño arquitectónico y ha resultado un medio muy útil para expresar la versatilidad, es decir, el cambio, la falta de permanencia, la adaptación a las nuevas necesidades”¹²³.

¹²¹ Sage Russell, *op. cit.* p. 87

¹²² Sage Russell, *op. cit.* p. 91

¹²³ Revista Sinc, “Los colores irrumpen en la nueva arquitectura”, mayo de 2013. Consultado en septiembre de 2014 en: <http://www.agenciasinc.es/Noticias/Los-colores-irrumpen-en-la-nueva-arquitectura>

Así el uso de hojas de aluminio y lamas de vidrio modifica su estado cromático en función del momento del día y la estación del año; y por la noche la tecnología LED genera imágenes luminosas mediante sofisticados sistemas de hardware y software. También se puede utilizar para crear ruptura en la integridad del edificio pues el ejerce a manera de código que anuncia al observador de que cada parte tiene un uso o un sistema constructivo diferente.

Ya se sabe que, aunque la luz puede ser considerada como 'blanca', este valor no es absoluto y siempre existe una diferencia en el balanceo de su espectro electromagnético (temperatura de color). Como menciona Benya, Karlen y Spangler¹²⁴, si bien cualquier haz está compuesto por todas las longitudes de onda del espectro visible, la mezcla no se da de manera equitativa y depende directamente de las características de fabricación de la lámpara que se utilice, como se explica en capítulos anteriores; cualquier fuente artificial de luz contiene diferentes cantidades de color en dicha mezcla, es decir, algunas presentan mayor cantidad de azules y/o violetas (haz frío); o rojos, amarillos y/o naranjas (haz cálido). Por otro lado, la temperatura de color de la luz natural es fácilmente perceptible a través del cielo diurno, y nunca es estética. Tanto Russell¹²⁵ como Benya, Karlen y Spangler¹²⁶ sugieren que el color azul está presente la mayor parte del tiempo: de tonalidad pálida en una mañana clara, oscura para un día nublado, y con una temperatura elevada que va de 5500 a 6000K en un medio día soleado. Mientras que en el atardecer los colores

¹²⁴ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p.75

¹²⁵ Sage Russell, *op. cit.* p. 124 y 125.

¹²⁶ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 21

que dominan son los violetas, rosados y naranjas, de brillo cálido y radiante, es decir, que la temperatura puede bajar hasta los 2000K.

Cada tonalidad se comporta de manera específica debido a la reflexión y absorción en las superficies que precisan. Es por esto que la mayoría de los autores expresan que “el color y la calidad en la luz de la fuente puede variar enormemente en cómo se percibe un material o un objeto”¹²⁷, pues “todo lo que los objetos poseen es la propiedad de absorber unas frecuencias y rechazar otras”¹²⁸. Russell agrega que:

Cuando una fuente luminosa parece coloreada para nuestro ojo, se debe a una salida espectral no balanceada. Si una fuente emite muy poco o nada de luz verde, puede parecer rojiza o cálida. Una fuente también puede parecer cálida o rojiza si emite cada color, pero en mayor proporción rojo.¹²⁹

Mientras que Benya, Karlen y Spangler añaden que:

Cuando la luz blanca golpea un objeto el objeto, absorberá todas las longitudes de onda que coinciden con su propia estructura atómica y reflejan el resto a nuestros ojos. El ojo ve la longitud de onda o combinación de longitud de onda y el cerebro lo traduce como un color.¹³⁰

Esto significa que una superficie rica en colores rojizos, anaranjados o amarillos; puede beneficiarse si se ilumina con una fuente que emite un haz cálido (*ver imagen 3.2.1*). Al contrario, si se trata de una superficie donde abundan los colores azulados, o violetas; tendrá un mejor énfasis si se ilumina con un haz frío.

¹²⁷ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 77

¹²⁸ Carlos Jiménez, *op. cit.* p. 28

¹²⁹ Sage Russell, *op. cit.* p. 55.

¹³⁰ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 13

Sin embargo, la elección en la temperatura de color según la tonalidad de los materiales que involucran un objeto arquitectónico a iluminar no es el factor más importante a considerar, pues también se tiene la capacidad de la fuente



Figura 3.2.1 Iluminación cálida que combina con los tonos ocres de la arquitectura del restaurant Il Milione en Hong Kong, China. Diseño por Into Lighting. Fuente: archivo de imágenes de proyectos de INTO LIGHTING.

luminosa para para representar de manera correcta todos los colores posibles de un espacio arquitectónico, es decir, la completitud de su espectro electromagnético (CRI); esto evita que los elementos se vean menos atractivos o llamativos. Así Russell expone que:

El índice de representación de color impacta más que la temperatura de color. Si la fuente emite un espectro completo de luz visible y revela cada color de manera precisa, entonces es solo una cuestión de preferencia si dicha fuente necesita parecer cálida o fría. Es como la luz del día que cambia de color de manera drástica desde una aurora tenue, hasta un profundo ocaso. Sin embargo, es siempre útil para revelar el color. En cambio, si una fuente luminosa revela los colores de manera pobre, esto significa poco si la fuente por sí misma parece cálida o fría al ojo. Muchas situaciones insatisfactorias en la iluminación han podido ser solucionadas al implementar fuentes luminosas con mejor CRI. Pocos problemas en la iluminación han sido solucionados al solo atacar la temperatura de color.¹³¹

Esto también nos lleva a prestar atención cuando existe correspondencia entre luz natural y luz artificial en un mismo espacio, pues este mismo autor señala que la primera:

¹³¹ Sage Russell, *op. cit.* p. 56.

Tiene la asombrosa habilidad de exhibir la apariencia no natural de nuestras fuentes eléctricas. Debido a que la composición de la iluminación natural tiene capacidades perfectas en representación de color, por lo que se incrementa la tendencia para mostrar las deficiencias de los sistemas eléctricos. La eléctrica puede parecer muy poco natural cuando se expone a la luz del Sol. Debido a la gran variación de la luz natural, no se recomienda que las fuentes eléctricas tengan que empatar con la temperatura de color de la luz diurna.¹³²

Por su parte Benya Karlen y Spangler establecen que:

El uso de energía eléctrica y natural ha frecuentemente planteado la cuestión que si la fuente eléctrica debería ser seleccionada para empatar con la luz del día. En la mayoría de los casos, escoger una fuente eléctrica que es apropiada independientemente de la luz diurna es quizás lo mejor. Para emparejarla con la luz del Sol podría ser necesario usar una fuente luminosa de temperatura de color alta, que parecería inusualmente fría en la noche.¹³³

Si bien el CRI es de ahora en adelante un componente principal al diseñar la iluminación en la mayoría de los espacios interiores, como señalan Benya, Karlen y Spangler¹³⁴; muchos proyectos no exigen la mejor calidad, puesto esto depende del uso al que se destinará a cada espacio. Los proyectos donde se requieran condiciones superiores y donde la combinación de imagen y color son críticas, como son las de alto valor patrimonial o artístico necesitan gastar más dinero para tener mejores fuentes luminosas con mejor CRI, mientras que los dedicados a labores de la industria pesada, no justifican ese gasto.

Por último, es importante estudiar la estabilidad de color de la fuente luminosa, sobre todo con el desarrollo moderno del LED. Este valor responde a la calidad en la fabricación de la lámpara. Específica si la tonalidad cálida o fría de la luz blanca tratará de permanecer igual durante la mayor parte de la vida útil de la fuente luminosa.

b. TEXTURA

¹³² Sage Russell, *op. cit.* p. 124 y 125.

¹³³ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 21

¹³⁴ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 13

Las texturas tanto naturales como artificiales, táctiles o visuales, son junto con el color y la forma los elementos básicos de la composición plástica tanto bidimensional como tridimensional. Ya sea natural, artificial, táctil o visual. Entonces es un elemento que podemos apreciar y reconocer ya sea mediante el tacto o la vista y de este modo, la textura de la luz no se refiere a ninguna cualidad táctil, sino óptica, aunque las dos se comportan de manera directa, y de este modo la percepción en la rugosidad o uniformidad de las superficies del espacio arquitectónico a diseñar se ven modificadas según la calidad en la textura de la luz que las ilumina. De este modo conocer cómo trabaja cada tipo de haz luminoso con el material que vamos a iluminar, nos ayuda a tener mayor seguridad en las intenciones que queremos en los acabados del espacio arquitectónico a diseñar, es decir, si sus texturas “deberían ser reveladas o escondidas”¹³⁵, pues en algunos casos, “resaltar un tratamiento decorativo en un muro con un paño profusamente texturizado puede hacer una gran diferencia en crear una habitación que es estéticamente satisfactoria”¹³⁶.

Sobre la luz difusa, Sage indica que esta:

Llena todas las sombras y por lo tanto reduce la apariencia en los cambios en la textura. Usamos este tipo de luz para representar a las personas de manera halagüeña e indulgente ante las imperfecciones en sus texturas.¹³⁷

Es decir que este tipo de luz reduce el contraste de la superficie. Entonces “si queremos ocultar las texturas usamos más fuentes de luz difusa que dispersan la luz en muchas direcciones”¹³⁸. Además, los materiales lisos y suaves como los

¹³⁵ Sage Russell, *op. cit.* p. 56

¹³⁶ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 82

¹³⁷ Sage Russell, *op. cit.* p. 79

¹³⁸ Sage Russell, *op. cit.* p. 33

revoques de yeso, siempre se ven mejor con fuentes difusas ya que “si el material es mate o texturizado, la luz se dispersará en muchas direcciones¹³⁹”, pero también, si queremos que las superficies rugosas se vean perfectas, regulares y uniformes también “pueden beneficiarse de fuentes difusas localizadas lejos del material”¹⁴⁰.

Por otro lado, un haz direccionado “crea marcadas sombras entre lo iluminado y lo oscuro y por eso introduce contraste que exhibe la textura del material¹⁴¹”, y a diferencia del tipo de haz anterior, “si estamos interesados en revelar la textura, usamos más luz direccionada en ángulos empinados”¹⁴². Es por esto que los materiales porosos o ásperos como son la madera, la piedra, el tabique o el concreto “se pueden beneficiar de fuentes direccionadas para presumir de manera sutil sus texturas, creando sombras a través de ángulos rasantes o empinados” (*ver imagen 3.2.2*).

Sin embargo, también existen superficies especulares y lustrosas donde tanto Russell¹⁴³ y Benya, Karlen y Spangler¹⁴⁴ indican que el ángulo del rayo de la luz permanecerá igual y se reflejará de nuevo sin dispersión en el mismo ángulo con el que golpeó ese plano. Entonces, se podría decir que existe un juego de incidencias y rebotes que según la dirección de emisión de la iluminación podría resultar interesante, pues, por ejemplo, los materiales metálicos o vidriosos

¹³⁹ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 76

¹⁴⁰ Sage Russell, *op. cit.* p. 94.

¹⁴¹ Sage Russell, *op. cit.* p. 80.

¹⁴² Sage Russell, *op. cit.* p. 94.

¹⁴³ Sage Russell, *op. cit.* p. 80

¹⁴⁴ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 76



Figura 3.2.2 Entrada de luz natural que resalta las texturas sobre el muro en el restaurante Les Cols de Barcelona, España. Fuente: archivo del fotógrafo HISAO SUZUKI.

podrían cintilar, haciéndolos así mucho más brillantes que el entorno que los rodea, y de esta manera resaltarlos creando destellos y drama, lo que resultaría muy útil en lugares donde se requiere dar la impresión de lujo y opulencia.

Por último, Russell¹⁴⁵ se manifiesta sobre la presencia de luz natural y artificial en un mismo espacio. Como siempre se ha tratado de establecer en este trabajo, no deben competir entre sí, y así la diversidad de texturas que pueden encontrarse, ya sea por la variación de las condiciones climáticas, o solares a través del día y el año, así como por la presencia de diferentes tipos de lámparas y luminarias; debe considerarse siempre en armonía para que se enriquezcan el espacio interior.

c. OPACIDAD Y BRILLO

El concepto de la transparencia en los objetos arquitectónicos se basa en la idea de vaciar el espacio y llenarlo con estructuras ausentes. Ha sido desde hace mucho

¹⁴⁵ Sage Russell, *op. cit.*, p. 124.

tiempo un avance tecnológico audaz que refuerza la idea de plenitud y libertad, pues la luz atraviesa las superficies unificando el interior y exterior del mismo, convirtiendo a la arquitectura en una extensión del paisaje. De esta manera el espacio trabaja en conjunto con los elementos que lo rodean para dar características únicas a su ambiente. Por ejemplo, las sombras de los árboles son proyectadas en los vidrios de las fachadas y se crean tonos y colores que varían según el momento del día, que, junto con la vestimenta de distintos colores de los ocupantes, crean al moverse un juego de momentos opacos y transparentes alrededor de la obra de arquitectura.

Benya, Karlen y Spangler ¹⁴⁶ enfatizan sobre la claridad y la rugosidad de las superficies translucidas, puesto tiene una influencia directa con la distribución del haz luminoso, así como de la percepción del brillo. Por un lado, si la cara es transparente (sin color, ni textura) la forma y el ángulo del haz no se altera y lo atraviesa completamente. Pero cuando se presenta un revestimiento prolijo, entonces se atrapa una cierta parte de la luz haciendo que parezca como si brillara por sí misma, mientras que el resto se dispersa y difunde a lo largo de toda la habitación. Lo anterior es importante para saber cómo iluminar superficies de vidrio pues:

Al ser un material transparente, no podemos iluminarlo por sí mismo. La luz direccionada hacia el cristal o lo atraviesa o lo refleja. Debido a esta propiedad, si no hay nada que mirar detrás de un trozo de cristal, el cristal simplemente actuará como un espejo.¹⁴⁷

Para el caso del color, como ya se había demostrado con anterioridad, el blanco tiene la mayor capacidad de todos para reflejar todas las longitudes de onda del espectro lumínico; mientras que en el extremo inverso se encuentra el negro. Así una

¹⁴⁶ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 76

¹⁴⁷ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 106

habitación con paramentos pálidos se percibirá mejor iluminada que una oscura, aun con la misma cantidad de luz.

Para los arquitectos góticos, la luz se consideraba un elemento bello que representaba lo divino, y a través del uso de 'muros diáfanos' lograron la manipulación magnífica y virtuosa de esta al interior de las catedrales que concebían.

d. GEOMETRÍA

Un objeto físico cualquiera presentará dos elementos principales en su organización total, los cuales se interrelacionan entre sí. El primero es la sustancia interna que lo determina, mientras que el segundo es la apariencia sensible del contenedor. Este último es lo que denominamos como forma, que, para el caso de la Arquitectura, como en todas las artes plásticas, se encuentra plasmada en diferentes materiales según las preferencias del diseñador.

Así, la geometría se convierte en un concepto tangible fundamental que los especialistas trataremos de comprender y revolver de manera global y exitosa según el proyecto que se nos presente, pues la manera en que percibimos el espacio es a través de tres dimensiones. Lo anterior nos demuestra el porqué de su estudio y análisis desde los primeros años de la carrera, así como el cuidado que ponen los arquitectos experimentados, en este valor, a la hora de presentar soluciones creativas en el planteamiento de sus edificios.

Sin embargo, esta atención también debería llevarse a cabo para la iluminación tanto natural como artificial ya sea al interior o al exterior de estos. Así Russell¹⁴⁸ señala que la luz se puede utilizar para reforzar, definir, acentuar, articular o expresar mejor la

¹⁴⁸ Sage Russell, *op. cit.* p. 34

figura tanto del objeto arquitectónico como de los detalles constructivos o demás elementos mobiliarios en los que nos hemos tomado el tiempo en escoger antes de su construcción. Es decir que:

Al añadir previsión en la forma de nuestras decisiones de iluminación nos aporta un ingrediente más específico para combinar la aplicación de la luz a la forma de nuestro espacio.¹⁴⁹

Por ejemplo, se puede decir que las ventanas “son efectivas en lo alto de las superficies verticales para impartir brillo que ilumina plafones y muros que explican el volumen”¹⁵⁰ del espacio arquitectónico. Este mismo autor concluye que la vocación formal de la iluminación se basa en:

Identificar los matices y los rasgos arquitectónicos que ayudan a definir la estructura y la lógica de un espacio. Buscamos la expresión de la estructura; las columnas y los soffits que definen un espacio o las bovedillas, casetones y vértices que definen la forma. Muchos de estos rasgos arquitectónicos saltan a la vista desde nuestros planos y croquis. Los tratamos igual que cualquier otro objeto “acentuable”. La única diferencia es que además de iluminarlos solo para llamar la atención, estamos asistiendo a la expresión de las formas y la estructura lógica de un espacio y en cómo están sustentados.¹⁵¹

Mientras que Benya, Karlen y Sangler muestran que:

Las técnicas en la iluminación para realzar la volumetría en espacios que presentan una planta y alzado rectangular, así como las mismas alturas al lecho bajo del falso plafón; son cuestionables. Mientras que, por otro lado, aquellos que tienen calidad escultural de manera intrínseca, como sensuales muros curvos, una forma poligonal, o un plafón arqueado o abovedado, demandan soluciones en la iluminación que realzan sus formas únicas. La creación de graduaciones de luz en una superficie curva, el uso sombras para articular complejas relaciones angulares, y la exhibición de manera dramática de una colección de armaduras medievales son solo algunos pocos ejemplos de este tipo de soluciones deseadas para estos espacios especiales.¹⁵²

¹⁴⁹ Sage Russell, *op. cit.* p. 87

¹⁵⁰ Sage Russell, *op. cit.* p. 120

¹⁵¹ Sage Russell, *op. cit.* p. 35

¹⁵² James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 75

Russell expresa que tanto la geometría del objeto arquitectónico como la propia del haz luminoso, determinada por los elementos físicos de la luminaria, pueden coordinarse para establecer una coherencia en su manifestación formal, pues según de manera general se sabe que:

Crear diferentes piezas de luz añade definitivamente interés visual. Es imposible cumplir con el interés visual en un espacio sin hacer diferentes declaraciones a través de la forma de la luz y las superficies iluminadas. Es la articulación de las formas de la luz que añadimos a nuestro espacio diseñado.¹⁵³

Así mismo, Russell^{154 155 156} menciona que lo anterior nos obliga a examinar el posible comportamiento que tendrá la volumetría del haz luminoso con las de los elementos o espacios a revelar. Así la arquitectura puede ser superficial donde la decoración centra su interés en paños, superficies y motivos lisos, así como rasgos y detalles rectilíneos y continuos que pueden ser intensificados a través del brillo de la fuente luminosa, para lo cual el arquitecto tiene toda una vasta selección de lámparas y luminarias compatibles, como son canaletas o gabinetes fluorescentes lineales, y cintas de LED o halógeno. Estos objetos arquitectónicos suelen llevarse mejor con planos de luz aplicados en extractos grandes creando largas siluetas resplandecientes que ayudan a simplificar su abarrotamiento visual, por lo tanto, ha sido una tendencia en el estilo minimalista. Se utilizan cajillos, ranuras, bovedillas o estantes que se presentan como detalles bastante convenientes para esconder las fuentes luminosas eléctricas; y que además

¹⁵³ Sage Russell, *op. cit.* p. 85

¹⁵⁴ Sage Russell, *op. cit.* p. 33

¹⁵⁵ Sage Russell, *op. cit.* p. 106

¹⁵⁶ Sage Russell, *op. cit.* p. 124

dan la impresión de ser aberturas que dejan pasar la luz natural a través de ellas (*ver imagen 3.2.3*).

