



Universidad Autónoma de Querétaro  
 Facultad de Ingeniería  
 Maestría en Arquitectura



Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

Opción de titulación  
**Tesis**

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de  
 Maestría en Arquitectura

**Presenta:**

L. D. I. Tania Elisa Mondragón Sánchez

**Dirigido por:**

M. A. Guillermo Iván López Domínguez

M. A. Guillermo Iván López Domínguez  
 Presidente

Firma

Dr. Avatar Flores Gutiérrez  
 Secretario

Firma

M. D. I. Eduardo Blanco Bocanegra  
 Vocal

Firma

M. C. Verónica Leyva Picazo  
 Suplente

Firma

Dr. Juvenal Rodríguez Reséndiz  
 Suplente

Firma

Dr. Manuel Toledano Ayala  
Director de la Facultad

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña  
Director de Investigación y Posgrado

## RESUMEN

Se realizó la investigación sobre el sistema tradicional de iluminación, evaluando las ventajas y desventajas de las instalaciones convencionales dentro de los hogares mexicanos, valorando la participación de la luz artificial dentro de los diferentes espacios que componen una casa de nivel socioeconómico C (clase media) y C+ (clase media alta), teniendo en cuenta consideraciones teóricas como la luz natural y la percepción que tiene el ser humano ante los diferentes cambios lumínicos y de temperatura de color, esto con el fin de encontrar hallazgos que permitan proponer un nuevo sistema de iluminación siendo la modularidad parte del proyecto, lo que permitirá al sistema tener la capacidad de configuración, reorganización y facilidad en su montaje

Se realizó la investigación sobre el consumo de energía eléctrica que existe en los hogares mexicanos específicamente en el área de iluminación, teniendo en cuenta consideraciones teóricas como la luz natural y artificial, la percepción que tiene el ser humano ante los cambios lumínicos y de temperatura de color, así como de los sistemas inteligentes que contribuyen a lograr una iluminación correcta, esto con la finalidad de que se evalúen las condiciones y necesidades del usuario para cumplir los objetivos establecidos; se definió la metodología a seguir para el desarrollo y realización de la luminaria, el contexto en el que se desarrolló el proyecto y los requerimientos de iluminación establecidos por la Norma Española UNE-EN 12441 (2007) y la norma mexicana NOM-025-STPS (2008) para los diferentes espacios y actividades dentro del hogar, una vez teniendo estos parámetros definidos se proyectaron ideas y crearon bocetos que después se evaluaron, eligiendo la mejor opción de diseño de luminaria, se crearon los planos técnicos y el desarrollo e instrumentación del modelo, se llevó a cabo la fabricación y maquinado del prototipo así como las pruebas a las que fue sometida la luminaria para corroborar que los datos y resultados obtenidos durante la investigación fueran correctos.

**(Palabras clave:** ahorro energético, ambientes, iluminación arquitectónica, modularidad)

## SUMMARY

The research on the traditional lighting system was carried out, evaluating the advantages and disadvantages of conventional installations within Mexican homes, valuing the participation of artificial light within the different spaces that make up a house of socioeconomic level C (middle class) and C + (upper middle class), taking into account theoretical considerations such as natural light and the perception that the human being has before the different changes in light and color temperature, this in order to find findings that allow us to propose a new system of lighting being the modularity part of the project, which will allow the system to have the capacity of configuration, reorganization and ease of assembly.

Research was carried out on the electric energy consumption that exists in Mexican homes specifically in the lighting area, taking into account theoretical considerations such as natural and artificial light, the perception that human beings have of light and temperature changes. color, as well as intelligent systems that contribute to correct lighting, this in order to assess the conditions and needs of the user to meet the objectives set; the methodology to be followed was defined for the development and realization of the luminaire, the context in which the project was developed and the lighting requirements established by the Spanish Standard UNE-EN 12441 (2007) and the Mexican standard NOM-025-STPS (2008) for the different spaces and activities within the home, once these parameters were defined, ideas were projected and sketches were created, which were then evaluated, choosing the best choice of luminaire design, technical plans were created and the development and instrumentation of the model, the manufacturing and machining of the prototype was carried out as well as the tests to which the luminaire was subjected to corroborate that the data and results obtained during the investigation were correct.

**(Key words:** energy saving, environments, architectural lighting, modularity)

### **DEDICATORIA**

A mis padres Martha y Arturo, quienes siempre están para mí incondicionalmente, por su amor, trabajo y sacrificio, por creer en mis pasos y guiarme con su ejemplo a lo largo de mi vida, por enseñarme a ser valiente y esforzarme por lograr mis metas, los quiero y admiro más, siempre.

A mi cuñada Denise y hermanos Carlos y Fernando, por sus valiosos consejos, por su apoyo constante y por las risas, aunque nuestros encuentros no son tan seguidos como quisiera, cada momento que nos dedicamos es un respiro al alma. A mi sobrino; que ganas tengo de conocerte.

A mis amigos Diana, Fany, Paco, Gamaliel, Oscar y Gibran que a lo largo de mi vida han estado en las diferentes etapas y retos, por creer en mí y su infinito cariño; a Alejandro por el apoyo y consejos, por alentarme a superarme y entrar en la maestría, a mis compañeros y nuevos amigos con los que compartí aula, Jen, David, Tom, Abraham, Lalo, Erick, Alan, Fer, gracias por las aportaciones y nuevos puntos de vista; a mis maestros por el aprendizaje y buenos consejos. A Philippa por acompañarme a clases.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

### **AGRADECIMIENTOS**

A mi director de tesis M.A. Guillermo Lopez por su paciencia y apoyo a lo largo de estos dos años, a mis tutores M.D.I. Eduardo Blanco, Dr. Avatar Flores, M.C. Verónica Leiva por las recomendaciones y aporte al proyecto, al Dr. Juvenal Rodríguez por ayudarme en la patente del proyecto, a la empresa Construlita por dejarme colaborar con ellos y sus aportes y consejos en el proyecto, a mis maestros de la maestría por sus enseñanzas y presión para concluir con este nuevo reto.

## ÍNDICE

### CAPITULO 1

#### 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes	12
1.2 Justificación	20
1.3 Descripción del problema	24
1.4 Luminotecnia	25
1.4.1 Luz natural	26
1.4.2 Luz artificial	27
1.5 Sistema tradicional de iluminación	28
1.6 Modularidad	29
1.7 Hipótesis	31
1.8 Objetivo general	31
1.8.1 Objetivos particulares	31

### CAPITULO 2

#### 2. CONSIDERACIONES TEÓRICAS

2.1 La influencia de la iluminación en las personas	32
2.2 Percepción e iluminación	33
2.3 Principios de iluminación	35
2.3.1 Distribución de luminancia	36
2.3.2 Iluminancia	37
2.3.3 Deslumbramiento	37
2.3.4 Dirección de la luz	38
2.3.5 Rendimiento de colores y apariencia de color de la luz	41
2.3.6 Flicker	42
2.4 Consideraciones técnicas de iluminación	43
2.4.1 Coeficiente de luz diurna	43
2.4.2 Rendimiento luminoso	43
2.4.3 Flujo luminoso	44
2.4.4 Potencia específica	46
2.4.5 Nivel de luminancia	46
2.5 Luxes, color de temperatura y flujo luminoso	46
2.5.1 Habitaciones y actividades	46

### **CAPITULO 3**

#### **3. METODOLOGÍA**

3.1 Recopilación de datos	50
3.2 Contexto	50
3.2.1 Orientaciones	51
3.2.2 Materiales	55
3.2.3 Sombreamientos	56
3.2.3.1 Análisis y diagrama de ruta solar en vanos acristalados	58
3.3 Perfil del usuario	66
3.3.1 Resultados de encuestas	67
3.4 Consideraciones del diseño	71
3.5 Diseño	73
3.5.1 Diseño final	82
3.6 Planos técnicos	87
3.7 Descripción de la instrumentación y control para la luminaria	91
3.8 Instalación	94
3.9 Montaje	96

### **CAPITULO 4**

#### **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1 Desarrollo de prototipo	97
4.2 Prueba de diseño	102
4.3 Curva fotométrica	103
4.4 Resultados fotométricos en CSE	104

### **CAPITULO 5**

<b>Conclusiones</b>	107
<b>Referencias</b>	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Capítulo</b>	<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	1	Helios: hexágonos luminosos táctiles para la pared	14
1	2	PL-Y: módulos de 3 unidades distintas	15
1	3	System X sistema modular en fluorescencia	16
1	4	Dominis sistema modular de 2 piezas	17
1	5	Hex-O cuenta con carcasa de EPS, fieltro y tejido acústico que funciona como absorbente acústico	18
1	6	Consumo energético con datos en base a la Comisión Nacional para el uso Eficiente de Energía 2016	21
1	7	Efectos de la iluminación inadecuada en la salud, con datos en base a Grupo de visión y color de la Universidad de Alicante 2017	24
1	8	Sistema tradicional vs sistema modular	30
2	1	Influencia de la luz en las personas	34
2	2	Haz de luz asimétrico	38
2	3	Haz de luz abierto	39
2	4	Haz de luz intensivo	39
2	5	Haz de luz cerrado	39
2	6	Haz de luz amplio	40
2	7	Temperatura del color en escala Kelvin	41
2	8	Rangos de iluminación por local. Fuente elaboración propia con base en la NOM-025-STPS (2008) y vectores diseñados por Freepik (2017)	49
3	1	Contexto estado de Querétaro	51
3	2	Orientación óptima para Querétaro (Climate Consultant 6.0, 2017)	52
3	3	Bóveda celeste de acuerdo con la ubicación actual de la Casa Solar Experimental FI / UAQ. Elaboración propia a partir de Climate Consultant (2017)	52
3	4	Planta baja casa solar experimental	53
3	5	Planta alta casa solar experimental	54
3	6	Materiales casa solar. Elaboración propia a partir de Flores & López (2015). Software Sketchup®	55



3	7	Sombreamiento 21 de junio. Elaboración propia a partir de Flores y Lopez (2015) software Autodesk® Ecotect® Analysis.	56
3	8	Sombreamiento 21 de diciembre. Elaboración propia a partir de Flores y Lopez (2015) software Autodesk® Ecotect® Analysis.	57
3	9	Vanos acristalados	58
3	10	Exposición solar de ventana 1	59
3	11	Exposición solar de ventana 2	59
3	12	Exposición solar de ventana 3	60
3	13	Exposición solar de ventana 4	60
3	14	Exposición solar de ventana 5	61
3	15	Exposición solar de ventana 6	61
3	16	Exposición solar de ventana 7	62
3	17	Exposición solar de ventana 8	62
3	18	Exposición solar de ventana 9	63
3	19	Exposición solar de ventana 10	63
3	20	Exposición solar de ventana 11	64
3	21	Exposición solar de ventana 12	64
3	22	Exposición solar de ventana 13	65
3	23	Diagrama de flujo relación usuario-hogar y luminarias.	67
3	24	Aspectos a considerar a la hora de comprar una luminaria	68
3	25	Percepción del usuario de los sistemas modulares de iluminación	69
3	26	Disponibilidad del usuario en invertir un sistema modular de iluminación	70
3	27	Factores de diseño a tener en cuenta para la selección del tipo de lámpara (Raitelli, 2008).	71
3	28	Render luminaria tipo Boomerang	73
3	29	Configuraciones de figura Boomerang	73
3	30	Curva fotométrica de luminaria Boomerang programa Photopia®.	74
3	31	Render luminaria tipo Rombo	75
3	32	Configuraciones de figura Rombo	75
3	33	Curva fotométrica de luminaria Rombo programa Photopia®	76
3	34	Render luminaria tipo Triangular	77
3	35	Configuraciones de pieza Triangular	77
3	36	Curva fotométrica de luminaria Triangular programa Photopia®	78
3	37	Render luminaria tipo Hexágonos	79
3	38	Configuraciones de pieza Hexágonos	79

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

3	39	Curva fotométrica de luminaria Hexágono programa Photopia®	80
3	40	Render modulo unidad de mando	83
3	41	Sistema modular de iluminación diferentes acomodados	84
3	42	Render de modelo en contexto 1	85
3	43	Render de modelo en contexto 2	85
3	44	Render de modelo en contexto 3	86
3	45	Render de modelo en contexto 4	86
3	46	Despiece luminaria	93
3	47	Relación temperatura de color / lúmenes	94
3	48	Conexión de luminaria modular	95
3	49	Instalación de luminaria modular - sobreponer	96
3	50	Instalación de luminaria modular - suspender	96
4	1	Modulo base del sistema de iluminación	100
4	2	Sistema modular de iluminación acomodo 1	101
4	3	Sistema modular de iluminación acomodo 2	102
4	4	Curva fotométrica de luminaria	103
4	5	Simulación en DiaLUX Sala-Comedor - Cocina	104
4	6	Simulación en DiaLUX™ colores falsos Sala-Cocina	104
4	7	Simulación en DiaLUX™ dormitorio/oficina	105
4	8	Simulación en DiaLUX™ colores falsos dormitorio/oficina	105
4	9	Simulación en DiaLUX™ baño	106
4	10	Simulación en DiaLUX™ colores falsos baño	106

### INDICE DE TABLAS

<b>Capítulo</b>	<b>Tabla</b>		<b>Página</b>
1	1	Comparativa entre luminarias modulares	19
2	1	Apertura del haz de luz	38
2	2	Grupos de apariencia de color de lámparas	41
2	3	Clasificación de luminarias de acuerdo con la distribución del flujo luminoso	45
3	1	Características y perfil del usuario (INEGI, 2016)	66
3	2	Comparativa entre propuestas modulares de diseño	81
3	3	Materiales externos de la luminaria	91
3	4	Materiales internos de la luminaria	92
4	1	Efectos de la luz sobre difusores	98
4	2	Recomendaciones de iluminación	102

# Capítulo 1

## INTRODUCCIÓN

En este capítulo se analizará el sistema de iluminación tradicional que existe en la mayoría de las edificaciones además de sus particularidades, esto con el fin de exponer los pros y contras de este sistema, permitiendo encontrar hallazgos que atribuyan a una nueva propuesta de diseño modular que permita mejoras en la instalación y el uso; además de establecer las metas y alcances del proyecto, abarcando temas pertinentes como modularidad, la luz artificial y los cambiantes contrastes de la luz natural.

### 1.1 Antecedentes

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro en un ejercicio por impulsar nuevos conocimientos científicos y tecnológicos, convocó a la comunidad universitaria a participar en el diseño, desarrollo y construcción de una casa sustentable, que permita la utilización de eco-tecnologías para la conservación de la energía; la casa solar experimental se distingue por tener un sistema constructivo modular que gira en torno al desarrollo sostenible, manteniendo un abastecimiento de energía por medio del sol, sin embargo, este suministro solo representa una parte del ahorro energético, el cual debe ser completado por sistemas y proyectos que usen esta energía de manera más eficiente.

Es importante enfatizar que la casa solar tiene muchos sistemas y componentes que interactúan entre ellos. La modularidad es una condición esencial, por eso se pueden desarrollar proyectos de manera paralela que se integran a la casa, por un lado esto permite, desde la perspectiva del usuario, la facilidad de uso, mientras que por el lado de la perspectiva energética un mayor aprovechamiento de la capacidad de generación, además de que permiten montar y desmontar la estructura de una manera sencilla, promoviendo la autoconstrucción, dejando al usuario tener flexibilidad en sus espacios en cuanto a dimensionalidad y acomodo.

La casa solar experimental tiene como objetivo proveer confort interior, en la dimensión ambiental física, a través del control de la temperatura, la humedad, acústica, iluminación y la calidad del aire interior (Flores Gutiérrez & López Domínguez, 2015). Este proyecto de investigación se centrará en el desarrollar del sistema de iluminación para el interior de estos espacios, resolviendo aspectos como funcionalidad, eficiencia energética, el efecto psicológico y físico que causa la luz en las personas, los materiales de construcción que dispongan de una buena iluminación, así como también la estética y funcionalidad del diseño con la finalidad de permitir al usuario adecuar sus atmósferas lumínicas.

A pesar de que los usuarios tienen diferentes requerimientos, es posible diseñar un sistema que se adapte a las distintas exigencias lumínicas, sin embargo, esto implica tener en cuenta diversos aspectos: la integración de técnicas, resultados, metodologías y enfoques de diversas disciplinas y áreas del conocimiento; ramas como ingeniería, física, arquitectura, ergonomía, ecología, psicología, medicina, arte, etc., son fundamentales para una solución con un marco multifacético de conocimientos. La falta de interdisciplinariedad puede ser el resultado de consecuencias negativas ocasionando que los proyectos queden inconclusos o débiles en alguno de sus elementos o etapas de diseño.

El desarrollo de luminarias es un campo amplio en disciplinas como diseño, existen pocos proyectos que cumplan con las necesidades reales del usuario, además de que para tener una buena calidad en iluminación es necesario entender la arquitectura del espacio y sus peculiaridades. Una buena parte de la iluminación tiene que ver con cuestiones delicadas, con sutilezas, y buena parte de todo ello es subliminal en cierto sentido. La gente suele darse cuenta cuando la iluminación es mala. Cuando funciona y es efectiva, solo se tiene la sensación de estar en un espacio que está bien, de que el ambiente es bueno (Wilhide, 2012).

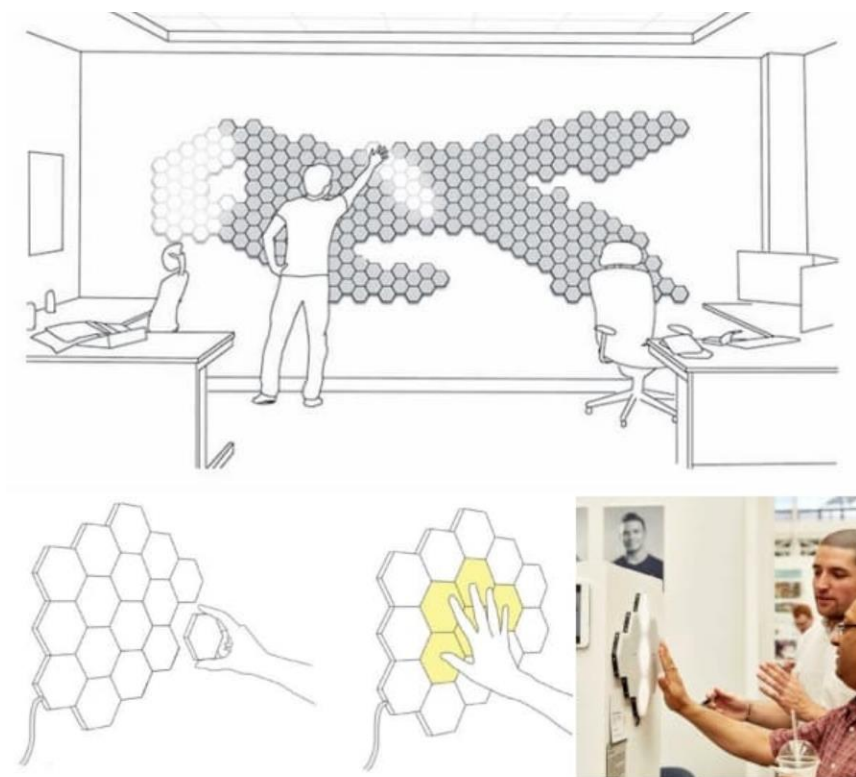
Existen en el mercado algunos modelos de luminarias modulares y que gracias a sus características pueden adaptarse a diferentes combinaciones en forma, tamaño o posición con lo que es posible transformar el orden y el propósito, además de que tienen mayor potencialidad a la hora de evolucionar. A continuación, se presentan algunos ejemplos análogos:

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

- **Helios** es un diseño de iluminación modular que consiste en módulos hexagonales para crear composiciones planas para la pared. Este sistema modular de iluminación ofrece además una respuesta interactiva inmediata cuando el usuario pasa la mano por su superficie (Helios Touch, 2016). Gracias a un módulo principal que alimenta la electricidad en todo el sistema es que los demás módulos pueden ser activados, tiene conexiones eléctricas imantadas para la unión entre sí.

Características:

- Iluminación de cortesía
- \$1,127.00 M. N. (5 módulos)
- Puede cargar hasta 1.5 kg
- 6.3 W = 400 lm



**Figura 1.1** Helios: hexágonos luminosos táctiles para la pared.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

- **PL-Y** es un sistema de iluminación modular, creado por la firma Unleaded, se puede utilizar tanto en paredes como en techos (Unleaded, 2018), por su forma tiene un alto potencial de combinaciones.

Características:

- Lámpara halógena
- Independientes
- 10 W
- Aluminio



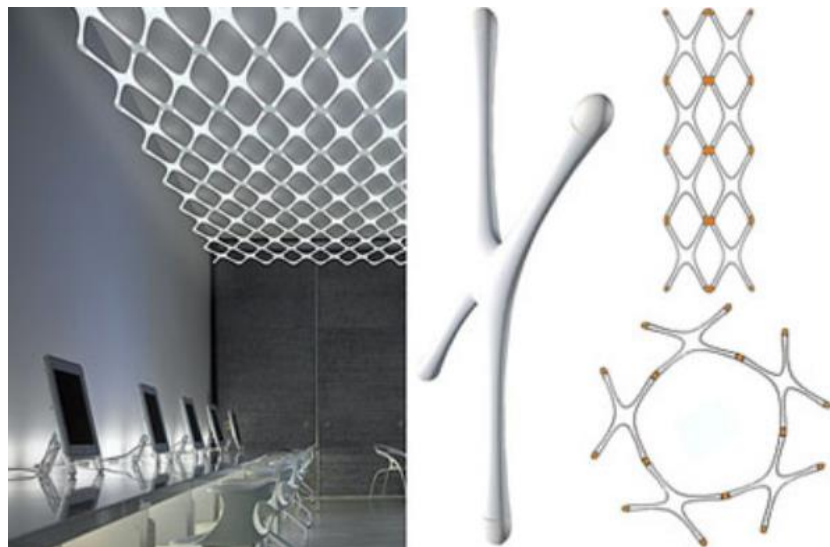
**Figura 1.2** PL-Y: módulos de 3 unidades distintas.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

- **System X** creado por Ross Lovegrove para la firma japonesa Yamagiwa, este sistema de iluminación está hecho con tubos fluorescentes. está formado por piezas flexibles en forma de X (Yamagiwa, 2018), que se pueden interconectar entre ellas se pueden unir el número de módulos que se desee, para crear múltiples formas.

Características:

- Lámpara fluorescente
- 21 W
- 2 KG
- Aluminio / plástico



**Figura 1.3** System X sistema modular en fluorescencia.

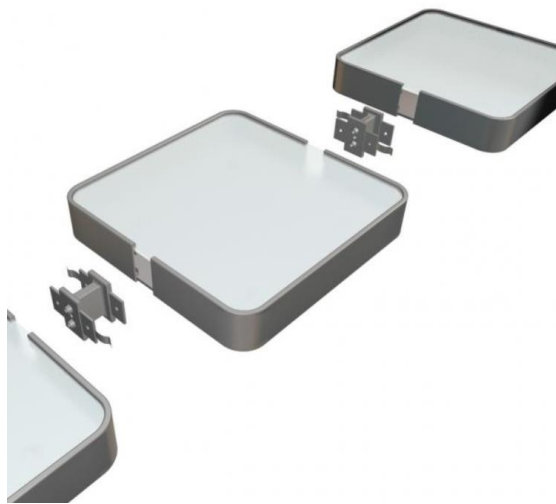


Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

- **Dominis** es sistema modular de iluminación que puede ir a techo, colgante o empotrado, su cuerpo principal es un perfil de extrusión de aluminio. El sistema se basa en una junta especialmente diseñada, para conectar cada accesorio entre sí de muchas maneras (Idea iluminación S. A. , 2012).

Características:

- Modulo 2 piezas (Luminaria / Sujeción)
- Aluminio
- 150x150x54mm
- 60 W
- Iluminación directa



**Figura 1.4** Dominis sistema modular de 2 piezas.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

- **Hex-O** se compone de elementos modulares de forma hexagonal y diferentes tamaños, se utilizan como luminarias de techo o suspendidas. Al cuerpo de la luminaria se le puede superponer una carcasa acústica que funciona como absorbente del sonido. Las posibilidades de combinación modular formando agrupaciones convierten el sistema de iluminación en un elemento de diseño, que permite destacar y acotar zonas de conversación dentro de grandes espacios de alto tránsito de personas, mejorando en ellos las condiciones acústicas y la comprensión del habla, al reducir el nivel de ruido y el tiempo de reverberación (XAL Iluminación, 2018).

Características:

- 50,000 horas de vida
- Iluminación directa
- Independientes
- Textil
- 122 lm/W
- 24 W



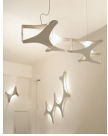



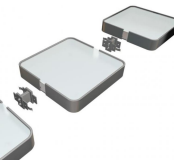





**Figura 1.5** Hex-O cuenta con carcasa de EPS, fieltro y tejido acústico que funciona como absorbente acústico.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

A continuación, se presenta una tabla comparativa de las luminarias modulares con el fin de saber los pros y contras que los caracterizan para encontrar hallazgos que se puedan aplicar al sistema modular de iluminación.

**Tabla 1.1** Comparativa entre luminarias modulares.

Luminaria	Flujo luminoso simétrico	Capacidad de Configuración	Evita sombras	Contribuye a la salud visual	Resultados
<p>Helios</p> 	Alto	Medio	Medio	Alto	
<p>PL-Y</p> 	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
<p>System-x</p> 	Medio	Medio	Medio	Medio	
<p>Dominis</p> 	Alto	Bajo	Alto	Alto	
<p>Hex-O</p> 	Alto	Alto	Bajo	Medio	

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

Para llevar a cabo un proyecto sólido y congruente donde la luz es un factor esencial en el proceso de diseño, resulta muy ventajoso el desarrollar un proyecto de iluminación modular ya que esto permite la actualización y mejora en el diseño. De modo que conforme la tecnología avanza y es más eficiente, es más fácil adaptarse o reajustarse al cambio con mayor facilidad a diferencia de un sistema tradicional de iluminación.

