

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**DISEÑO DE LUMINARIA PARA EL APROVECHAMIENTO ÓPTIMO DE  
ENERGÍA ELÉCTRICA PARA CASA HABITACIÓN.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADO EN DISEÑO INDUSTRIAL**

**PRESENTA  
TANIA ELISA MONDRAGÓN SÁNCHEZ**

**DIRIGIDO POR  
Dr. JOSÉ GABRIEL RÍOS MORENO**

**C.U. SANTIAGO DE QUERÉTARO, QRO. FEBRERO 2015**

## RESUMEN

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 1244-1 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:** iluminación, casa habitación, ahorro energético, ambientes)

## SUMMARY

Research on the human use of electrical energy that exists in Mexican homes specifically in the area of illumination, taking in mind theoretical considerations as natural and artificial light, the perception of the human being to the changing light and temperature color, as well as intelligent systems that contribute to a correct lighting, this in order that the conditions and user requirements are evaluated to satisfy targets; defined the methodology to be followed for the development and implementation of the light, the context in which the project lighting requirements established by the Spanish Standard UNE-EN 1244-1 developed for different spaces and activities in the home, once these parameters defined taking ideas projected and created sketches that were evaluated after choosing the best option of lighting design, technical drawings and the development and implementation of the model was created, was held manufacturing and machining of prototype and as evidence that was submitted to substantiate the luminaire data and results obtained during the investigation were correct.

**(Key words:** lighting, household, energy saving, atmosphere)

## DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mis padres Arturo y Martha que gracias a su apoyo incondicional, confianza y cariño eh podido alcanzar una meta más, por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación, por creer en mí y por ser un ejemplo de vida.

A mi hermano Carlos que gracias a sus consejos y ayuda en programación se logró mejorar y hacer el sistema interno del prototipo, a mi hermano Fer por sus aportes en iluminación de interiores y arquitectura; a los 2 que son parte importante en mi vida, por sus consejos y cariño, porque son un ejemplo de estudio y desarrollo profesional.

A mis amigos: Paco y Oki por los cortes en laser gratis, a Gama por enseñarme a soldar, a Alejandro por enseñarme a termoformar y el espacio brindado, a Diana, Fany, Isbo, Saúl y German por el apoyo y cariño incondicionales, a mis compañeros y familia por el apoyo a lo largo de la carrera y de este proyecto.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Gabriel Ríos, profesor investigador de la Universidad Autónoma de Querétaro, facultad de ingeniería, con mi admiración por su dirección y consejos a lo largo de la realización de esta tesis, por el tiempo y el espacio brindados.

A mis asesores Lalo Blanco, Julio Cesar de Luis y Memo López por la experiencia de compartir esta importante etapa de mi formación, por su tiempo, revisiones y aportaciones al proyecto; al Dr. Luis Morales y al Dr. Mario Trejo por el apoyo, a Cesar Dueñas por el aporte en el sistema interno, a todos mis maestros por sus conocimientos, disposición y ayuda brindados.

# ÍNDICE

## CAPITULO 1

### 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Energía eléctrica en México	1
1.1.1 Energía eléctrica en el hogar	3
1.1.2 Eficiencia energética	5
1.2 Domótica	6
1.3 Luminotecnia	8
1.3.1 La luz y el color	9
1.3.1.1 Luz natural: Directa, difusa, cenital y contraluz	10
1.3.1.2 Luz artificial: Crear atmosferas, de trabajo y para decorar	13
1.3.1.3 Importancia de la iluminación higiénica	15
1.4 Antecedentes en sistemas de iluminación	16
1.5 Problemática en sistemas de iluminación	19
1.6 Hipótesis	20
1.7 Objetivo general	20
1.7.1 Objetivos particulares	20
1.8 Justificación	21