Así, igualmente Russell¹⁵⁷ ¹⁵⁸ establece que estos elementos requieren análisis del arquitecto pues no solo se presentan como simple ornamentación, sino que también representan el origen de su iluminación, y por lo tanto tienen un fin funcional. A través de su uso se crean líneas brillantes, uniformes y continuas que bañan toda una superficie que se observa como una sola unidad; además de exhibir las coyunturas y conexiones de la estructura que lo conforman, reduciendo la monotonía del espacio. En oposición a la anterior, podemos hablar de una arquitectura con profundidad que evita las impresiones planas y busca el efecto de relieve mediante la intensidad de las perspectivas y las texturas. Por lo tanto, también Russell¹⁵⁹ señala que uno de los



Figura 3.2.3 Cajillos en plafón con cintas de LED para la nueva biblioteca Tianjin Binhai, realizada por el estudio de arquitectura MVRDR. Fuente: archivo de imágenes de proyectos de MVRDR.

recursos más utilizados para esta configuración ha sido el de las fuentes artificiales de haz direccionado y focalizadas, que provocan siluetas circulares de bordes bien definidos o

¹⁵⁷ Sage Russell, *op. cit.* p. 85

¹⁵⁸ Sage Russell, *op. cit.* p. 91

¹⁵⁹ Sage Russell, *op. cit.* p. 85

imprecisos sobre los objetos que son focalizados, como pudiera ser arte o mobiliario.

Esa es la razón por la que este autor también afirma que:

Las últimas dos décadas han sido verdaderamente “la era del downlight empotrado en plafón. Debido a esta tendencia, nos hemos acostumbrado a la idea de que tanto los escalopes como los charcos de luz son la forma correcta para añadir a nuestro espacio.¹⁶⁰

Pero también se nos advierte que:

Deben utilizarse con cuidado para no sobre utilizar este tratamiento, pues tienen la tendencia de dar la impresión de ser artificiales y forzadas pues son raras en el mundo natural. Estos charcos pueden deshacer otras superficies homogéneas. Muros u otras figuras rectilíneas pueden llegar a ser visualmente caóticas con muchas de estas piezas de luz aplicadas. Cuando no se usan con restricción, estas piezas pueden dar a galerías, restaurantes y otros ambientes una apariencia ‘exagerada’.¹⁶¹

Para finalizar, Russell señala las consideraciones que debe ser tomadas en cuenta al integrar la geometría de la luz natural con la artificial en un mismo espacio, pues:

La luz natural tiende a ser entregada en piezas y planos largos y limpios. Las fuentes eléctricas lineales y largas pueden hacer un buen trabajo al armonizar con este elemento. La luz natural puede ser también entregada en haces direccionados y charcos cuando se produce por pequeñas aberturas y dispositivos como tubos de luz solar.¹⁶²

e. TAMAÑO Y ESCALA

Durante la formación académica del arquitecto se hace énfasis en el entendimiento de las relaciones armónicas que ordenan las piezas que definen un universo visual. Algunos especialistas han tratado de estudiar lo anterior a través de razones matemáticas, donde todos los elementos tienen la capacidad de definirse unos a otros según la relación no categórica en sus dimensiones, y de este modo podemos establecer lo grande a través de lo pequeño, sin que puede existir uno sin el otro,

¹⁶⁰ Sage Russell, *op. cit.* p. 106

¹⁶¹ Sage Russell, *op. cit.* p. 85

¹⁶² Sage Russell, *op. cit.* p. 125

siempre bajo la correspondencia proporcional entre sí y/o con el todo. De esta manera, por un lado, el vínculo que existe entre la magnitud de las fuentes luminosas con la del objeto que las contiene es inmediato y debe de establecerse de manera diligente.

Por lo tanto; Benya, Karlen y Spangler¹⁶³ establecen que no solo la dimensión del mobiliario o de los detalles constructivos deben ser atendidos por el arquitecto o el diseñador de interiores. Así, al abordar los factores de diseño del espacio que queremos crear, también nos debemos preocuparnos tanto por el tamaño y la escala de las luminarias que lo iluminarán. En la escuela aprendemos que los espacios arquitectónicos y todos los demás elementos que los determinan están relacionados



Figura 3.2.4 Plafón luminosos translucido para un vestíbulo de ascensores en un edificio. *Fuente: archivo de imágenes del sitio web de NEWMAT.*

¹⁶³ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 82

por las dimensiones y funciones de los ocupantes, es decir por factores antropométricos y ergonómicos, y así la elección en la altura que va del lecho bajo del plafón al nivel del piso terminado caracterizará hasta donde se puede elevar el ‘espíritu’ de los usuarios. Como arquitectos entendemos que lo que resulta conveniente para ciertos espacios no lo es para otros debido a los patrones que se dan para cada uno, por ejemplo, una estancia o una oficina privada nunca será igual a una gran recepción o auditorio (*ver imagen 3.2.4*).

Es por esto que se puede concluir que:

Las cualidades especiales de espacios residenciales, donde la familiaridad y la intimidad son expectativas normales, tienen mucho que ver con las tradiciones de la escala residencial. La iluminación portátil (de pie y mesa) es habitual y apropiada en interiores residenciales, mientras que su uso generalizado en escenarios no residenciales frecuentemente parece fuera de lugar e impráctico. La altura del plafón es una preocupación en la iluminación donde los espacios excepcionalmente altos no pueden confiar en luminarias estándares empotradas o sobrepuestas en plafón, que son más comunes con alturas de plafón convencionales.¹⁶⁴

➤ EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA ILUMINACIÓN

En esta sección se aborda a través de una breve revisión histórica, la evolución cultural de los espacios arquitectónicos según con su relación con el desarrollo en la iluminación natural y artificial de estos pues Camps señala que “la luz ha estado presente en todos los movimientos arquitectónicos”¹⁶⁵. Según Nava, este reconocimiento es importante ya que “tanto la teoría como la historia constituyen la memoria de nuestro trabajo, y sin ellas la creatividad se vuelve un esfuerzo estéril”¹⁶⁶.

¹⁶⁴ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 82

¹⁶⁵ Revista Luces CEI, “Arquitectura nocturna de la ciudad”, octubre 1998. España, p. 14

¹⁶⁶ Ernesto Nava Trujillo, *op. cit.* p. 30

En este mismo sentido, este mismo autor señala que si bien se cree que la creatividad está ligada a la imaginación, esta última es:

Dependiente de nuestra experiencia, sin ella no podemos transitar de una idea a otra. Además, en el caso de la arquitectura, al ser su objeto la proyección de espacios arquitectónicos, no debemos soslayar que dichos espacios en su producción primigenia, son construidos a partir de espacios previamente reconocidos, y muchas veces como resultado de la combinación de diversas experiencias.¹⁶⁷

Para comenzar, se puede reconocer que la luz natural siempre ha estado presente como un recurso cultural de gran importancia a considerar dentro de los proyectos arquitectónicos. De este modo se observa que, en cada época, según las posibilidades tecnológicas del momento, trata a la cantidad de luz que entra en un recinto, con determinados aspectos simbólicos, filosóficos y emocionales. Así pues “ha sido emoción en el románico, explosión en el gótico, teatro en el barroco y finalmente neutralidad en la arquitectura moderna”¹⁶⁸. Entonces el vano no solo es útil en la relación lumínica entre el mundo interior y exterior, así como en la provisión de ventilación, sino que ha sido de manera tradicional parte importante en la composición de la fachada de los edificios.

Entonces la luz del Sol se ha considerado como la de mayor relevancia para la vida cotidiana. Así por ejemplo Russell nos dice que:

La mayor parte del tiempo los humanos han estado acostumbrados al sol como su fuente primaria de iluminación, por lo que ha sido el responsable de la mayoría de nuestras reacciones a la luz. Los humanos tenemos una larga tradición para experimentar la luz como consecuencia de las diferentes fases del sol durante el día, como son el alba, el ocaso, o el mediodía; así como las estaciones del año. Confiamos en la calidad de su luz para conocer la hora del

¹⁶⁷ Ernesto Nava Trujillo, *op. cit.* p. 27

¹⁶⁸ Revista Tectónica, “Lo más natural”, *Tectónica 26. Iluminación (II) natural*, 2008.

Consultado en marzo de 2017 en:

http://www.tectonica.es/arquitectura/iluminacion/natural/lo_mas_natural.html

día o la temporada del año y por lo tanto el tipo de actividad que debemos realizar, es decir, trabajo, descanso o festividad; y el humor que debemos experimentar. Leemos el ángulo de inclinación e intensidad del Sol, para saber dónde estamos ubicados geográficamente.¹⁶⁹

Este mismo autor explica el porqué de este comportamiento, pues nos relata que:

Nuestros antepasados podían identificar refugio, comida, compañía y amenazas durante el día, gracias a la luz del Sol.¹⁷⁰

Por otro lado, hasta la aparición del alumbrado eléctrico, la iluminación artificial se entendía primordialmente como una actividad nocturna producida por la ignición de algún combustible, como eran los sebos de animales, los aceites vegetales, o los derivados del petróleo. Sin embargo, es importante remarcar que, durante mucho tiempo, no se consideraron como fuentes provechosas, pues eran costosas de mantener, la gente debía decidir si las utilizaban para calentar y cocinar alimentos o para encender sus viviendas; además la cantidad de luz que emiten es escasa con respecto a la que nos aporta el sol, y contaminan el ambiente inmediato, debido a que producen gases tóxicos u hollín. Es por esto que, durante todo este tiempo, el desarrollo y uso de la iluminación artificial, aunque necesaria debido a “la necesidad humana de luz adicional”¹⁷¹, fue mucho más lento y tardío, que al día de hoy.

Así se puede concluir que para que un proyecto de iluminación artificial sea correcto, se debe tener esa relación con la fuente primaria y más antigua de iluminación que hemos conocido, es decir, la natural.

¹⁶⁹ Sage Russell, *op. cit.* p. 20

¹⁷⁰ Sage Russell, *op. cit.* p. 22

¹⁷¹ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler. “Chapter 3, Qualities of light sources”, *Lighting design basics*. Ed. Jhon Wiley and Sons, Estados Unidos, 2012, p. 11

Es importante señalar que, si bien se pretende abarcar los acontecimientos más importantes según una visión universal, dado que esta tesis revisa de manera específica el programa de la Facultad de Arquitectura cuyos alumnos mayoritariamente habrán de desempeñarse profesionalmente en México, conviene hacer un repaso que atienda de manera principal a esta región del mundo, desde tiempos prehispánicos hasta la época contemporánea.

a. PREHISTORIA

Es bien conocida la actividad artística que se dio en las cuevas del paleolítico, y debido a esto sería lógico considerar una fuente de luz que permitió realizar estas actividades en la oscuridad de sus interiores. Sobre esto De Baun y White demuestran que:

el combustible usado para la iluminación artificial de las cuevas del paleolítico era el sebo de animales herbívoros ya que al no contener mucho tejido adiposo se derriten fácilmente a una temperatura baja; mientras que las mechas se realizaban con fibras de coníferas, enebro, césped, liquen y musgo, debido a que atraen la grasa líquida por capilaridad sin consumirse de manera rápida. Se considera que la cantidad de luz que producen estas fuentes luminosas es un tanto menor a la que podría genera una vela estándar.¹⁷²

En la actualidad se conocen que existieron dos sistemas, el móvil y el fijo, y que su uso no solo se limitó a la creación artística. Por un lado, el sistema fijo se describe como

Combustiones a manera de fogones utilizados ya sea para iluminar la totalidad del cavernario, o como la base del alumbrado en la gruta; es decir para alimentar otras luminarias utilizadas durante el tránsito por la cavidad o para marcar y recordar el itinerario utilizado por las personas dentro de esta.¹⁷³

¹⁷² Sophie A. De Baune y Randall White. *“Ice Age Lamps”, op. cit.* p. 3

¹⁷³ María de los Ángeles Medina *et al.* “Otro punto de luz. Iluminación estática en los santuarios paleolíticos: El ejemplo de la Cueva de Nerja (Málaga, España)”, *Congrès de l’IFRAO, Symposium: L’art pléistocene en Europe (Pré-Actes)*. Francia. 2010, p. 2

Es por esto que solían ubicarse en “puntos estratégicos y predecibles para que fueran fácilmente encontrados y reusados”¹⁷⁴ como eran accesos, muros e intersecciones de galerías. De este modo puede observarse que existía ya una relación entre con la arquitectura primitiva de estos usuarios. Sobre esto Cantalejo documenta la existencia de “una gran luminaria en el centro de la sala que alberga más motivos paleolíticos, confeccionada a partir de una estalagmita cóncava en su ápice”¹⁷⁵ en la Cueva de Árdales en Málaga.

En el caso del sistema móvil, De Baun y White¹⁷⁶ observan la existencia de dos tipos, como son las antorchas y las cazuelas. Estas últimas, suelen presentar tres características de manera general, como son un soporte que tenga una cubeta o concavidad (para alojar el combustible y que los investigadores han clasificados en subgrupos según su morfología:

las de circuito cerrado con una cavidad natural o trabajada que recoge el combustible sin dejarlo escapar, y las de circuito abierto con cavidades que dejan fluir libremente el exceso de combustible), marcas de utilización o residuos en la zona



Figura 3.2.5 Imagen de una luminaria del paleolítico, de cazuela cerrada y mango tallado. Fuente: archivo de imágenes de la revista virtual HAL-SHS.

¹⁷⁴ Sophie A. De Baune y Randall White. “Ice Age Lamps”, *op. cit.* p. 4

¹⁷⁵ Pedro Cantalejo *et al.* “Evidencias de frecuentación prehistórica registradas en la Cueva de Ardales (Málaga, España)”, *La Cuenca Mediterránea durante el Paleolítico Superior (Pré-Actes)*. España. 2005, p. 4

¹⁷⁶ Sophie A. De Baune y Randall White. “Ice Age Lamps”, *op. cit.* p. 4

activa de la pieza (ya sea por carbonización o rubefacción, es decir enrojecimiento del material) y, eventualmente, una zona de presión (para sujetar el objeto en cuestión, es decir, un mango). Sin embargo, no todos los objetos cóncavos encontrados se han identificado como luminarias, ya que algunos también pudieron haberse utilizado como morteros o cazuelas; fabricados de la concha de algún molusco bivalvo como el 'Pecten', o de piedra con buenas propiedades en la conducción de calor como la caliza o la arenisca (*ver figura 3.2.5*). Por otro lado, en el caso de las antorchas, "su ventaja principal reside en que dan más luz en todas las direcciones e iluminan con más facilidad el suelo, es decir, tienen una emisión más difusa, pero duran menos y son un engorro para sus portadores/as, limitando la movilidad"¹⁷⁷.

b. EDAD MEDIA

Hacia el siglo X, los arquitectos románicos construyen iglesias con grandes muros macizos de piedra para que pudieran soportar los enormes pesos de las bóvedas de la cubierta, y por lo tanto se desprecia cualquier elemento que suponga un menoscabo a su resistencia. Es por esto que los vanos durante este período son escasos y estrechos. Así el interior de estos templos se envuelve en una tamizada luz que invita al recogimiento, y se genera todo un discurso místico alrededor de la luz que logra entrar al recinto.

Es por esto que la ubicación de la cabecera, lugar donde se encuentra el altar, se da al oriente pues así el lugar más sagrado del edificio se inunda con los primeros rayos de luz diurna, representando a Jesucristo que es 'La luz del mundo' según el Nuevo Testamento de la Biblia; mientras que el acceso principal ubicado al poniente

¹⁷⁷ María de los Ángeles Medina *et al, op. cit.* p. 3

mantiene un óculo en su fachada. Por último, sobre el crucero, lugar donde se interceptan las naves transversales y longitudinales, se levantaba una pequeña cúpula de planta cuadrada u octagonal, perforada con discretas ventanas en su cimborrio y rematada por una linterna en la parte más alta, para introducir luz al interior que daba vida a la policromía de los frescos que decoraban sus muros y bóvedas (*ver figura 3.2.6*).

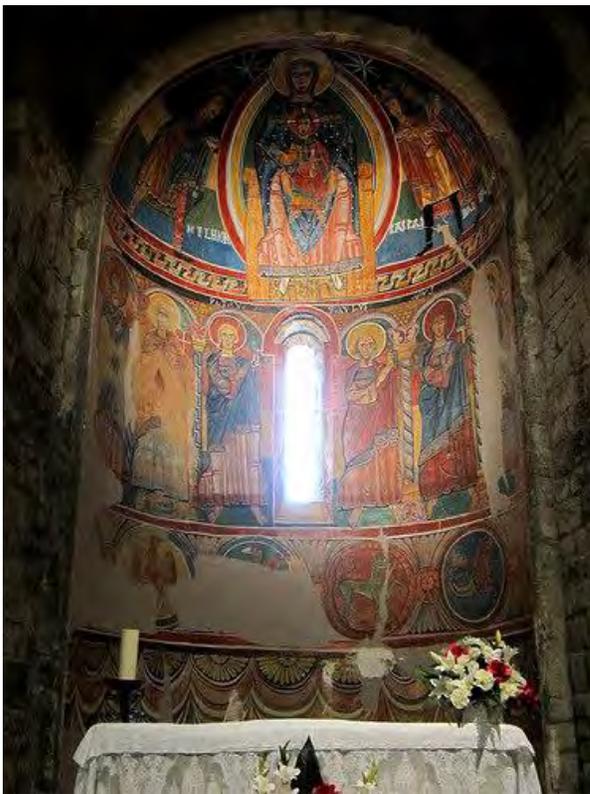


Figura 3.2.6 Pinturas murales al interior del a ábside de la iglesia de Santa María de Tàull en la provincia catalana de Lleida. Fuente: archivo del fotógrafo TJIS HUISMAN.

Las ventanas de estos templos acostumbraban ser únicas o dobles, divididas por una pilastrilla, parteluz o mainel en el interior, a modo de ajimez. Solían estar cerradas por vidrieras incoloras, láminas translúcidas de alabastro, yeso cristalino, o simples telas blancas impregnadas con trementina. Posteriormente, el gótico tiene como principal objetivo, el de crear espacios interiores de gran altura, esbeltez, luz y colorido para escapar de lo ‘bajo’ y mundano, para así

representar la imagen de ‘La Ciudad de Dios’ o ‘La Jerusalén Celestial’. Gracias a las innovaciones estructurales de la época, los muros se vuelven ligeros y ahora se permite abrir grandes y anchos rosetones y ventanales. La argumentación que

envuelve al concepto arquitectónico será ahora sobre la luz, que se considera ahora, la fuente de toda belleza visual pues simboliza el resplandor de la verdad que tiene su origen en Dios.