Teniendo en cuenta ese nuevo enfoque, se puede decir que “un sistema apropiado de iluminación es aquel que, crea ambientes saludables, seguros y confortables, así como también cubre las necesidades visuales que se requieren, brindando a los usuarios atmósferas agradables, utilizando los recursos de una forma apropiada con una visión multidisciplinaria” (Raitelli, 2008).

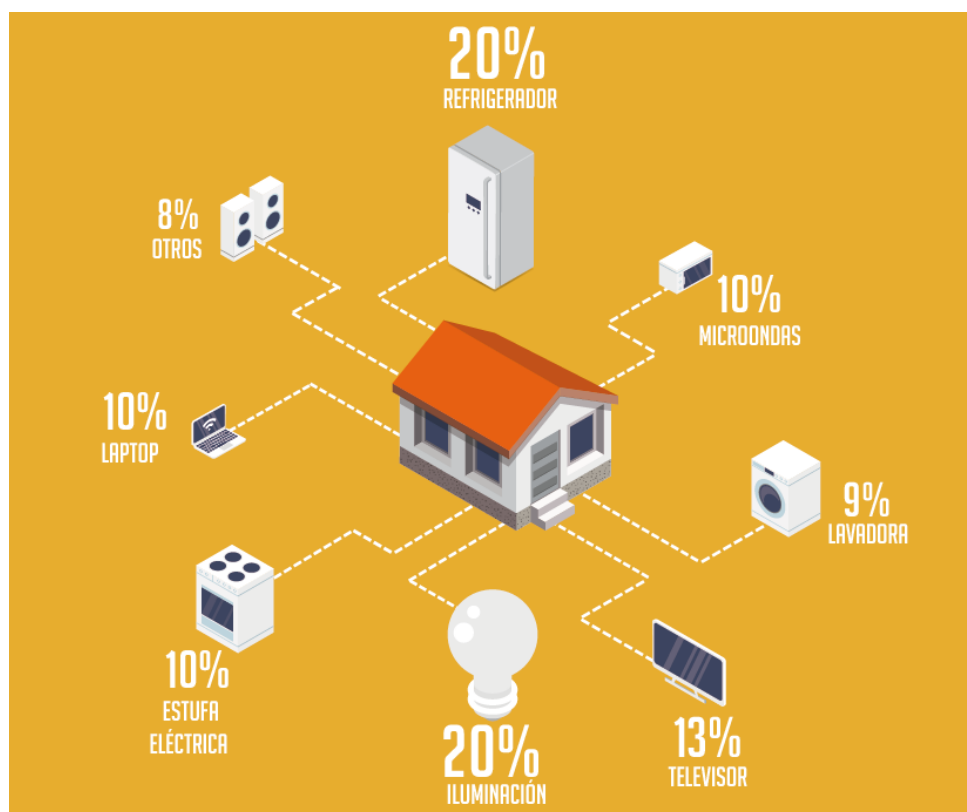
## **1.2 Justificación**

El cambio climático es uno de los principales problemas que enfrentamos actualmente, una de las causas consiste en el mal uso de las fuentes de energía eléctrica, esta demanda de energía ha incrementado notablemente y se pronostica que esta tendencia se mantendrá en el futuro, la electricidad es la forma de energía más adaptable además de que es posible convertir casi cualquier energético en electricidad. Debido a lo anterior, los sistemas energéticos en todo el mundo se han vuelto más intensivos en el uso de electricidad, ya que representa la fuente de energía más eficiente tanto en términos económicos como ambientales (Rivero, 2010).

Se calcula que existe un desperdicio del 15% de energía eléctrica en México, específicamente el sector doméstico ocupa el segundo lugar del consumo de energía eléctrica total producida después del sector industrial (CFE, 2017), está claro que debe haber un cambio, los proyectos actuales en México, no han logrado integrar la innovación tecnológica con la innovación arquitectónica y las diferentes disciplinas se han mantenido en un aislamiento de conocimiento que no han permitido el desarrollo y la innovación generalizada en materia de sustentabilidad. Como resultado, no hay una generalización en la producción de vivienda sustentable y se cuenta con esfuerzos aislados difícilmente replicables (Flores Gutiérrez & López Domínguez, 2015).

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

El consumo de energía eléctrica en el hogar representa un creciente porcentaje de la energía eléctrica total del país, es por eso que se debe considerar el manejo de nuevas estrategias y tecnologías, que sean más amigables (eco-responsables) con el medio ambiente y que cumplan con lo que los usuarios requieren, satisfaciendo la demanda del uso de la electricidad. A continuación, se muestra el consumo energético de una casa habitación de 4 a 5 usuarios, donde un 20% de la energía es destinado al área de iluminación, un alto porcentaje en comparación con los demás sistemas dentro del hogar (Figura 1.6).



**Figura 1.6** Consumo energético con datos en base a la Comisión Nacional para el uso Eficiente de Energía (2016).

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

Hoy en día existe una creciente demanda de viviendas sustentables orientadas al ahorro de energía, la seguridad, el desarrollo económico y social, una vivienda sustentable tiene que apelar tanto al ahorro en el consumo energético como a la misma generación de energía, este sistema de iluminación busca generar esta nueva propuesta, basada en elementos tecnológicos que, además de brindar un mayor confort, reduzcan el impacto ambiental.

Otra de las cualidades que busca el sistema modular de iluminación, es la capacidad de reorganización es decir que le permita crecer o decrecer ordenadamente permitiendo a los usuarios la posibilidad de ajustar la iluminación de acuerdo a sus necesidades cambiantes, así como a las mejoras tecnológicas a lo largo del tiempo buscando ser flexible a la hora de su montaje, esto representa una ventaja en comparación a los sistemas tradicionales de iluminación, donde las personas se adaptan a lo ya establecido.

Ahora bien teniendo como herramienta el conocimiento en diseño de producto y diseño industrial, se busca generar una simbiosis con la arquitectura y los espacios con el fin de que exista un entendimiento a fondo del contexto y que dé pie a un proyecto de iluminación apropiado, resulta una gran ventaja que este prototipo de casa experimental este en la etapa de construcción lo que permitirá entender sus particularidades, construcción y comportamiento focalizando los requisitos y necesidades del usuario, sin perder de vista que este sistema sea replicable a una casa habitación.

Dada la importancia de la iluminación en el diseño de interiores, este proyecto busca lograr y manipular las propiedades físicas de la luz con la intención de implementar un producto capaz de mantener enfocado, relajado y alerta al usuario cada vez que así lo desee, potenciando el trabajo de los individuos dentro del espacio, esto se logra a través de diferentes ambientes de programación, factores de manipulación tales como temperatura de color, flujo luminoso e intensidad de luz, por lo que se deben tener en cuenta conceptos como modularidad, reorganización y facilidad en el montaje, cumpliendo con estas características es que se llegará a crear una nueva propuesta y con esto una nueva forma de vida.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

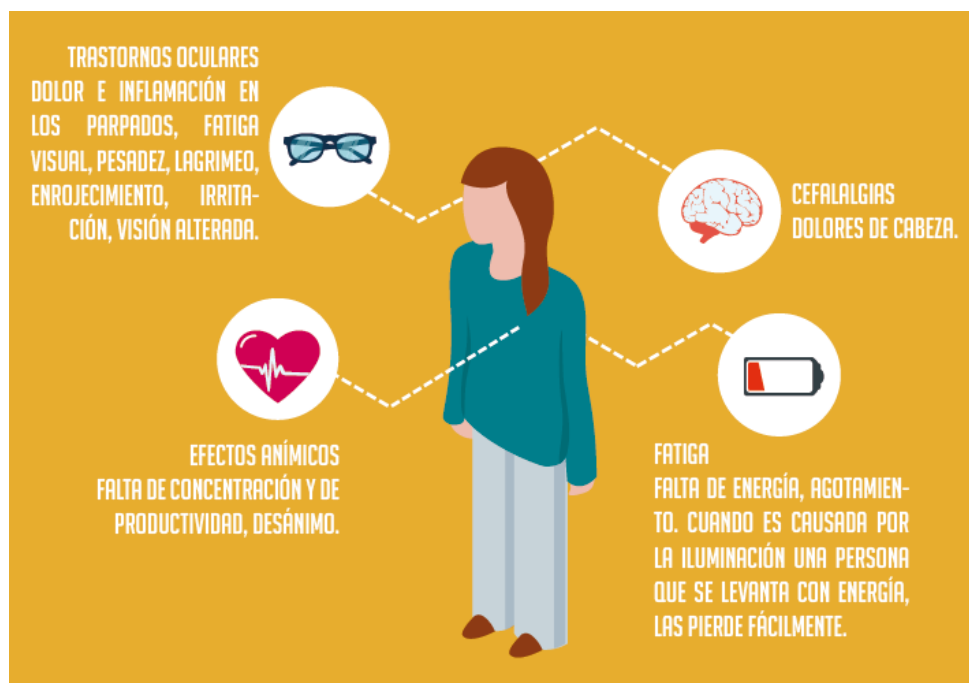
El ahorro de recursos y energía no debe ser visto sólo como una tendencia de moda, debe estar presente en todo el diseño de iluminación, es cierto que las nuevas tecnologías ayudan a la mejora y el rendimiento de los objetos, sin embargo, este no es siempre el cambio de conducción o con mayor peso, un proyecto puede ser mejorado con nuevas ideas y estrategias tales como maximizar las cualidades de los materiales, la geometría del diseño o incluso el tiempo para montar un producto.

El proyecto de investigación busca que el sistema de iluminación artificial mantenga en su proceso el mismo concepto constructivo de módulos, cambiando del sistema fijo de iluminación “artesanal” tradicional a uno que se adapte a diferentes áreas señaladas y requeridas por el usuario. Esta investigación nos posibilitará crear réplicas del sistema a dimensiones de otros sistemas modulares buscando que sea replicable a casa habitación.

Predecir el futuro en el campo de la iluminación resulta complicado, debido al constante cambio que existe de la tecnología, sin embargo, hay algunas tendencias claras que definirán la dirección que con toda probabilidad tomará la iluminación arquitectónica, curiosamente no es solo la existencia de nueva tecnología lo que impulsa el cambio, sino la presión económica y ecología para reducir el consumo de energía (Innes, 2012)

### 1.3 Descripción del problema

A pesar de que la luz nos rodea todos los días y se ha convertido en un aspecto común en nuestras vidas, no debemos ignorar la capacidad que tiene para influir en nosotros de una manera significativa, establece las horas de sueño como las horas de trabajo, incluso afecta nuestra conciencia y salud, una mala iluminación tiene consecuencias como errores, migrañas y fatigas. A continuación, se presentan algunos de los padecimientos que se pueden llegar a tener a causa de una mala iluminación (Figura 7).



**Figura 1.7** Efectos de la iluminación inadecuada en la salud, con datos en base a Grupo de visión y color de la Universidad de Alicante (2017).



Además de cubrir las necesidades del usuario, cualquier buen proyecto de iluminación ha de respetar y responder a la arquitectura que habita e ilumina. Ahora bien, una iluminación excepcional no puede limitarse a un espacio, sino que ha de integrarse en el diseño arquitectónico y de interior (Raitelli, 2008), partiendo de esta idea y considerando el sistema constructivo modular de la casa solar experimental, es desatinado manejar un sistema de iluminación tradicional, el cual utilice métodos convencionales de funcionamiento, donde el consumo de electricidad no genere ahorros y control de la luminaria sea ineficiente.

El consumo de electricidad ha ido en aumento en los últimos años debido a los cambios en el estilo de vida de las personas, convirtiendo a los sistemas de energía tradicionales en formas menos convenientes de utilizar, conforme el tiempo avanza las nuevas tecnologías no han atendido del todo esos factores, dejando de lado también el tipo de instalaciones cuando en realidad es una parte importante del habitar. El sistema de iluminación se debe resolver de manera eficiente, debe ser un proyecto sostenible que cumpla con los objetivos establecidos logrando la mejor experiencia sensorial y visual.

La falta de un sistema de iluminación modular que permita establecer diferentes ambientes y que ayuden a potenciar las actividades del usuario, conservando el mismo concepto de modularidad que el de la casa solar experimental, con la capacidad de configuración, reorganización y facilidad en su montaje es lo que da lugar a este proyecto de investigación.

#### **1.4 Luminotecnia**

La iluminación juega un papel fundamental en el desarrollo de las actuales actividades sociales, comerciales e industriales. La tecnología ha evolucionado a sistemas de alumbrado capaces de adaptarse a las exigencias actuales y que, a su vez, son más eficientes energéticamente mediante dispositivos de regulación y control adecuado. Adrián León describe la luminotecnia como la “ciencia que estudia las distintas formas de producción de luz, así como su control y aplicación, es decir, es el arte de la iluminación con luz artificial para fines específicos” (León, 2007).

Para permitir que las personas realicen tareas de modo eficiente y preciso, debería preverse una iluminación adecuada. La iluminación puede ser proporcionada mediante luz natural, alumbrado artificial o una combinación de los mismos.

La luz es uno de los factores que mayormente influye en la gente y en su percepción de los espacios, existen diferentes tipos de luz tanto natural como artificial; entre la luz natural se encuentran la luz directa, la luz difusa, la luz cenital y contraluz; mientras que la luz artificial la podemos clasificar en luz para crear atmosferas, luz para trabajar e iluminación decorativa.

#### **1.4.1 Luz natural**

La luz es un elemento que ha estado presente en la vida del ser humano desde el inicio de su historia, asegurando su supervivencia, la luz natural que nos brinda el sol, es un factor que influye en el reloj biológico, la salud y la psicología de las personas; por medio del día y la noche se han establecido los ciclos horarios; para un proyecto de iluminación la luz natural es un factor que debe ser aprovechado por el diseñador desde el inicio del proyecto, donde se debe tener en consideración los constantes cambio al transcurso del día y las estaciones del año.

La luz natural puede proporcionar la totalidad de la iluminación para tareas visuales. Varía de nivel y de composición espectral con el tiempo, y por ello proporciona una variación en un interior. La luz natural puede crear un modelado específico y una distribución de luminancia. (Norma española UNE-EN 15193, 2007) es posible que no se utilice la iluminación artificial durante el día, aunque es necesaria para el uso nocturno de la habitación o cuando no hay suficiente luz natural.

Existen diferentes tipos de luz natural: Directa, difusa, cenital y contraluz; la luz directa y difusa son importantes para las actividades del organismo, “la luz directa tiene acción bactericida (destructora de microbios) y la luz difusa es la más conveniente para el trabajo, ya que no hiere ni fatiga los ojos” (Barroso, P., & Britos., 2010), trabajar con luz natural se da un rendimiento en las personas del 15% mayor , que el trabajar expuestos con luz artificial.

#### **1.4.2 Luz artificial**

La luz artificial tiene por objetivo reemplazar la luz natural. Para ser una iluminación correcta, debe parecerse lo más posible a la luz natural.

La luz para crear atmósferas puede ser una mezcla de luz artificial y luz natural por lo que puede ser muy variada. “La iluminación más apropiada para un espacio es aquella que resuelve y mejora las necesidades prácticas y estéticas del ambiente que estamos iluminando” (Loft Publications, 2011). Una buena iluminación artificial puede hacer que un espacio parezca más cálido, más confortable, o más amplio. La iluminación artificial también tiene la capacidad de alterar la percepción que tenemos de un espacio e incluso podremos establecer varios espacios dentro de una misma habitación.

Para las zonas de trabajo, de estudio y de lectura se recomienda luz indirecta (sin que produzca sombras), en estos espacios la iluminación funcional toma un papel importante. “En los aspectos de trabajo las lámparas de techo no son las más adecuadas ya que suelen proyectar sombras, el mejor recurso son las lámparas de pie y de sobremesa, sobre todo las regulables” (Loft Publications, 2011). Esto permite además colocar las lámparas en una posición en la que la iluminación sea la correcta sin deslumbrar.

La iluminación decorativa es la que no tiene una función práctica sino estética, como la de resaltar un mueble o un cuadro mediante fuentes de luz; en este ámbito el mercado actual ofrece una gran variedad de sistemas de iluminación, esto con el fin de responder a las múltiples necesidades de decoración que surgen en torno a los diferentes espacios en el hogar. “Los colores. Las formas y las texturas que forman los espacios determinarán la iluminación más indicada para cada una de las habitaciones” (Loft Publications, 2011)

### **1.5 Sistema tradicional de iluminación**

Se consideran como instalaciones de iluminación los circuitos eléctricos de alimentación, las fuentes luminosas, las luminarias y los dispositivos de control, soporte y fijación que se utilicen exclusivamente para la iluminación interior y exterior de bienes de uso público y privado (Ministerio de minas y energía, 2009).

Se entiende por instalación eléctrica al conjunto integrado por canalizaciones, estructuras, conductores, accesorios y dispositivos que permiten el suministro de energía eléctrica desde las centrales generadoras hasta el centro de consumo, para alimentar a las máquinas y aparatos que la demanden para su funcionamiento (Polonía Puentes, 2011).

En los proyectos de iluminación se deben aprovechar los desarrollos tecnológicos de las fuentes luminosas, las luminarias, los dispositivos ópticos y los sistemas de control, de tal forma que se tenga el mejor resultado lumínico con los menores requerimientos de energía posibles, empleando apropiadamente los recursos tecnológicos y evaluando todos los costos razonables que se incurren en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto de iluminación (Ministerio de minas y energía, 2009).

En tiempos en los que se 'lucha' por ahorrar energía como los de ahora, la sustitución de sistemas tradicionales de iluminación por otros más modernos y eficientes toma especial importancia (SeniorLED, 2016).

## 1.6 Modularidad

El diseño modular es un enfoque donde se subdivide un sistema en partes más pequeñas llamadas módulos, que pueden ser creadas independientemente y luego utilizadas en diferentes sistemas. (Dimaggio, 2016) un sistema modular permite optimizar el tiempo de construcción y debido a que son transportables, desarmables y reorganizables permiten impulsar múltiples funcionalidades.

El módulo, forma parte de un sistema (Modulo) y mantiene algún tipo de relación o vínculo con el resto de los componentes. Lo repetitivo (modular) es fácil de ensamblar y suele ofrecer una amplia flexibilidad (no en sus componentes sino en la manera de armado o montaje). Por otra parte, el producto final o sistema puede ser reparado si se repara el módulo o componente que no funciona. Se conoce como modularidad a la capacidad de un sistema para ser entendido como la unión de varios componentes que interactúan entre sí y que son solidarios (cada uno cumple con una tarea en pos de un objetivo común) (Ropero Rago & Comas Mora , 2013).

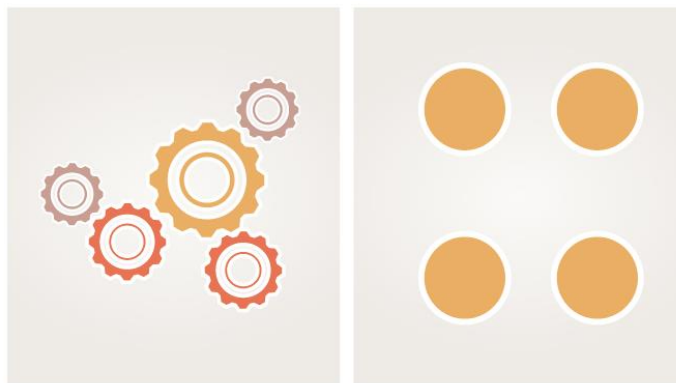
Muchos de los productos en el mercado pueden llegar a ser clasificados como modulares, por lo que el término puede llegar a ser relativo y se podría decir que existen niveles o grados de modularidad. Una de las virtudes que Carliss Y. Baldwin considera que debe tener un módulo es que “sus componentes pueden ser mezclados y deben encajar para alcanzar la mayor cantidad de configuraciones en un entorno determinado, incluso muchas veces los diseñadores no saben el número preciso de configuraciones” (Baldwin & Clark, 2005).

Dentro de un sistema modular debe haber reglas que gobiernen la construcción del diseño, asegurando que las partes o módulos sean independientes, en caso de haya un fallo, no colapsen todo el sistema, pero buscando una conformidad en todas sus partes. La ventaja de tener modularidad en un diseño es que permite un sinfín de configuraciones “La naturaleza de opciones permite que cosas inesperadas pasen” (Baldwin & Clark, 2005) permitiendo experimentar, adaptarse y elegir la mejor opción.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

Existen diferentes tipos de diseño modular por un lado, los diseñadores buscan crear opciones a través de la modularidad mientras que por otro lado, se busca integrar todos los componentes en un módulo con el fin de lograr altos niveles en el desempeño (Baldwin & Clark, 2005), se la opción se puede decir que un sistema modular crea opciones y un sistema modular puede evolucionar.

A continuación, se muestra un diagrama en el cual se ejemplifica el sistema tradicional que se mantiene siempre igual y en el cual si falla una parte tiende a colapsar todo el sistema a diferencia del sistema modular el cual tiene la capacidad de crear opciones, si falla una pieza únicamente deja de funcionar una parte del sistema y es más fácil reemplazar este segmento.



**Figura 1.8** Sistema tradicional vs sistema modular.

## **1.7 Hipótesis**

Partiendo de la casa solar experimental y conservando el mismo concepto de modularidad, es posible desarrollar un sistema de iluminación con la capacidad de configuración, reorganización y facilidad en su montaje, dando paso a que exista una conformidad total en el proyecto, además de establecer diferentes ambientes que ayuden a potenciar las actividades del usuario, buscando hacer un cambio en el sistema tradicional de iluminación y que a su vez sea replicable a casa habitación.

## **1.8 Objetivo general**

Diseñar un sistema modular de iluminación para facilitar la configuración, reorganización y montaje permitiendo al usuario elegir la forma en la que desea iluminar un espacio, impulsando la creación de ambientes y potencializando sus actividades dentro de la casa solar experimental tomando en cuenta la interrelación de factores humanos y la tecnología emergente, buscando así hacer un cambio en el sistema tradicional de iluminación y que a su vez sea replicable a casa habitación.

### **1.7.1 Objetivos particulares**

- Entender el contexto arquitectónico y la influencia de la luz en el espacio, así como comprender los requerimientos funcionales, psicológicos, ambientales, sociales, económicos y culturales del usuario para poder diseñar un sistema de iluminación modular acorde al proyecto.
- Contar con los principios de básicos del diseño de iluminación para su aplicación.
- Establecer las actividades que se desarrollan en el hogar, con el fin de determinar tonalidad e intensidad de iluminación para cada actividad que se desarrolla en la vivienda.
- Desarrollar un prototipo con los recursos disponibles que se ajuste a las necesidades demandadas.

## Capítulo 2

### CONSIDERACIONES TEÓRICAS

Este capítulo presenta las consideraciones teóricas que se deben tener presentes para el diseño y desarrollo del sistema modular de iluminación, así como el trabajo de investigación lumínico, la percepción que tiene el usuario ante los cambios lumínicos y de color dentro de los espacios, con la finalidad de establecer criterios y puntos de vista que ayuden a la evaluación, condiciones y necesidades con el fin de cumplir los objetivos.

#### 2.1 La influencia de la iluminación en las personas

Hasta un 80% de la información que manejamos llega a nuestro cerebro por estímulos visuales es decir, hasta hace poco se pensaba que los fotorreceptores visuales los conos y los bastones de la retina eran los únicos encargados de llevar la información de la luz al cerebro, en su caso a la corteza visual, pero en el años 2002 se descubrieron en la retina células ganglionares con una proteína fotosensible la melanoidina, que son más sensibles a la luz azul, y que sincronizan nuestros ritmos biológicos llevando la información de la luz por un camino totalmente distinto al de la visión con destino a la glándula pineal y con nulo efecto visual. El NSQ (núcleo supraquiasmático) utiliza la glándula pineal para llevar la batuta de los ritmos de cada órgano, de cada célula, sincronizándolas con el mundo exterior.

La luz es tan importante para la visión como para el ánimo, el esfuerzo intelectual y la regulación de los ritmos circadianos, tanto es así que un estudio del jornal of Cognitive Neurocience dirigido por Steven Lockey demostró que incluso en personas ciegas la luz favorece el rendimiento cognitivo sin existir estimulación de la corteza visual, en definitiva, objetivando la importancia de los efectos de la luz, más allá de la mera visión. (Morente & García, 2016)



## 2.2 Percepción e iluminación

Francisca Prat Mendoza expone que la luz artificial “constituye un elemento más, una materia intangible que es capaz de darle carácter a la obra de arquitectura y al paisaje, potenciando las materialidades que lo componen” (2017) donde para crear un ambiente primero se debe conocer bien el contexto y la obra arquitectónica para comprender los límites del espacio, además de que pone énfasis en el ahorro energético a la hora de elegir las luminarias sin dejar de lado características como la eficiencia, la distribución y color de temperatura, a lo largo del tiempo y con el avance de la tecnología desarrollada en diseño de la luz, la iluminación arquitectónica se ha vuelto más exigente lo que ha ampliado el mercado y con esto a veces resulta más difícil el encontrar la luminaria idea que cumpla con las características que se están buscando, es recomendable saber al menos lo básico para que se transmita lo que se quiere decir a través de la arquitectura junto con el color, la luz y las sombras.