## CAPITULO 2

### 2. CONSIDERACIONES TEÓRICAS

2.1 Norma europea UNE-EN_15193:2007	23
2.1.1 Distribución de luminancia	24
2.1.2 Iluminancia	25
2.1.3 Deslumbramiento	26
2.1.4 Dirección de la luz	26
2.1.5 Rendimiento de colores y apariencia de color de la luz	26
2.1.6 Flicker	28
2.1.7 Luz natural o diurna	28
2.2 Consideraciones técnicas de iluminación	29
2.2.1 Coeficiente de luz diurna	29
2.2.2 Rendimiento luminoso	30
2.2.3 Flujo luminoso	32
2.2.4 Potencia especifica	36
2.2.5 Nivel de iluminancia	37
2.3 Tipos de fuentes luminosas	38
2.3.1 Incandescente	39
2.3.2 Lámpara de descarga	40
2.3.3 Tecnología LED	42
2.3.4 Comparación en tipos de fuentes luminosas	44

## **CAPITULO 3**

### **3. METODOLOGÍA**

3.1 Recopilación de datos	45
3.1.1 Contexto	46
3.1.2 Perfil del encuestado	47
3.1.3 Resultados de encuestas	48
3.2 Contexto dentro del hogar (definiendo el lugar de aplicación)	58
3.3 Pruebas con diferentes luminarias	60
3.4 Consideraciones del diseño	64
3.5 Bocetaje	65
3.6 Diseño final	72
3.7 Planos	76
3.8 Descripción de la instrumentación y control para la luminaria	77
3.9 Instalación	80
3.10 Control de la luminaria	81

## **CAPITULO 4**

### **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Elaboración del prototipo	87
4.2. Prueba de diseño	89
4.3. Resultados – Distribución luminosa	90
4.4 Resultados – Consumo energético y monetario	91

<b>Conclusiones</b>	93
---------------------	----

<b>Glosario</b>	96
-----------------	----

<b>Referencias</b>	98
--------------------	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo	Figura		Página
1	1	Ventas directas al público, por sector (%)	2
1	2	Media de la demanda de energía eléctrica por sector de los años 2004 a 2011	3
1	3	Porcentaje de consumo de energía eléctrica en el hogar	4
1	4	Principales servicios a gestionar	7
1	5	Espectro electromagnético	9
1	6	Ejemplo de luz directa	11
1	7	Ejemplo de luz difusa	11
1	8	Ejemplo de luz cenital y contraluz	12
1	9	Ejemplo de luz artificial y natural	13
1	10	Ejemplo de luz para zonas de trabajo	14
1	11	Ejemplo de luz para decorar	15
2	12	Temperatura del color en escala Kelvin	26
2	13	Coeficiente de luz diurna	29
2	14	Rendimiento de una luminaria y distribución del flujo por hemisferios	31
2	15	Flujo luminoso que llega a una superficie	32
2	16	Bombilla incandescente con filamento de wolframio	39
2	17	Lámparas fluorescentes compactas	
2	18	Lámparas fluorescentes tubulares	40
2	19	Lámparas fluorescentes compactas	41
2	20	Lámparas de vapor de sodio a baja presión	41
2	21	LED	42
2	22	LED de 4 patas	43
2	23	Colores primarios y secundarios	43
3	24	Encuestas enfocadas al municipio de Querétaro	46
3	25	Habitantes por vivienda	48
3	26	Habitaciones y número de focos en el hogar	49
3	27	Horas de uso de la luz eléctrica	50
3	28	Tipo de fuente luminaria que se utiliza en el hogar	51
3	29	Percepción en la eficacia de la iluminación	52
3	30	Percepción de excelencia en tipos de fuentes luminosas.	53