Así, todos los objetos luminosos, como las estrellas, el oro y las piedras preciosas, se consideran bellos. Por lo tanto, el vitral deja de ser un simple vano estético que permite la entrada de luz, para convertirse en un mural diáfano, cerrado por vidrieras polícromas con representaciones pictóricas o florales.

c. MÉXICO PREHISPÁNICO

Durante la época prehispánica, es bien conocido que los mesoamericanos solían habitar el exterior ya que se cree que el grueso de sus actividades diarias se realizaba al aire libre, por lo que la iluminación natural juega un papel preponderante frente a la artificial. Es por esto que Velázquez¹⁷⁸ nos dice que el patio se convierte en el elemento principal de la vivienda mesoamericana, pues las habitaciones eran incómodas, estrechas, sin ventanas y tenían una sola entrada en la que instalaban cortinas como puertas. Se cree que sólo las empleaban para dormir y almacenar sus pertenencias; como sucedía en la zona maya, o como en el sitio de San Lorenzo en la región olmeca donde “probablemente dormían dentro de las casas, donde también guardaban alimentos y objetos de valor”¹⁷⁹. En cuanto a la iluminación artificial se sabe que en la zona maya se realizaba “por medio de antorchas o teas de ocote, pues no conocían las velas”¹⁸⁰, a diferencia de los mexicas.

¹⁷⁸ Erick Velazquez, *op. cit.* p. 18 - 20

¹⁷⁹ Ann Cyphers. *Historia de la vida cotidiana en México. I, Mesoamérica y los ámbitos indígenas de la Nueva España*, El Colegio de México y Fondo de Cultura Económica, México. 2005, p. 60

¹⁸⁰ Erick Velázquez, *op. cit.* p. 23

Hacia el horizonte clásico y posclásico, la vivienda urbana se agrupa en conjuntos habitacionales multifamiliares de mampostería, ya sea de piedra cuando se trataban de múltiples niveles, o de adobe cuando solo se tenían contemplados uno o dos niveles. Bajo esta práctica, destaca la solución que dieron los teotihuacanos para dotar de ventilación e iluminación adecuada a los espacios interiores de sus viviendas a través de un sistema de celdas descubiertas al interior (*ver imagen 3.2.7*).

Sobre este sistema, Escalante indica que:

Aunque algunos conjuntos contaban con pasillos que debieron ser bastante oscuros, la clave para comunicar un grupo de habitaciones con otro estaba en el uso de los patios. Así por ejemplo cada patio daba acceso, ventilaba e iluminaba un grupo de tres o cuatro habitaciones, y bastaba con un estrecho paso o con abrir un segundo vano a cualquiera de estas habitaciones para acceder a otro patio y a un nuevo grupo de cuartos. Es frecuente encontrar pequeños patios en las esquinas o en los bordes de los conjuntos; y funcionaban como cubos de luz de manera que las habitaciones cuya puerta no daba a un patio de distribución sino a otro cuarto podían contar con algo de iluminación natural.¹⁸¹

En cuanto a los acabados de estos patios se dice que tenían “recubrimientos de estuco bruñido, incrementaban la cantidad de luz reflejada”¹⁸²

Este mismo caso se observa en Tenochtitlán donde las habitaciones “carecían de ventanas, así que la iluminación se debía a luz solar proveniente de proyectada desde el patio, y en la noche, a la luz del fuego”¹⁸³. En esta misma ciudad podría no haber existido alumbrado público en sus calles pues:

La gente debía recogerse tras la puesta del sol. El toque del tambor de Quetzalcóatl a las seis de la tarde, era señal de que las transacciones comerciales debían suspenderse en la ciudad. Se levantaban los tianguis, y las calles y las plazas de la ciudad se iban quedando vacías. Al estar toda la población recogida

¹⁸¹ Pablo Escalante. *Historia de la vida cotidiana en México. I, Mesoamérica y los ámbitos indígenas de la Nueva España*, El Colegio de México y Fondo de Cultura Económica, México. 2005, p. 14

¹⁸² Pablo Escalante, *op. cit.* p. 35

¹⁸³ Pablo Escalante, *op. cit.* p. 40

en sus casas, era más fácil que la guardia de la ciudad detectara la presencia de intrusos o espías, y era más fácil evitar que se llevaran a cabo reuniones con fines sediciosos.¹⁸⁴



Figura 3.2.7 El patio interior del Museo Nacional de Arqueología e Historia en la Ciudad de México, inspirado en los patios interiores de la arquitectura prehispánica. *Fuente: archivo de la revista virtual CULTURA COLECTIVA.*

d. MÉXICO MODERNO

Posteriormente, con la llegada de las influencias europeas de los nuevos habitantes del continente, la iluminación artificial adquiere mayor relevancia. Las luminarias ahora serán de diferentes materiales y formas según la época en la que se trate. Así durante el Barroco se sabe que la iluminación en las salas principales de las viviendas

¹⁸⁴ Pablo Escalante, *op. cit.* p. 36

de la aristocracia novohispana se hacía “por medio de candiles de plata que colgaban de los techos de las habitaciones”¹⁸⁵.

Así mismo durante el siglo xix, los teatros “se iluminaban con lámparas de aceite”¹⁸⁶.

En este mismo siglo, Barceló¹⁸⁷ señala que las casas de ciertos grupos sociales menos privilegiados como sucedía con los mestizos de Yucatán, la iluminación también se realizaba mediante candiles para los salones principales, y las velas o lámparas de petróleo para los dormitorios y pasillos; mientras que los indígenas se decantaban por velas de cebo o lamparillas de hojalata para encenderse con aceite de higuera (ver figura 1.2.2.3.2). Este mismo investigador nos indica que en las casas de los ricos yucatecos:

Se podían lucir en sus salas lámparas de cristal, con bombillas talladas y rodeadas de prismas; cuando se encendían las velas, los cristales reflejaban una lluvia de luces. En las demás habitaciones usaban como iluminación nocturna quinqués de cuerda. Estos tenían una veletita que giraba por medio de un mecanismo de relojería. El aire de la veleta avivaba la llama, así esta no se apagaba, aunque soplara el viento.¹⁸⁸

Por otro lado, Julio Guerrero, un abogado de la Ciudad de México en principios del siglo xx, narra que el menaje de una casa humilde se trataba de:

Unos cuantos trastos de barro, una mesita de palo blanco, la cama en bancos y con petate. La estampa de algún santo clavada en la pared, y un vaso para la lámpara de aceite que arda siempre.¹⁸⁹

¹⁸⁵ Gustavo Curiel. *Historia de la vida cotidiana en México. II, La ciudad barroca*, El Colegio de México y Fondo de Cultura Económica, México. 2005, p. 89

¹⁸⁶ John E. Kicza. *Historia de la vida cotidiana en México. IV, El siglo xix*, El Colegio de México y Fondo de Cultura Económica. México. 2005, p. 170

¹⁸⁷ Raquel Barceló. *Historia de la vida cotidiana en México. IV, El siglo xix*, El Colegio de México y Fondo de Cultura Económica, México. 2005, p. 233

¹⁸⁸ Raquel Barceló. *Historia de la vida cotidiana en México. IV, El siglo xix*, op. cit. p. 224

¹⁸⁹ Elisa Speckman. *Historia de la vida cotidiana en México. V, Siglo xx, ¿Espejo de la vida?*, El Colegio de México y Fondo de Cultura Económica, México. 2005, p. 23

Fue entonces, a finales del Porfiriato (*ver imagen 3.2.8*). que la iluminación eléctrica hace su aparición, y aunado al espíritu positivista de la época, la planeación urbana contemporánea, la contempla como parte esencial del desarrollo de la ciudad. De este



Figura 3.2.8 Un candil metálico de aceite para colgar de muro.
Fuente: archivo de la revista virtual HAL-SHS.

modo los barrios de las clases de buena posición económica “contaban con pavimento, obras hidráulicas, servicios de limpia, vigilancia, luz eléctrica y tranvías”¹⁹⁰. Los médicos de la época incorporaban con beneficios higiénicos a este tipo de iluminación pues decían que “las viviendas debían contar con buena iluminación solar y/o eléctrica para que alumbre todo y nos haga ver la suciedad para proceder al aseo”¹⁹¹.

También se sostenía sobre la iluminación natural que “poseía la capacidad de destruir los bacilos del cólera, de la fiebre tifoidea, así como de la tuberculosis”¹⁹². Es entonces que la iluminación sea cual sea su origen, adquiere su importancia moderna en la habitabilidad de los espacios arquitectónicos. Además, la luz artificial de fuentes eléctricas, genera un cambio en la dinámica económica y social urbana, pues “invitaba no solo a los establecimientos mercantiles y los espacios culturales a permanecer abiertos más horas, sino también a que los capitalinos deambularan con mayor

¹⁹⁰ Raquel Barceló, *op. cit.* p. 224

¹⁹¹ Claudia Agostini. “*Historia de la vida cotidiana en México. V, Siglo xx*”, *¿Espejo de la vida?*, El Colegio de México y Fondo de Cultura Económica, México. 2005, p. 567

¹⁹² Claudia Agostini, *op. cit.* p. 567



Figura 3.2.9 Anuncios eléctricos instalados en la calle Cinco de Mayo para las fiestas del Centenario de la Independencia de México (1910). Fuente: fondo de imágenes CASASOLA, FINAH-CONACULTA.

seguridad”¹⁹³ (ver figura 3.2.9). De este modo, las fuentes luminosas de tipo eléctrico fueron ganando terreno frente a las otras, y así “las lámparas incandescentes sustituyeron a las de gas hidrógeno y a las de trementina y nafta”¹⁹⁴. Con el crecimiento y expansión de la producción y generación energética en las plantas eléctricas “se pudo ofrecer una luz

sin variaciones de intensidad”¹⁹⁵. Es por esto que Agostini señala que:

A partir de que las luces del alumbrado público abarcaron más zonas, los capitalinos se aventuraron cada vez más a vivir de noche y dejaron atrás un México decimonónico en que las acciones nocturnas en el espacio público eran mínimas por la falta de un buen servicio.¹⁹⁶

¹⁹³ Judith de la Torre Rendón. “Historia de la vida cotidiana en México. V, Siglo xx,” *¿Espejo de la vida?*, El Colegio de México y Fondo de Cultura Económica, México. 2005, p. 80

¹⁹⁴ Judith de la Torre Rendón, *op. cit.* p. 40

¹⁹⁵ Judith de la Torre Rendón, *op. cit.* p. 70

¹⁹⁶ Claudia Agostini, *op. cit.* p. 39

3.2.5. CONCEPTOS HABITABLES

Desde los primeros años de la formación académica se pone énfasis en la concepción de objetos arquitectónicos higiénicos, cómodos y útiles que satisfacen las necesidades biológicas, psicológicas y funcionales de sus usuarios, es decir, que lo como un ente efectivo. De esta manera los arquitectos logran lo anterior a través del uso de estándares tanto antropométricos y ergonómicos, como en el aislamiento térmico y acústico.

Sin embargo, también se debe considerar la calidad en la iluminación del proyecto a diseñar, pues su funcionalidad no solo se trata de permitir y mejorar la visión de los ocupantes, sino también que abarca la salud, el humor y la productividad de los mismos. Entonces, para Camps, la luz no solo se considera una necesidad, pues además se puede utilizar como una herramienta que modifica como se percibe y se expresa el espacio¹⁹⁷. Es por esto que Russell insiste que luz, sobre todo la de tipo natural:

Beneficia nuestro ritmo natural y estimula nuestra actividad mental. Una pequeña cantidad puede tener un gran impacto en el efecto de interés y estimulación de un ambiente.¹⁹⁸

➤ NECESIDADES BIOLÓGICAS

Todos los organismos vivos requieren la realización de procesos fisiológicos bien definidos, como son la respiración, la alimentación, la hidratación, la excreción y el reposo. De este modo, según Horta¹⁹⁹, se mantiene la integridad y el equilibrio de ser vivo, es decir su homeostasis, ya que cuando se presenta alguna ausencia, o estas

¹⁹⁷ Revista Luces CEI, "Arquitectura nocturna de la ciudad", *op. cit.* p. 16

¹⁹⁸ Sage Russell, *op. cit.* p. 115 y 116.

¹⁹⁹ Universidad Pontificia de Chile, "Autocuidado en el ciclo vital", Escuela de Enfermería.

Consultado en mayo de 2017 en:

http://www7.uc.cl/sw_educ/enferm/ciclo/html/general/necesi.htm

necesidades se realizan debajo de un cierto límite, se produce inevitablemente enfermedad y posteriormente, la muerte (*ver figura 3.2.10*).



Figura 3.2.10 Sol de medianoche en la Laponia finlandesa. En las regiones más septentrionales de Europa del Norte y durante los meses de verano, el Sol nunca se pone. Por otro lado, durante los meses de invierno, el Sol nunca sale por lo que la oscuridad es total. Así, no extraño que estas zonas tengan los índices de depresión y suicido más altos del mundo. *Fuente: archivo de la revista virtual TENTATION MAG.*

La calidad en la iluminación, sobre todo la de tipo natural, al interior los objetos arquitectónicos que concebimos también tienen un impacto directo en el ciclo circadiano de sus ocupantes, de ahí la importancia de conocer de manera completa y correcta el asoleamiento del sitio. Muchos especialistas señalan que “la luz natural es altamente aconsejable porque la gente responde positivamente a ella”²⁰⁰. Esto sucede así pues estamos muy acostumbrados al Sol como fuente luminosa primaria, ya que como reitera Russell²⁰¹ y se establece en el capítulo anterior, este tipo de luz pone de

²⁰⁰ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 19

²⁰¹ Sage Russell, *op. cit.*, p. 115 y 116.

manifiesto el vínculo estrecho que hemos desarrollado (con el que ya veníamos equipados) con la naturaleza; es decir, que, al ser variable a través de la hora del día y el mes del año, activa diferentes procesos fisiológicos.

En primer lugar; Benya, Karlen y Spangler²⁰² señalan que la luz cálida que se presenta al atardecer provoca un aumento en la melatonina que es la sustancia que se relaciona a la somnolencia. De esta manera todas las funciones del cuerpo descienden, mientras que los músculos y órganos vitales comienzan a descansar. Esta desaceleración también afecta a otras entidades orgánicas como son las bacterias, por lo que el cuerpo a través del sistema inmune, se aprovecha de esta situación para atacarlas y así impedir su contagio y propagación. Pero también, la luz fría, como la que se tiene en las mañanas y al mediodía, ayuda a potenciar la lozanía y fortaleza del organismo frente a la contaminación de microorganismos patógenos, pues provoca la recuperación del sistema inmunológico a través del aprovechamiento de la vitamina D. Por su parte Russell²⁰³ también añade que este tipo de luz ayuda en la síntesis de vitamina D a través del contacto con la piel. Además de lo anterior, esta sustancia también es necesaria para absorber calcio, que junto con el fósforo son parte fundamental para la formación de los huesos. De esta manera si se presenta alguna deficiencia en estos compuestos, los tejidos óseos pueden sufrir y llevar a osteoporosis en adultos o raquitismo en niños. Lo anterior suele observarse en personas que viven en lugares poco soleados, ya sea donde la mayoría de los días se consideran nublados, o en ciudades con edificios muy altos y que provocan mucha sombra. A pesar de la

²⁰² James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 19

²⁰³ Sage Russell, *op. cit.* p. 115.

presencia de ventanas, los espacios cerrados no ayudan en mucho, ni la piel oscura. Es por esto que la mayoría de los médicos recomiendan de 10 a 15 minutos de exposición directa al Sol tres veces por semana, y, además, hoy en día se busca reforzar el contenido de esta vitamina en ciertos productos alimenticios comerciales, como los champiñones, debido a que son expuestos a luz ultravioleta.

Es por esto que el RCDF establece a la iluminación natural como una obligación para cualquier local habitable, es decir, donde los usuarios se albergan durante muchas horas al día de manera cotidiana; mientras que se considera un anhelo para los complementarios, como son sanitarios o circulaciones, e innecesaria para bodegas, archivos y cuartos de máquinas.

➤ NECESIDADES PSICOLOGICAS

Narboni, como cualquier otro profesionalista, pone en evidencia que el espacio público debe cumplir con una vocación escenográfica, como ya se ha manifestado con anterioridad, pero que también se alimenta de la psicológica, como son la simbólica, la señalética y la festiva”²⁰⁴. Hasta ahora, los profesores de Arquitectura mostraban que el espacio arquitectónico en sí era suficiente para generar sensaciones en los ocupantes de dicho objeto; sin embargo, la luz tanto natural como artificial también ejerce influencia sobre la mente. De este modo, por un lado, ejercemos una cierta actitud y afirmación pragmática hacia esta debido a la necesidad de desplazarnos. Es decir, que exigimos seguridad en el entorno nocturno para señalar y trazar tanto obstáculo como demás cambios. Además, cualquier individuo presenta el requerimiento social de una buena correspondencia con su entorno, y así, también se

²⁰⁴ Revista Luces CEI, “Arquitectura nocturna de la ciudad”, *op. cit.* p. 19

pueden crear condiciones lumínicas exitosas para potencializar dicho fin. Sobre esto que Joselevich señala que:

la comunicación visual es una función primordial en la ciudad. El ciudadano prefiere ver su ciudad luminosa y llena de vida a oscura y en vías de degradación por falta de actividad.²⁰⁵

Es por esto que Benya, Karlen y Spangler²⁰⁶ enfatizan la necesidad que tienen los arquitectos para conocer como las fuentes que escogen para iluminar sus proyectos, modificarán la manera en que los usuarios percibirán su ambiente físico, así como en potenciar sus propias emociones; más allá de solo hacer consideraciones estáticas en la apariencia global del mismo. Por otro lado, otros especialistas como Calvillo Cortés²⁰⁷ reconocen que se debe exigir y desarrollar la instrucción de la disciplina y la técnica de la iluminación arquitectónica para enriquecer la psicología del espacio.

a. Estados afectivos, anímicos y emocionales.