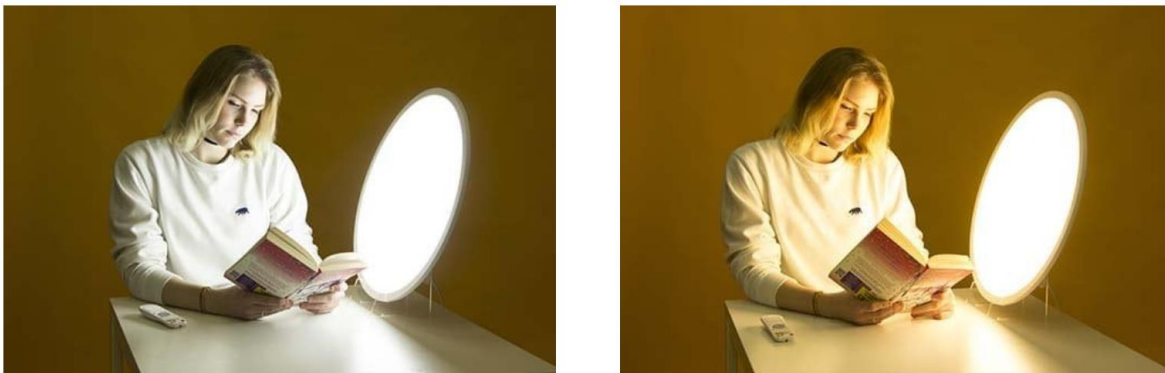
“Debido a los avances tecnológicos y el actual ritmo de vida, los individuos tienden a permanecer más tiempo dentro de edificios y desconectados de los elementos naturales, lo cual puede afectar la percepción del mundo que lo rodea y su salud mental. La ANFA (Academia de Neurociencia de Arquitectura) define tres factores como los clave para crear mejores espacios, primero, la continuidad espacio-tiempo, luego el impacto de la percepción espacial y finalmente la iluminación; es en este último factor donde esta investigación busca sustentar que la iluminación es un factor determinante al momento de elegir espacios para trabajo o estudio. Para esto, se analiza la percepción que tienen los individuos a ambientes con diferentes niveles luz mediante encuestas y observación de campo para finalmente presentar conclusiones a cerca de la relación que se plantea.”

Anteriormente las instalaciones de iluminación no eran diseñadas teniendo en cuenta diversos factores que alteran el efecto lumínico de las fuentes de luz de una u otra manera y tampoco existían reglamentos o especificaciones que deberían cumplir éstos diseños, provocando así que las instalaciones de iluminación fueran mal diseñadas y no garantizaban los niveles de iluminancia requeridos para cada tipo de espacio y actividad a realizar (Rodríguez Ramirez & Llano, 2012).

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

La NOM-025-STPS-2008 estableció las reglas generales que se deben tener en cuenta en los diseños de sistemas de iluminación interior. La luz puede tener unas características que favorezcan la estimulación mental o la creatividad y la motivación, puede inducir un estado de calma y relajación además de reforzar ciertos tratamientos médicos, estos son algunos de los efectos de la luz en los seres humanos.

La luz no solo actúa a nivel de la visión si no que influye en los ciclos del sueño, en el rendimiento cognitivo, en el estado de ánimo, en la secreción de determinadas hormonas, en el metabolismo, entre otras.



**Figura 2.1** Influencia de la luz en las personas.

La primera imagen tiene una luminaria con una temperatura de color de 6000 Kelvin (cálido frío) que favorece la reflexión, la ideación y el esfuerzo cognitivo, la segunda con una temperatura de color de 3000 Kelvin (cálido) es una luz óptima para la relajación.

Cuando se requiere mayor exigencia cognitiva y concentración la luz azulada ofrece los mejores resultados estimulando las facultades mentales, en cambio cuando la actividad decrece y el cuerpo se prepara para el descanso, una luz con tonos rojizos ayuda al descanso y favorece la relajación (Celma I Girón, 2014).

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

### **2.3 Principios de iluminación**

De acuerdo a la compañía de soluciones en iluminación Holophane\* un diseñador tiene que cumplir con 4 puntos a la hora de hacer un proyecto con luz:

- 1.** Proveer la visibilidad requerida, basado en la tarea a realizarse y los objetivos económicos.
- 2.** Brindar iluminación de alta calidad mediante niveles de iluminancia uniformes y mediante la minimización de efectos negativos de brillo directo y reflejado.
- 3.** Escoger luminarios estéticamente complementarios a la instalación con características mecánicas, eléctricas y de mantenimiento, diseñadas para minimizar el costo operativo.
- 4.** Minimizar el uso de energía al tiempo que se consiguen los objetivos de visibilidad, calidad y estéticos (Holophane, 2011).

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

Para cumplir con los criterios y medir el logro de los objetivos se debe tener una comprensión de los principios básicos de iluminación. Los parámetros fundamentales para un ambiente luminoso son:

- Distribución de luminancia.
- Iluminancia.
- Deslumbramiento.
- Dirección de la luz.
- Rendimiento de colores y apariencia de color de la luz.
- Flicker.

### **2.3.1 Distribución de luminancia**

La distribución de la luz en un espacio es de gran importancia debido a que controla el nivel de adaptación del ojo humano a su vez afectará la visibilidad y eficiencia de la actividad o tarea que se esté realizando. Gracias a una luminancia equilibrada se puede lograr (Norma española UNE-EN 1244-1, 2007):

- Agudeza visual.
- Sensibilidad al contraste.
- Eficiencia de las funciones oculares.

Para lograr una luminancia adecuada, la norma española UNE-EN 1244-1, recomienda ciertos márgenes de reflectancia en las superficies:

- Techo 60 a 90%
- Paredes 30 a 80%
- Planos de trabajo 20 a 60%
- Suelo 10 a 50%

### **2.3.2 Iluminancia**

La iluminancia y su distribución en el área de la tarea y su alrededor tienen un gran impacto en cómo una persona percibe y realiza la tarea visual de un modo rápido, seguro y confortable (Norma española UNE-EN 1244-1, 2007).

En algunas ocasiones es necesario realizar tareas con una iluminancia aumentada, por ejemplo cuando:

- El trabajo visual es crítico.
- Los errores son costosos de rectificar.
- La exactitud o la mayor productividad es de gran importancia.
- La capacidad visual del trabajador está por debajo de la normal.
- Los detalles de la tarea son de tamaño inusualmente pequeño o de bajo contraste.
- La tarea es realizada durante un tiempo inusualmente largo.

La iluminancia puede ser disminuida en actividades cuando:

- Los detalles de la tarea son de un tamaño inusualmente grande o de un elevado contraste.
- La tarea es emprendida durante un tiempo inusualmente corto.
- En áreas ocupadas de modo continuo, la iluminancia no debe ser menor de 200 lux.

### **2.3.3 Deslumbramiento**

El deslumbramiento es la sensación producida por áreas brillantes dentro del campo de visión, así mismo es importante evitar el deslumbramiento ya que causa errores, fatiga y accidentes (Norma española UNE-EN 1244-1, 2007).

### 2.3.4 Dirección de la luz

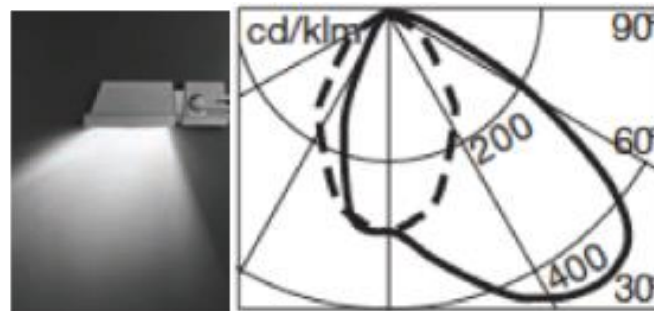
La iluminación direccional puede usarse para resaltar objetos, revelar texturas y mejorar la apariencia. El equilibrio entre la luz difusa y la luz direccional da como resultado una buena apariencia general de un interior, cuando sus características estructurales, las personas y objetos dentro de él son iluminados de modo que se revelen la forma y la textura en forma clara y agradable (Norma española UNE-EN 1244-1, 2007).

También se clasifican en función de la apertura del haz en: estrecho, medio o ancho. El ángulo de haz de un proyector es el ángulo entre las dos direcciones en que la intensidad luminosa disminuye hasta un porcentaje, generalmente 50% o 10% de su valor de pico. (Morente & García, 2016)

**Tabla 2.1** Apertura del haz de luz.

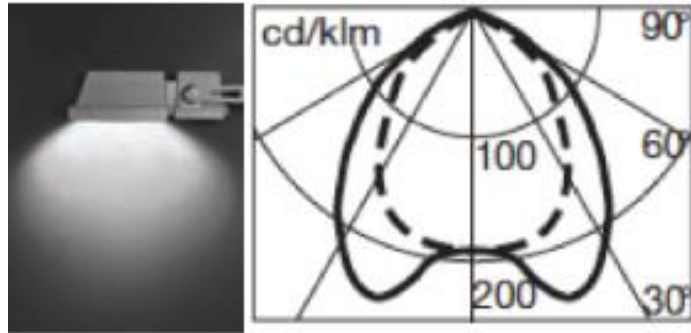
Descripción	Apertura del haz
Haz estrecho	$\leq 20^\circ$
Haz medio	$20^\circ$ a $40^\circ$
Haz ancho	$\geq 40^\circ$

A continuación se muestra la curva fotométrica y la apariencia del haz de luz que se genera de acuerdo a la geometría y cualidades de la luminaria.

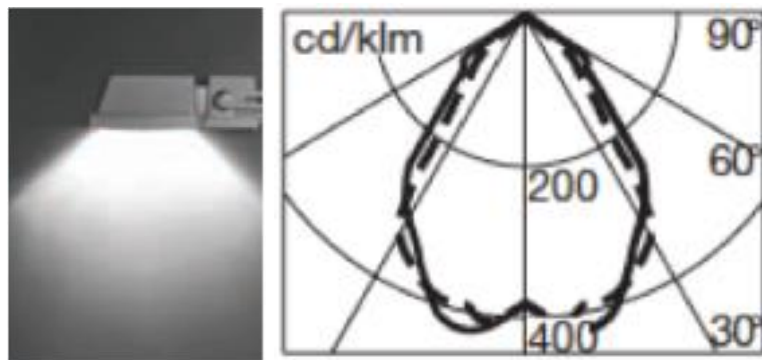


**Figura 2.2** Haz de luz asimétrico.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.



**Figura 2.3** Haz de luz abierto.

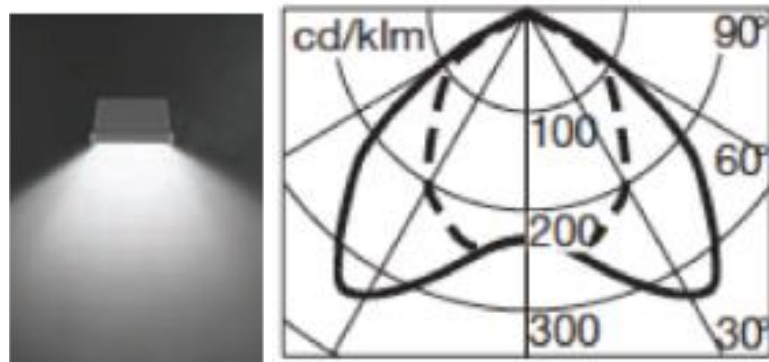


**Figura 2.4** Haz de luz intensivo.



**Figura 2.5** Haz de luz cerrado.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.



**Figura 2.6** Haz de luz amplio.

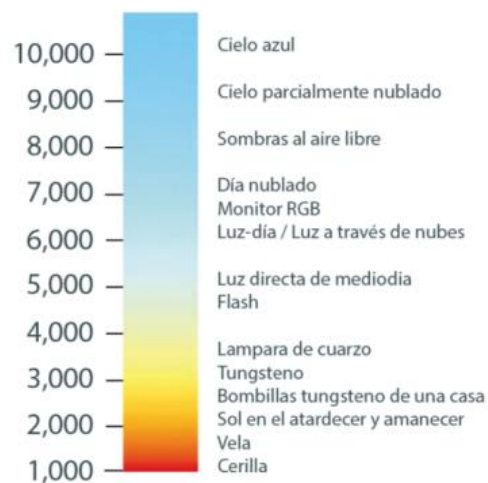
La nomenclatura de los proyectores es la siguiente, cuando el proyector es simétrico, basta con dar un ángulo de apertura, por ejemplo  $20^\circ$ , esto implica  $10^\circ$  a cada lado del eje del haz.

Cuando el proyector es asimétrico, se necesitan dos cifras para definir la apertura del haz; por ejemplo  $15^\circ/30^\circ$ , que indican la apertura del haz en dos planos de simetría perpendiculares entre sí. El primero corresponde al plano vertical y el segundo corresponde al plano horizontal (Morente & García, 2016).



### 2.3.5 Rendimiento de colores y apariencia de color de la luz

El efecto cromático que emite la luz a través de fuente luminosa depende de su temperatura. Si la temperatura es baja, se intensifica la cantidad de amarillo y rojo contenida en la luz, pero si la temperatura de color se mantiene alta habrá mayor número de radiaciones azules (Loft Publications, 2011). Las temperatura cromática se puede variar si se utilizan filtros sobre las fuentes luminosas.



**Figura 2.7** Temperatura del color en escala Kelvin (Loft Publications, 2011).

Las cualidades del color de una lámpara próxima al blanco están caracterizadas por dos atributos:

- La apariencia de color de la propia lámpara.
- Sus capacidades para el rendimiento de colores, que afecta los colores iluminados por la lámpara (Tabla 1).

**Tabla 2.2** Grupos de apariencia de color de lámparas (Colorlib, 2014).

Apariencia del color	Temperatura de color Kelvin
Cálida	Inferior a 3,300 K
Intermedia	3,300 a 5,300 K
Fría	Superior a 5,300 K

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

La elección de apariencia de color es una cuestión psicológica, estética y natural, esto depende del contexto, el nivel de iluminancia, clima circundante y la aplicación (Colorlib, 2014):

- Ámbar o blanco muy cálido, (1,500 a 2,900 K) (RGB: 255, 108, 0 a 255, 174, 103) crean estados de ánimo de relajación, incita al descanso y al sueño
- Blanco Cálido, (de 2,900 a 3,000 K) (RGB: 255, 174, 103 a 255, 177, 110) es una luz levemente anaranjada, ideal para ambientes de descanso, esparcimiento y lectura, un tono de luz que tranquiliza.
- Blanco neutro o luz del día, (3,900 a 5,500 K) (RGB: 255, 203, 161 a 255, 237, 222) es recomendada para áreas de trabajo, su tono aumenta la productividad y realza los colores de los objetos.
- Blanco frío, (5,500 A 7,000 K) (RGB: 255, 237, 222 a 243, 242, 255) es una luz muy blanca levemente azulada, es recomendada para áreas de trabajo, es una luz que provoca a la actividad, pero cansa en periodos prolongados. Otra ventaja del blanco frío es su eficiencia lumínica ya que logra más nitidez y entrega más lux por watt que las luces cálidas.

### 2.3.6 Flicker

El efecto Flicker es un fenómeno fisiológico causado por variaciones luminosas producidas por cambios bruscos en las cargas conectadas a la energía eléctrica, por lo que puede causar distracción y efectos desfavorables como dolores de cabeza y cambio de la percepción provocando errores e incluso accidentes (Norma española UNE-EN 1244-1, 2007).

## **2.4 Consideraciones técnicas de iluminación**

Desde el punto de vista fotométrico y lumínico los aspectos que interesan para el diseño y selección de luminaria son:

- Coeficiente de luz diurna
- Rendimiento luminoso
- Flujo luminoso
- Potencia específica
- Nivel de iluminancia

### **2.4.1 Coeficiente de luz diurna**

La luz natural que interactúa con el hogar, estará en contacto directo con la luz de la luminaria, es por eso que habrá que tener presente el coeficiente de luz diurna (CLD), “que en un punto interior expresa la relación entre la iluminancia producida por la luz natural en un punto y la iluminancia en el exterior determinada en el mismo instante y sin obstrucciones” (Raitelli, 2008).

### **2.4.2 Rendimiento luminoso**

Una vez que tenemos el coeficiente de luz natural es importante calcular los rendimientos luminosos del tipo de lámpara que se utilizará, para saber cuál y cuántas luminarias serán indispensables para una iluminación correcta. Este factor expresa la relación entre el flujo luminoso emitido por el artefacto y el flujo de las lámparas que contiene. (Raitelli, 2008)

El rendimiento luminoso total es una medida de la eficiencia energética de una luminaria, pero no brinda mucha información acerca de cómo es la distribución espacial de la luz. Por lo que es substancial saber la clasificación y características de las diferentes formas de distribución de flujo luminoso.






### **2.4.3 Flujo luminoso**

El cálculo de la iluminación de interiores comprende la determinación del flujo luminoso total que incide sobre un punto o una superficie. Este flujo se compone de dos partes, “la primera corresponde a la fracción que llega directamente desde las luminarias (componente directa), la otra involucra la cantidad de luz proveniente de las múltiples reflexiones que tienen lugar en los objetos y las superficies que delimitan el espacio y que pueden considerarse como fuentes secundarias (componente indirecta o interreflejada)” (Raitelli, 2008).

Otro de los factores que afecta la cantidad de lúmenes en una superficie son los tipos de luminaria, esto debido a la distribución de flujo luminoso en cada una de ellas, en la tabla 2 se muestran las características y tipos de iluminación que se pueden lograr.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

**Tabla 2.3** Clasificación de luminarias de acuerdo con la distribución del flujo luminoso (Raitelli, 2008).

Tipo de luminaria	Distribución del flujo por hemisferios % superior % inferior	Características
Directa	0 - 10 90 - 100 	Alta eficiencia energética. Posibilita buena uniformidad y balance de claridades en el campo visual. Con distribución concentrada puede requerir alumbrado suplementario para aumentar la iluminación en superficies verticales. El cielorraso o la cavidad sobre el plano de montaje pueden resultar poco iluminados. En general requiere control de luminancias para minimizar deslumbramiento (directo y reflejado).
Semi directa	10 - 40 60 - 90 	Similares a tipo directo, pero con menor eficiencia energética. Reduce el contraste de luminancias con el cielorraso. La luz reflejada (difusa) suaviza sombras y mejora las relaciones de claridad. No deben instalarse demasiado cerca del cielorraso para evitar áreas de alta luminancia que podrían resultar distractoras, perturbadoras y afectar la estética del ambiente.
Difusa	40 - 60 40 - 60 	Combinadas entre tipos directa y semi-directa, pero con menor eficiencia energética. Produce buenas relaciones de claridad y suavizado de sombras. Puede ocasionar deslumbramiento (directo y reflejado) aunque su efecto es compensado por la componente reflejada (difusa). Requiere altas reflectancias de paredes y cielorraso.
Directa indirecta	40 - 60 40 - 60 	Es un caso especial de tipo difusa, pero con una eficiencia energética un poco mayor. Estas luminarias emiten poco flujo en ángulos próximos a la horizontal lo cual reduce las luminancias en la zona de deslumbramiento directo.
Semi directa	60 - 90 10 - 40 	Similares a tipo semi-directo, pero con menor eficiencia energética. Las superficies del local deben tener alta reflectancia. La baja componente directa reduce las luminancias deslumbrantes y el contraste de claridades con el cielorraso.
Indirecta	90 - 100 0 - 10 	Elimina virtualmente las sombras y el deslumbramiento directo y reflejado, pero tiene baja eficiencia energética. Requiere altas reflectancias de paredes, cielorraso y un adecuado programa de mantenimiento de artefactos y superficies. Hay que cuidar el balance de iluminancias con el cielorraso.

Para un diseño adecuado de iluminación en donde se requiere que la luminaria tenga la capacidad de adaptarse a diferentes actividades y espacios en el hogar, es preciso saber la cantidad de luxes que corresponden según el requerimiento, con lo que se logrará el objetivo a solventar.

#### **2.4.4 Potencia específica**

El siguiente paso es conocer la potencia específica que produce la luminaria. “Este procedimiento se deriva del método de factor de utilización y se emplea más para evaluar la eficiencia energética de instalaciones de alumbrado que como herramienta de cálculo de iluminación” (Raitelli, 2008) El procedimiento de la potencia específica como herramienta de cálculo ya que esta última sólo permite realizar determinaciones aproximadas.

#### **2.4.5 Nivel de iluminancia**

Esta variable es medida en Lux (Lumen/m<sup>2</sup>) mediante un luxómetro o un sensor de iluminación que se colocara en la superficie de trabajo con la misma inclinación y altura que esta. En general la iluminancia interior es medida a 75 cm sobre el suelo, ya que es la altura estimada de una superficie de trabajo (Raitelli, 2008).

Tanto la iluminancia como el nivel de iluminación pueden ser determinadas gracias a equipos fotométricos y los lúmenes de los diferentes tipos de fuentes luminosas como de la luz diurna se pueden medir con la ayuda de luxómetros; esto facilita la toma y precisión de datos.

### **2.5 Luxes, color de temperatura y flujo luminoso**

Hay niveles de iluminación recomendados para cada habitación que guardan relación con las actividades realizadas. Estos parámetros se denominan “nivel luminoso” y su unidad de medida es el “lux”.

#### **2.5.1 Habitaciones y actividades**

Cada espacio se puede preparar para actividades muy distintas que necesitan de iluminación completamente diferente (IKEA Systems, 2014). Para un diseño adecuado de iluminación en donde se requiere que la iluminación tenga la capacidad de adaptarse a diferentes actividades y espacios en el hogar, es preciso saber las diferentes actividades que se realizan en cada estancia para así determinar la cantidad de luxes, temperatura de color y dirección del flujo luminoso que corresponden según el requerimiento.

a) Sala-comedor

Son áreas donde el usuario pasa gran parte del tiempo, es un lugar público donde se reciben visitas, un espacio donde se realizan diversas tareas y por ende se necesitan diferentes temperaturas de color, niveles de iluminación y distribución de flujo luminoso. De acuerdo con el artículo “Todo sobre iluminación” de IKEA Systems se recomienda lo siguiente:

Para ver la Tv “se debe compensar la intensidad de la pantalla con una lámpara de luz suave cerca o detrás de la Tv, se reducirá la presión en los ojos por el cambio de intensidad” otra de las actividades que se realizan es la lectura “una lámpara de lectura adecuada es aquella que proporciona un haz de luz concentrado en un área limitada con la posibilidad de regular su altura” para actividades como relajarse y relacionarse “se debe optar por instalar luces empotradas en el techo e iluminar las paredes y el piso para crear iluminación suave pero eficaz” (IKEA Systems, 2014).

b) Cocina

La cocina es un área donde se requiere una iluminación segura y funcional, donde se debe mantener concentrado y alerta al usuario, evitando accidentes o errores permitiendo la preparación de alimentos de forma eficiente, se deben mantener una iluminación puntual en áreas de trabajo y una iluminación general o ambiental para crear un ambiente agradable.

Por un lado, se recomienda “Proporcionar una luz concentrada dirigida sobre una superficie definida (la encimera, fregadero o placa de cocción) esto nos ayuda a cocinar de forma cómoda y segura” y por el otro se recomienda una iluminación general “tiene el objetivo de crear una luz uniforme en toda la habitación. Por ejemplo, con lámparas de techo situadas muy arriba, luces empotradas o plafones de techo con los que lograrás que tu cocina brille por su calidez” (IKEA Systems, 2014).

### c) Baño

Un baño es un lugar que no se debe subestimar, es un espacio de aseo y debe ser seguro para el usuario, evitando el deslumbramiento, se debe iluminar a las personas.

Se recomienda tener una luz general y una luz dirigida, es decir diferentes tipos de flujo luminoso, según sea la intención o actividad del usuario: “la luz funcional es la que da apoyo para realizar actividades como peinarse, afeitarse o maquillarse (luz integrada en espejos y otras lámparas con luz direccional se adaptarán a cada una de las tareas)” y una luz general “que ayudará a completar la sensación de confort del baño” (IKEA Systems, 2014).

### d) Dormitorio

Por lo general se busca mantener un ambiente relajado, sin embargo, también se realizan actividades como leer, estudiar, ver Tv, por lo que se debe pensar en una iluminación cambiante, el flujo luminoso, la intensidad luminosa y la temperatura de color.

Se recomienda “iluminar de manera que se puedan realizar actividades sin molestar a la pareja” Una luz general potente, una luz tenue para ver películas o una luz dirigida para leer en la cama antes de dormir (IKEA Systems, 2014).

### e) Oficina

En la oficina se requieren hacer tareas como leer, escribir, estudiar, son actividades donde el usuario debe estar concentrado evitando el cansancio y la sensación de sueño.