<b>Capítulo</b>	<b>Figura</b>		<b>Página</b>
3	31	Costos de recibo de luz en pesos mexicanos 2012	54
3	32	Comparación costo/luminaria	54
3	33	Actividades y lugar donde interactúa el usuario	55
3	34	Otros aspectos para mantener la iluminación eléctrica en uso	56
3	35	Mejoras en un sistema de iluminación	57
3	36	Disponibilidad de inversión en una luminaria	58
3	37	Plano del área de pruebas	59
3	38	Luxómetro	60
3	39	Propuesta 1	65
3	40	Propuesta 2	66
3	41	Propuesta 3	67
3	42	Propuesta 4	68
3	43	Propuesta 5	69
3	44	Propuesta 6	70
3	45	Distribución del flujo luminoso de la luminaria	72
3	46	Porcentaje de aprovechamiento lumínico	73
3	47	Render del diseño seleccionado	75
3	48	Render en el contexto	75
3	49	Despiece	79
3	50	Control local	81
3	51	Control vía remota	82
3	52	Aplicación, ventana On/Of	83
3	53	Aplicación, ventana ambiente	84
3	54	Aplicación, ventana nuevo	85
3	55	Aplicación, ventana temporizador	86
4	56	Piezas en aluminio en corte laser	87
4	57	Pieza termoformada en estireno	88
4	58	Sistema interno de la luminaria	89
4	59	Aplicación LUX app	89
4	60	Prototipo	90
4	61	Diagrama polar de la luminaria	92

## INDICE DE TABLAS

Capítulo	Tabla		Página
2	1	Grupos de apariencia de color de lámparas	27
2	2	Clasificación de luminarias de acuerdo con la distribución del flujo luminoso	33
2	3	Rangos de iluminación por local	34
2	4	Recomendaciones de iluminación de acuerdo a la norma UNE-EN 1246, 2007	35
2	5	Tabla comparativa de fuentes luminosas	44
2	6	Perfil del encuestado, clase media y media alta	47
3	7	Comparación de fuentes luminosas (Lux)	61
3	8	Comparación de fuentes luminosas	62
3	9	Comparación de propuestas de diseño	71
3	10	Relación de color- lúmenes por unidad de LED RGB	74
3	11	Materiales externos para la construcción del prototipo	77
3	12	Materiales para la construcción del prototipo	78
4	13	Recomendaciones de iluminación	89
4	14	Consumo en watts por hora	91
4	15	Costo por consumo de luminarias en septiembre 2014	92
4	16	Horas de vida útil de las luminarias	92



# Capítulo 1

## INTRODUCCIÓN

Este capítulo hablara del contexto de la energía eléctrica en México, y sus particularidades en el hogar, específicamente en el área de iluminación, abarcando temas referentes como la luz natural y artificial, la percepción que tiene el ser humano ante los cambios lumínicos y de color, así como de los sistemas inteligentes que contribuyen a lograr una iluminación correcta.

### 1.1 Energía eléctrica en México

Actualmente la electricidad es un insumo de vital importancia para la economía de los países, debido a que se utiliza prácticamente en la producción de todo bien o servicio, así como en las actividades diarias de cualquier persona.

La energía eléctrica tiene como características la facilidad en su control, su transformación en trabajo y la rapidez en su transporte; debido a su fácil manejo, la cobertura total de electricidad en México ha aumentado con un porcentaje del 97% en las últimas décadas: casi el 100% en el área urbana y cerca del 95% en las áreas rurales (CFE, 2011).

“La electricidad es el energético que más se consume en los hogares, después del gas LP y la leña; sin embargo, en las ciudades este consumo ocupa el segundo lugar en importancia” (Arce, 2009). En México existe un desperdicio de alrededor del 15% de energía eléctrica, ello se traduce en pérdidas millonarias. De acuerdo a la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2011) los porcentajes de ventas directas del consumo de energía eléctrica en servicios se pueden apreciar en la Figura 1.