Existe una correlación entre la percepción, apariencia y experiencia del entorno cultural que nos rodea, y nuestras emociones. Así, el espacio que habitamos evoca y determina nuestro humor, y viceversa; y sobre esto, muchos especialistas, como Paul Ricoeur, Lascaray, Beatriz Muños y Maria Antonia Riera; concuerdan. El primero plantea la siguiente pregunta fenomenológica: ‘¿soy yo o es el paisaje el que está triste?’; el segundo pertenece a esta misma corriente pues expresa que las emociones son el antecedente de cualquier conocimiento, y que este a su vez, entra coloreado por la emoción; mientras que la tercera indica que:

²⁰⁵ Revista Luces CEI, “Arquitectura nocturna de la ciudad”, *op. cit.* p. 24

²⁰⁶ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 39

²⁰⁷ Amparo Calvillo Cortés. *Luz y Emociones: Estudio sobre la influencia de la Iluminación Urbana en las emociones; tomando como base el Diseño Emocional*. Universitat Politècnica de Catalunya, España, 2010. p. 151

Las relaciones de las personas con los lugares con frecuencia están saturadas de emociones. Pueden facilitar la relajación o la excitación, provocar cambios de humor, alegría o melancolía, hastío o satisfacción. En cierta forma, la relación emocional que se experimenta con los espacios, en este caso con la casa, puede implicar la 'antropomorfización' de la misma al otorgarle emociones similares a las que se tienen en las relaciones entre personas. Incluso aunque ésta no se produzca, pueden tenerse sentimientos y actitudes parecidas a las que se establecen entre los humanos, positivas y negativas, igualmente ambivalentes. Así entendida, la casa es a la vez espacio de creación y recreación de la mujer. Fortaleza, lugar de acogimiento, cárcel, espacio de conflicto.²⁰⁸

Y, por último, la cuarta apunta que el entorno físico habla y comunica, produce emociones positivas y negativas y sugiere acciones o conductas tranquilas, relajantes o caóticas.

Así la atmósfera del objeto arquitectónico también responde al ambiente lumínico. Calvillo Cortés²⁰⁹ indica que tanto la temperatura, tono de color, intensidad, y textura de la luz tiene influencia sobre las catorce categorías emocionales que propone Desmet y que son: la indignación, el desprecio, el disgusto, la sorpresa desagradable, la insatisfacción, la decepción, el aburrimiento, el deseo, la agradable sorpresa, la inspiración, la diversión, la admiración, la satisfacción y la fascinación; y que además de manera general podemos agruparlas en tres categorías no estáticas, como son el regocijo (o el fastidio), la preferencia (o la repulsión) y la estimulación (o la relajación); y agrega que Ortony, Revelle y Norman afirmaban que aquellas situaciones, objetos o lugares que a lo largo de nuestra historia evolutiva nos han deparado comida o protección, dan lugar a una cierta simpatía, como pueden ser aquellos donde se presente una luz cálida y confortable, con colores brillantes y

²⁰⁸Alfredo Zatorre, "Necesidades psicológicas fundamentales y vivienda". Consultado en abril de 2017 en: <http://zatorrearquitecto.blogspot.mx/p/necesidades-psicologicas-fundamentales.html>

²⁰⁹Amparo Calvillo Cortés, *op. cit.* p. 169

saturados; mientras que los negativos se han relacionado a la oscuridad, así como a la luz deslumbrante.

Benya, Karlen y Spangler²¹⁰ nos introducen así al tema de la atenuación, que se explicará mejor más adelante, pues nos ayuda a crear un humor distinto, pues otros autores como Russell, evidencian a través de los aspectos más obvios y mejor entendidos de la iluminación arquitectónica, que una luz cálida y a niveles bajos tiene la capacidad para provocar la permanencia del usuario en el espacio, así como su sensación de intimidad. Todo se vuelve calmado y a un ritmo lento, ideal para viviendas, comedores, vestíbulos o salas de espera; mientras que una fría y a niveles altos motiva su actividad, alerta, movimiento, dinamismo y atención, que puede quizás hasta ahuyentarlo. Tanto Russell²¹¹ como Benya, Karlen y Spangler²¹²; establecen que los espacios con este tipo de iluminación se aprecian más estériles y públicos, por lo que es ideal para ideal para lugares de trabajo, educación, salubridad, o de concurrencia y asistencia breve; contraria a la anterior que tiene la asombrosa habilidad para relajar nuestro cuerpo de manera profunda. Así mismo, la luz de colores claramente saturados distintos al blanco, crean tanto un atractivo visual y una experiencia emocional únicos, y es por esto que es un recurso ampliamente utilizado para elementos de atractivo urbano, así como de ocio y entretenimiento. Igualmente, la luz de acentuación suele utilizarse para generar dramatismo, por lo que puede ser integrada a espacios de alto diseño donde la prioridad es el impacto emocional.

²¹⁰ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 55

²¹¹ Sage Russell, *op. cit.* p. 115 y 116

²¹² James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 18 y 19

Tanto Benya, Karlen y Spangler²¹³ como Russell²¹⁴ añaden que en ciertas latitudes extremas del planeta existe el llamado ‘trastorno afectivo estacional’, donde se eleva la depresión de los habitantes sobre todo en invierno, debido a los defectos que se presentan en la calidad del asoleamiento; y para curarlo se utilizan terapias de luz. Mientras que Russell, señala que pequeñas cantidades de luz natural previenen la depresión y pueden vigorizar nuestro espíritu y nivel de energía.

Por lo tanto, se puede concluir que “para cada emoción que puede ser descrita, existe una correspondiente iluminación con intensidad, color y textura determinada que anima satisfactoriamente esa emoción”²¹⁵.

Uno de los aspectos más deprimentes de la luz eléctrica pobremente ejecutada es su naturaleza estática e incambiable. Así, por ejemplo, los cambios en la calidad de la luz natural son tan efectivos para alentar diferentes estados mentales que muchos sistemas de iluminación eléctrica se esfuerzan en imitar cambios similares en texturas y colores a través del día.²¹⁶

b. Percepción en altura, escala, volumen y fluidez.

La manera en que detectamos, construimos y calificamos el mundo que nos rodea se debe a todo aquello que nuestros sentidos captan. En los mamíferos en general, esta representación se debe primordialmente al olfato y al oído, sin embargo, entre más desarrollo cerebral se tiene, gracias al proceso de la evolución como sucede en los primates superiores, ambos se van perdiendo a favor de la visión. Así el marco que tienen de la realidad se constituye primordialmente por los elementos visuales del ambiente, mientras que los sonoros, olfativos y táctiles quedan inhibidos para la

²¹³ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 19

²¹⁴ Sage Russell, *op. cit.* p. 115.

²¹⁵ Sage Russell, *op. cit.* p. 19.

²¹⁶ Sage Russell, *op. cit.* p. 115 y 116.

conceptualización parcial del mismo. Entonces, para el ser humano la imagen aventaja a manera de elemento que constituye, analiza y sintetiza la totalidad del entorno.

Si bien decimos que los ojos están capacitados para la visión, no es el único que condiciona la visión, pues existe todo un repertorio de sistemas, redes, órganos y procesos que trabajan a velocidad ínfimas, y que también intervienen. Es decir, que no solo vemos con ellos, sino también con el cerebro, pues, por un lado, el sistema visual capta las propiedades y estímulos físicos primarios de los objetos arquitectónicos provocados por los parones de luz y oscuridad y que nos permiten construir una constancia perceptiva de estos; como son brillo o contraste (intensidad), color (longitud de onda), textura, tamaño, forma, y posición. Posteriormente a través de procesos electroquímicos se transforma en señales que viajan a través del nervio óptico hasta el córtex cerebral donde se decodifica la información. Lo anterior se demuestra gracias a la presencia de representaciones visuales que carecen de estímulo energético ocular como son los sueños, los recuerdos, la imaginación, la alucinación. Es por esto que Calvillo Cortés retoma a Ramón San Martín para asegurar que:

El cerebro no posee capacidad suficiente para albergar simultáneamente un olfato muy sensible y visión del color; la especie humana ha optado por la última. Pueden deducirse causas primarias de esta preeminencia: la imagen sintética (un golpe de vista), y habilidad de interpretación puede ser una causa secundaria forjada en la evolución del proceso hacia la preeminencia visual.²¹⁷

Y así mismo, citando a Eli Sirlin²¹⁸, se identifica tres etapas para la visión que son:

1. etapa óptica
2. etapa química
3. etapa neuronal

²¹⁷Amparo Calvillo Cortés, *op. cit.* p. 36

²¹⁸Amparo Calvillo Cortés, *op. cit.* p. 37

Perelló²¹⁹ por su parte, utiliza a Rudolph Arnheim para confirmar que la forma también ejerce un determinado efecto en la psicología del usuario que habita el espacio, debido a la calidad intrínseca de la expresividad de estas. Para él, una línea



Figura 3.2.11 Cajillo plafón en una casa en Melides, Portugal. Refuerza la horizontalidad del pasillo y estimulan el movimiento en esa dirección. Proyecto del arquitecto Pedro Reis. Fuente: archivo de la revista virtual ARCHDAILY.

horizontal es sinónimo de estabilidad, mientras que una vertical simboliza infinitud; una voluta que asciende es alegría, pero si desciende entonces se convierte en tristeza; una recta indica decisión, fuerza y estabilidad, mientras que una curva hace referencia al dinamismo y la flexibilidad; el cubo señala integridad, el círculo representa equilibrio y dominio, la elipse de dos centros manifiesta inquietud o inestabilidad, y tanto la esfera como la semiesfera (como en una cúpula) establecen perfección. Relacionado a esto, Russell señala que la luz al ser

totalmente dependiente de la visión, ayuda a enfatizar el volumen de una habitación.

Puede hacer que una habitación parezca más amplia o alta al aplicar luz a sus límites

²¹⁹Antonia Maria Perelló, "III Elementos formales y compositivos", *Las claves de la arquitectura*, Ed. Planeta, España, 1994. Consultado en julio de 2017 en: <http://www.almendron.com/artehistoria/arte/arquitectura/las-claves-de-la-arquitectura/elementos-formales-y-compositivos/>

horizontales o verticales. Este caso es fácilmente observable cuando se baña de manera uniforme un muro (*ver figura 3.2.11*) o el plafón (al imitar un cielo despejado). Por otro lado, se puede modificar la percepción de los elementos arquitectónicos, ya sea su verticalidad cuando se mancha de manera rasante una columna o un árbol, o su horizontalidad cuando se utilizan cajillos largos junto a muros. Así mismo utilizando a este mismo autor como referencia, la luz también funciona como una herramienta útil para la orientación de los usuarios en el espacio, pues “la naturaleza foto trópica de los humanos se puede utilizar para obtener el movimiento físico de estos”²²⁰; por ejemplo, cuando una fila de fuentes luminosas está ubicada a una cierta altura sobre la pared y tiene una emisión simétrica hacia las mismas superficies, o asimétrica hacia el suelo (lo que se denomina como luz de cortesía).

➤ NECESIDADES ERGONOMÉTRICAS

Otra característica de la funcionalidad de los objetos arquitectónicos se debe a su capacidad para que los usuarios puedan realizar de manera holgada sus actividades cotidianas, que también se consideran dentro de las necesidades humanas fundamentales.

Para el caso de la iluminación, esto está estrechamente ligado con la visibilidad, la cual puede definirse como la habilidad para descubrir y extraer información del ambiente inmediato cuando existe la presencia de luz. De esta manera el nivel de la iluminación debe ser mínimo para que se pueda distinguir de manera adecuada los obstáculos y la señalización del espacio, así como las intenciones de los demás usuarios. Además, también existe otra necesidad óptica que es la tener una percepción correcta y veraz

²²⁰ Sage Russell, *op. cit.* p. 33

de esas imágenes, es decir la interpretación de los objetos o del espacio según las sombras arrojadas o los perfiles percibidos, por lo que se debe cuidar tanto el contraste como el brillo de los espacios a iluminar.

Cualquiera que sea el uso del espacio a iluminar se debe evitar la fatiga visual pues ambos procesos implican esfuerzo de la pupila. Esto no solo se puede garantizar a través del cumplimiento de valores cuantitativos emanados de normas, códigos y reglamentos, es decir, el nivel suficiente y recomendado en función de la tarea a efectuar, la altura de la superficie donde se realiza dicha tarea, y la edad de los ocupantes como manifiestan Benya, Karlen y Spangler²²¹; sino que se involucran aspectos mucho más cualitativos como son el deslumbramiento y la uniformidad de la luz por un lado; y la adaptabilidad del sistema visual por el otro. Es por esto que estos mismos autores²²² indican que, en edificios destinados a la venta de productos, como pueden ser supermercados o centros comerciales, los niveles de iluminación recomendados pueden reducirse un poco gracias a la atenuación de las lámparas durante ciertas horas de la noche, ya que las pupilas de los compradores que entran al espacio ya están acostumbradas a la oscuridad del exterior. Así mismo, el ojo y el cerebro humano analiza de manera diferente los mismos niveles de iluminancia según la luminancia. Bajo la misma cantidad de luz, una superficie clara será percibida de manera subjetiva como mejor iluminada que una superficie oscura; lo mismo sucede con la temperatura de color, pues se suele decir que un objeto que recibe 500lx bajo

²²¹ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 62

²²² James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 59

una luz fría está mejor y más iluminado que cuando recibe la misma cantidad de luz bajo una de tonalidad cálida.

Tomando como ejemplo una cancha deportiva, su iluminación debe permitir a los jugadores percibir los movimientos, localizar tanto a otros jugadores como los tableros, las metas y las porterías; distinguir las diferentes áreas del juego y situarse según los trazos en el suelo a gracias a la apreciación exacta de los diferentes contrastes; ya que estas superficies suelen ser monocromáticas y de colores neutros (verdes u ocres claros) mientras que las líneas para que puedan identificarse son de colores vivos, saturados y complementarios (blanco, rojo, amarillo o azul). La iluminación recomendada debe ser proporcional a la velocidad de la acción de los jugadores, por lo que un deporte practicado más bien como ocio demanda niveles más tenues que un deporte de competición.

a. Deslumbramiento

El deslumbramiento es un efecto pernicioso y molesto para la visión, pues la ciega de manera temporal e impulsa su degeneración temprana. Se genera debido a un brillo extremo y con un mal balance del contraste; así cuando la luz se refleja directamente en los ojos, el contraste se reduce y los detalles son difíciles de percibir. Es por esto que suele decirse que este fenómeno está estrechamente ligado a la luminancia, lo cual es primordial en proyectos de iluminación exterior y viales pues puede llevar a condiciones poco seguras al conducir.

Es general a cualquier tipo de luz, sea artificial o natural, y así:

La luz recibida directamente desde el Sol es excesivamente brillante y conlleva a situaciones de deslumbramiento y contraste inaceptable. La luz solar en

directamente en nuestros ojos o desde una superficie resplandeciente es simplemente muy brillante para nuestro sistema visual.²²³

Para evitar este defecto los ocupantes nunca deben ver directa o indirectamente el brillo de las fuentes luminosas, por lo que la mayoría de las luminarias utilizan alguna protección que la circunda a través de baffles de color oscuro donde se remeten, aunque existe el caso de algunas que son desnudas por naturaleza y que suelen remeterse en cajillos y ranuras concebidos en la misma arquitectura; como señala Russell²²⁴. Pero también se suele recomendar evitar colocar ventanas sin protección solar alguna en el eje longitudinal o perpendicular al desarrollo de la actividad principal (*ver figura 3.2.12*).

Así mismo los diseñadores deben analizar cuatro factores principales. Los tres primeros tratan sobre el ángulo y eje de la visión de los usuarios, así como de la localización y protección de las lámparas; para el tercero se habla sobre la reflexión de las superficies del objeto arquitectónico; y el último se relaciona con el brillo y luminancia de las fuentes luminosas empleadas.

Las luminarias más próximas a la vertical del área de trabajo, es decir, las que se tienen encima de la línea de visión no representan ningún problema sino las más alejadas a pesar de tener algún recubrimiento lateral que oculte la lámpara. Esto se debe a que el campo de la visión se abre más entre más nos alejemos al objeto que pretendemos observar. De este modo algunos autores aseguran que “los riesgos de deslumbramiento aparecen para las luminarias situadas en un ángulo de visión a 45°

²²³ Sage Russell, *op. cit.* p. 116.

²²⁴ Sage Russell, *op. cit.* p. 42.



Figura 3.2.12 Deslumbramiento generado por la puesta del Sol, afecta de manera directa la visión de los automovilistas. *Fuente: archivo virtual de imágenes THINKSTOCK.*

con respecto al eje de visión”²²⁵. Así, en locales grandes el deslumbramiento perturba más a los usuarios del fondo que a los de la primera fila que además tendrán muchas más hileras de luminarias. Esta situación puede verse más perjudicada si las últimas líneas de luminarias tienen alguna inclinación hacia el área de trabajo, pues esto ayuda a hacer más evidente la lámpara.

La dirección de la vista de los usuarios que puede ser fijo o variable según las actividades de este. Así, por ejemplo, en un espacio polideportivo, los jugadores tienen que mirar hacia arriba para seguir la trayectoria de las pelotas, mientras que algunas rutinas de gimnasia se tienen que hacer sobre la espalda; mientras que el caso de los

²²⁵ Energie+, “Les risques d’éblouissement”, Université Catholique de Louvain. Consultado en julio de 2016 en: <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10487>

pacientes en hospital, generalmente se pasan la mayor parte del tiempo acostados mirando hacia el plafón de su propia habitación o de los pasillos cuando son transportados en camilla. Ambos personajes están expuestos al brillo incomodo de las lámparas en los plafones.

A veces las superficies lisas y claras como podrían ser pantallas de computadora en oficinas o de control médico en cuartos de hospital, de pizarrones en escuelas, de piezas metálicas en talleres, o revestimientos blancos y lustrosos en pisos; pueden actuar como espejos que reflejen las lámparas al interior de las luminarias que iluminan los espacios. Entonces, como sugieren Benya, Karlen y Spangler²²⁶, se prefieren utilizar las que tienen 'louvers' o reflectores que concentran y focalizan la luz, que aquellas que la difuminan sin control alguno a través de lentes.

La luminancia de las lámparas es directamente proporcional a su área resplandeciente. De este modo, una luminaria puntual brilla más que una grande, como sucede con las de tipo LED, las halógenas, y las de descarga; y a pesar de que presenten menor flujo luminoso, su intensidad es mayor, y así pueden ubicarse sin ningún problema en alturas extraordinarias, lo que además también reduce su deslumbramiento.

b. Uniformidad de la iluminación

Debido a las actividades que se realizan en cualquier espacio arquitectónico, se presentarán como mínimo dos zonas de jerarquía visual. La primera hace referencia a las tareas principales del usuario, y serán estos puntos donde se requiere la mayor cantidad de luz según la normatividad que aplique. Por otro lado, la segunda alude al

²²⁶ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 48

entorno y las actividades complemento de las primeras, donde si bien se necesita menor cantidad de luz, también se requiere alcanzar un mínimo. Así Benya, Karlen y Spangler²²⁷ establecen que la relación en la homogeneidad de la iluminación tiene el propósito fundamental de reducir fatiga visual por una presencia excesiva de contraste, es decir, la presencia de sombras molestas, como de brillo, pues los ojos tienen la capacidad de adaptarse según estas dos variables. Russell^{228 229} complementa que esto puede resultar agobiante para el propio sistema visual si necesita realizarlo de manera constante, por lo que una luz difusa se adapta bien a nuestros ojos durante un largo tiempo de trabajo.