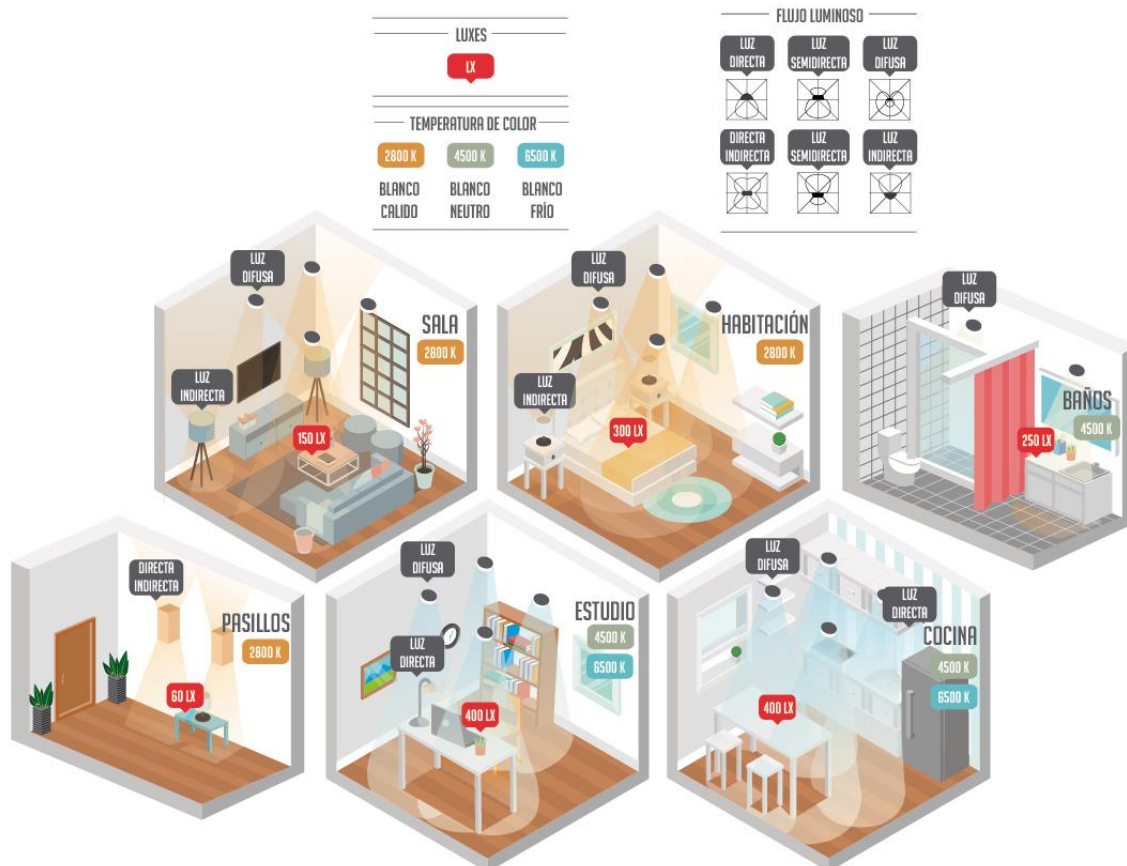
Si se requiere leer o estudiar “será necesario una buena luz de función en el escritorio, combinada con el resto de luces que iluminen la oficina. Se debe colocarla del lado contrario al que se escriba para no proyectar sombras” (IKEA Systems, 2014) con una luz fría se logra este propósito.

Si bien es cierto, la percepción que tienen las personas en la iluminación siempre tendrá resultados diferentes. Sin embargo, las normas y psicología del color nos ayudan a mantener un nivel de confort para los usuarios logrando mejorar las condiciones y visualización de las zonas.



Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

De acuerdo con la norma mexicana NOM-025-STPS-2008, los rangos de iluminación apropiados para el hogar se muestran en el siguiente gráfico:



**Figura 2.8** Rangos de iluminación por local. Fuente elaboración propia con base en la NOM-025-STPS (2008) y vectores diseñados por Freepik (2017).

## Capítulo 3

### METODOLOGÍA

Este capítulo presenta el proceso de diseño que se siguió para el desarrollo y realización del sistema modular de iluminación de acuerdo a las consideraciones teóricas y contexto descritos en los capítulos anteriores, las variables y el modelo seleccionado, así como los planos técnicos y el desarrollo e instrumentación del prototipo.

#### 3.1 Recopilación de datos

Para diseñar el sistema modular de iluminación se requieren establecer las consideraciones de diseño y definir los elementos que pueden contribuir al mejoramiento y calidad de la iluminación, teniendo en cuenta los conceptos vistos en el capítulo 2, las necesidades del usuario, el contexto, los materiales, el ahorro de energía, los niveles de iluminación para cada actividad se logrará completar el objetivo de esta investigación.

La demanda de luz es diferente para cada tipo de actividad, por lo que se deben definir las diferentes acciones o tareas que se realizan en el hogar, sin dejar de lado las emociones que pueden causar cierta cantidad de luz o tonalidad, la luz puede cambiar el estado de ánimo, la motivación, dar sensación de bienestar y seguridad a las personas. El proceso de diseño de la iluminación no siempre es fácil de definir, pues varía en cada proyecto, aunque los conceptos y principios generales son válidos para la mayoría de los casos (Innes, 2012).

#### 3.2 Contexto

El contexto en el que se realizará el proyecto es la Casa Solar Experimental ubicada en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro; para lo cual se debe tener en cuenta variables como orientación, la arquitectura de la casa, la incidencia de la luz solar, los materiales y texturas que estarán en contacto con la luz y sombras así como el mobiliario y estética del sitio, esto nos ayudara a determinar los niveles de luxes, colores e intensidad del haz de luz que se requieren,

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

### 3.2.1 Orientaciones

El municipio de Querétaro se localiza al suroeste entre los paralelos  $20^{\circ} 31'$  y  $20^{\circ} 56'$  de latitud norte y los paralelos  $100^{\circ} 17'$  y  $100^{\circ} 36'$  de longitud oeste. Limita al sur con los municipios de Corregidora y Huimilpan, al este con El Marqués y al noroeste con el estado de Guanajuato (Censo de población y vivienda, 2010).

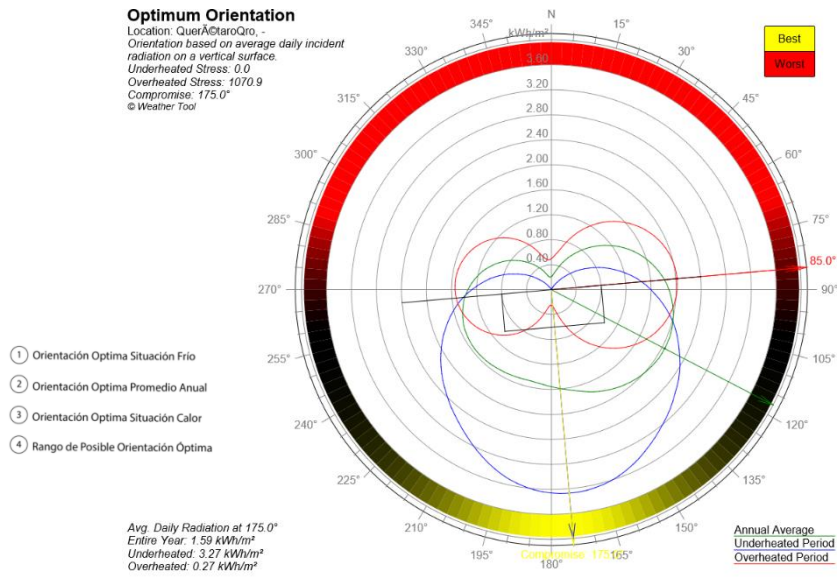


**Figura 3.1** Contexto estado de Querétaro.

El clima en la ciudad de Querétaro según la clasificación de Vladimir Koopen es semiseco. Se caracteriza por una humedad baja y una temperatura alta durante el día y baja durante la noche, con una temperatura media anual de  $18.5^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa media anual de 52.5% (Montejano Aranda, Sin fecha). Los vientos prominentes vienen del suroeste.

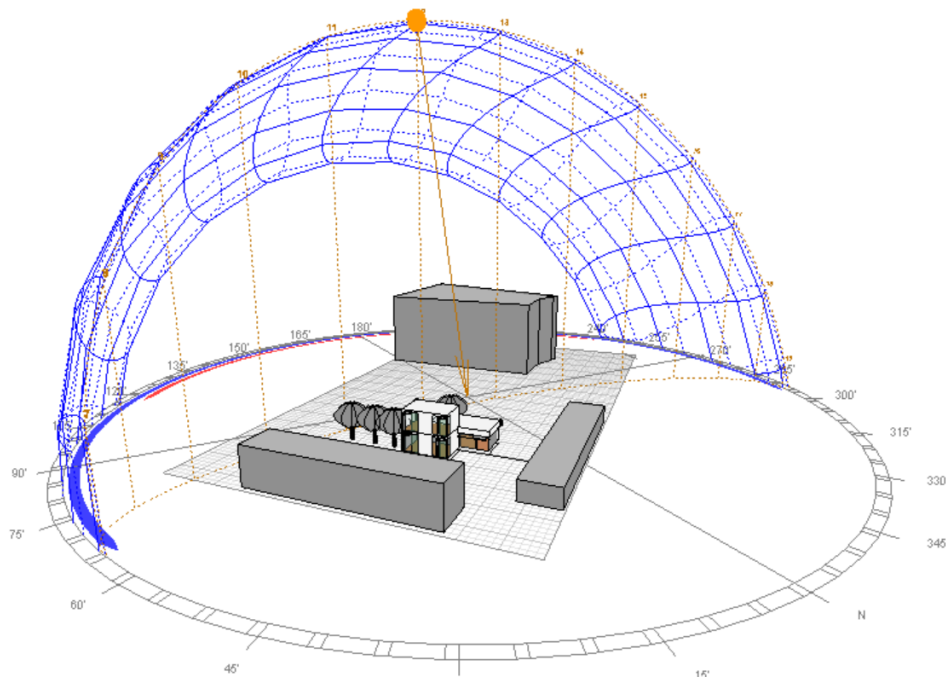
De acuerdo con las gráficas arrojadas por el programa Climate Consultant\* y dadas las condiciones y características climáticas del lugar se recomienda una orientación de  $10^{\circ}$  respecto al sur. La casa solar experimental tiene una orientación de fachada principal hacia el oeste con inclinación al norte, contraria a lo que se recomienda en el Climate Consultant 6.0.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.



**Figura 3.2** Orientación óptima para Querétaro (Climate Consultant 6.0, 2017).

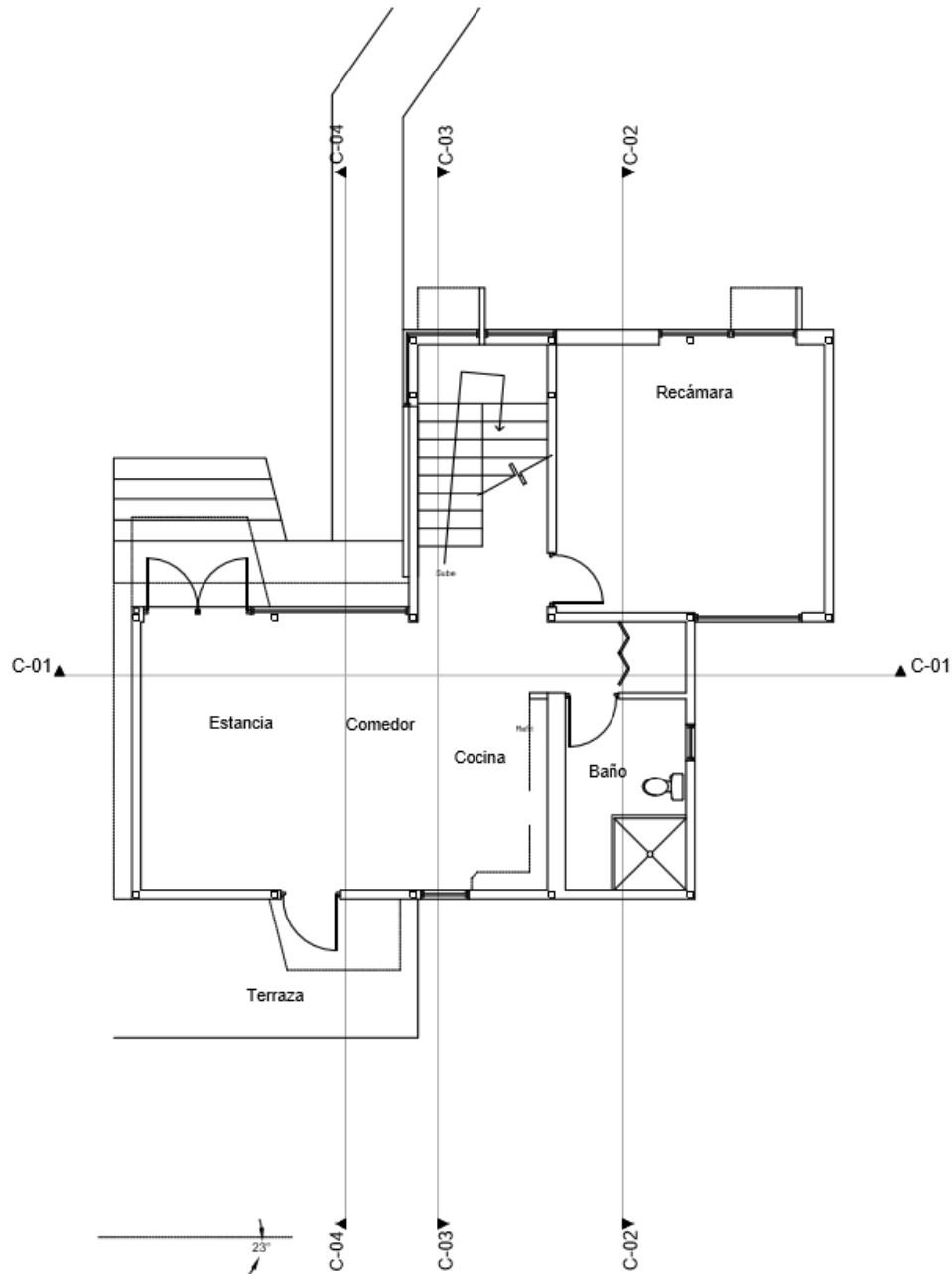
A continuación, se muestra la orientación y el recorrido solar de la zona en la que está ubicada la casa solar experimental. Visualización en Autodesk Ecotect Analysis 2011\* (Figura 3.3).



**Figura 3.3** Bóveda celeste de acuerdo con la ubicación actual de la Casa Solar Experimental FI / UAQ. Elaboración propia a partir de Climate Consultant (2017).

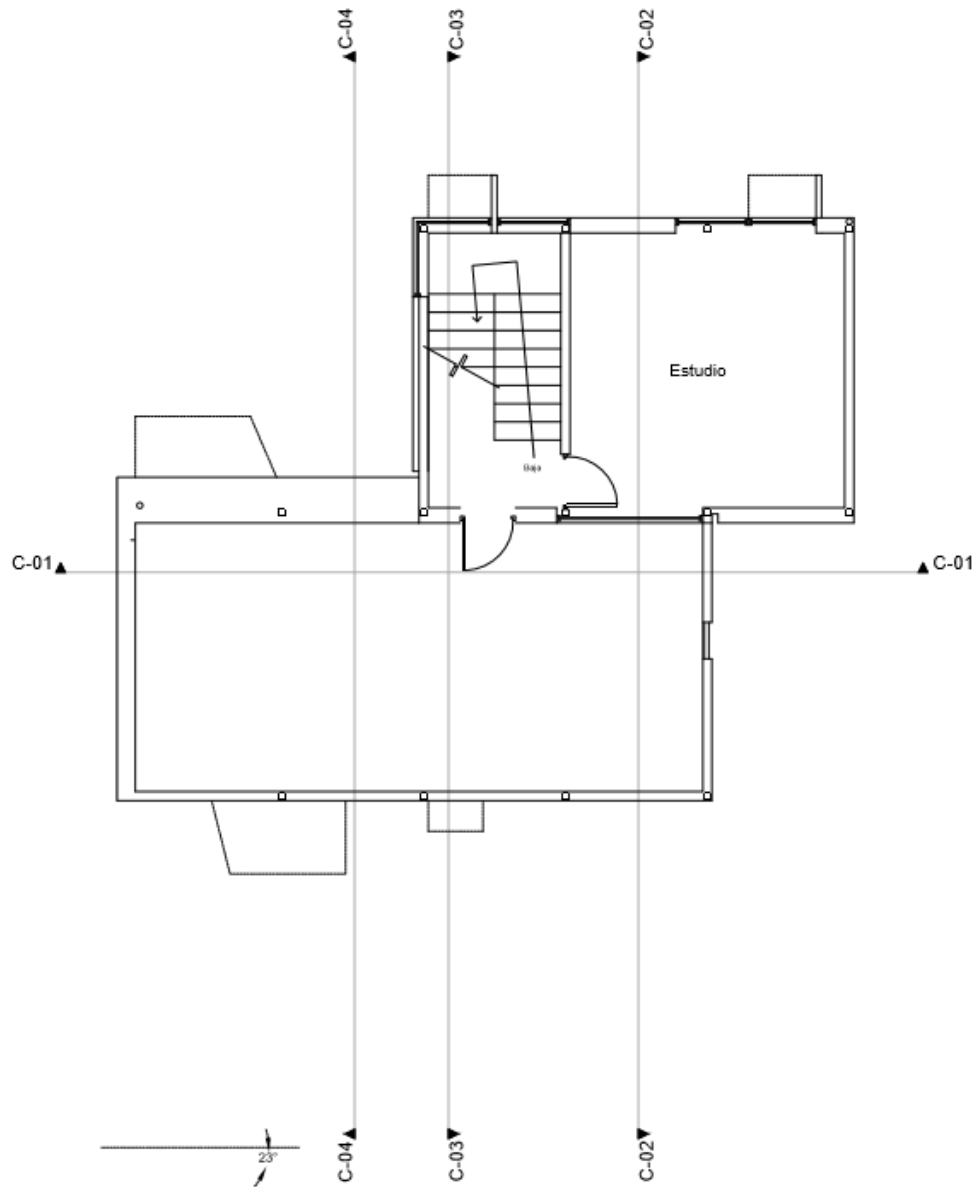
Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

La casa solar experimental tiene la capacidad de ser modular por ende se puede hacer un reacomodo de las habitaciones, para esta versión se decidió hacer el acomodo de la siguiente manera (Figura 3.4 & 3.5):



**Figura 3.4** Planta baja casa solar experimental.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

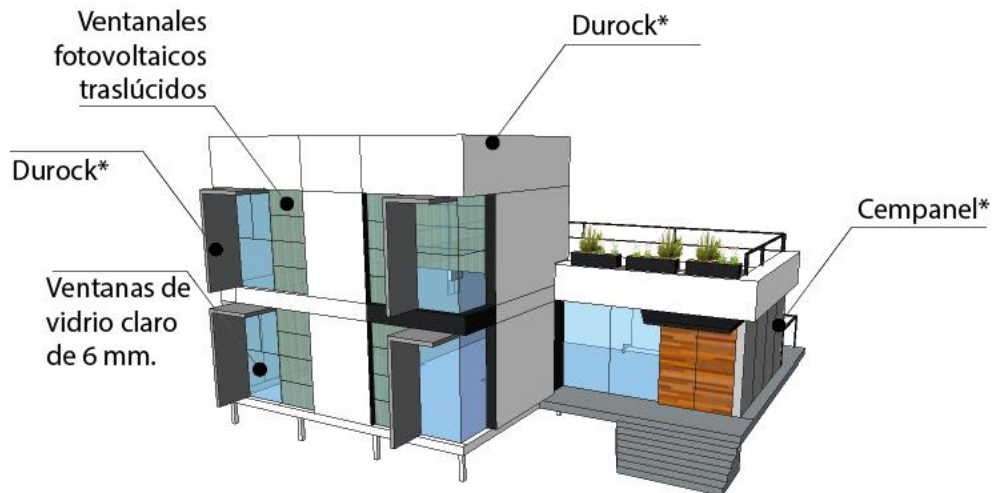


**Figura 3.5** Planta alta casa solar experimental.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

### 3.2.2 Materiales

Para la construcción se propusieron paneles de Durock\* y Cempanel\* con un aislamiento térmico de fibra de vidrio de baja densidad, para los muros interiores y los techos se utilizó Tablaroca\* de yeso con acabado de pintura vinílica color blanco y textura lisa con una reflectancia de 43% y 57% de absorción, los pisos son madera triplay de pino.

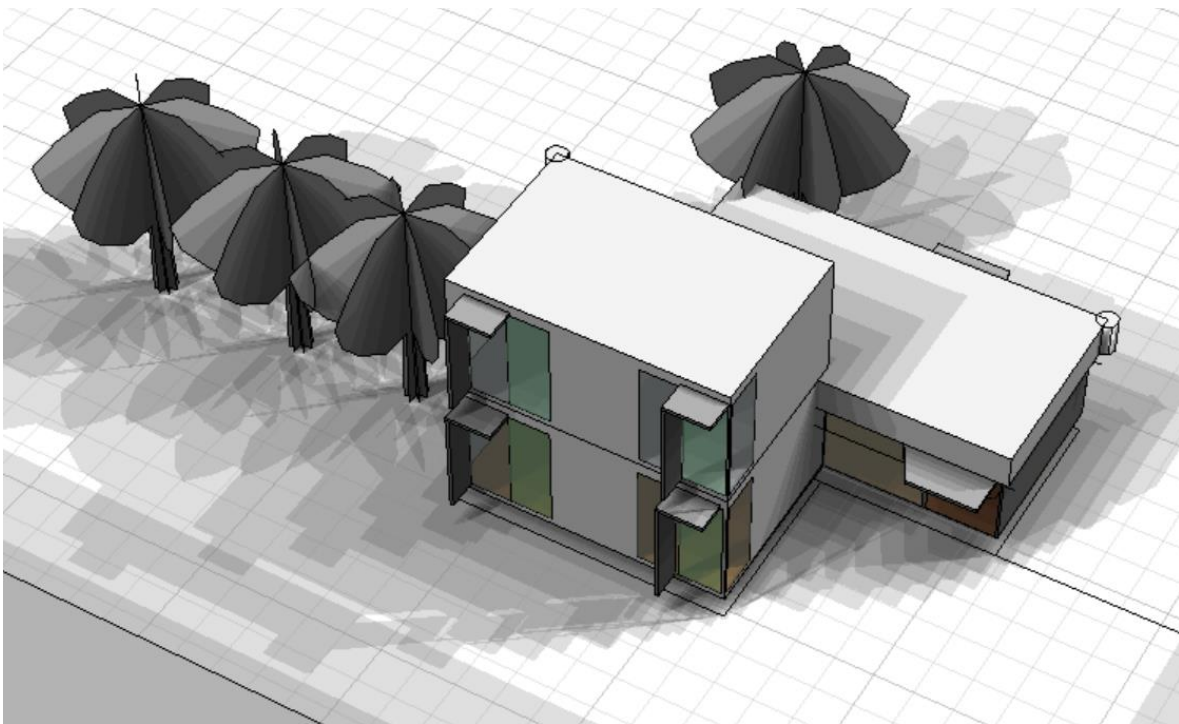


**Figura 3.6** Materiales casa solar. Elaboración propia a partir de Flores & López (2015). Software Sketchup®.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

### 3.2.3 Sombreamiento

En la siguiente imagen podemos observar el sombreado de 9 am a 5 pm para la fecha 21 de junio, se puede apreciar que el sol penetra en un ángulo con mayor tendencia al cenit, los parasoles para los vanos acristalados resuelven de forma eficiente cubrir el paso de la radiación solar y por ende el de la luz natural, sin embargo, se tiene ventanales que permiten el paso de luz indirecta, permitiendo visibilidad al interior.

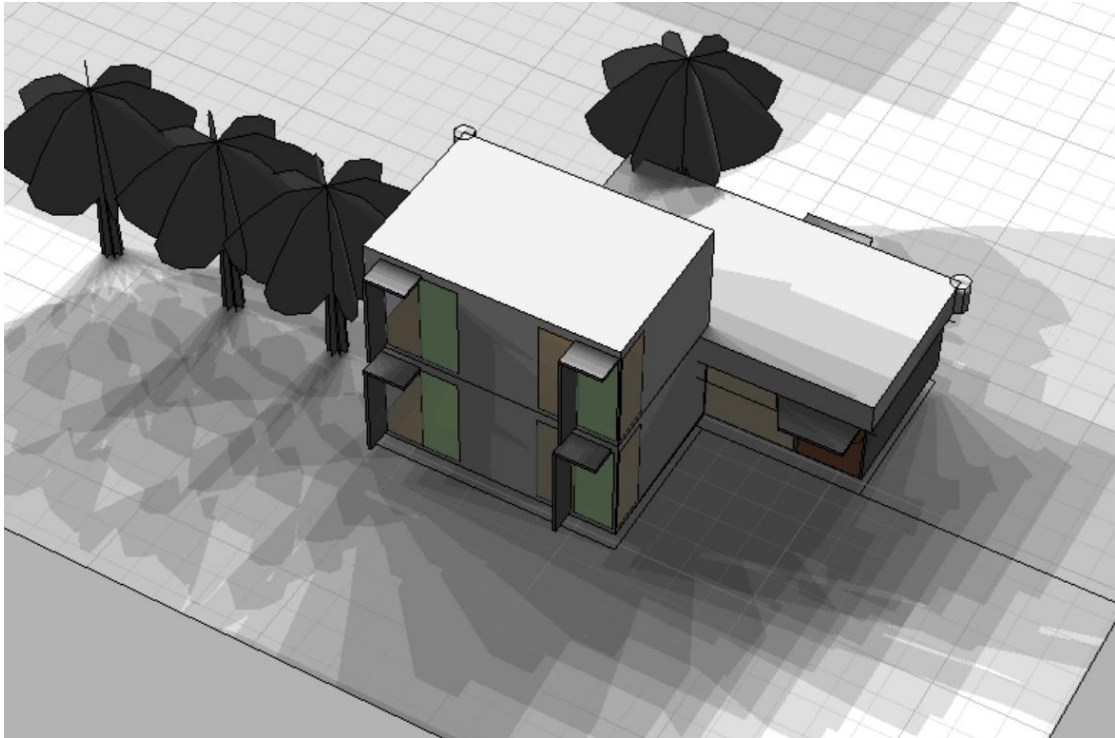


**Figura 3.7** Sombreamiento 21 de junio. Elaboración propia a partir de Flores y Lopez (2015) software Autodesk® Ecotect® Analysis.



Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

En la siguiente imagen podemos observar el sombreado de 9 am a 5 pm para la fecha 21 de diciembre, lo cual nos demuestra que el sol penetra en un ángulo más agudo provocando que se larguen las sombra y por ende los ingresos de luz al espacio.

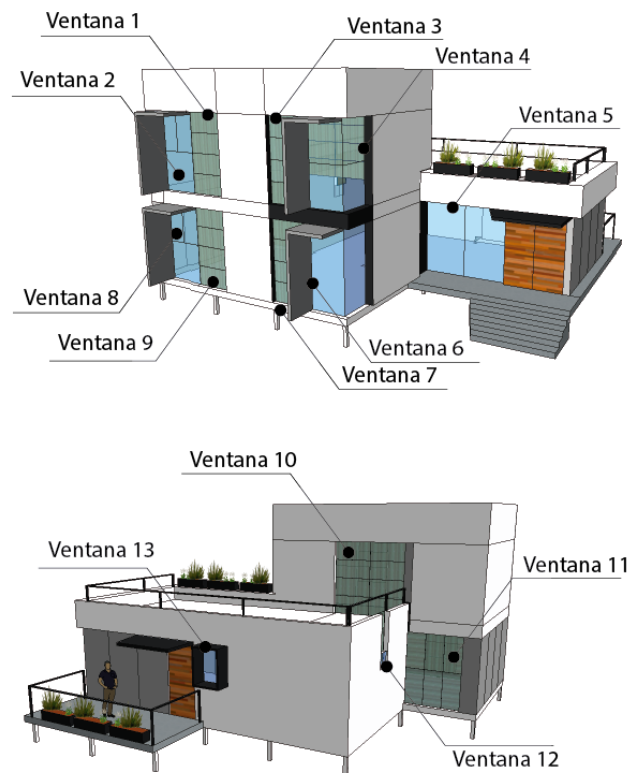


**Figura 3.8** Sombreamiento 21 de diciembre. Elaboración propia a partir de Flores y Lopez (2015) software Autodesk® Ecotect® Analysis.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

### 3.2.3.1 Análisis y diagrama de ruta solar en vanos acristalados.

Para los vanos acristalados se propusieron cristal claro de 6 mm enmarcado y fijado a las boquillas con perfiles de aluminio acabado color negro, teniendo apertura de forma corrediza a  $\frac{1}{2}$  de la dimensión vertical de la ventana tanto en recámara como en el estudio. Se instalaron además 4 paneles fotovoltaicos traslucidos con película polarizada cada uno de ellos con dimensiones de 60 x 1.20 m. del mismo modo en dormitorio y estudio. A continuación, se muestra la enumeración de las aberturas en el proyecto arquitectónico:

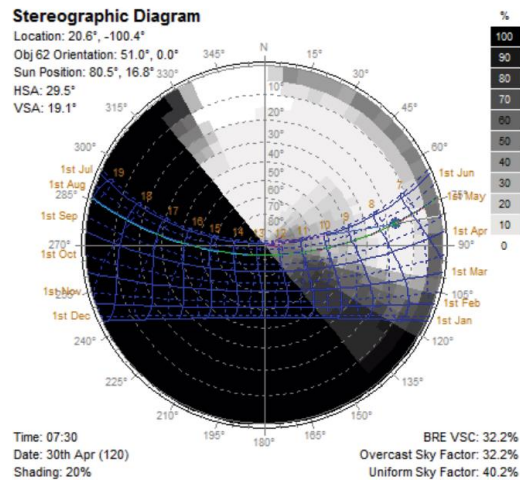


**Figura 3.9** Vanos acristalados.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

### a) Ventana 1

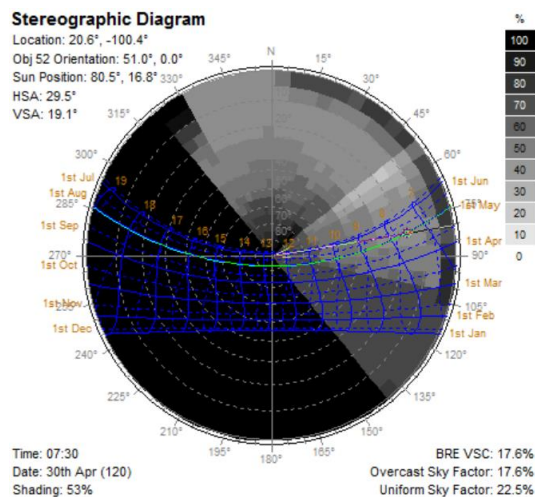
En esta gráfica se puede observar que la ventana 1 con orientación noroeste tiene meses de asolamiento por las mañanas que van de los meses de marzo a junio dejando los meses de julio a enero sin exposición solar, por lo que para estos meses la luz para estos meses será muy escasa en la habitación destinada a la oficina.



**Figura 3.10** Exposición solar de ventana 1.

### b) Ventana 2

La ventana 2 de la habitación principal con orientación noroeste tiene meses de asolamiento por las mañanas que van de los meses de marzo a junio dejando los meses de julio a enero sin exposición solar, por lo que para estos meses la luz para estos meses será muy escasa.



**Figura 3.11** Exposición solar de ventana 2.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

### c) Ventana 3

En la gráfica estereográfica de la ventana 3 los meses de desconfort con frío no pasará la luz solar en cambio para meses de marzo a junio la exposición del sol estará presente, esta ventana esta se encuentra en la planta alta en el área de las escaleras.

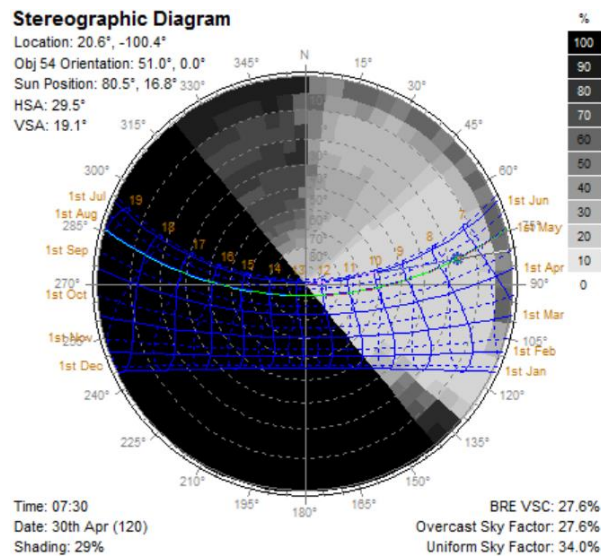


Figura 3.12 Exposición solar de ventana 3.

### d) Ventana 4

Esta ventana con orientación hacia el norte estará escasamente expuesta al sol en prácticamente todos los meses del año, un porcentaje de luz indirecta podrá filtrarse por el vano acristalado.

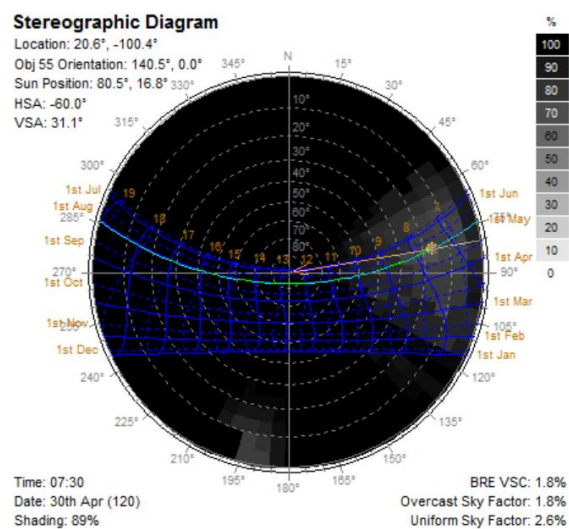


Figura 3.13 Exposición solar de ventana 4.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

#### e) Ventana 5

Para la ventana 5 orientada hacia el noroeste y ubicada en la fachada principal la entrada de luz natural directa será nula, filtrándose únicamente luz indirecta, esto se debe a la orientación y protección del muro que se encuentra a un lado, esta ventana esta en la sala-comedor.

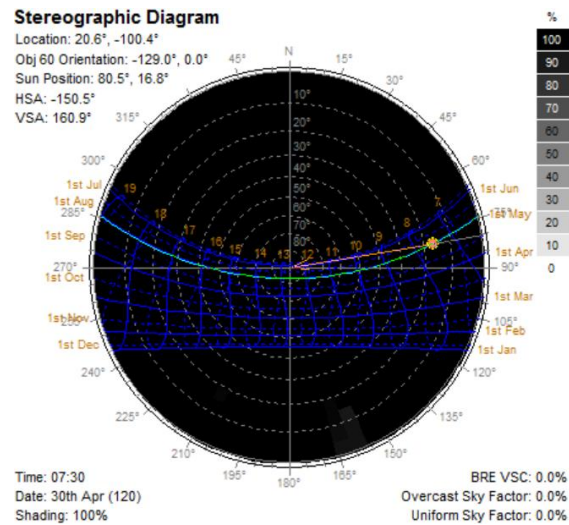


Figura 3.14 Exposición solar de ventana 5.

#### f) Ventana 6

La ventana 6 tiene similitud con la ventana 4 por la orientación y posición del vano, la luz directa será muy escasa.

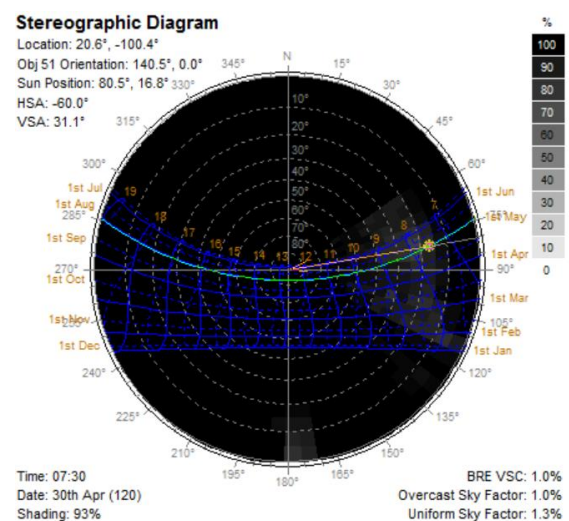


Figura 3.15 Exposición solar de ventana 6.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

### g) Ventana 7

La exposición de la luz natural se hace nula para esta ventana por el edificio que se encuentra frente a la casa solar.

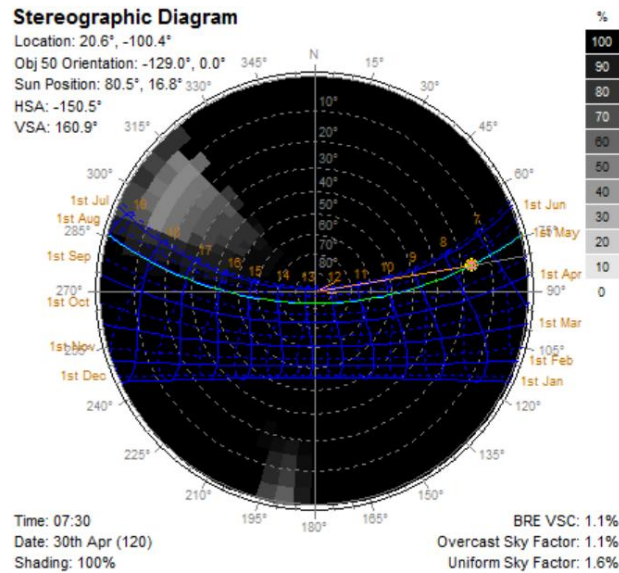


Figura 3.16 Exposición solar de ventana 7.

### h) Ventana 8

La exposición de la luz natural se hace nula para esta ventana por el edificio que se encuentra frente a la casa solar además de contar con un parasol que la protege, la iluminación natural se hará presente por la luz indirecta.

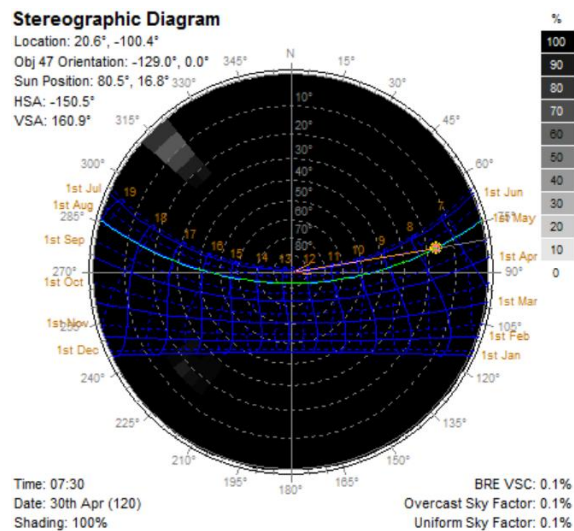


Figura 3.17 Exposición solar de ventana 8



Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

### i) Ventana 9

En el diagrama estereográfico se puede observar que la sombra esta presente en todos los meses del año, dejando de lado la entrada de luz natural. Esta ventana está ubicada en la planta baja destinada a la habitación principal.

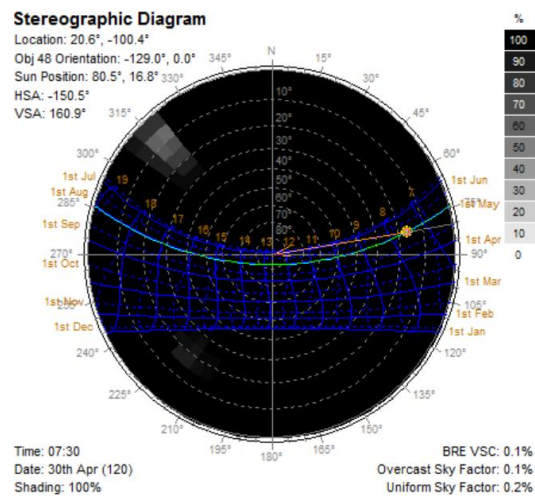


Figura 3.18 Exposición solar de ventana 9.

### j) Ventana 10

La colocación de esta ventana está en la fachada orientada al sureste, de acuerdo a los gráficos arrojados en el Ecotect, la luz directa que se filtra será para los meses de junio y mayo en porcentajes muy bajos (9%). Ventana destinada a la habitación de la oficina.

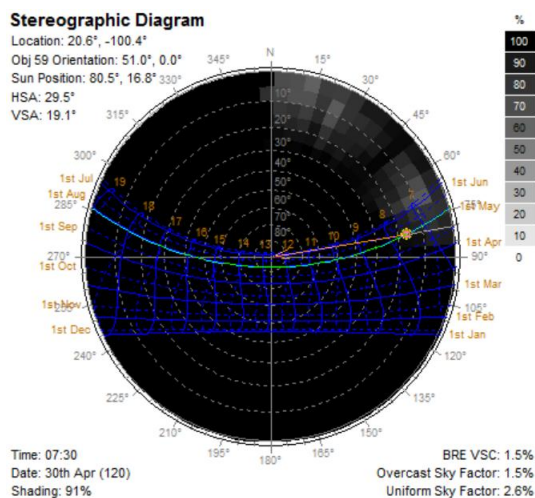


Figura 3.19 Exposición solar de ventana 10.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

### k) Ventana 11

La iluminación natural directa para la ventana sureste de la habitación principal es nula para todos los meses del año.

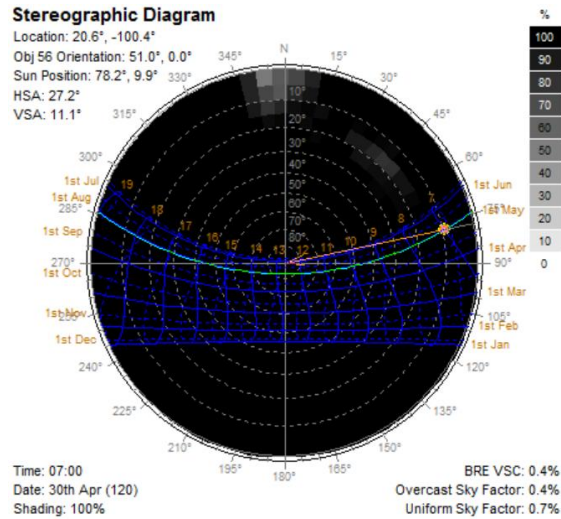


Figura 3.20 Exposición solar de ventana 11.

### l) Ventana 12

La iluminación natural de la ventana destinada al baño tiene una exposición al sol para todos los meses del año en horarios de 9 a 3 de la tarde, dejando las tardes con poca iluminación natural directa.

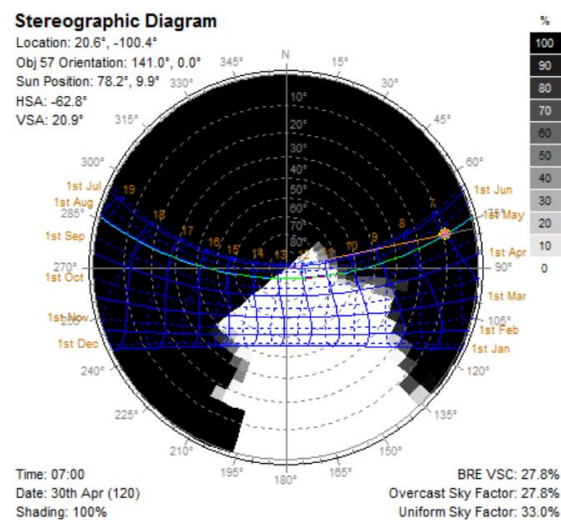


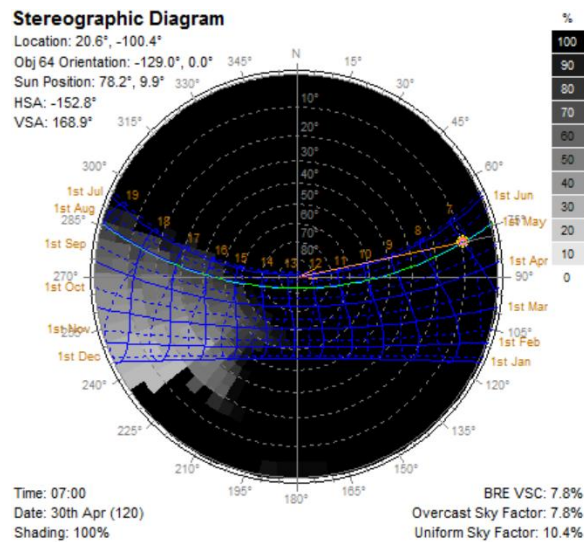
Figura 3.21 Exposición solar de ventana 12.



Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

#### m) Ventana 13

El hueco acristalado de la cocina tiene exposición de luz natural para los meses de julio a diciembre, además de que tiene un parasol que limita la entrada de los rayos solares.



**Figura 3.22** Exposición solar de ventana 13.

Después de analizar el proyecto arquitectónico anterior, se pudo observar que existen puntos de mejora para crear un ambiente óptimo en la casa, si bien la luz natural que entrará en los vanos acristalados es muy poca, la ventaja de la casa solar es que es posible desmontarla y elegir una mejor orientación para aprovechar el sol, lo más óptimo es tratar de aprovechar al máximo la energía solar teniendo una eficiencia energética favorable, sin embargo si las condiciones no lo permiten existen otras estrategias y tecnología que nos ayudan a mejorar los escenarios, para la falta de iluminación natural directa e indirecta se puede compensar con el uso de iluminación artificial atenuable, adaptándose a las diferentes horas del día.

### 3.3 Perfil del usuario

La Casa Solar Experimental busca que la propuesta arquitectónica sea aceptada, entendida y deseada por la población en general, muy especialmente por aquellos preocupados por la sustentabilidad de sus viviendas (Flores & López, 2015), para el caso del sistema de iluminación modular se busca que esté pueda ser replicable a los hogares donde existe un sistema tradicional de iluminación siendo una propuesta accesible, energéticamente eficiente y visualmente aceptada.

Las características que se buscaron en el perfil del usuario son edades entre 27 y 40 años, con un nivel socioeconómico C (Clase media, representa el 18% del total de los hogares en la república mexicana) y C+ (Clase media alta, representa el 14% del total de los hogares en la república mexicana) (INEGI, 2016), con nivel educativo de licenciatura en adelante, interesados por la tecnología y la sustentabilidad.

**Tabla 3.1** Características y perfil del usuario (INEGI, 2016).

Componentes de la vivienda	Condición de la vivienda
Características de la vivienda	- Casa o departamentos propios o rentados que cuentan en promedio con 4 habitaciones y 1 baño completo.
Infraestructura sanitaria	- Sistema óptimo de sanidad y agua corriente dentro del hogar.
Infraestructura práctica	- Posee casi todos los electrodomésticos para facilitar la vivienda en el hogar, de 1 a 2 automóviles en promedio.
Tecnología	- 1 aparato telefónico, 2 televisores, cuentan con horno de microondas, uno de cada tres tiene Tv de paga
Particularidades del usuario	Condición del usuario
Escolaridad	- Nivel educativo de licenciatura en adelante.
Gasto	- Educación, esparcimiento, vehículos y pago de tarjetas, el alimento representa el 15% del gasto.

### 3.3.1 Resultados de encuestas

La encuesta “Iluminación modular 2018” fue aplicada a residentes de la ciudad de Santiago de Querétaro, para conocer las necesidades y requerimientos del usuario respecto a los niveles de confort, demanda y satisfacción lumínica, encontrando los hallazgos que determinarán las características del sistema modular, se llevó a cabo una encuesta de 7 preguntas, las cuales, fueron aplicadas a 100 hogares con las características que se buscan en el usuario.

En el siguiente diagrama de flujo (Figura 3.22) se muestra la relación: usuario – número de luminarias en el hogar – y espacios dentro del hogar, este dato contribuye a saber el promedio de cuantas personas viven en el hogar y cuanta demanda de iluminación tienen. Como se puede observar la mayoría viven de dos a tres personas, en hogares que cuentan con 3 habitaciones, sala, comedor y cocina, con un promedio de 13 a más luminarias.

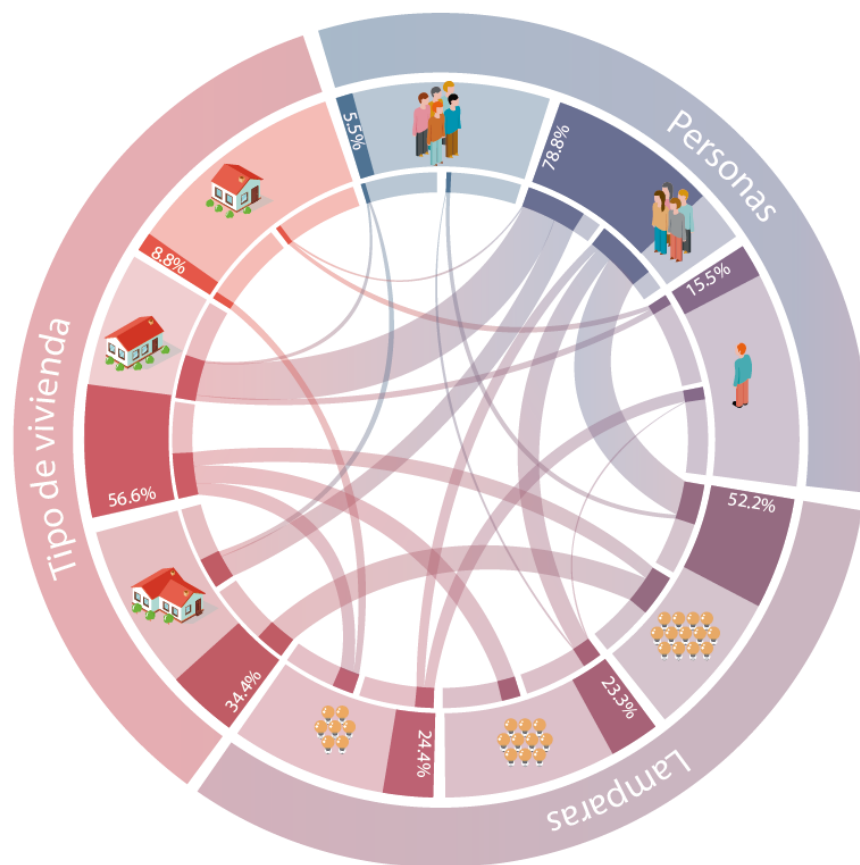


Figura 3.23 Diagrama de flujo relación usuario-hogar y luminarias.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

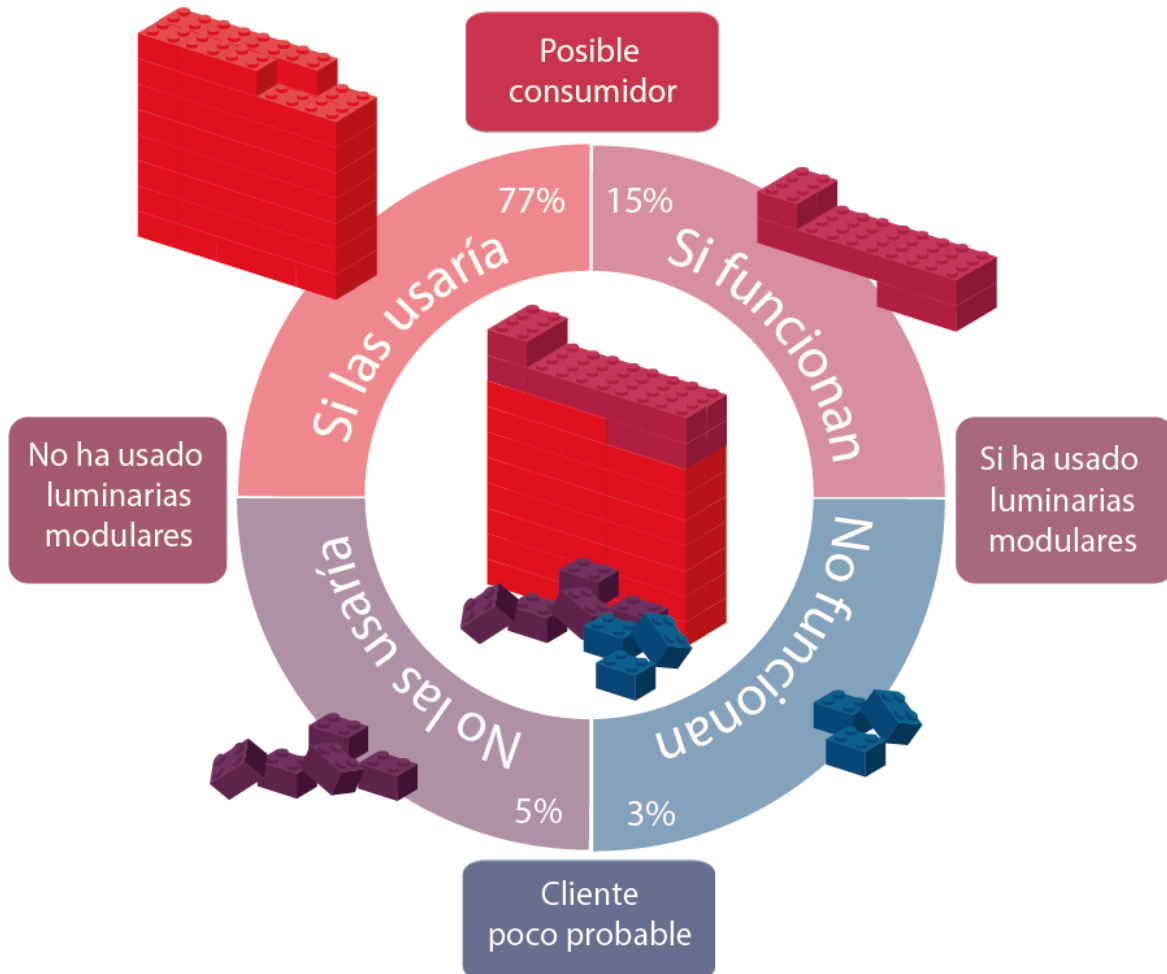
Se le cuestionó a la población muestra, cuáles son las consideraciones que toman en cuenta para elegir una luminaria, además de propiciar la visibilidad en el espacio; siendo el ahorro de energía el motivo principal, seguido del costo de la luminaria, tonalidad y color de temperatura (ámbar - fría), en cuarto lugar, está el alcance luminoso, en un quinto lugar la estética y por último los materiales en el producto.