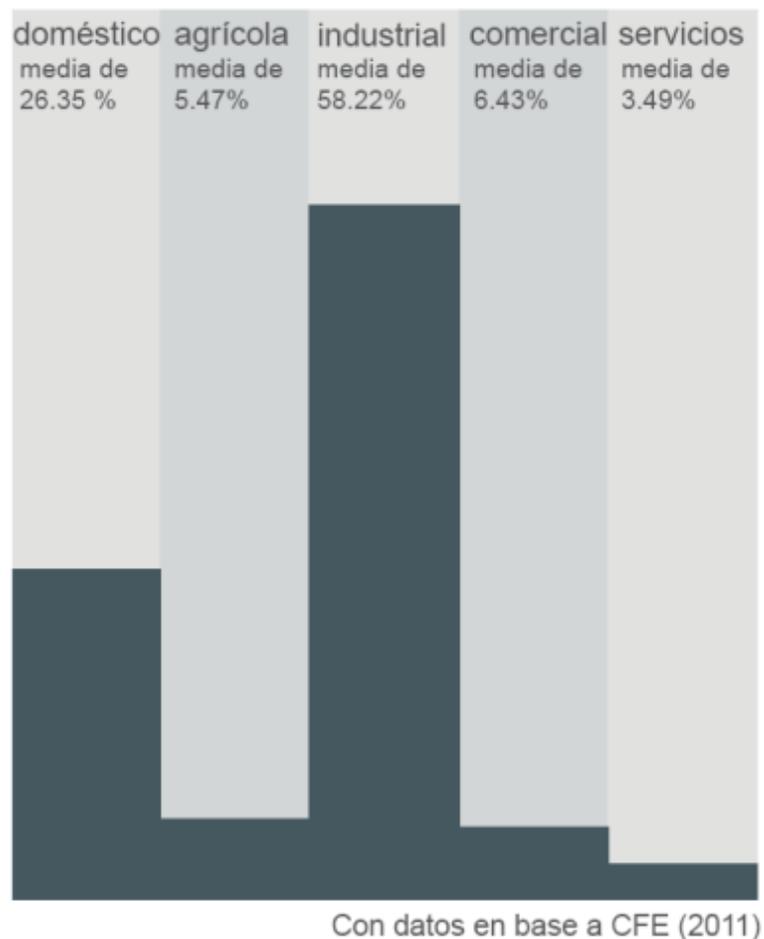
**Figura 1.** Ventas directas al público, por sector (%).

La CFE proporciona servicio eléctrico a 35.3 millones de clientes, esta cifra ha tenido una tasa de crecimiento medio anual de alrededor del 4.5% durante los últimos diez años (CFE, 2011). La demanda de energía eléctrica en México ha crecido aceleradamente razón por la cual se pueden mejorar los sistemas para un aprovechamiento de recursos y energías renovables y no renovables.

### 1.1.1 Energía eléctrica en el hogar

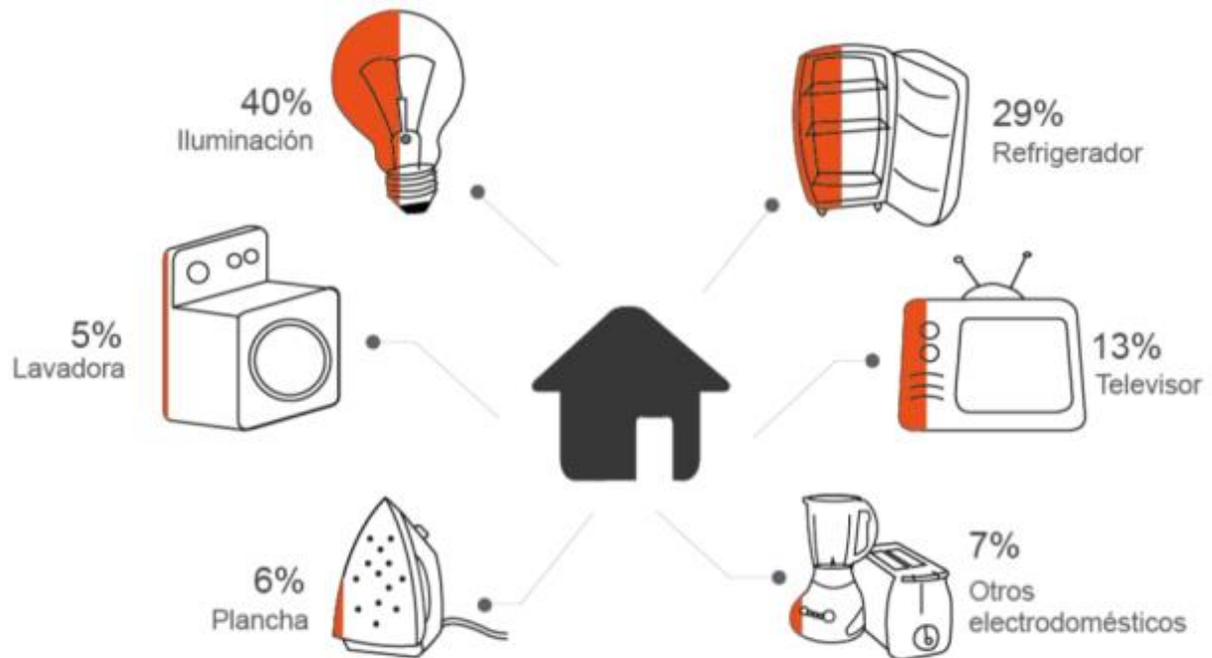
Entre los diferentes sectores donde la energía eléctrica es transmitida, el doméstico representa un porcentaje creciente muy importante, debido al incremento de la demanda de energía se requiere una mayor infraestructura, equipo, mantenimiento, entre otros recursos, con lo que aumentarían los costos en el precio de la producción energética, y por ende de los recibos de luz.