Debido a lo anterior, se debe tener una atención especial cuando se utilizan luminarias decorativas ya que “los ojos se adaptan a su fulgor, y en consecuencia el espacio, en su totalidad, se percibe como más oscuro”²³⁰. Por lo que deben utilizar como “elementos de coronación de interés visual que aplicamos después de que se consiguen las demás necesidades de nuestra iluminación”²³¹, pero nunca como el ingrediente principal y único.

También se debe garantizar una luz suficiente en cualquier ubicación sobre la superficie donde se desarrollen las tareas que requieren mayor precisión, como pueden ser la lectura o la escritura, evitando correr el riesgo de tener una mala posición al trabajar pues la mano o el propio cuerpo del usuario ocultan la incidencia del haz luminoso. Una buena iluminación debe permitir la flexibilidad y la versatilidad

²²⁷ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 79

²²⁸ Sage Russell, *op. cit.* p. 81.

²²⁹ Sage Russell, *op. cit.* p. 116 y 117.

²³⁰ Sage Russell, *op. cit.* p. 87.

²³¹ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 82

en la comodidad de las actividades de cualquier tipo de usuario, pues estos pueden ser diestros o zurdos. Así también se deben evitar las fuentes unidireccionales, es decir focalizadas, para la iluminación general del objeto arquitectónico, y preferir para esto las de tipo difuso. Russell también menciona que cuando no se tiene contraste suficiente después de largos periodos de exposición se puede perturbar la percepción del usuario del espacio que habita. Entonces, Russell²³² afirma que se agudiza la visión y los ojos terminarán buscando detalles, pero si nos los encuentran, el entorno terminará siendo aburrido, soso, monótono y sin interés alguno, y aquí es donde se manifiesta la importancia de las fuentes concentradas para acentuar algún remate visual en el proyecto arquitectónico. Cuando la luz natural entra de manera directa a las habitaciones se pueden crear sombras interesantes que manifiestan el relieve de los objetos, pero tiene el inconveniente de generar una repartición de luminancias muy desiguales, por lo que recomienda difusa como la que se genera al dispersarse en un cielo despejado, como señala este autor²³³.

En capítulos anteriores, se describe que cualquier fuente luminosa tiene tres tipos de emisión. Por un lado, Benya, Karlen y Spangler²³⁴ señalan que las de emisión directa se consideran las de mejor eficiencia al emitir su luz hacia las áreas de trabajo únicamente, sin embargo, se presentan problemas al generar alto contraste en los techos y las partes altas de los muros pues permanecen oscuros. Por otro lado, también las indirectas tienen el efecto contrario pues procuran un tipo de luz suave y de bajo contraste que suprime totalmente cualquier sombra, pero se pierde

²³² Sage Russell, *op. cit.* p. 80.

²³³ Sage Russell, *op. cit.* p. 116 y 117.

²³⁴ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 39

intensidad sobre las superficies de trabajo y el ambiente se vuelve demasiado uniforme. Estos dos modos de iluminación pueden combinarse en un solo espacio gracias al juego de haces de las diferentes luminarias, o a través del uso de luminarias que integran los dos tipos en una sola. Así se tienen los beneficios de las primeras con los de las segundas; sin las desventajas de ambos.

3.2.6. CONCEPTOS TECNICOS, ECONÓMICOS Y FINANCIEROS

La tecnología arquitectónica responde primordialmente al proceso práctico de la producción de las estructuras habitables para concebirlas de manera estable, duradera y rentable. De este modo el sistema se condiciona por la disponibilidad de los recursos monetarios, las herramientas, los materiales, las técnicas y los métodos; su gestión y planificación, así como la destreza y preferencia en su uso. Aquí ya no se habla del discurso o de la funcionalidad del objeto arquitectónico de manera ideal, sino de los instrumentos que permiten que el proyecto se realice de manera eficaz, convirtiéndolo en un ente físico, tangible y real.

Así mismo, la iluminación, ya sea natural o artificial, al formar parte de los espacios arquitectónicos también está definida por esas variables, y, por lo tanto, es fundamental que el futuro arquitecto las comprenda y las sepa utilizar.

➤ CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES LUMINOSAS

A continuación, se enunciaría el catálogo general de fuentes luminosas que existen hasta ahora en el mercado, según las características en la calidad de luz que producen (temperatura de color, índice de representación de color, consistencia de color, textura de la emisión), fotométricas (flujo e intensidad luminosa), de funcionamiento (voltaje de operación, control, eficiencia y tiempo de vida), y de construcción.

a) Lámparas de proyector térmico

Todas las incandescentes y halógenas presentan temperaturas de color cálidas (2700K), así como un excelente CRI (100) y consistencia de color debido a su espectro electromagnético completo. Todas las del primer subgrupo trabajan a tensión de red (110V, 220V ó 277V) lo que significa que no necesitan sistemas electrónicos adicionales para su funcionamiento, pero en las del segundo, algunas lo podrían hacer a tensión de red, mientras que otras lo hacen a bajo voltaje (12V ó 24V) por lo que necesitan un transformador, ya sea electrónico o magnético. Al compararlas con los demás grupos, siempre serán las de menor flujo luminoso. Si bien su costo inicial es muy bajo, son las de menor eficiencia (10lm/W) y tiempo de vida (1 000 horas a 10 000 horas) debido a la evaporación de su filamento, por lo que su costo de operación es alto, así como su desperdicio en calor al ambiente.

Por un lado, las halógenas son más pequeñas que las incandescentes porque lo es más fácil colocarlas dentro de un reflector, por lo que la luminaria donde se alojan puede ocupar menos volumen, su haz tiene mayor intensidad, y se consideran frecuentemente de textura focalizada; mientras que las incandescentes siempre se consideran difusas.

Todas pueden ser fácilmente atenuables mediante la reducción en la potencia de la corriente eléctrica que recibe su filamento, además su encendido y apagado es instantáneo, son en su mayoría silenciosas cuando trabajan a plena potencia de operación, pero pueden llegar a emitir un ligero zumbido cuando se atenúan.

b) Lámparas de descarga

Por otro en lado, en las de descarga, la cantidad de longitudes de onda presentes en su haz está determinado por la calidad del recubrimiento de fósforo para las fluorescentes o de la mezcla de vapores metálicos para las de alta densidad, por lo que el espectro de todas estas lámparas se considera discontinuo. De este modo se pueden fabricar en diferentes temperaturas, ya sean cálidas o frías. Su índice de representación de color varía entre moderado (70) a bueno (80) y su consistencia de color es buena. El primer subgrupo tiene un flujo luminoso considerable, mientras que las del segundo tienen el mayor de cualquier tipo de lámpara. Son más caras de comprar que las anteriores, pero tienen una vida útil que se puede considerar como intermedia (10 000 a 30 000 horas), así como la mayor eficiencia respecto a cualquier otro tipo de lámpara (50 a 100lm/W) lo que se traduce en la menor producción de calor, y un costo de operación relativamente bajo.

Las luminarias donde se alojan son las más grandes; y pueden tener tanto reflector parabólico cuando se necesita dirigir la luz, o lente que “refringen la luz y la distribuyen debajo del área deseada”²³⁵.

Si bien pueden trabajar a una tensión de red específica o a todas (120V, 220V, 277V o multivoltaje) necesitan de dispositivos especiales como son los balastos, que pueden ser eléctricos o magnéticos, para su encendido y atenuación. Debido a la presencia de gases en su interior, trabajan mejor en ambientes calientes que fríos, ya que necesitan calentarse por sí mismos para resplandecer mejor. Sin embargo, algunos balastos pueden ser de encendido instantáneo, excepto para los de lámpara de alta densidad, que necesitan entre 2 a 5 minutos para encenderse o apagarse completamente.

²³⁵ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 47

Cuando trabajan con equipos magnéticos se pueden llegar a percibir un ligero zumbido.

c) Lámparas de semiconductor de estado sólido

Las lámparas LED se consideran lo más novedoso en cuanto a las fuentes de iluminación artificial. Al igual que las de descarga, la emisión de su luz depende de la calidad y cantidad de fósforo en la capa que las recubre. Pueden fabricarse con temperaturas de color variadas como las del grupo anterior y su CRI puede variar de bueno (80) a excelente (90). Pero su consistencia de color puede ser mala o excelente, pues dependiendo de los estándares en materiales y diseño del fabricante. Algunas al ser tan baratas no presentan una cámara de aire que ventila el fósforo en su recubrimiento, lo que puede ocasionar su ruina, además debido a su tamaño, es muy difícil tener control de dicho recubrimiento en un gran número de lámparas, por lo que suelen venderse en lotes. Su flujo luminoso también es variable, y se puede ver afectado por la cantidad del recubrimiento. Son las más caras en costo inicial, pero las más baratas en costo de operación, ya que su vida útil es la más alta de todos los tipos de lámparas (50 000 a 100 000 horas), sin embargo, debido a su naturaleza electrónica se debe tener cuidado con las descargas eléctricas y con las condiciones de temperatura ambientales, pues pueden acortarlo. Tienen una eficiencia intermedia (30 a 50 LM/W) y si bien la mayor parte de la luz que producen no se desperdicia en radiación infrarroja, debido a que se consideran pequeñas máquinas electrónicas, sí generan mucho calor al momento de su funcionamiento, por esta razón, algunas lámparas LED contienen pequeños ventiladores que las hacen ligeramente ruidosas al estar encendidas.

Sin embargo, debido a su tamaño es muy fácil montarlas en luminarias con reflector o lente difusor para modificar la textura y la óptica de su haz.

Trabajan en voltajes curiosos, por lo que es necesario instalarlos a transformadores o drivers compatibles con opción a encendido instantáneo, o atenuación.

a) Protección de la luminaria

Cualquier luminaria suele presentar una carcasa fabricada en metal o plástico que protegen la lámpara y el equipo eléctrico, ya sea de la humedad, la temperatura o el polvo del exterior. Existe una normativa internacional, denominada IP, que las clasifica en una escala de dos dígitos que van del cero al seis, según distintos grados de protección a partículas sólidas y líquidas. De este modo hay luminarias que están diseñadas para zonas secas al interior, zonas interiores con presencia de vapor y humedad constante, zonas exteriores, o zonas constantemente sumergidas en agua.

➤ CONTROL DE LA ILUMINACIÓN

En capítulos anteriores se explican diferentes aspectos de la luz que Russell²³⁶ denomina como manipulables por el arquitecto, para lograr su integración a la estética del espacio arquitectónico, y para potenciar tanto su habitabilidad, y la manera en que los ocupantes lo experimentan. Sin embargo, Benya, Karlen y Spangler²³⁷ enfatizan la versatilidad del espacio, por lo que también la iluminación debe considerarse como tal. En un mismo lugar pueden realizarse una amplia diversidad de actividades en diferentes horarios, lo que se traduce en diferentes requerimientos y preferencias visuales y ambientales. De este modo aumentamos el nivel de la luz de una habitación

²³⁶ Sage Russell, *op. cit.* p. 115.

²³⁷ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 55 y 56

cuando necesitamos leer o trabajar, lo reducimos para una reunión íntima, y apagamos las fuentes luminosas cuando deseamos oscurecerla para dormir. Entonces el control de las fuentes luminosas siempre debe asegurar la comodidad del usuario según sus preferencias y necesidades. Así, el control de cualquier tipo de iluminación, es decir, natural o artificial, ha sido esencial, pues hasta la luz provenientes de velas o luminarias de gas podían ser apagadas y encendidas, o hasta atenuadas. Por otro lado, esta capacidad también nos permite optimizar el gasto energético y monetario, pues se incide en el ahorro de la energía y al apagar las luces, tanto se ahorra en el costo de la electricidad como se preserva la vida de la lámpara.

Por lo tanto, el arquitecto debe dominar el tema pues así se posibilita su independencia a la hora de tomar decisiones pertinentes para sus proyectos arquitectónicos. Así, en la mayoría de los casos, se gana certeza para escoger el sistema que más convenga para satisfacer de manera adecuada y anticipada las necesidades del cliente.

b) Sistemas de control natural

La luz natural presenta una serie de ventajas, sobre todo cuando se hace referencia a lo ambiental y lo económico como señala Russell²³⁸. Este tipo de luz no emplea ningún tipo de combustible, de energía, de dispositivo especial para operar lo que también elimina de manera automática la necesidad de cambiar lámparas cada cierto tiempo, y se puede aprovechar la mayor parte del día y del año sin pagar por ella. Esto se traduce en el mejor recurso para proyectos donde la sustentabilidad, la preocupación

²³⁸ Sage Russell, *op. cit.* p. 115

por el ambiente, y la economía son parte del programa y las exigencias del mismo. Así mismo, este mismo autor amplía que:

La luz natural es una fuente excelente de iluminación para casi cualquier tipo de espacio interior. Es la mejor para oficinas, escuelas y espacios de trabajo donde se requiere mucha luz y para espacios públicos como centros comerciales, aeropuertos o instituciones. Sin embargo, es importante hacer notar que la luz directamente del Sol es la menos deseable.²³⁹

Russell también pone en evidencia sus beneficios ambientales y económicos de esta la producción, consumo y mantenimiento energético del edificio.

Por lo tanto, se debe tener cuidado cuando entra de manera indiscriminada, pues no siempre se traduce en beneficios. Russell^{240 241} señala que su uso incorrecto puede traer resultados espantosos y nocivos para nuestro proyecto, pues debemos recordar que el Sol como una fuente es excesivamente potente, y a pesar que su haz luminoso nos permite observar los colores de estas piezas policromas de manera precisa, también incluye una cierta porción de radiación ultravioleta que deteriora la integridad de teñidos, tintas, pigmentos o cualquier otro material orgánico, y hasta la mínima dosis puede resultar en daños a lo largo del tiempo. Por su parte, Benya, Karlen y Spangler²⁴² no recomienda su uso en lugares donde se exhiban objetos artísticos insustituibles, antiguos o de alto valor patrimonial. En este mismo sentido, Jiménez añade que:

La luz solar está presente en casi todos los museos, exposiciones y colecciones. Esto se debe a la ignorancia, probablemente bienintencionada de generaciones que, a falta de otra cosa, abogaron por disponer de raudales de luz solar para mostrar los objetos, entendiendo la bondad de su incomparable rendición cromática y potencia, pero infravalorando, o simplemente ignorando, los

²³⁹ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 20

²⁴⁰ Sage Russell, *op. cit.* p. 115.

²⁴¹ Sage Russell, *op. cit.* p. 125

²⁴² James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 20

efectos devastadores de las radiaciones y de la propia intensidad de la luz en lo expuesto.²⁴³

Así mismo, la luz solar directa puede traer otros problemas como deslumbramiento y ganancia de calor indeseada, por lo cualquier sistema para la protección solar del objeto arquitectónico debe tener como fin principal el de transformar la luz en algo útil, sin ningún aporte negativo; como nos menciona Russell²⁴⁴.

Por un lado, existen técnicas de mitigación y dispersión de las radiaciones directamente relacionadas al acristalamiento del vano. Se pueden utilizar herramientas simples como persianas y cortinas, que según Benya, Karlen y Spangler²⁴⁵ deberían presentar una superficie para reflejar la luz indeseada hacia fuera del edificio. Las pantallas oscuras pueden ayudar también, pero debido a su color pueden absorber radiación solar y por lo tanto calor. Por otro lado, también se puede aprovechar la vegetación que crece alrededor del objeto arquitectónico, sobre todo si es perenne pues así se tendrá la protección durante todo el año, sin embargo, esto solo puede aplicar en edificios de corta altura.

Como tercera opción, Russell²⁴⁶ nos presenta el acondicionamiento directo de las superficies acristaladas para permitir el suavizado y uniformización de la iluminación solar, como son el entintado, el esmerilado o la frita (*ver figura 3.2.13*). Las tres son en general sistemas poco intrusivos pues se incorporan a su sustrato modificando tanto su transparencia y su translucidez. Para el esmerilado se utiliza la abrasión del vidrio para concebir una cara ligeramente translucida, de ese modo la luz que logra pasar se

²⁴³ Carlos Jiménez, *op. cit.* p. 20

²⁴⁴ Sage Russell, *op. cit.* p. 120

²⁴⁵ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 23

²⁴⁶ Sage Russell, *op. cit.* p. 120

vuelve difusa que como ya se ha explicado anteriormente es ideal para espacios de trabajo donde se necesita una iluminación constante, con pocas sombras y bajo contraste, es decir, sin



Figura 3.2.13 El Centre for Applied Neuroscience del Hospital University of British Columbia (UBC) en Vancouver, Canadá. Las figuras de neuronas sobre la fachada de cristal se realizan por proceso de fritada sobre estas. *Fuente. archivo virtual de imágenes de la UBC.*

deslumbramiento; similar a la que se observa en un cielo iluminado. Por otro lado, el entintado se refiere al uso de películas o láminas reflexivas de una gran variedad de

colores. Sin embargo, muchos arquitectos suelen criticar su uso pues se tiene la percepción de generar una especie de espacio oscura y sombrío respecto al mundo exterior. La frita, la menos conocida de la tres se trata de un proceso químico donde se añaden figuras geométricas cerámicas al cristal clara para reducir la radiación solar que choca en esos puntos mientras que el resto la atraviese, como si tratara de una persiana, pero a pequeña escala. Cuando este proceso no se realiza adecuadamente, entonces se tendrá el mismo efecto que en el esmerilado²⁴⁷. Existen otras formas de adaptación, los cuales, debido a su implicación energética, es decir ambiental, serán revisados en el último tema de este capítulo.