**Figura 3.24** Aspectos a considerar a la hora de comprar una luminaria.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

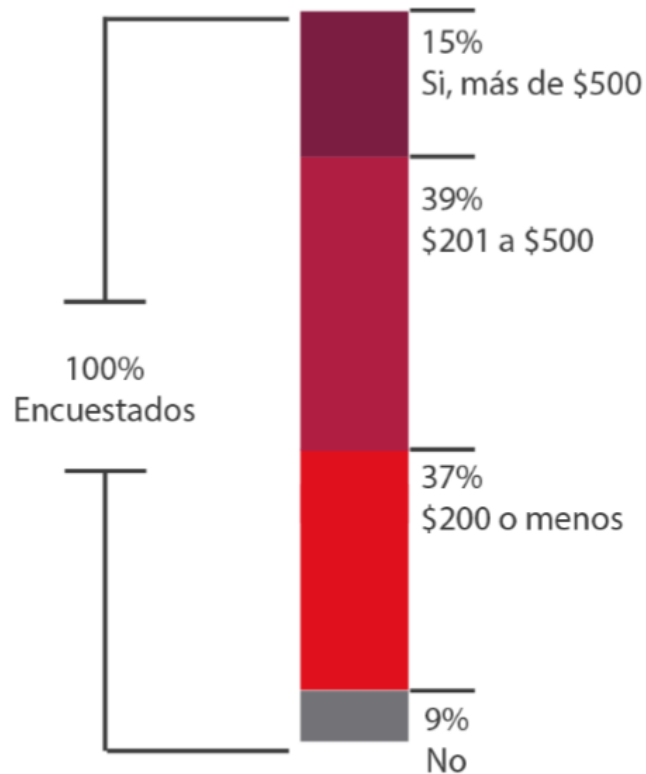
Se les preguntó al encuestado si contaba con un sistema modular de iluminación, si funcionan o considera que no, así como también se les preguntó si le gustaría tener un sistema modular en caso de no contar con él.



**Figura 3.25** Percepción del usuario de los sistemas modulares de iluminación.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

Por último, se les pregunto a los encuestados, si están dispuestos a invertir en un sistema modular de iluminación esto con el fin de considerar los costos en los materiales y medir si es un concepto interesante en el mercado. 39% de las personas están dispuestas a invertir de 200 a 500 pesos, seguidos del 37% que está dispuesto a invertir de 200 pesos a menos, el 15% de la muestra invertiría de 500 pesos a más y por último el 9% no está dispuesto a invertir.

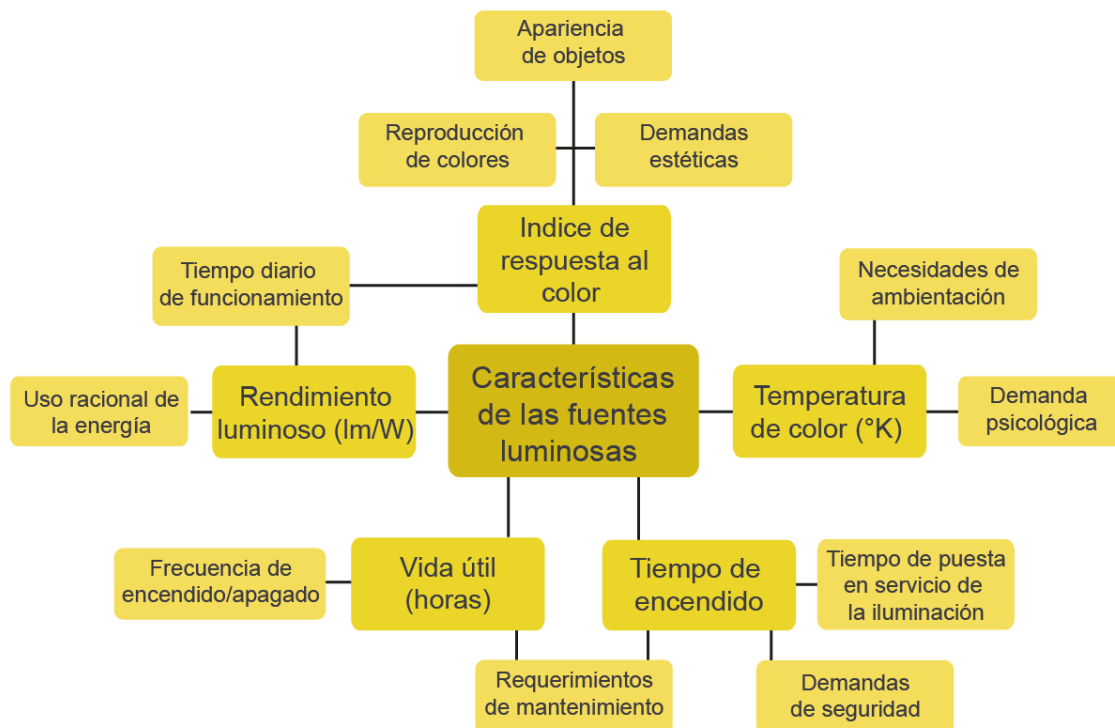


**Figura 3.26** Disponibilidad del usuario en invertir un sistema modular de iluminación.

### 3.4 Consideraciones de diseño

A partir del análisis de la información reunida en la etapa anterior, es posible establecer un perfil de las características que debe tener la instalación o luminaria, para satisfacer las distintas demandas que el trabajo plantea. Lo que se busca aquí es desarrollar las ideas básicas del diseño. En este punto se define el sistema de alumbrado, las características de las fuentes luminosas, la factibilidad para el uso de alumbrado natural y, eventualmente, la estrategia para su integración con la iluminación artificial, etc. (Raitelli, 2008). Dentro de la planificación básica, debemos tener en cuenta dos factores, la elección de la fuente luminosa, y la intervención de la luz natural.

Respecto a la elección de las fuentes luminosas, se define el tipo de lámpara que conviene utilizar de acuerdo con las demandas del proyecto. Para la selección de focos hay que tener en cuenta todos sus parámetros y características funcionales, por lo cual se deben considerar los factores de diseño (rendimiento luminoso, características cromáticas, vida útil y tiempo de encendido).



**Figura 3.27** Factores de diseño a tener en cuenta para la selección del tipo de lámpara (Raitelli, 2008).

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

A continuación, se presentan las consideraciones de diseño para el sistema modular de iluminación con el fin de que se cumplan los requerimientos y parámetros lo que dará lugar a un ambiente luminoso idóneo:

- Sistema modular con facilidad de ensamble y uso.
- Iluminación saludable que evite mareos, malestares visuales o sombras.
- Luz descendente que impida cambios en la percepción de los espacios.
- Flujo luminoso difuso que evite deslumbramientos (consecuencia errores o fatigas).
- Evitar flicker.
- Evitar sombras o texturas.
- Fácil mantenimiento.
- Menor consumo eléctrico.
- Mayor vida útil.
- Contribuir con la salud visual y psicológica.
- Adaptarse a diferentes tonalidades y luxes de acuerdo a diferentes actividades definidas.
- Materiales resistentes.
- Debe considerarse la norma mexicana de iluminación NOM-013-ENER-2004.
- Cumplir con las necesidades del usuario de con base en los datos colectados en las encuestas.

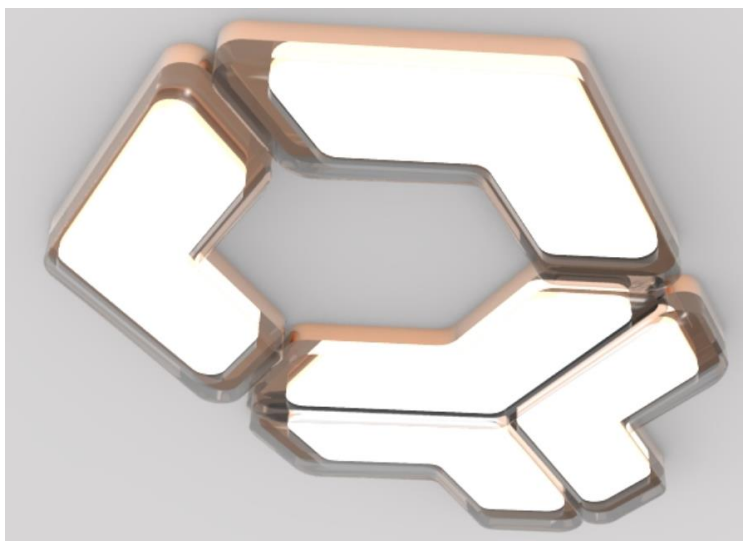


Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

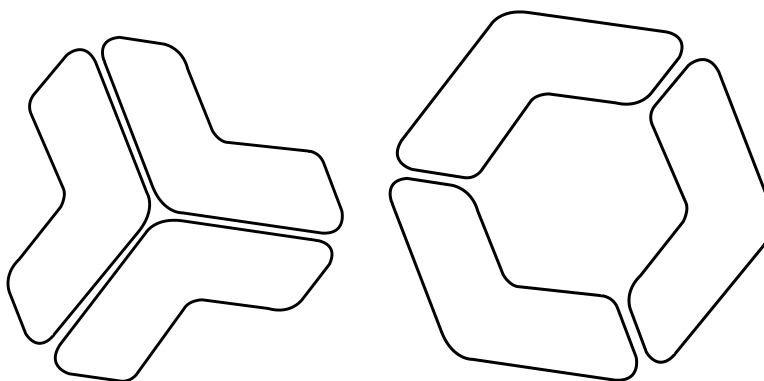
### 3.5 Diseño

En esta etapa, en función del perfil definido en la fase de planificación básica, se comienzan a resolver los aspectos específicos del proyecto, estos comprenden: la selección de luminarias y componentes para el funcionamiento del sistema, el diseño geométrico de acuerdo a la distribución luminosa que se requiere, el sistema de montaje, los sistemas de alimentación, comando y control eléctrico, la instalación de alumbrado de emergencia y seguridad.

#### Propuesta 1

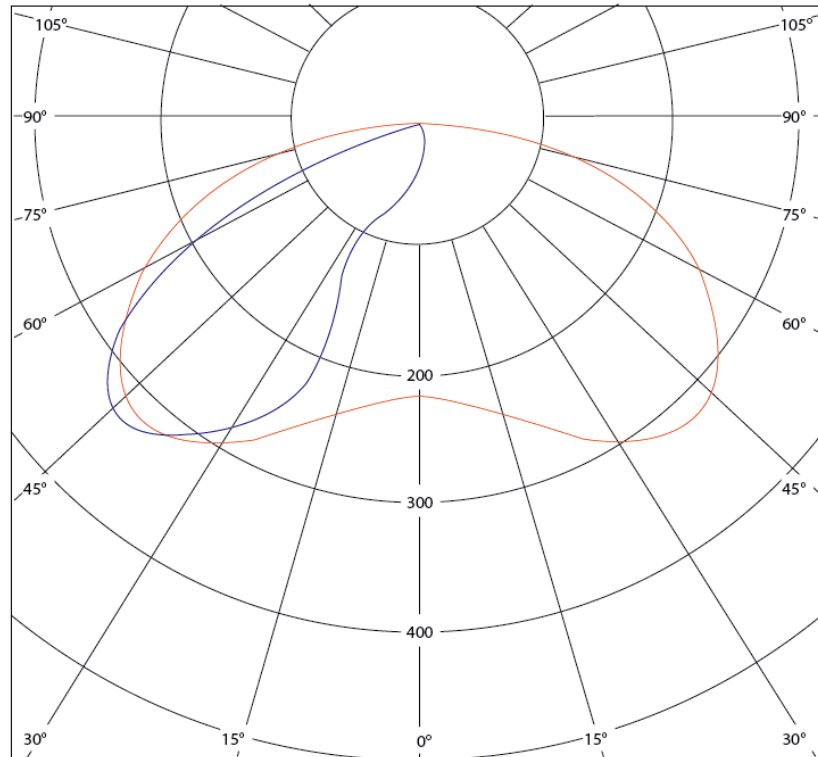


**Figura 3.28** Render luminaria tipo Boomerang.



**Figura 3.29** Configuraciones de figura Boomerang.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

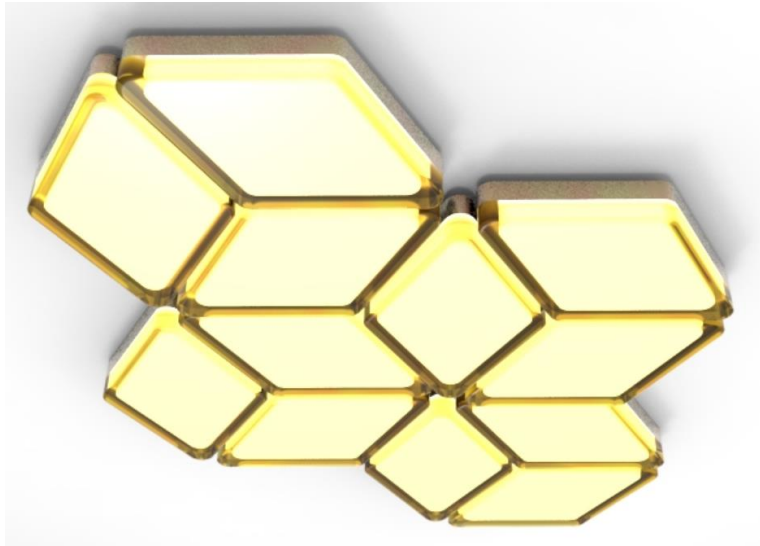


**Figura 3.30** Curva fotométrica de luminaria Boomerang programa Photopia®.

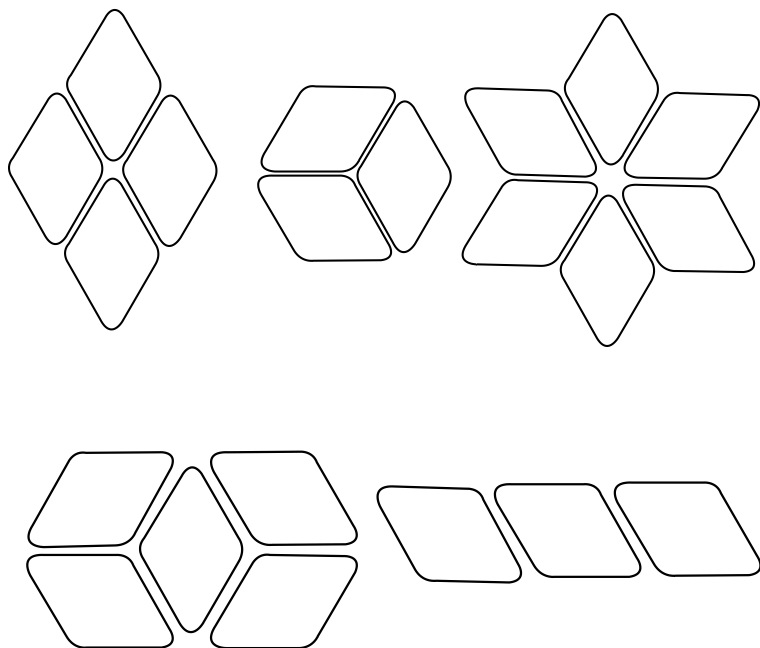
La distribución luminosa del modelo indica un ángulo de haz luminoso de 75° (hiper-extensiva) creando una iluminación general difusa – directa y un ángulo a 60° (extensiva) hacia uno de los polos convirtiendo a la curva fotométrica en asimétrica.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

## Propuesta 2

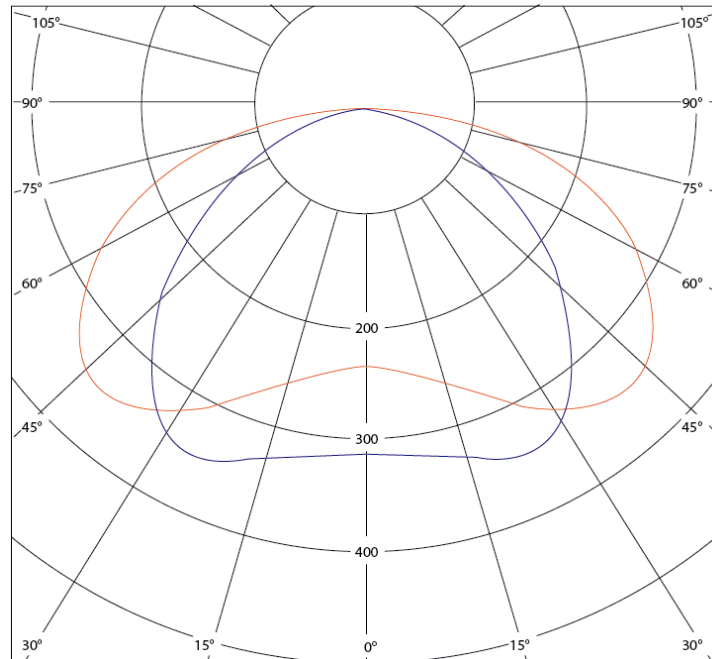


**Figura 3.31** Render luminaria tipo Rombo.



**Figura 3.32** Configuraciones de figura Rombo.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

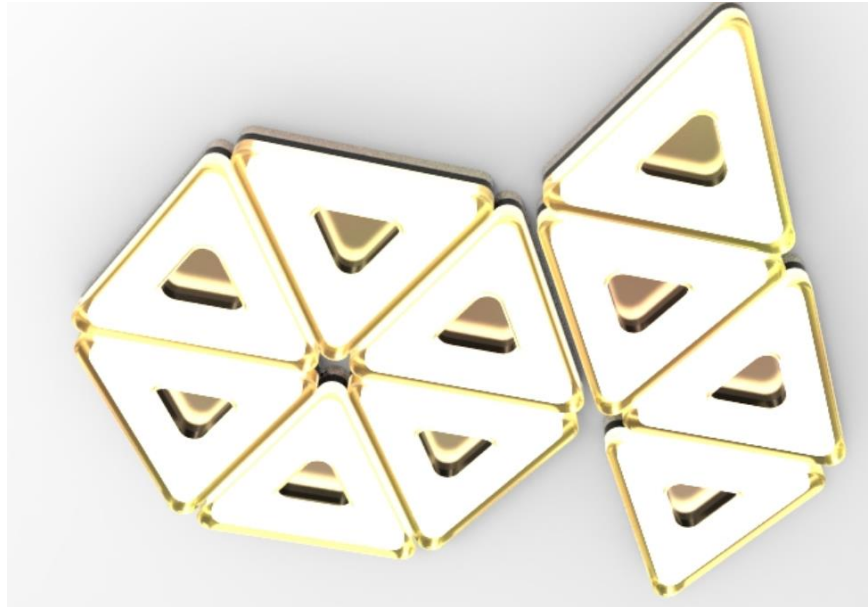


**Figura 3.33** Curva fotométrica de luminaria Rombo programa Photopia®.

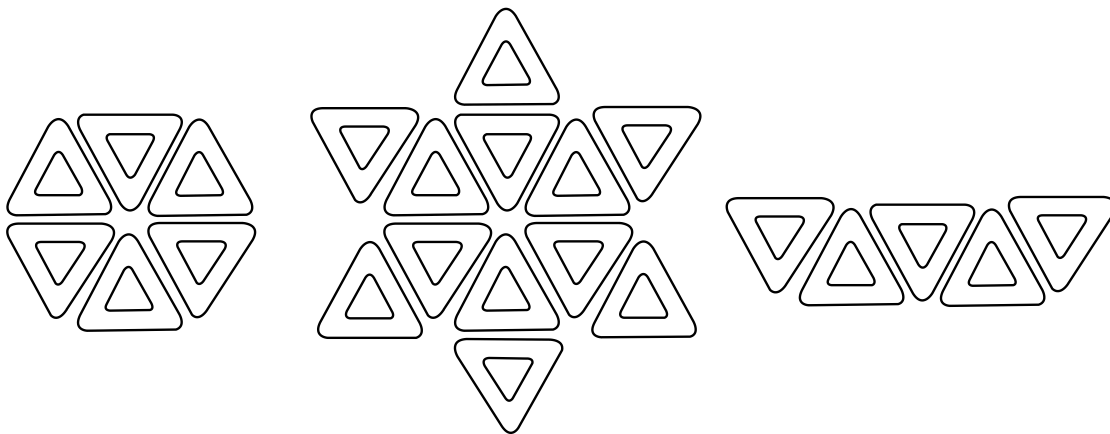
La distribución luminosa del modelo indica un ángulo de haz luminoso de 75° (hiper-extensiva) a lo largo la cual produce una parte de iluminación directa sobre las superficies horizontales, al mismo tiempo que proporcionan luminosidad al techo, produciendo una iluminación general difusa, a lo ancho del modelo se forma una curva fotométrica con un ángulo a 60° (extensiva) creando una iluminación directa.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