En la Figura 2 se presenta la media en porcentaje de la demanda de energía eléctrica por sector, desde el 2004 hasta el 2011. El sector doméstico ocupa el 88.39% de los clientes del total de los 5 sectores; sin embargo, para 2011 sus ventas representan el 25.82% de consumo total de electricidad en comparación con los demás sectores, con una media de 26.35% (CFE, 2011).



**Figura 2.** Media de la demanda de energía eléctrica por sector de los años 2004 a 2011

Dentro del hogar se utilizan múltiples electrodomésticos, que representan diferentes porcentajes de energía eléctrica debido a su función y tiempo de uso. Los porcentajes de consumo de energía eléctrica en un hogar promedio (familia de 4 integrantes) se muestran en la Figura 3.



Con datos en base a la Comisión Nacional para el uso Eficiente de Energía 2009

**Figura 3.** Porcentaje de consumo de energía eléctrica en el hogar.

Podemos observar que el mayor consumo de energía eléctrica corresponde al uso de la luz artificial, representando 40% del total del consumo de la energía de un hogar, el 29% al uso del refrigerador, el 13% al uso de la televisión, el 7% al uso de otros electrodomésticos, el 6% al uso de la plancha y el 5% a la lavadora de ropa.

Es evidente que el consumo de luz artificial representa un creciente porcentaje de la energía eléctrica en el hogar además de que resulta difícil prever cómo será el desarrollo y duración de la producción de electricidad, esto debido a los recursos no renovables que se utilizan para crearla, se propone un diseño de luminaria que cumpla con las necesidades de los usuarios, considerando nuevas tecnologías con mejores estrategias, que sea más amigable (eco-responsable) con el medio ambiente es decir, con una eficiencia energética.

### **1.1.2 Eficiencia energética**

Se entiende por eficiencia energética todas aquellas:

“Acciones que conlleven a una reducción económicamente viable de la cantidad de energía necesaria para satisfacer las necesidades energéticas de los servicios y bienes que requiere la sociedad, asegurando un nivel de calidad igual o superior y una disminución de los impactos ambientales negativos derivados de la generación, distribución y consumo de energía” (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, 2010).

La utilización de las nuevas tecnologías, como el uso de lámparas fluorescentes, LED's, dimers y celdas solares, en los sistemas de iluminación pueden reducir considerablemente el uso de energía eléctrica en los hogares entre un 50% y hasta un 75% (Oficina de eficiencia energética y energía renovable, 2009).