Por otro lado, Russell²⁴⁸ afirma que los dispositivos de control de la luz natural también pueden ser concebidos con la geometría del edificio, y por lo tanto están intrínsecamente relacionados a las características visuales y estéticas que le dan forma y carácter. Se habla entonces de diseñar salientes físicos y pantallas para ensombrecer, como son repisas, aleros, parteluces toldos o sofitos, que afectan de manera diferente la iluminación natural a lo largo del año, pues trabajan según la orientación de los vanos de las fachadas permitiendo que la luz solar sea recibida de manera diferente según el movimiento aparente del Sol. Por lo que se concluye que los arquitectos debemos identificar las tecnologías y geometrías que podemos usar para controlar, modificar y enriquecer la luz al interior de nuestros objetos arquitectónico que proyectamos. Así el diseño de sus vanos debe ser:

Considerado por sus implicaciones en la iluminación natural y no simplemente por sus consideraciones visuales. Las ventanas no son simplemente para observar. Las que se colocan para tener vistas claras del ambiente exterior

²⁴⁷ Sage Russell, *op. cit.* p. 124

²⁴⁸ Sage Russell, *op. cit.* p. 119 y 120

deberían siempre considerar la luz natural que recibirán. Muy a menudo los acristalamientos se diseñan para una vista, pero sin considerar el resultado de la entrada de luz natural. La luz natural nunca debería ser un accidente, ni ser desatendida. Es un elemento tan elemental que hay varias maneras simples de ponerla a trabajar exitosamente. Inclusive las ventanas más simples colocadas en muros merecen la consideración de cortinas difusoras, persianas y dispositivos de sombreado.²⁴⁹

c) Control para luz eléctrica

Existen dos opciones para operar este tipo de instalaciones; ya sea de manera manual, a través de interruptores y atenuadores que se manejan mediante palancas o remos que se desplazan o giran; o automática, a través de sensores y procesadores computarizados, lo que se traduce en mayor versatilidad y mejor control de la iluminación, sobre todo en instalaciones grandes y complejas como cafeterías, gimnasios, estadios y arenas, donde resulta ideal conectar todos los dispositivos de control de la iluminación para que trabajen como un solo sistema; según Benya, Karlen y Spangler ²⁵⁰. Así mismo, estos mismos autores^{251 252} indican que cualquier fuente luminosa eléctrica tiene la capacidad de ser encendida o apagada, es decir que necesita un sistema que permita que el circuito eléctrico de la zona que alimentan se abra o se cierra; o atenuadas, lo que significa que se gradúa la intensidad de la luz que emite la lámpara, es decir, una fuente que es menos brillante que de manera normal. De manera general se coincide que la primera opción es la menos costosa de todas, pero la atenuación resulta ser la opción más apreciada debido al impacto que se tiene en la creación de atmosferas (*ver figura 3.2.14*), además de reducir del consumo energético de la lámpara, por lo que suele ser un recurso cada vez más empleado para el ahorro

²⁴⁹ Sage Russell, *op. cit.* p. 117, 125 y 126

²⁵⁰ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 59

²⁵¹ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 54

²⁵² James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 57

de energía. También se nos habla de una tercera opción intermedia que suele denominarse como 'atenuación por pasos' donde un interruptor controla la mitad de las luminarias de un espacio, mientras que otro controla la otra mitad; sin embargo, los mismo Benya, Karlen y Spangler²⁵³ nos dicen que esto puede terminar siendo desagradable y poco funcional para algunos clientes.



Figura 3.2.14 Apariencia y tonalidad de lámparas incandescentes atenuadas en una luminaria tipo industrial. Fuente: archivo de la revista virtual CNET.

Comenzamos entonces al hacer mención de los sensores de vacancia que podemos observar en estacionamientos o baños, y que son:

Controles que encienden la luz cuando se detecta movimiento y la dejan encendida durante algún tiempo designado después de que el último desplazamiento ocurre. Requieren que la iluminación se encienda manualmente, pero que se apague automáticamente. También es posible remplazar un interruptor ordinario con un sensor de vacancia haciendo del control de la iluminación de tipo manos libres y así asegurar que la luz se apagará cuando la gente ya no esté presente.²⁵⁴

En segundo lugar, están los sistemas de control por horario, ya sea a través de un simple temporizador que permite la iluminación únicamente durante un cierto

²⁵³ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 21

²⁵⁴ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 57

periodo breve de actividad, lo que lo convierte útil en pasillos o bodegas; de un reloj programado con horarios fijos, por ejemplo, la apertura y cierre de una tienda; o con reloj astronómico que pueden automáticamente cambiar los horarios de operación según la época del año.

Cuando se requiere valorizar la luz natural al interior de un espacio iluminado de manera artificial, es posible colocar células sensibles a la intensidad luminosa del Sol.

Se habla entonces de sensores de luz natural que:

Apagan o atenúan la iluminación cuando hay suficiente iluminación natural. En aplicaciones exteriores, los interruptores fotoeléctricos apagan la iluminación de estacionamientos y de vías públicas durante el día. Para espacios interiores los atenuadores fotoeléctricos reducen la energía utilizada por la luz eléctrica en espacios donde las ventanas o los tragaluces proveen la mayoría de la luz realmente necesitada en el espacio, después incrementan el nivel en la iluminación eléctrica en la noche y días oscuros.²⁵⁵

Así cuando la luz natural sobrepasa los 500 Lux necesarios en un espacio de trabajo, la alimentación eléctrica del luminario es automáticamente reducida, sin que el ocupante se dé cuenta. Es por esto que también se señala que:

En muchos espacios las ventanas introducen suficiente luz para permitir la atenuación de las luces interiores. La combinación de luz natural y luz eléctrica reducida aun proveen iluminación adecuada para las tareas que serán realizadas.²⁵⁶

A lo que Russell añade que:

La tecnología nos permite responder a la iluminación natural que recibimos al automáticamente reducir a intensidad del sistema de iluminación complementario. Las fotoceldas pueden activar sistemas de protección para el caso de luz excesiva. Si nuestra meta es usar luz natural para reducir o remplazar la luz artificial, un estudio meticuloso de tecnologías como fotoceldas, atenuadores, y relojes se necesita.²⁵⁷

²⁵⁵ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 56

²⁵⁶ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 55

²⁵⁷ Sage Russell, *op. cit.* p. 124.

También se reconocen los sensores de mantenimiento de la iluminancia que:

Están diseñados al beneficiarse del hecho en que los sistemas de iluminación están sobre diseñados y de este modo mientras las lámparas envejecen y las luminarias se ensucian, los niveles en la iluminación se mantienen. Esto significa que para el periodo inmediatamente después de la construcción o durante el mantenimiento, los sistemas de iluminación pueden con frecuencia ser atenuados 20 o 30 por ciento y aun así proveer un nivel en la iluminación de manera sostenida. Los sistemas que desempeñan esta función utilizan un tipo especial de célula fotoeléctrica interior que miden los niveles en la iluminación de las superficies de trabajo y elevan los niveles en la iluminación que son necesarios.²⁵⁸

Por otro lado, el especialista debe conocer las características eléctricas de las lámparas, pues no todas trabajan con los mismos equipos, sobre todo cuando la energía cambia para atenuarlas. En capítulos anteriores ya se había hablado de manera general sobre esto, y de esta manera un atenuador para lámparas incandescentes o halógenas a tensión de red no funcionará para lámparas halógenas a bajo voltaje, fluorescentes, o LED; pues depende de la compatibilidad que se tenga con el transformador, balastro o driver. Además, cada dispositivo permite una cantidad máxima de carga según el número de luminarias a controlar. Es importante entonces que el arquitecto conozca el ‘índice del atenuador’ que desea utilizar según la información proporcionada por los fabricantes y proveedores, como establecen Benya, Karlen y Spangler²⁵⁹.

También las particularidades físicas del espacio a iluminar deben ser analizadas. Por un lado, los artefactos montados en pared se prefiere ubicarlos junto a los accesos de las habitaciones que sirven, y según la ADA, a una altura de 42 a 18 pulgadas sobre el nivel del piso terminado. Estos artefactos pueden administrar toda una zona completa

²⁵⁸ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 59

²⁵⁹ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 56 y 57

de iluminación desde un mismo punto, pero también desde diferentes puntos en el espacio a través del uso de múltiples vías. Cuando se necesitan distintos artefactos en la misma habitación, la mayoría de los proveedores permiten que sean agrupados juntos usando solo una tapa de cubierta. En cuanto a los sensores se debe cuidar su radio de acción para garantizar un buen funcionamiento sobre todo cuando hay ventanas cercanas. Así uno montado en el plafón de una oficina privada no debería captar el movimiento en el pasillo adyacente.

3.2.7. CONCEPTOS AMBIENTALES

Debido a la fragilidad que presentan en épocas recientes, los ecosistemas naturales, surge la necesidad de evitar el empeoramiento de la huella ecológica que provocan las actividades humanas. Se hace mención entonces, a la racionalización en el consumo cantidad de recursos, así como en la reducción en la producción de residuos para que de esta manera se garanticen las necesidades de la población actual sin crear agotamiento para las generaciones futuras. Así, la labor arquitectónica en conjunto con todas las actividades que se relacionan a está, como la iluminación, no escapan de esta tendencia. Se trata entonces de conseguir un objeto arquitectónico de alto diseño (high-design) pero a través de técnicas simples, económicas y populares (low-tech).

➤ OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

La luz natural es un elemento importante a considerar para mejorar el consumo energético del edificio, pues por un lado, un mayor aprovechamiento de este tipo de iluminación puede reducir el gasto eléctrico necesario para operar las fuentes luminosas, y por lo tanto se economiza de manera directa en el precio de la factura a pagar; cuando la iluminación natural es suficiente para realizar las actividades al

interior de los espacios, los usuarios estarán poco predispuestos a encender la luz artificial.

Algunos expertos aconsejan que la iluminación artificial en edificios de oficinas debiera ser necesaria hasta el 40% del tiempo de ocupación de cualquier local habitable; o que se debería limitar su potencia a solo 8W/m², es decir beneficiarse de lámparas y luminarias más eficientes, siempre y cuando se cumpla con los niveles necesarios de iluminancia (500Lx), es decir, que para la gran mayoría de proyectos importantes de construcción o renovación, se prefiere privilegiar su utilización, mientras que la artificial se suele relegar como un simple complemento.

Otros, como la Universidad Católica de Lovaina²⁶⁰, mencionan al ‘factor de luz de día’ (FLJ, expresado en porcentaje), el cual describe la relación de la iluminancia interior sobre el plano de trabajo de la habitación, y la iluminancia exterior sobre el plano horizontal. Entre más alto sea este factor, mayor será el tiempo de utilización del local con iluminación natural. Entonces, se puede considerar como ideal el tener un FLJ de 2.5% (300Lx) a 4% (500Lx) para cualquier local habitable, y de 1.5% (100Lx) en locales complementarios; con al menos un 60% en el tiempo de utilización. Además, tanto la distribución como el alcance de este tipo de luz se pueden ver beneficiado gracias a las características del espacio arquitectónico, como señala Russell²⁶¹, a través de la capacidad de reflexión de las superficies interiores, así como las dimensiones y proporciones del local, pues nos indica la separación del vano al fondo del local. De

²⁶⁰ Energie+, “Aide à la décision en efficacité énergétique des bâtiments du secteur tertiaire”, Université Catholique de Louvain. Consultado en julio de 2014 en: <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10085>

²⁶¹ Sage Russell, *op. cit.* p. 117.

manera general, se recomienda que en espacios de trabajo el coeficiente de reflexión sea de 70% mínimo en plafones para que la iluminación penetre de manera indirecta hasta las zonas más profundas, de 50% mínimo en muros y mobiliario para tener un buen nivel y uniformidad de contraste y brillo en las áreas donde se realizan las tareas principales, y de 30% mínimo en pisos para evitar deslumbramiento.

Sin embargo, no es la única estrategia a considerar, pues también se tiene al aporte de calor, y se debe recordar que todo consumo eléctrico se transforma en eso mismo. Así, retomando el ejemplo anterior, donde se encuentran diferentes máquinas y sistemas ya sean de iluminación eléctrica, de ofimática, ventiladores o bombas; el gasto energético del edificio se puede elevar al doble para satisfacer la demanda en calefacción y enfriamiento generado al interior del local.

Por otro lado, este fenómeno también puede deberse a factores externos como el de una radiación solar descontrolada. La mayoría de los especialistas, como la Comisión Internacional de la Energía²⁶², Russell²⁶³ o Benya, Karlen y Spangler²⁶⁴; establecen una relación entre la cantidad de luz que puede entrar al local; consideran que en un día soleado de verano se puede llegar a tener entre 100 000 a 110 000Lx de los cuales solo el cinco por ciento (5 000Lx), situación que podría darse gracias a un cielo cubierto, debería entrar al espacio para no desperdiciar la energía en aire acondicionado, pues de manera general se utiliza entre dos y media veces más de energía para refrescar el espacio de manera artificial. Se debe entonces evitar a una

²⁶² Energie+, “Aide à la décision en efficacité énergétique des bâtiments du secteur tertiaire”, Université Catholique de Louvain. Consultado en julio de 2014 en: <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10085>

²⁶³ Sage Russell, *op. cit.* p. 125

²⁶⁴ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 20 y 21

contribución excesiva en la temperatura al interior del local, situación que puede verse desfavorecida por el aislamiento del edificio. Cuando este es excesivo, el calor generado se encuentra atrapado en su interior; mientras que cuando es muy débil se aumenta la pérdida de calor, aumentando la calefacción. Si bien se sabe que los vanos en la fachada tienen la ventaja de aportar vistas al exterior, lo que generalmente conlleva mayor satisfacción de los usuarios al interior del espacio y por lo tanto en mayor y mejor productividad profesional; hoy en día, debido a las condiciones negativas del entorno urbano, es decir, ruido y contaminación ambiental, se prefiere el uso de ventanas fijas, pero limita la capacidad del usuario para gestionar por sí mismo su atmósfera.

Entonces, el empleo eficiente de la iluminación del Sol requiere tanto de la creatividad como del conocimiento ya sea del arquitecto y de los ingenieros responsables en la concepción y materialización del objeto arquitectónico. Por lo que a continuación se presentan tres casos particulares, según el tipo de luz y de vano.

a. Vanos laterales para luz directa.

La luz solar directa siempre tendrá una relación intrínseca con la orientación del objeto arquitectónico, y, por lo tanto, con la inclinación del astro a través del año y hora del día. La mayoría de los arquitectos ponen mucho énfasis en el análisis de esto, puesto que, además, se trata de abordar desde los primeros años de la Licenciatura de Arquitectura. Así, Russell ²⁶⁵ señala que debe considerarse como el paso más importante para conocer mejor las oportunidades de uso de la luz natural, pues tanto el movimiento aparente del Sol, como la sombra que genera, nos puede ayudar a

²⁶⁵ Sage Russell, *op. cit.*, p. 117.

decidir cómo y dónde localizar los elementos del proyecto, como son vanos o habitaciones. A grandes rasgos, en el hemisferio norte, un local abierto al norte se beneficiará todo el año de la menor ganancia térmica posible, así como de una iluminación homogénea y de una radiación solar difusa, que no logrará penetrar bien hasta el fondo del espacio. Por otro lado, el sur, conlleva un tipo de iluminación más fácil de controlar, pues en invierno el Sol tendrá una inclinación baja que permitirá penetrar de manera profunda todo el edificio, mientras que en verano se encuentra más elevado y la entrada de luz es la menos profunda de todas, y esto último aunado a algún elemento arquitectónico de control solar, como los que ya se han mencionado en el capítulo anterior, resultará en menor aporte y mejor balance térmico. Al este se aprovechará el Sol de la mañana, lo que se traduce en ganancia térmica que resulta favorable pues es cuando el edificio tiene la mayor necesidad. Sin embargo, su exposición solar se considera débil y difícil de dominar sobre todo en invierno, ya que los rayos se encuentran muy bajos sobre el horizonte. Mientras que, al oeste, se presentan deslumbramiento y ganancia térmica en la tarde, cuando el edificio no lo necesita. De este modo, Russell resume lo anterior al explicar que:

Entre más cercano se esté al polo norte o sur de la tierra, más bajo estará el Sol en nuestro firmamento a lo largo del año. Se puede decir de manera segura que un proyecto en el ecuador tiene el potencial para que el Sol este por encima la mayor parte del año. En cambio, un proyecto en el ártico nunca verá el Sol alto en el cielo. La luz natural también tiene un comportamiento predecible a lo largo de las estaciones del año. El Sol viajará más alto en los meses de verano y viajará más bajo durante los meses de invierno. El Sol sale en el este y se pone en el oeste. Los espacios que dan frente a estas direcciones tienen el potencial de exposición directa de la luz solar en las mañanas y las tardes de cada día. Vivir en el hemisferio norte significa que el Sol siempre atravesará el cielo por el sur. Esto significa que los espacios que están frente al sur tienen el potencial

de la iluminación natural todo el día, mientras que los espacios con fachadas al norte recibirán exclusivamente luz difusa.²⁶⁶

Sin embargo, se manifiesta que este tipo de luz también es la “menos útil para un fin funcional y la más arriesgada para diseñar”²⁶⁷. El mismo Russell²⁶⁸ añade que las aberturas de tipo lateral, donde los vanos se realizan en los muros de la envolvente del edificio, por lo que los acristalamientos son verticales (teniendo como ejemplo más representativo a la ventana); son las que más se ven afectadas por este tipo de luz; así como, la presencia de elementos exteriores próximos, ya sean naturales o urbanos. Algunos de estos remiten sombras dando lugar al efecto de máscara solar, por causa del relieve del terreno, o la altura y separación al objeto tanto de la vegetación como de las construcciones vecinas. Contrario a lo anterior, otras superficies pueden reflejar el cielo o el ambiente, como podría ser un cuerpo de agua, lo que ayuda a captar mayor cantidad de luz e intensifica la impresión luminosa al interior del espacio; o desfavorecer el confort visual por causa del deslumbramiento que puede generar la presencia de un edificio vecino recubierto de acristalamientos especiales reflexivos que lo protejan del asoleamiento.

Es fácilmente reconocible que entre más grande sea la superficie de la ventana más iluminación natural se puede captar, por lo que es fundamental considerar su volumetría y forma, como menciona Russell²⁶⁹; así como el tipo, estructura y grosor de los contramarcos. Algunos autores expresan que el área efectiva que se ilumina al interior de un espacio es del “doble del ancho de una ventana y aproximadamente de

²⁶⁶ Sage Russell, *op. cit.* p. 117 y 119.

²⁶⁷ Sage Russell, *op. cit.* p. 116.

²⁶⁸ Sage Russell, *op. cit.* p. 120

²⁶⁹ Sage Russell, *op. cit.* p. 117

dos a dos y media veces su altura”²⁷⁰; mientras que entre más ancha sea la ventana, mejor uniformidad en la luz se tiene. Es por esto que algunos diseñadores prefieren la técnica del ‘falso plafón sesgado’, a través de su interrupción, a manera de bocina, cuando se encuentra próximo a la ventana, lo que incrementa el área efectiva de transmisión de luz de esta última.

Dicha relación entre la elevación y el alcance de la luz también se puede llevar a las dimensiones propias del espacio. Se puede constatar que cuando se tiene una menor altura al lecho bajo del techo se mejora la sensación de iluminación del espacio, y es por esto que algunos especialistas señalan que la profundidad del local debería imitarse al doble de la altura del plafón, como nos mencionan las investigaciones de la Universidad Católica de Lovaina²⁷¹.