### Propuesta 3

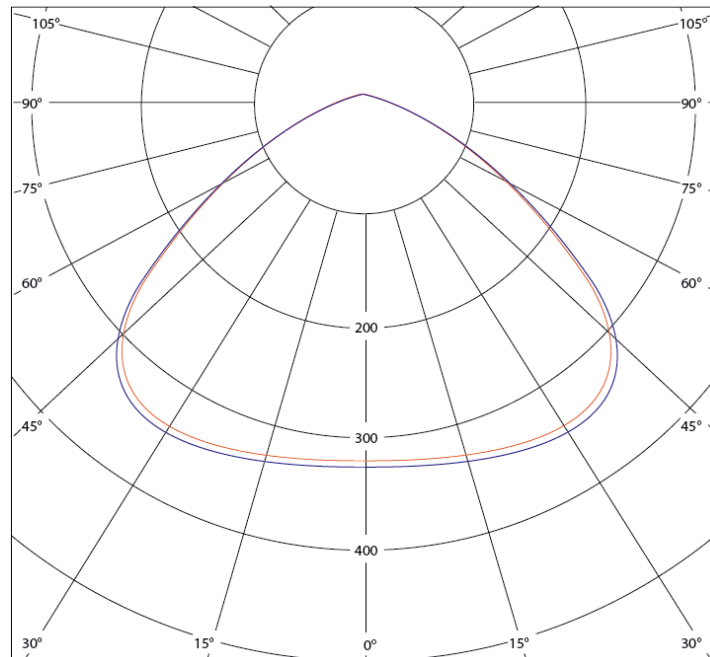


**Figura 3.34** Render luminaria tipo Triangular.



**Figura 3.35** Configuraciones de pieza Triangular.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

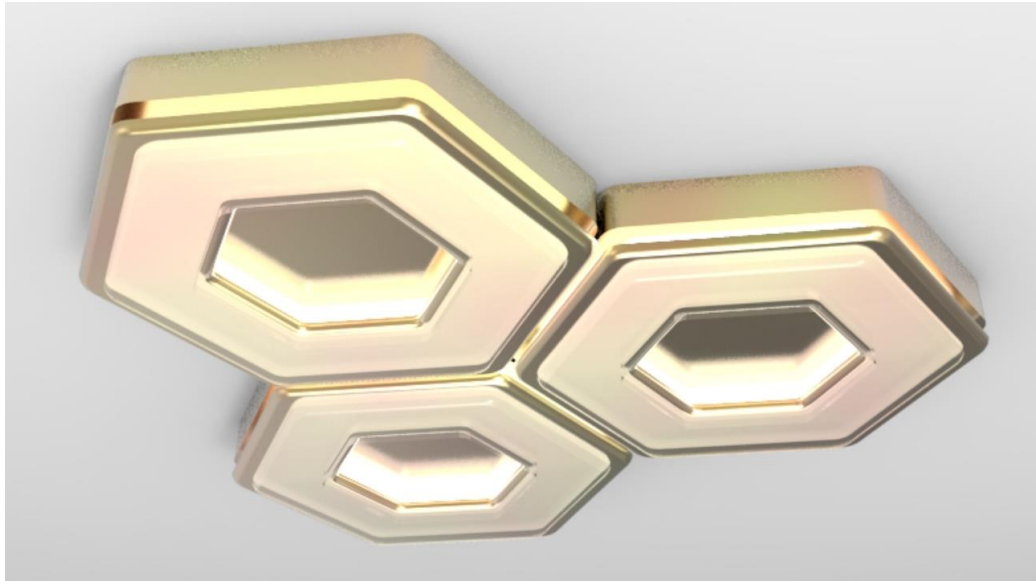


**Figura 3.36** Curva fotométrica de luminaria Triangular programa Photopia®.

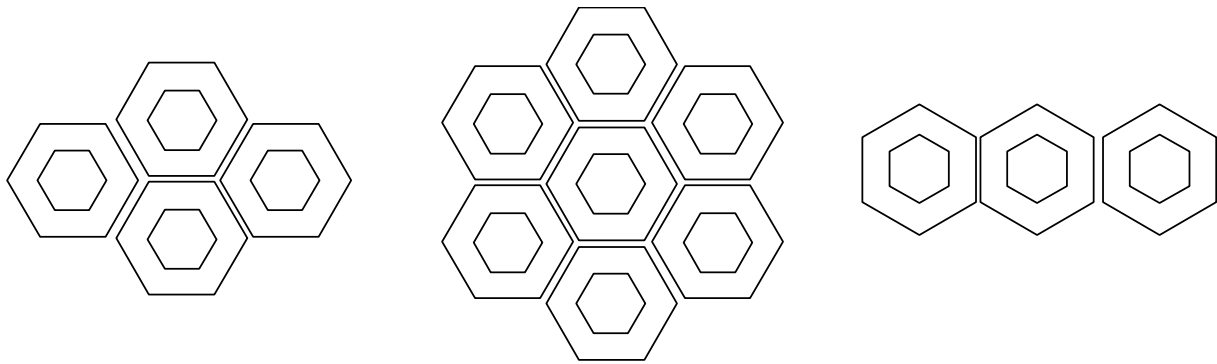
La distribución luminosa del modelo indica un ángulo de haz luminoso de 60° (extensiva) creando una iluminación general difusa – directa, también forma una curva simétrica.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

#### Propuesta 4

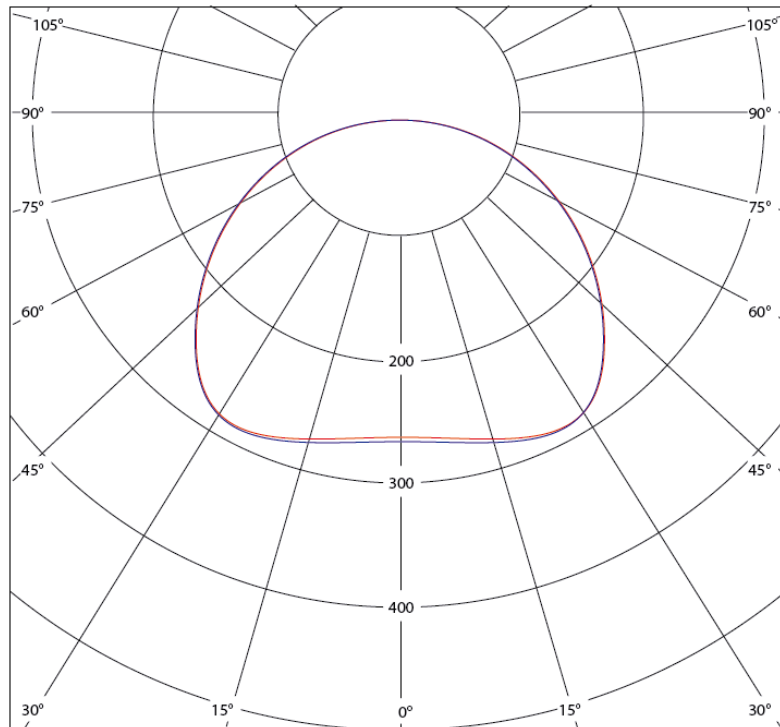


**Figura 3.37** Render luminaria tipo Hexágonos.



**Figura 3.38** Configuraciones de pieza Hexágonos.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.



**Figura 3.39** Curva fotométrica de luminaria Hexágono programa Photopia®.









La distribución luminosa del modelo indica un ángulo de haz luminoso de 70° (extensiva) creando una iluminación general difusa – directa, también forma una curva simétrica.



Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

A continuación, se muestra una tabla comparativa de las propuestas de diseño y las necesidades que se quieren cubrir, la opción que cumple con el mayor número de requerimientos será el diseño que se desarrollará.

**Tabla 3.2** Comparativa entre propuestas modulares de diseño.

Propuesta	Flujo luminoso simétrico	Capacidad de Configuración	Evita sombras	Optimización en producción	Contribuye a la salud visual	Resultados
	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	
	Bajo	Alto	Alto	Medio	Alto	
	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	
	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto	

### **3.5.1 Diseño final**

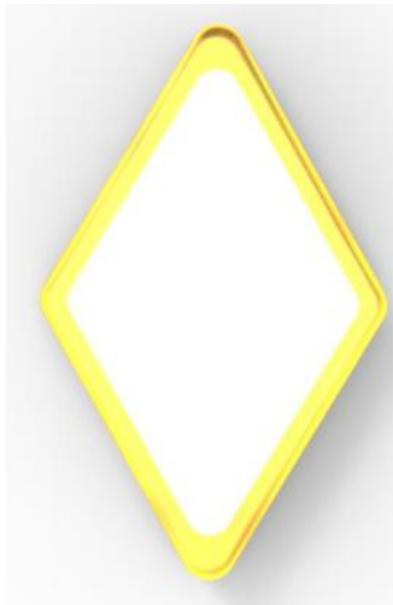
La ventaja del diseño son los diferentes acomodos que la figura proporciona, con lo que se pueden agregar más luminarias para ampliar la iluminación de acuerdo con las dimensiones de las habitaciones, a partir de un módulo base que alimente eléctricamente a los demás módulos, esto con la finalidad de ampliar o reducir el área a iluminar, si hay un cambio en el mobiliario es pertinente que el acomodo de la iluminación se adecue al nuevo arreglo.

No se debe ignorar la capacidad que tiene la luz de influir en nosotros de forma significativa, afecta nuestra conciencia y salud; dada la importancia de la iluminación en el diseño de interiores, se debe tener mucho cuidado de no perder detalles a la hora de diseñar, aprovechando y manipulando las propiedades físicas de la luz con la intención de que no se generen sombras y se aproveche al máximo el flujo luminoso que emite la luminaria, buscando siempre un beneficio para el usuario.

Otro de los aspectos importantes en el proyecto es la temperatura de color cambiante, es decir se busca la programación de ambientes para las diferentes actividades que desarrolla el usuario dentro del hogar, con la capacidad de mantener al usuario alerta o relajado, potenciando así las tareas de las personas y cubriendo con las diferentes necesidades de iluminación, además de que mantiene un alto porcentaje de ahorro energético ya que la luz no es constante, por ende se traduce en un ahorro monetario.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

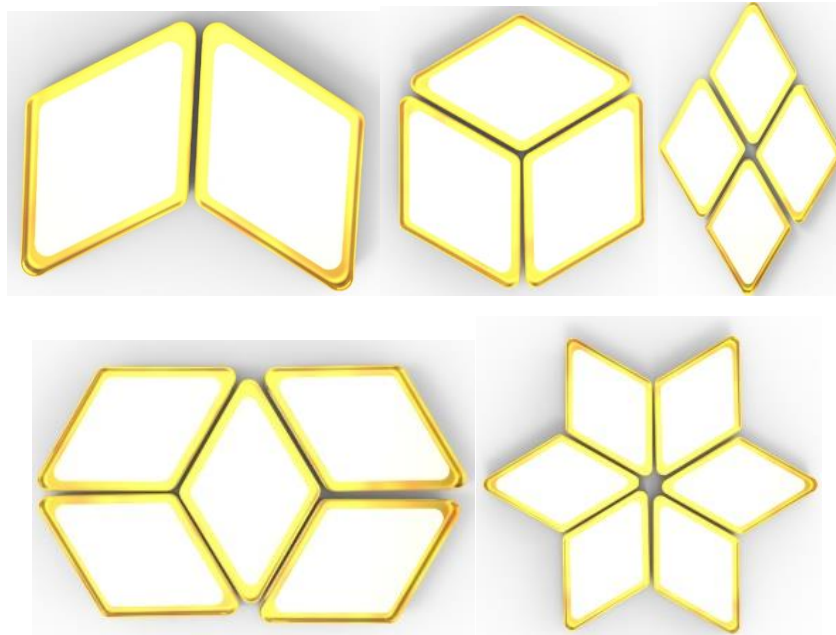
Las diferentes exigencias lumínicas dentro del hogar dependen de las actividades del usuario, sin embargo, gracias al trabajo multidisciplinario de campos como el diseño, la psicología y la ingeniería se puede llegar a ejecutar proyectos integradores que armonicen con el espacio y que el usuario se sienta cómodo con el.



**Figura 3.40** Render modulo unidad de mando.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

En esta propuesta se pretende un módulo base de mando el cual tenga el sistema de programación integrado y sea el que se conecte a corriente eléctrica, al unir los demás módulos por medio de magnetismo la señal será mandada a estos módulos agregados, con lo que se puede cambiar la configuración, arreglo, luminosidad y demás características que el usuario desee.



**Figura 3.41** Sistema modular de iluminación diferentes acomodos.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.



**Figura 3.42** Render de modelo en contexto 1.

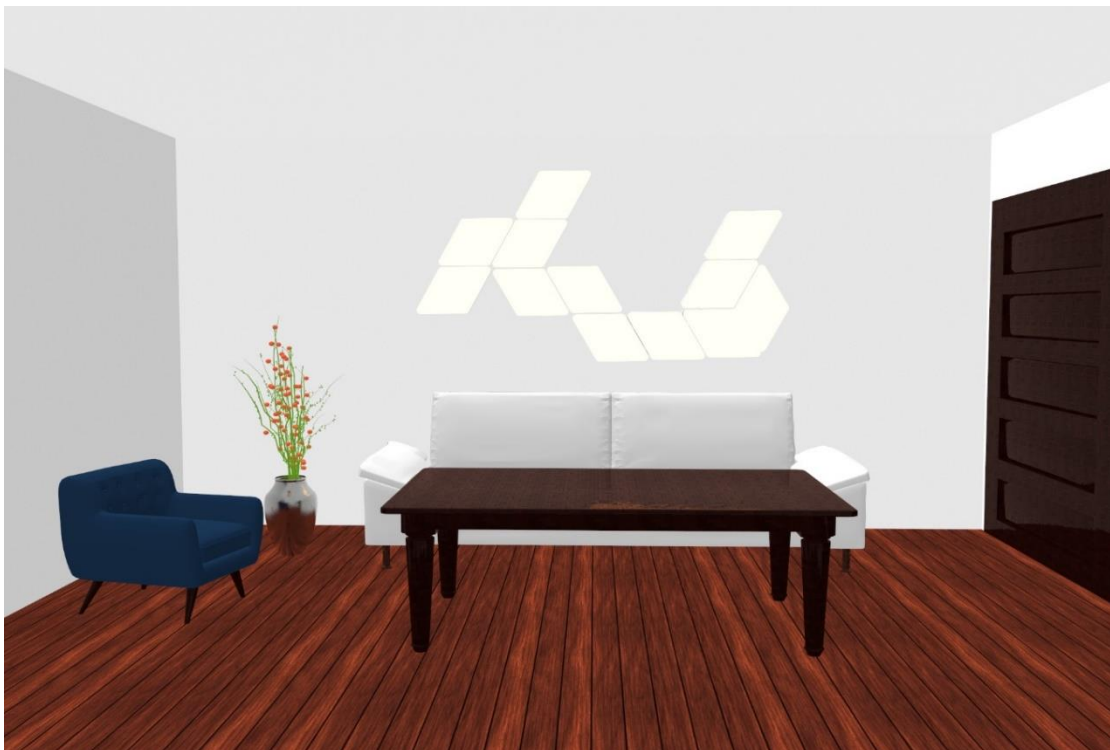


**Figura 3.43** Render de modelo en contexto 2.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.



**Figura 3.44** Render de modelo en contexto 3.



**Figura 3.45** Render de modelo en contexto 4.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

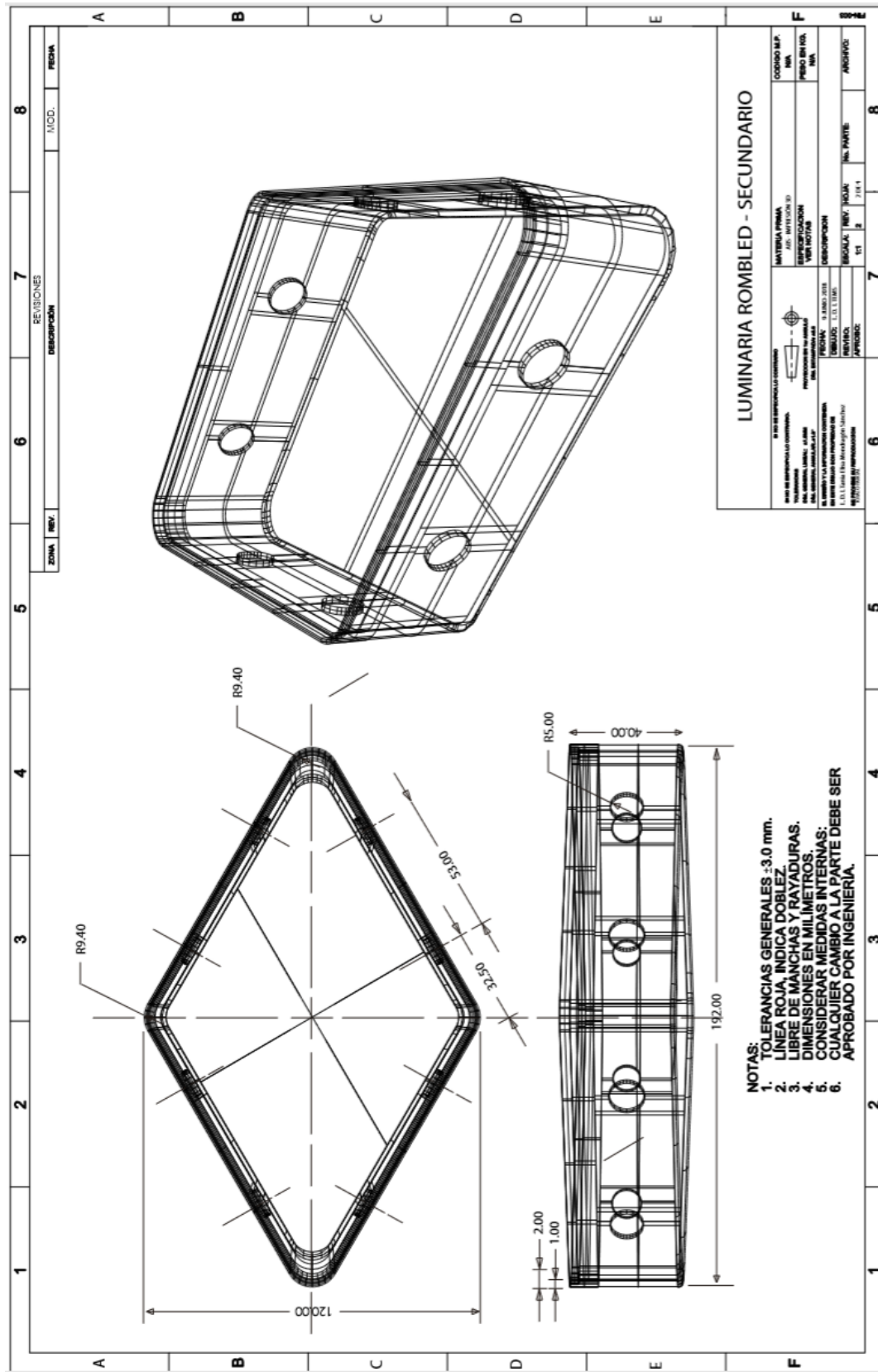
### **3.6 Planos técnicos**

Además, se realiza el análisis económico-financiero y el presupuesto del proyecto, se confecciona la documentación técnica (planos y memoria descriptiva) incluyendo una propuesta de esquemas funcionales para propiciar el uso racional de la energía y un programa adecuado de mantenimiento (Raitelli, 2008).





Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.



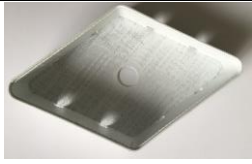
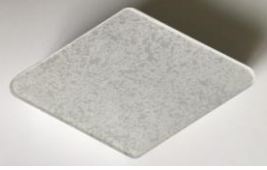


Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

### 3.7 Descripción de la instrumentación y control para la luminaria.

Para la realización de la carcasa del prototipo se proponen los siguientes materiales:

**Tabla 3.3** Materiales externos de la luminaria.

Material	Cantidad	Descripción	Imagen
Plástico	3 piezas	Modelo impresión 3D	
Acrílico	3 piezas	Corte en laser de acrílico.	

Para el prototipo se hizo la carcasa con impresión 3D en plástico PLA, mientras que para la luminaria se propone un molde de inyección en acero P20 y la inyección en plástico polipropileno (PP).


Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

Para que el prototipo sea funcional se requieren los siguientes materiales.

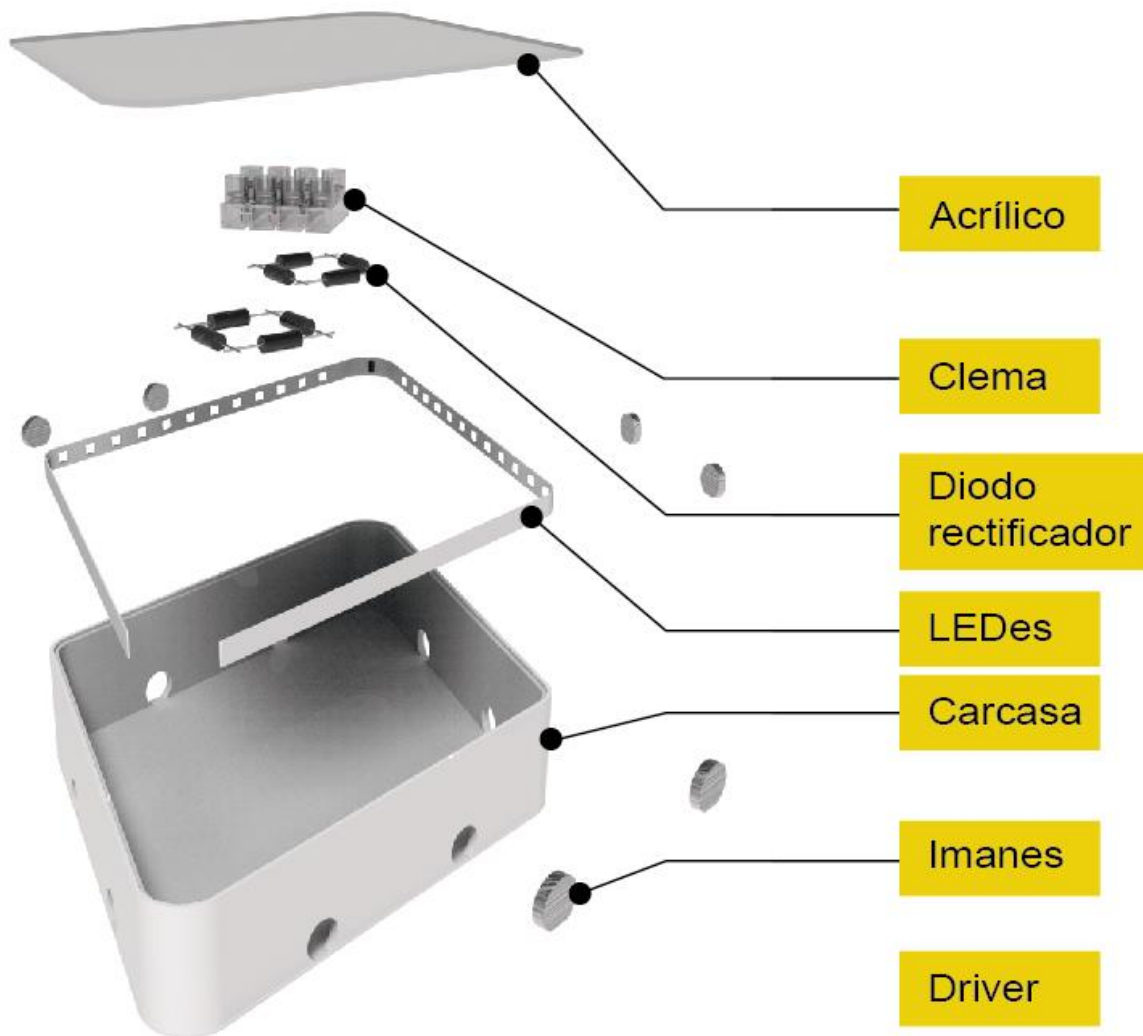
**Tabla 3.4** Materiales internos de la luminaria.

Material	Cantidad	Descripción	Imagen
Tira LED	1	Tira LED 12 v. de 5 metros.	
Driver	1	Driver Osram: transformar la tensión para el correcto funcionamiento LED.	
Imán neodimio	24	$Nd_2Fe_{14}B$ - De mayor potencia hecho por el hombre.	
Diodo rectificador	24	Convierte una corriente alterna a una corriente continua.	
Clema	3	Conector eléctrico en el que un cable se aprisiona contra una pieza metálica mediante un tornillo.	
Cable interlock	1	Cable para corriente eléctrica.	

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

Cable	3 metros	Conductor eléctrico (cobre).	
-------	----------	------------------------------	---

A continuación, se presenta el despiece de la luminaria modular.



**Figura 3.46** Despiece luminaria.

### 3.8 Instalación

Para potenciar las propiedades de la luminaria se recomienda el uso de un atenuador de luz (dimmer), ya que los LEDes se pueden programar con 3 diferentes temperaturas de color, a continuación, se muestra el rango de potencia de la luminaria en relación a la temperatura de color.

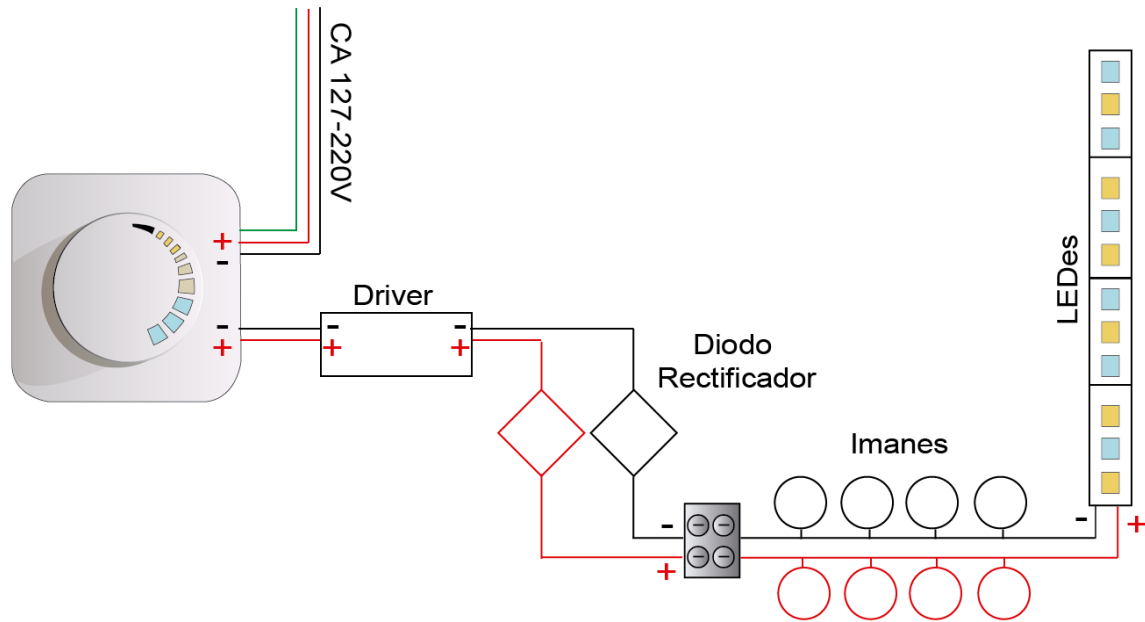
Temperatura de color	Lúmen
	0 lm
2800 K	48 lm 96 lm 144 lm
4000 K	192 lm 240 lm 288 lm
6500 K	336 lm 384 lm 432 lm

**Figura 3.47** Relación temperatura de color / lúmenes.

De 48 a 144 lúmenes la temperatura de color será de 2800 Kelvin que pertenece a una iluminación cálida, de 192 a 288 lúmenes la temperatura de color será de 4000 Kelvin que pertenece a una iluminación blanco cálido y de 336 a 432 lúmenes la temperatura de color será de 6500 Kelvin que pertenece a una iluminación blanca fría.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

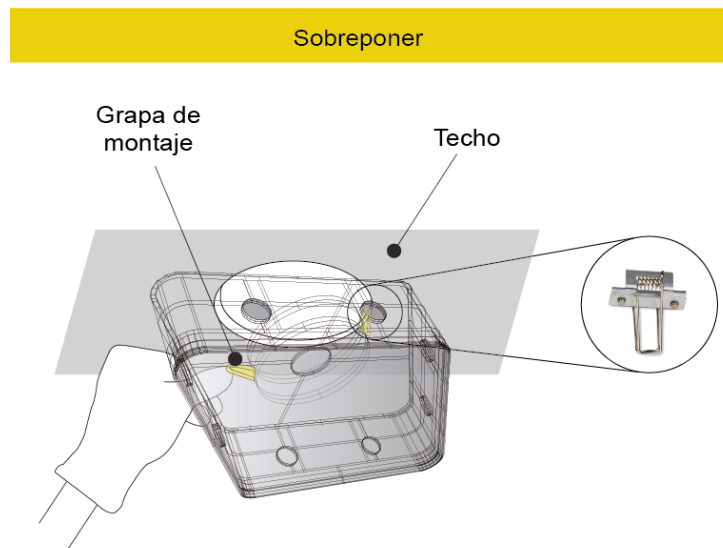
La luminaria tiene una potencia de 24 W, con un flujo luminoso de 432 lúmenes (24 LEDes) y una vida útil de 25,000 horas, un IP 20 siendo para interiores (contra polvo y agua), para la instalación es necesario 3 cables de salida positivo, negativo y tierra, el driver convierte la corriente alterna (CA) a corriente continua (CC) para el buen funcionamiento de la luminaria.