El análisis de la relación vano-macizo no solo es importante para la composición estética de la fachada. Si se tiene el caso de un local con una ventana grande y centrada en el muro, con respecto a otro donde se tienen dos ventanas más pequeñas separadas simétricamente; y donde ambas superficies vítreas son idénticas; en el segundo caso la parte ciega al centro genera una sombra que puede crear problemas en el confort visual de los ocupantes. Por otro lado, cuando se proyectan edificios con grandes ventanales, o recubiertos totalmente de superficies vidriadas a manera de muros cortina, se aumenta el riesgo de exposición a la radiación solar, por un lado, que genera ganancia de la temperatura en el interior del espacio; pero también de la pérdida de

²⁷⁰ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 24

²⁷¹ Energie+, “Aide à la décision en efficacité énergétique des bâtiments du secteur tertiaire”, Université Catholique de Louvain. Consultado en julio de 2014 en: <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10085>

calor del interior hacia el exterior. De esta manera, se tienen un edificio poco agradable para habitar en cualquier época del año, lo cual puede mejorarse a través de acristalamientos de máxima eficacia, es decir que puedan conseguir la mayor cantidad de energía solar en invierno, pero la menor en verano; como pueden ser los de doble capa. Sobre esto, Russell añade que:

Existen cristales de baja emisión con capas que pueden transmitir luz visible sin la contribución del calor, pero no son ordinarios. Si se quiere luz solar directa, o se gana calor, o se utilizan estas costosas tecnologías. Los acristalamientos simples en muros pueden ciertamente servir para ambos propósitos, pero se requiere estudio y consideración cuidadosa.²⁷²

Por su parte Benya, Karlen y Spangler se manifiestan sobre los aspectos positivos y negativos de esta herramienta pues:

Muchas ventanas de tipo comercial emplean tecnología de acristalamiento "low-e". Se emplean dos o más hojas de cristal, donde una de ellas esta revestida con un material relativamente claro que refleja la radiación infrarroja haciendo pasar porciones visibles de energía solar. En cualquier clima donde hay temporadas caluroso en verano, este tipo de acristalamiento es esencial para minimizar la ganancia de calor solar. Adicionalmente, los revestimientos reflexivos pueden ser usados para crear un efecto de espejo en el edificio para minimizar al máximo la penetración solar. La selección del acristalamiento siempre debe comprometer claridad para la vista y eficiencia energética.²⁷³

b. Vanos cenitales para luz global.

Debemos recordar que Benya, Karlen y Spangler²⁷⁴ establecen que la intensidad de la luz natural que viene del exterior no es uniforme y presenta una fuerte variación según las características del cielo; si está despejado o nublado, según la hora del día y el mes del año, y debido a la presencia o ausencia de contaminación. Si bien en el tema anterior se explica que cuando no está despejado, se podría considerarse como una

²⁷² Sage Russell, *op. cit.*, p. 125

²⁷³ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 22

²⁷⁴ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 20

oportunidad ideal puesto que así se puede reducir el asedio de la radiación solar, esto no siempre se da en las condiciones óptimas. Las investigaciones de la Universidad Católica de Lovaina²⁷⁵ señalan que, en ciertas zonas del planeta, como Bélgica, por ejemplo, esta casualidad solo se presenta 36% al año, y durante el 20% del día, es decir, fuera del rango que abarca entre las 8h00 y las 16h00.

Entonces, Russell²⁷⁶ favorece el uso de la abertura de tipo cenital, donde los vanos se realizan en las cubiertas y así los acristalamientos son horizontales, que, sin embargo, dificultan el mantenimiento. Este tipo se puede observar en tragaluces o claraboyas (*ver figura 3.2.15*), que presentan un mejor aprovechamiento de la luz solar sin importar la orientación del objeto arquitectónico, la ubicación de obstáculos vecinos, dotando a la iluminación que entra al espacio de una textura difusa. Así, es altamente conveniente integrarla en el corazón de cualquier edificio, a través de un gran atrio, o un juego de atrios, al interior de un edificio poco voluminoso o bajo; o de estrechos 'pozos solares' en edificios más compactos o de mayor altura.

²⁷⁵ Energie+, "Aide à la décision en efficacité énergétique des bâtiments du secteur tertiaire", Université Catholique de Louvain. Consultado en julio de 2014 en: <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10085>

²⁷⁶ Sage Russell, *op. cit.* p. 122

En ambos casos la luz accede y baja en un ángulo pronunciado, y se reparte por todos los locales que se encuentran a su alrededor, siempre y cuando se utilicen paramentos interiores de alta reflexión y baja absorción como los que ya se



Figura 3.2.15 Pequeña abertura cenital en las termas de Vals en Suiza, donde se observa la entrada pronunciada de la luz. Diseño por Peter Zumthor. Fuente: archivo de la revista virtual PLATAFORMA ARQUITECTURA.

han hecho mención (colores claros, texturas lisas, materiales especulares), además de una geometría adecuada (inclinación ascendente de los muros que cierran el patio interior). Por último, algunos autores como Benya, Karlen y Spangler²⁷⁷; sugieren que el vano ocupe como mínimo entre el 3 y 5% del área de la cubierta para que el espacio alcance niveles adecuados en su iluminación. Es importante señalar esto pues un acristalamiento horizontal puede captar dos veces más la radiación solar con respecto a una superficie vertical con la peor orientación posible. El uso de este tipo de abertura también ayudar en la ventilación del edificio, además de convertirse en un nudo de comunicación y convivencia interna que lo aísla del clima y el ruido exterior; es por esto que suele señalarse que le aportan ‘alma’ al proyecto.

c. Vanos mixtos para iluminación directa-indirecta

Si bien la altura del dintel que cierra una ventana se relaciona con la profundidad de la luz directa que entra en el espacio, también se suele reconocer que solo la parte

²⁷⁷ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 24

superior de esta es la más efectiva para la transmisión lumínica. Así, no es extraño tener documentados proyectos arquitectónicos donde la abertura de la ventana se encuentra alta sobre el muro, y los acristalamientos son horizontales y/o verticales, como sucede en los claristorios y los triforios tanto sencillos como dobles.

Así mismo, la distribución de iluminación solar puede mejorarse si se aprovecha la capacidad de reflexión del plafón, pues la transforma en luz difusa. De esta manera una ventana de altura normal puede utilizar dispositivos como el 'light shelf', que son toldos o repisas que parten al vano en dos. Tienen dos propósitos principales, cuando se encuentra al exterior se crea mejor sombreado del edificio, mientras que al interior permite que la luz rebote hacia el lecho bajo del plafón de la habitación, por lo que su profundidad en ambos sentidos determina la capacidad en la entrada de luz. Benya, Karlen y Spangler²⁷⁸ señalan que la cara superior siempre debe ser reflejante y estar a una altura mayor al nivel de los ojos para que la luz que reflejen no cause deslumbramiento. La parte superior de la ventana debe ser ligeramente más oscura para no aumentar el riesgo de deslumbramiento de la luz que rebota hacia el techo aunada a la luz solar directa que entra al espacio, mientras que la parte inferior de la ventana puede ser clara para permitir una buena apreciación del paisaje exterior. Su efecto se ve reforzado por el color de los espacios, sobre todo cuando el techo es claro, pero las paredes y los muebles son oscuros; así como de su pendiente, la inclinación cual debe estar hacia el fondo del espacio a manera de bocina. Así mismo por razones ya expuestas en este capítulo, en el hemisferio norte trabaja mejor en ventanas con orientación sur que al este u oeste, debido al ángulo de incidencia de los rayos solares;

²⁷⁸ James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler, *op. cit.* p. 22

y tiene un efecto reducido en días nublados, pues la presencia de luz solar directa es prácticamente nula.

➤ CONTAMINACION LUMINICA

En capítulos anteriores se reconocen las ventajas en el desarrollo del alumbrado público en las ciudades, sobre todo para las actividades económicas y sociales en sus horarios nocturnos. Sin embargo, también es cierto que debido su uso inadecuado, innecesario y extremo se manifiesta el fenómeno nocivo de la contaminación lumínica. Si bien se considera reciente, debido a la falta de consciencia social, está adquiriendo mayor fuerza en estos últimos años, desgraciadamente (*ver figura 3.2.16*).



Figura 3.2.16 El deslumbramiento nocturno producido por la iluminación artificial de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife en España. *Fuente. archivo virtual de imágenes CESTOMANO.*

Este problema se puede observar a través de dos sucesos. El principal se ocasiona cuando la luz que escapa de las áreas urbanas se refleja y dispersa en las partículas que hay suspendidas en el aire, ya que tanto la

contaminación atmosférica y la lumínica están estrechamente ligadas, lo que hace que el cielo nocturno brille. Por otro lado, y de manera secundaria, se tiene a la luz intrusa, que es la que transgrede al interior de nuestras propiedades por medio de los vanos.

Su principal causa se debe a un diseño inadecuado o descuidado en la iluminación artificial al exterior de los objetos arquitectónicos, que lamentablemente son elementos primordiales para el diseño urbano. Así Oliveras expresa que “las ciudades tienen su propia personalidad debido a numerosos conceptos: sus monumentos, su historia, su clima y por qué no, su alumbrado”²⁷⁹. Lo anterior se podría mejorar a través del abandono de fuentes luminosas con haces mal dirigidos y emiten directamente por arriba de la horizontal, o de intensidades excesivas para la realización de actividades previstas en la zona; además de la adopción en la regulación para los horarios en la iluminación de los elementos de interés urbano como pueden ser monumentos o anuncios publicitarios (*ver figura 3.2.17*). Es por esto que De las Casas señala que:

El alumbrado existente, debe pasar de ser un alumbrado al servicio del tráfico a convertirse en un elemento vertebrador de la vida ciudadana. La iluminación singular, monumental, viaria, pública y comercial, cada una con sus objetivos y técnicas específicas, debería proyectarse con un criterio integrado para constituir lo que se puede denominar como arquitectura nocturna de la ciudad.²⁸⁰

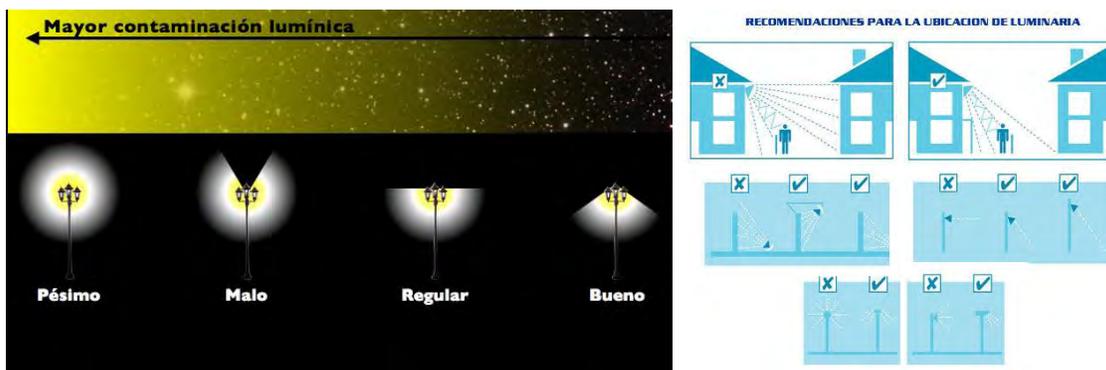


Figura 3.2.17 Recomendaciones aplicadas al alumbrado público y residencial exterior para reducir el fenómeno. Fuente: archivo de imágenes del Instituto de Astronomía de la UNAM.

²⁷⁹ Revista Luces CEI, “Arquitectura nocturna de la ciudad”, *op. cit.* p. 14

²⁸⁰ Revista Luces CEI, “Arquitectura nocturna de la ciudad”, *op. cit.* p. 13

Sus principales consecuencias son biológicas, culturales y económicas. En primer lugar, se debe recordar que la dinámica fisiológica de los seres vivos se orchestra gracias a las fases cíclicas de luz y oscuridad. En los ecosistemas naturales se perturban los patrones migratorios y la cadena trófica (relación depredador-presa) de la fauna, por un lado, y el crecimiento de la flora por el otro. En el ser humano se perjudican las funciones del sueño debido a la supresión en la producción de la melatonina, como ya se ha enunciado en capítulos anteriores. Esto se manifiesta en incrementos en afecciones en la salud como son cefaleas, fatiga, estrés, ansiedad, y de manera extraordinaria, obesidad.

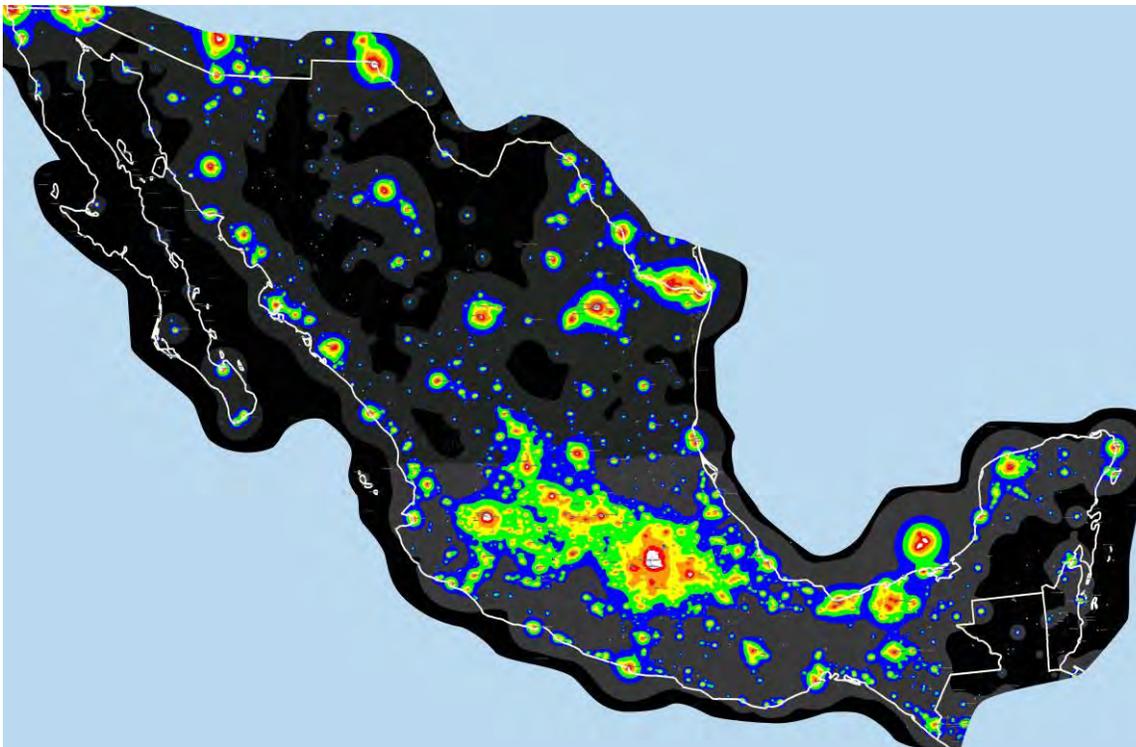


Figura 3.2.18 Proyecto por el astrofísico Florencio Rodil basado en la escala de Botler, para tener un Atlas mexicano donde se muestren las zonas más afectadas por este fenómeno. *Fuente: archivo de imágenes del Instituto de Astronomía de la UNAM.*

Al limitarse la visión total o parcial de los cuerpos celestes, se dificulta la investigación astronómica y se restringe a la humanidad de un patrimonio natural.

Sobre iluminar la ciudad es igual a desperdiciar electricidad, sin que se reduzca el gasto energético y monetario. También se produce distracción y confusión para el transporte aéreo y marítimo.

Si bien no existe parámetros definitivos para medir esta problemática, si se cuenta desde 2001 con una escala creada por John E-Brotle, para estudiar la oscuridad del cielo nocturno y que ha ganado amplia popularidad entre los especialistas del tema. Es entonces una buena herramienta que ayuda tanto a los diseñadores arquitectónicos como urbanos para entender mejor las problemáticas ambientales del sitio donde se erigirá el proyecto (*ver figura 3.2.18*).

4. CONCLUSIONES

4.1 APORTACIONES GENERALES Y PARTICULARES

A través de la presentación resumida de la relación y comportamiento que existe entre la iluminación artificial y los objetos arquitectónicos; en cuanto a la habitabilidad, espacialidad, factibilidad y sustentabilidad; ponemos en evidencia los problemas y deficiencias de no incluir su correcto estudio y aplicación en la Licenciatura de manera generalizada.

Es por esto que enunciamos los temas, contenidos, procedimientos y parámetros que fácilmente podrían incluirse, revisarse y evaluarse en el trabajo que se realiza en el Taller de Arquitectura. Replanteamos así, el paradigma de diseño y experimentación que hasta ahora se nos enseña; sin que esto suponga una metodología compleja con la cual el alumno y el profesor se sientan demasiado ajenos.

4.2 LINEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

A lo largo de este documento se hace referencia a algunos temas que han sido enunciados de manera general y superficial, pero de los cuales se podría desprender un análisis y estudio más profundo como son:

- Ampliar el estudio de los aspectos filosóficos, culturales y emocionales de la iluminación en los espacios arquitectónicos en diferentes culturas y épocas, sobre todo en las Mesoamericanas.
- Analizar los efectos directos e indirectos en el confort visual y la desregulación del ciclo circadiano, que impactan la productividad y la “salud laboral” en espacios de oficinas.

- Profundizar sobre los efectos negativos de la contaminación lumínica en cuanto al metabolismo y comportamiento, no solo de la flora y fauna, sino también en los humanos.
- Crear una plataforma a manera de simulador para calcular el ahorro energético en objetos arquitectónicos a través del uso correcto y eficiente del asoleamiento a lo largo del año y/o los elementos que rodean al edificio; así como de nuevas tecnologías en lámparas (LED, OLED, PLEP), y de componentes y sistemas de control automatizado e inteligente (domótica).

4.2 CONSIDERACIÓN FINAL

Consideramos que al igual que la iluminación natural, la artificial debe estar siempre presente en la concepción, desarrollo y ejecución de los objetos arquitectónicos; y por lo tanto es un elemento importante de estudio en el Taller de Arquitectura no solo para los profesionistas egresados y que ejercen desde hace tiempo, sino también para los futuros arquitectos aún en la licenciatura. Al interior (y exterior) de un edificio, el arquitecto debe ser tributario de la iluminación que se crea, no solo por la disposición de las aberturas y los obstáculos de la luz.

Finalmente, reconocemos que el estudio de la iluminación artificial en los objetos arquitectónicos es un tema fascinante, amplio y que no se detendrá; y, sin embargo, es aún poco explorado. Deseamos haber hecho una aportación positiva en el interés de los futuros investigadores del tema.

5. ANEXOS

De manera paralela, es importante resaltar la presencia y trascendencia de laboratorios especializados en nuestra universidad para la formación de los futuros profesionistas.

Para Slovník, estos espacios se definen como “un lugar donde se realizan experimentos o investigaciones diversas, según la rama del conocimiento a la que se dedique”²⁸¹, mientras que Nava los considera como “campos para la generación del conocimiento a través de los procesos”²⁸². La presencia de estos espacios se justifica al reconocer que “la importancia de la investigación en las sociedades modernas es evidente, pues mediante el desarrollo de la ciencia, la tecnología, las humanidades, y las artes ha sido posible alcanzar mayores niveles de bienestar y desarrollo”²⁸³.

El posgrado de nuestra Facultad, al igual que muchas otras del país y del extranjero, cuenta con sitios como estos para el estudio particular de ciertos temas, como sucede con el de Sustentabilidad, el de Estructuras, o el de Acústica. Esto se debe a los beneficios que otorgan estos instrumentos a nuestra carrera, ya sea por parte de la enseñanza y aprendizaje de la arquitectura en la academia, como de la práctica profesional y del prestigio laboral fuera de esta. Es decir, que debido a la diversidad de contenidos que intervienen en la producción de objetos arquitectónicos, la exploración de cada uno de estos, “implica una enorme gama de temas y líneas de

²⁸¹ Gustavo Slovník, “Laboratorio de diseño”, *Revista Triángulo. núm. 18*. México, Universidad La Salle. 2008, p. 10.

²⁸² Ernesto Nava Trujillo, *op. cit.* p. 6

²⁸³ Fernando Winfield, “Reflexiones sobre investigación en Arquitectura”, *Revista Ciencia, volumen 85, núm. 04*. México, Academia Mexicana de Ciencias. Octubre-diciembre 2007, consultado en mayo de 2017 en:

http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=129

investigación que intervienen de manera positiva en la formación de los futuros arquitectos y en el desarrollo de la carrera”²⁸⁴.

Por una parte, un laboratorio de Arquitectura se presenta como “un lugar donde se analizan formas, técnicas, aplicaciones, métodos de aproximación, materiales, sistemas, etc. que nos permitan actualizar y mejorar la práctica arquitectónica actual”²⁸⁵. Es decir, se consideran una incubadora para comprobación o “la búsqueda y la producción de nuevos sistemas de arquitectura”²⁸⁶, así como de conocimientos, métodos y sistemas que ya se conocen en la actualidad. De este modo Slovník señala que estos espacios trabajan:

Dentro de un ambiente de experimentación, basándonos en un sistema de trabajo de tipo académico, aprendiendo el cómo y qué buscar para desarrollar ideas, conceptos, diseños y contenidos a través de una investigación y cuestionamiento continuo, y enfocándose en teorías, técnicas y prácticas de diseño innovadores. Se busca formar en los alumnos un interés de búsqueda constante.²⁸⁷

Este último argumento está estrechamente relacionado con la experiencia y la destreza que necesitan los futuros egresados para enfrentarse al campo laboral. A pesar de que el Taller Integral de Arquitectura se presenta como el único espacio de la licenciatura donde lo teórico y lo pragmático confluyen, esto podría resultar incompleto, ya que las habilidades que el alumno espera adquirir a través de los ejercicios del Taller siempre estarán determinadas por las amplias o escasas habilidades del propio asesor; y a pesar de que se considere a los educadores como responsables “de estimular una constante investigación en el alumno y moldear

²⁸⁴ *La educación de la arquitectura en México, op. cit.* p. 10

²⁸⁵ Gustavo Slovník, *op. cit.* p. 11

²⁸⁶ Ernesto Nava Trujillo, *op. cit.* p. 6

²⁸⁷ Gustavo Slovník, *op. cit.* p. 10

conjuntamente su futuro”²⁸⁸, los laboratorios de Arquitectura se presentan como un mecanismo más para la actualización constante del conocimiento en el profesorado, pues se consideran como espacios “de encuentro, para presentar amplios puntos de vista, que surgen del ejercicio docente”²⁸⁹. Es por esto que Slovník reitera que estos laboratorios buscan:

Ayudar a los alumnos a descubrir el proceso por el que, a partir de una idea, de una concepción nueva, de una forma, una técnica o de un material, se establece una manera inédita de hacer, sentir y ver la arquitectura.²⁹⁰

Debido a lo anterior, un laboratorio no solo se fomenta la curiosidad de los alumnos por temas nuevos, sino que también se refuerza su creatividad, pues “la propia imaginación es dependiente de nuestra experiencia, sin ella no podemos transitar de una idea a otra, es parte del conocimiento científico”²⁹¹. Entonces, estos intermediarios también se aprecian “como un facilitador del acto creativo, no por derecho, sino a través del planteamiento de preguntas, que, dependiendo de las fuentes y los criterios, van construyendo conocimientos que se adicionan al trabajo particular de cada arquitecto o estudiante”. Además, al considerarlo un elemento colectivo, como ya se ha señalado con anterioridad, se favorece y facilita el trabajo multidisciplinario e interdisciplinario, ya que “la creatividad necesita ser socializada, pero primero requiere de un medio que la promueva y en este sentido los laboratorios

²⁸⁸ Emmanuel Ruffo, “R[e]thinking architecture: R[e]thinking academic”, *Revista Triángulo*. núm. 18. México, Universidad La Salle. 2008, p. 9.

²⁸⁹ Jorge Iturbe Bermejo, “Editorial”, *Revista Triángulo*. núm. 18, *op. cit.* p. 1

²⁹⁰ Gustavo Slovník, *op. cit.* p. 11

²⁹¹ Ernesto Nava Trujillo, *op. cit.* p. 30

de arquitectura encuentran allí su marco de producción”²⁹². Slovník resume lo anterior al mencionar que:

Los laboratorios de diseño buscan alejarse de las limitantes tradicionales acrecentando la creatividad de los alumnos para que de una manera fresca y efectiva puedan ofrecer nuevas soluciones a problemas sociales, económicos y culturales que se les presenten a los alumnos en el presente y futuro.²⁹³

Por último, gracias a la labor de estos agentes “se irá ganando credibilidad social y autonomía técnica en los próximos años, generando mayor confianza y un estatus más definido y reconocido para nuestra profesión”²⁹⁴.

Nuestra Universidad cuenta ya con un espacio embrionario especial pero no abierto (pues se reduce únicamente a la especialización y posgrado) para la educación, discusión, experimentación, investigación, entendimiento y práctica del diseño de la iluminación y el fenómeno de la luz, ya sea natural o artificial; y de los efectos psicológicos, biológicos, tecnológicos y culturales relacionados y que se presenta en los espacios construidos, como ya ocurre en la Universidad de Guanajuato, el Instituto Tecnológico de Puebla, la academia Bartenbach en Austria, el Real Instituto de Tecnología de Suecia, la Universidad Alvar Aalto de Finlandia, la Universidad Concordia en Canadá, o la Universidad Lincoln-Nebraska en los Estados Unidos.

Cabe destacar la manera en la que se realiza el trabajo en estos espacios. Por ejemplo, en la gran mayoría de estas instituciones se trabaja a través de la simulación virtual computarizada. Es decir, se ha desarrollado software especial que permite el modelado físico del espacio a analizar. Sin embargo, también existe la simulación no

²⁹² Ernesto Nava Trujillo, *op. cit.* p. 6

²⁹³ Gustavo Slovník, *op. cit.* p. 11

²⁹⁴ Fernando Winfield, *op. cit.* 13

computarizada, es decir, a través de maquetas o representaciones de espacios determinados con acabados lo más cercanos a la textura y color del proyecto real, que pueden ser en tamaño real o a escala, y con escenarios de iluminación variados. Según el instituto Bartenbach²⁹⁵, se considera a este método como mucho mejor a cualquier simulación digital disponibles en la actualidad, pues el investigador puede observar en tres dimensiones, bajo condiciones reales, tales como el tipo de la luz, el brillo, y características de las superficies. Por último, todos los establecimientos mencionados con anterioridad cuentan con la presencia esporádica de talleres, seminarios y reuniones relacionadas al tema de la iluminación artificial o natural donde se enfatiza la interacción e intercambio de la información entre los participantes.

Mucho del equipamiento e instalaciones, en estas instituciones, no solo se ha conseguido por la inversión del Estado para elevar la competitividad y el desarrollo sustentable de cada país, sino también por la colaboración con empresas del sector privado, ya sea porque la legislación local les dota de beneficios fiscales, porque las dota de una posición ventajosa al permitir el intercambio efectivo de conocimientos y experiencia a través de la enseñanza, la investigación, la contratación y la formación permanente de recursos capaces de encargarse del mercado laboral relacionado a la iluminación artificial y natural. Esto también ha podido trasladarse a nuestro país, donde ya existen empresas consolidadas en el campo de la iluminación arquitectónica, con una fuerte presencia en el mercado mexicano y latinoamericano que ya cuentan con muchos de los aparatos que se utilizan en el laboratorio de nuestra institución.

²⁹⁵ Consultado en mayo de 2017 en: <http://www.bartenbach.com/en/lighting-design/daylighting-design/model-simulation-in-the-artificial-sky.html>

Sobre lo anterior, tanto en Bartenbach²⁹⁶ como en la Universidad de Concordia, se tiene la presencia de una bóveda celeste artificial, de 3 x 3 x 3 m en el caso de la universidad canadiense, que puede reproducir y ajustar la luz de sol según las condiciones de brillo, distribución de la luz y temperatura de color de una manera perfecta. En la Universidad Aalto existe un túnel subterráneo (2m de longitud por 3.5m de altura y 5m de ancho) construido para la experimentación de los efectos y condiciones de visibilidad para la iluminación en caminos y vías. Por otro lado, en el laboratorio de Iluminación de la Universidad de Lincoln-Nebraska²⁹⁷ se encuentra una réplica de tamaño real de una oficina con un área aproximada de 6x5m, en el ala oeste del complejo (Ver figura 4.2.4.1). En la mayoría de los laboratorios se tienen cuartos oscuros, es decir, con las paredes, techos y suelos de color negro y sin ninguna abertura para iluminación natural.

Entre los instrumentos que se utilizan para las pruebas y experimentos son:

1. Una cámara termo gráfica para detectar la energía infrarroja en lámparas fluorescentes y procesarla en una imagen térmica.
2. Una esfera integradora de Ulbricht para realizar mediciones en flujo luminoso, temperatura de color e índice de representación de color de cualquier tipo de cualquier fuente luminosa. La empresa mexicana LJ Iluminación, así como la representación local de Osram, cuentan con la presencia de una.
3. Un espectro radiómetro para medir el espectro electromagnético de cualquier tipo de lámpara.

²⁹⁶ Consultado en mayo de 2017 en: <http://www.bartenbach.com/en/lighting-design/daylighting-design/model-simulation-in-the-artificial-sky.html>

²⁹⁷ Consultado en mayo de 2018 en: http://www.engineering.unl.edu/durhamschool/research/labs/lighting_lab.shtml

4. Un goniómetro para definir las características fotométricas de los reflectores de las luminarias y de la distribución en la intensidad luminosa de las lámparas. En México estos dispositivos existen, en el Laboratorio de alumbrado público del Gobierno del Distrito Federal, como en las empresas Construlita y Holophane.
5. Un sistema medidor de destellos, apropiado para estudiar el deslumbramiento.
6. Un fotorreceptor de imágenes e interpretación computarizada para las luminancias.
7. Un perímetro de Goldman, y otras superficies hemisféricas grandes, para realizar pruebas de campo visual.
8. Unidades electrónicas y computarizadas para medir el consumo eléctrico, como puede ser los osciloscopios y los vatímetros.

Como caso particular, en el caso de la Universidad Aalto, se encuentra un tubo transparente de 5.3x0.25m recubierto con una película especial, y que contiene una lámpara de sulfuro en su interior, para producir y distribuir un espectro continuo parecido al de la luz natural.

La principal población a la que se atiende en este laboratorio, no solo deberían ser los alumnos de posgrado como sucede en la actualidad en nuestra Facultad. Es importante también involucrar al estudiante de la licenciatura en menor o mayor medida, según sean sus aptitudes, necesidades y exigencias. De este modo, el alumno de la carrera de Arquitectura adquiere mayor experiencia ya que “en primera instancia, es necesaria la experimentación del espacio arquitectónico”²⁹⁸, pues un problema que presenta la enseñanza de la arquitectura en la academia, es que se

²⁹⁸ Ernesto Nava Trujillo, *op. cit.* p. 6

convierten en algo “virtual por su imposibilidad de ser construida”²⁹⁹. Por otro lado, el interés en el campo de iluminación arquitectónica se podría consolidar y acrecentar, y ante esto, se podría considerar como una opción profesional cada vez más viable y popular de los futuros egresados. Además, las propuestas de tesis de los alumnos de la etapa Síntesis, podrían adquirir mayor realismo y detalle.

Así, las maquetas que se trabajan en el Taller de Arquitectura ya no solo serían simples modelos volumétricos, sino que también servirían para que el alumno de cualquier etapa pueda comprender mejor los efectos del asoleamiento según la composición en el ventanaje de sus fachadas y cubiertas, así como en los dispositivos, mecanismos y sistemas de sombreado de estas. También se pueden observar y comprender mejor todo lo relacionado a los factores estéticos, perceptivos, fotométricos y de confort visual, que influyen en la iluminación de diferentes géneros de espacios gracias a la reproducción en tamaño natural de estos. Por último, el estudiante podría analizar de manera minuciosa el consumo energético de los edificios trabajados en el Taller de Arquitectura, debido a la influencia en la iluminación natural como artificial del espacio a diseñar.

²⁹⁹ Ernesto Nava Trujillo, *op. cit.* p. 29

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alfredo Zatorre, “Necesidades psicológicas fundamentales y vivienda”. <http://zatorrearquitecto.blogspot.mx/p/necesidades-psicologicas-fundamentales.html>
- Ann Cyphers. *“Historia de la vida cotidiana en México. I, Mesoamérica y los ámbitos indígenas de la Nueva España”*, El Colegio de México y Fondo de Cultura Económica, México. 2005.
- Antonia Maria Perelló, “III Elementos formales y compositivos”, *Las claves de la arquitectura*, Ed. Planeta, España, 1994.
- Antonio Biosca Azamar, “La especialización del arquitecto”, *UNAM, FA*, 2003.
- Amparo Calvillo Cortés. *Luz y Emociones: Estudio sobre la influencia de la Iluminación Urbana en las emociones; tomando como base el Diseño Emocional*. Universitat Politècnica de Catalunya, España, 2010.
- Carlos Jiménez. *Manual de Luminotecnia, Museos y exposiciones*. Ediciones CEAC, España, 1999.
- Claudia Agostini. *“Historia de la vida cotidiana en México. V, Siglo xx”, ¿Espejo de la vida?”*, El Colegio de México y Fondo de Cultura Económica, México. 2005.
- Elisa Speckman. *“Historia de la vida cotidiana en México. V, Siglo xx, ¿Espejo de la vida?”*, El Colegio de México y Fondo de Cultura Económica, México. 2005.
- Energie+, “Les risques d’éblouissement”, Université Catholique de Louvain. <https://www.energieplus-lesite.be/>
- Emmanuel Ruffo, “R[e]thinking architecture: R[e]thinking academic”, *Revista Triángulo. núm. 18*. México, Universidad La Salle. 2008.
- Erick Velázquez. *“Historia de la vida cotidiana en México. I, Mesoamérica y los ámbitos indígenas de la Nueva España”*, El Colegio de México y Fondo de Cultura Económica, México. 2005.
- Ernesto Nava Trujillo, “La creatividad, los laboratorios de arquitectura y el problema del espacio arquitectónico”, *Revista del centro de investigación. Dossier No.2, suplemento del vol. 9, núm. 35*. México, Universidad La Salle. Enero a junio de 2011.

- Fernando Winfield, "Reflexiones sobre investigación en Arquitectura", *Revista Ciencia*, volumen 85, núm. 04. México, Academia Mexicana de Ciencias. Octubre-diciembre 2007.
- Gustavo Curiel. "Historia de la vida cotidiana en México. II, La ciudad barroca", El Colegio de México y Fondo de Cultura Económica, México. 2005.
- Gustavo Slovnik, "Laboratorio de diseño", *Revista Triángulo*. núm. 18. México, Universidad La Salle. 2008.
- James Benya; Mark Karlen y Christina Spangler. "Chapter 2. Basic concepts in lighting", *Lighting design basics*. Ed. Jhon Wiley and Sons, Estados Unidos, 2012.
- John E. Kicza. "Historia de la vida cotidiana en México. IV, El siglo xix", El Colegio de México y Fondo de Cultura Económica. México. 2005.
- Jorge Iturbe Bermejo, "Editorial", *Revista Triángulo*. núm. 18. México, Universidad La Salle. 2008.
- Judith de la Torre Rendón. "Historia de la vida cotidiana en México. V, Siglo xx," *¿Espejo de la vida?*", El Colegio de México y Fondo de Cultura Económica, México. 2005.
- *La educación de la arquitectura en México*. México, CIEES, CONPES, 2001.
- María de los Ángeles Medina *et al.* "Otro punto de luz. Iluminación estática en los santuarios paleolíticos: El ejemplo de la Cueva de Nerja (Málaga, España)", *Congrès de l'IFRAO, Symposium: L'art pléistocène en Europe (Pré-Actes)*. Francia. 2010.
- Mary Kay Vaughan, "El estado de bienestar quedó atrás", *Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades. Universidad de Guadalajara*, 2012.
- Michael Posner, "Empirical Studies of Prototypes" en *Noun classes and categorization*. Universidad de Oregon, Eugene, 1986.
- Pablo Escalante. "Historia de la vida cotidiana en México. I, Mesoamérica y los ámbitos indígenas de la Nueva España", El Colegio de México y Fondo de Cultura Económica, México. 2005.
- Pedro Cantalejo *et al.* "Evidencias de frecuentación prehistórica registradas en la Cueva de Ardales (Málaga, España)", *La Cuenca Mediterránea durante el Paleolítico Superior (Pré-Actes)*. España. 2005.
- *Plan de estudios 1999*, México, UNAM, FA, 1999.

- *Plan de estudios*, México. UIA, Departamento de Arquitectura, 2004.
- *Proyecto de modificación del plan y programas de estudios de la Licenciatura en Arquitectura*. México, UNAM, FA, 2012.
- *Proyecto de modificación del plan de estudios de la Licenciatura de Arquitectura, tomo I*. México, UNAM, FA, 2017.
- Rafael Martínez Zarate. *Investigación aplicada al diseño arquitectónico*. Ed. Trillas, México, 2003.
- Raquel Barceló. *Historia de la vida cotidiana en México. IV, El siglo xix*, El Colegio de México y Fondo de Cultura Económica, México. 2005.
- *Rediseño del Programa Académico de Ingeniero Arquitecto*. México, IPN, ESIA, 2008.
- Revista Luces CEI, "Arquitectura nocturna de la ciudad", octubre 1998. España.
- Revista Sinc, "Los colores irrumpen en la nueva arquitectura", mayo de 2013.
- Revista Tectónica, "Lo más natural", *Tectónica 26. Iluminación (II) natural*, 2008.
- Sage Russell, *The Architecture of Light*. Ed. Conceptnine, Estados Unidos, 2008.
- Sophie A. De Baune y Randall White. *Ice Age Lamps*, Scientific American, Estados Unidos. 1993.
- Thomas Givon, "Prototypes: between Planto and Wittgenstein" en *Noun classes and categorization*. Universidad de Oregon, Eugene, 1986.