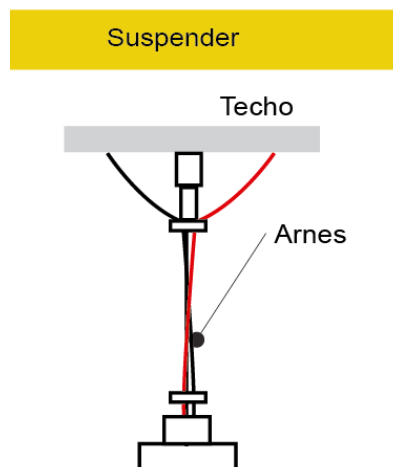
**Figura 3.48** Conexión de luminaria modular.

### 3.9 Montaje

Es importante mencionar que el montaje del módulo base de la luminaria se propone ajustar de la manera tradicional, es decir se proponen 2 tipos de montaje, el primero con grapas y el segundo con arnés que ayudaran a sujetar el sistema modular a los botes de las instalaciones tradicionales de los hogares, con el fin de que sea adaptable a las instalaciones que ya existen, sin embargo el montaje entre luminarias es por medio de los imanes para una colocación mucho más fácil a la hora de querer cambiar la distribución.



**Figura 3.49** Instalación de luminaria modular - sobreponer.



**Figura 3.50** Instalación de luminaria modular - suspender.



## Capítulo 4

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los pasos que se llevaron a cabo para la realización del prototipo, así como las pruebas a las que deberá ser sometido el sistema modular de iluminación para corroborar que los datos y resultados obtenidos durante la investigación cumplan con los objetivos y los niveles de iluminación de acuerdo a la norma de iluminación NOM-025-STPS-2008.

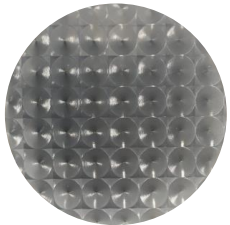

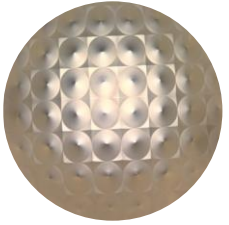



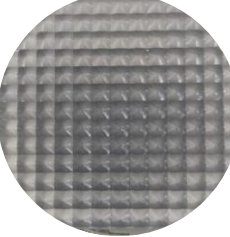
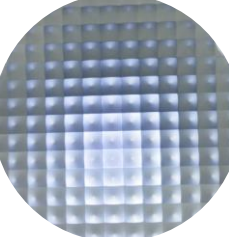
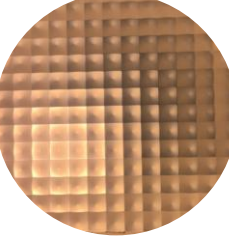





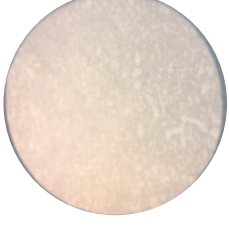
#### 4.1 Desarrollo de prototipo

El objetivo de esta sub-fase es obtener un prototipo inicial. El desarrollador debe concentrarse en construir un sistema con la máxima funcionalidad.

Para la elección del difusor se hizo una prueba con un punto de luz blanca y luz amarilla en 7 difusores diferentes para determinar los efectos de refracción que se producen con la luz, esto ayudará a determinar cuál es la textura y grosor más convenientes respecto a las consideraciones de diseño.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

**Tabla 4.1** Efectos de la luz sobre difusores.

Descripción	Material	LED Blanco	LED Ámbar
<b>Prueba 1</b> Poliestireno Color cristalino Calibre 14			
<b>Prueba 2</b> Poliestireno Color cristalino Calibre 10			
<b>Prueba 3</b> Poliestireno Color cristalino Calibre 12			
<b>Prueba 4</b> Acrílico Color blanco mate Calibre 10			
<b>Prueba 5</b> Acrílico Color C/película papel Calibre 10			

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

---

**Prueba 6**

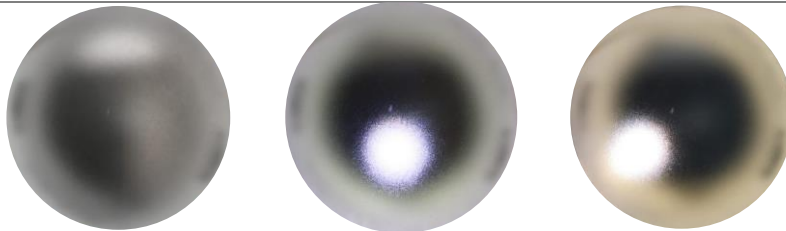
Acrílico  
Color blanco  
brillante  
Calibre 18



---

**Prueba 7**

Acrílico  
Color natural  
templado  
Calibre 10



Como se puede observar en los resultados de las pruebas, los materiales que tiene relieves y texturas prismáticas (pruebas 1, 2 y 3) hacen diferentes efectos ayudando a la apertura en el ángulo de refracción del LED, maximizando la eficiencia y disminuyendo el resplandor directo, sin embargo, el punto de luz es muy visible, este efecto también es muy notorio en la prueba 7, se busca que exista una uniformidad en la iluminación como en las pruebas 4, 5 & 6 sin perder esta eficiencia.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

Para el prototipo se imprimieron 4 carcassas en una impresora 3D en plástico PLA, se recubrió con plaste automotriz, se lijo y se pintó con aerosol blanco brillante para una mejor dispersión de la luz, se hizo la instalación de los imanes en los barrenos de la carcasa, se colocaron los LEDes en el canto de la luminaria y se sujetó el acrílico. A continuación, se muestra el módulo base de la luminaria.



**Figura 4.1** Modulo base del sistema de iluminación.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.



**Figura 4.2** Sistema modular de iluminación acomodado 1.




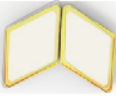




**Figura 4.3** Sistema modular de iluminación acomodado 2.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

#### 4.2 Prueba de diseño

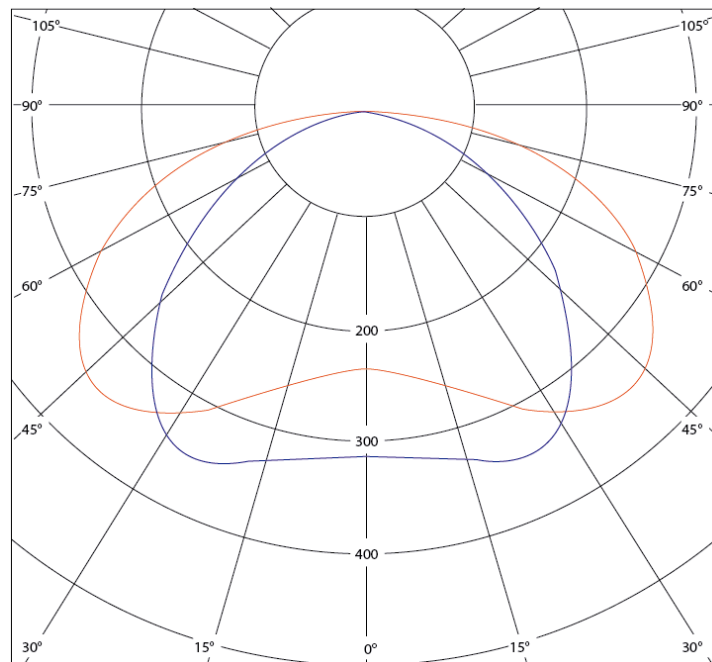
Con el fin de lograr un diseño óptimo se hicieron las pruebas finales del prototipo y se ajustaron detalles en la luminaria de acuerdo a los ambientes recomendados para las diferentes actividades dentro del hogar.

**Tabla 4.2** Recomendaciones de iluminación.

Actividades	M <sub>2</sub>	Temperatura de color	Lumenes	Luxes	Apariencia
Pasillos	1	4000 K	288 lm	288 lux	
Baños	2	4000 K	576 lux	288 lux	
Habitaciones	3	2800 K	432 lm	144 lux	
Habitaciones	4	2800 K	576 lm	144 lux	
Estudio	5	6500 K	2160 lux	432 lux	
Cocina	6	6500 K	2592 lux	432 lux	

### 4.3 Curva fotométrica

El diagrama de intensidad polar consiste en medir la luz en todas las direcciones alrededor de la luminaria y dibujar una curva en un plano a través del centro de la luminaria; el resultado obtenido de acuerdo a la geometría y cualidades de la luminaria por el programa Photopia™ (2018), muestran 2 haces de luz simétricas, un haz de luz amplio de 75° produciendo iluminación directa y proporcionando luminosidad al techo haciendo un efecto de iluminación general difusa, y un haz de luz abierto con un ángulo de 60° creando una iluminación con distribución de flujo directo.



**Figura 4.4** Curva fotométrica de luminaria.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

#### 4.4 Resultados fotométricos en CSE

A continuación, se muestran los resultados de



Figura 4.5 Simulación en DiaLUX Sala-Comedor -Cocina.

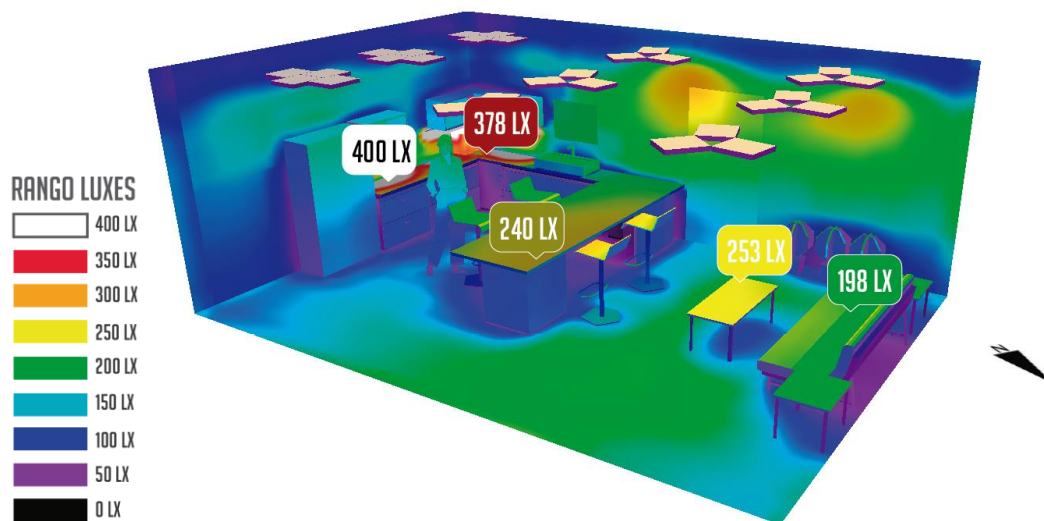


Figura 4.6 Simulación en DiaLUX™ colores falsos Sala-Cocina.



Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

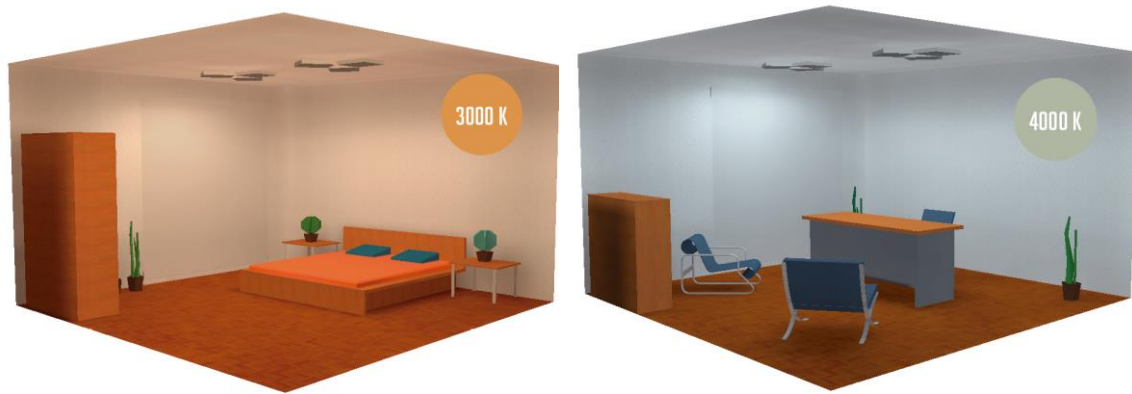


Figura 4.7 Simulación en DiaLUX™ dormitorio/oficina.

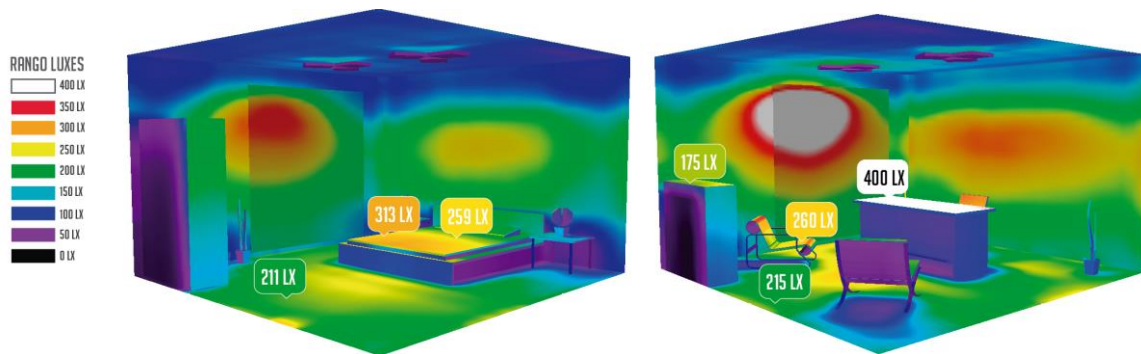
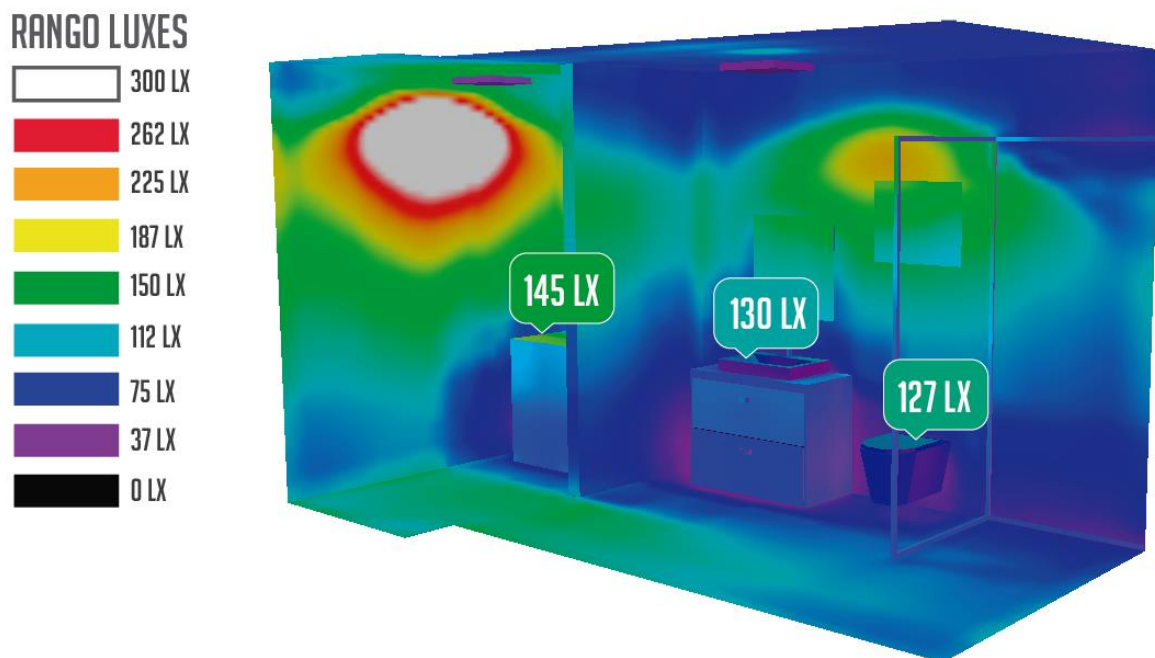


Figura 4.8 Simulación en DiaLUX™ colores falsos dormitorio/oficina.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.



**Figura 4.9** Simulación en DiaLUX™ baño.



**Figura 4.10** Simulación en DiaLUX™ colores falsos baño.

## Capítulo 5

### CONCLUSIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones de la tesis “Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación” acorde a la información y los resultados arrojados en los capítulos anteriores.

La luz y las sombras son dos elementos indispensables de la arquitectura, nos permite dar forma y tridimensionalidad a los espacios y a los objetos, a pesar de que la luz no se puede tocar, tiene cualidades que le permiten ser percibida; conforme se moldea la iluminación en los espacios, serán los ambientes y por consecuencia las diferentes sensaciones o emociones.

La luz artificial debe ser cambiante y adaptarse a los requerimientos del usuario; permitiendo que la actividad a ejecutar se realice de una manera óptima. La modularidad da paso a estos cambios, ya que permite experimentar, adaptarse y elegir la mejor opción, resulta también una ventaja ya que un sistema modular puede evolucionar.

La modularidad en el sistema suele ofrecer una amplia flexibilidad, si hay un cambio en el mobiliario o en los espacios, el sistema de iluminación tiene la capacidad de ser adaptado al entorno, otra de las ventajas es su fácil remplazo o reparación en caso de que alguno de los componentes no está funcionando.

La dinámica y actividades de los usuarios en los espacios dentro del hogar resulta cambiante, la iluminación a su vez debe ser igual de flexible y siempre acertada, cambios como la temperatura de color (Luz fría a ámbar), flujo luminoso (directa o indirecta) y la intensidad en la iluminación son factores que contribuyen a esta adaptabilidad en las tareas cambiantes.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

Si bien es cierto, la apreciación de la iluminación en las personas siempre tendrá resultados diferentes, sin embargo, las normas nos ayudan a mantener un estándar en la percepción y nivel de confort para los usuarios; herramientas como DiaLUX™ que ayudan a la previsualización de las zonas a iluminar, contribuyen a mejorar las condiciones y proyecciones de lo que se pretende lograr en cada espacio, a pesar de que es una simulación resulta un reflejo muy apegado a la realidad, evitando gastos innecesarios a la hora de elegir una luminaria.

La modularidad que existe en la casa solar experimental permite cierta flexibilidad en los espacios, es prudente que la iluminación tenga esta misma capacidad, donde exista la oportunidad de un acomodo, orden y propósito diferentes.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

## Referencias

- Baldwin, C., & Clark, K. (2005). *Design Rules: The power of Modularity*. Cambridge, Massachusetts: Harvard Business School.
- Barroso, J., P., A. A.-J., & Britos., J. L. (2010). *Luminotecnia*. Mar de plata, Argentina: Taller vertical de construcciones 'A' .
- Celma I Girón, F. (2014). Efectos de la luz. Barcelona, España. Obtenido de <http://luminoterapia.science/efectos-de-la-luz/>
- Censo de población y vivienda. (2010). *Instituto Nacional de estadística y geografía*. Obtenido de <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2010/>
- CFE. (2017). *Comision federal de electricidad*. Obtenido de <http://www.cfe.gob.mx>.
- Climate Consultant 6.0. (2017). *Department of Architecture and Urban Design*. Los Angeles, University of California, EUA: Energy-design-tool.
- Colorlib. (2014). Iluminación LED. *Ecoeficenter*.
- Flores Gutiérrez, A., & López Domínguez, G. I. (2015). *Informe técnico de proyecto de investigación*. Universidad Autónoma de Querétaro, Arquitectura, Querétaro, Qro.
- Flores, A., & López, G. (2015). *Casa solar experimental – El diseño como integrador y promotor de la innovación*. . Querétaro.
- Freepik. (2017). Recuperado el 2018, de <a href='https://www.freepik.es/vector-gratis/casa-fantastica-en-diseno-isometrico\_1050638.htm'>Vector de Diseño creado por freepik</a>
- Helios Touch. (15 de Diciembre de 2016). *is-arquitectura*. Obtenido de <http://is-arquitectura.es/2016/12/15/helios-sistema-modular-de-iluminacion/>
- Holophane. (2011). Principios de iluminación . Atlanta, Estados Unidos de América.
- Idea iluminación S. A. . (2012). *cohandesigngroup.com*. Obtenido de <http://cohandesigngroup.com/portfolio-producto.php?lang=en&q=0000000013>
- IKEA Systems. (2014). Todo sobre iluminación . *La escuela de decoración* .
- INEGI. (2016). *INEGI. ORG*. Obtenido de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=22001>
- Innes, M. (2012). *Iluminación en interiorismo*. Barcelona: Blume.
- León, A. J. (2007). *Lighting*. Honolulu, Hawai: <https://www.aiu.edu>, Fecha de acceso: 23.01.2012.
- Loft Publications. (2011). *200 tips de Iluminación*. China: Numen.
- Luz y arquitectura. Espacios y Sombras. Luz natural como fuente de iluminación. Color en la edificación. La luz artificial. El diseño de iluminación. (2017). *Luz y color en arquitectura*.

Desarrollo de sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.

- Ministerio de minas y energía. (2009). Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público. *RETILAP*, 246 p.
- Montejano Aranda, J. A. (Sin fecha). *Recomendaciones bioclimáticas para el diseño arquitectónico*. Santiago de Querétaro: Garca editorial, S. C.
- Morente, C., & García, M. (2016). *Sistemas Iluminacion - Fotometria*. Barcelona, Cristina Morente Montserrat, España.
- Norma española UNE-EN 1244-1. (2007). *Eficiencia energética de los edificios: Requisitos energéticos para la iluminación*. Madrid, España: AENOR.
- Norma española UNE-EN 15193. (2007). *Eficiencia energética de los edificios: Requisitos energéticos para la iluminación*. Madrid, España: AENOR.
- Polonía Puentes, J. (2011). *Instalaciones eléctricas residenciales*. Colombia: Ceduvirt.
- Raitelli, M. (2008). *Diseño de la iluminación de interiores*. Obtenido de Edutecne: <http://www.edutecne.utn.edu.ar>
- Raitelli, M. (2008). *Diseño de la iluminación de interiores*. <http://www.edutecne.utn.edu.ar>.
- Rivero, A. (2010). *Redalyc.org*. Obtenido de Electricidad, características y opciones de reforma para México.
- Rodriguez Ramirez, J., & Llano, C. (2012). *Guia para el diseño de instalaciones de iluminación interior*. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología.
- SeniorLED. (2016). *Iluminacin led frente a la tradicional*. Obtenido de Seniorled.es: <http://www.seniorled.es/ventajas-de-la-iluminacion-led/>
- Unleaded. (11 de enero de 2018). *Ideascasas.com*. Obtenido de <http://ideascasas.com/ideas-decoracion/moderno-sistema-iluminacion-modular-interiores-estilo/>
- Wilhide, E. (2012). *Cómo diseñar una lámpara*. Bcelona: Gustavo Gili, SL.
- XAL Iluminación. (mayo de 2018). *Tectonica*. Recuperado el 2018, de [http://www.tectonica-online.com/productos/2760/acustica\\_absorcion\\_iluminacion\\_modular\\_hex-o/](http://www.tectonica-online.com/productos/2760/acustica_absorcion_iluminacion_modular_hex-o/)
- Yamagiwa. (11 de enero de 2018). *ddecoracion.com*. Obtenido de <http://www.ddecoracion.com/iluminacion/sistema-modular-en-fluorescencia/>