El desarrollo de luminarias es un campo amplio en disciplinas como el diseño, la ingeniería, la psicología, entre otras. A pesar de que existen muchas empresas dedicadas al desarrollo y tecnología de luminarias, la mayoría se enfoca en requerimientos estéticos dejando de lado aspectos importantes, existen pocos proyectos que cumplen con las necesidades reales del usuario: ahorro óptimo de energía eléctrica, estructura ideal, materiales apropiados para una buena iluminación, estética, funcionalidad del diseño y un estudio previo sobre el efecto psicológico y físico que causan.

Las mejoras para lograr la eficiencia energética no sólo hacen del hogar un lugar más agradable, sino que también pueden traer beneficios económicos a largo plazo. “La disminución de las cuentas de energía puede compensar con creces el alto costo de las mejoras y los aparatos domésticos de alta eficiencia energética a lo largo de la vida útil de un aparato electrónico” (Segura, 2009).

Es importante tener en cuenta conceptos como domótica y luminotecnia para el desarrollo y construcción de un diseño de luminaria que cuente con una alta eficiencia energética, aprovechamiento lumínico y que la comunicación con el usuario sea inteligente y de fácil uso.

## **1.2 Domótica**

Es un concepto interdisciplinario que se refiere a la “integración de las distintas tecnologías en el hogar mediante el uso simultáneo de las telecomunicaciones, la electrónica, la informática y la electricidad. Además, su fin es mejorar la calidad de vida de los seres humanos” (Quintero, Viviendas Inteligentes (Domótica), 2005). La automatización de hogares está evolucionando cada vez más, “el hombre ha decidido trasladar la tecnología hasta la casa, para sacar provecho de ella, beneficiándose de las ventajas que le brinda en este caso la domótica” (Boscán & Nixia, 2009).

En el hogar existe una gran cantidad de sistemas tecnológicos que se podrían implementar. Estos sistemas pueden clasificarse dependiendo de criterios ya sean de servicio o aplicación. “La clasificación más habitual de los sistemas a gestionar es aquella que los agrupa dependiendo del tipo de servicio, formando los siguientes sistemas: gestión de la energía, gestión de la seguridad, gestión del confort (térmico, lumínico, acústico y ergonómico) y gestión de las comunicaciones” (Figura 4) (Morales, 2007).



**Figura 4.** Principales servicios a gestionar.

En este proyecto se estará abordando la gestión confort de una manera directa, siendo la iluminación el área de trabajo específico, sin embargo se requiere atacar la gestión energética para un aprovechamiento óptimo de recursos, la gestión seguridad, ya que la luz ayuda a proporcionar éste efecto así como también la gestión comunicación debido a la interacción que se quiere desarrollar del usuario con la luminaria.

### 1.3 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 artificial se puede modelar, de acuerdo con el carácter que se pretenda dar a los interiores, donde se pueden crear ambientes de acuerdo con los gustos y las necesidades” (De Haro, 2010).

Por otro lado, la luz es el medio que nos permite la visión, sin ella somos incapaces de ver, la luz es la propiedad que penetra en el ojo para que el cerebro forme la imagen, la tonalidad y la intensidad de la iluminación que se transmite de una fuente luminosa, está directamente involucrada con la conducta, rendimiento y estado de ánimo del hombre, con un diseño de luminaria adecuado se pueden evitar errores, dolores de cabeza, cansancio y el forzar la vista.

### 1.3.1 La luz y el color

La luz es la parte de la radiación electromagnética que puede ser percibida por el ojo humano. “Se trata de campos electromagnéticos alternativos que transportan energía a través del espacio y se propagan bajo la forma de oscilaciones o vibraciones” (León, 2007), según sea el grado de energía y frecuencia, se determina la longitud de onda y con esto el color.

La importancia del color en la vida cotidiana del hombre es de un valor imprescindible, con el color se pueden comunicar ideas sin el uso de lenguaje, además de que pueden causar diferentes emociones y lograr cambios de ánimo en los individuos. El campo de las ondas electromagnéticas visibles por el hombre se extiende desde 380 a 780 nm” (León, 2007)(Figura 5).



**Figura 5.** Espectro electromagnético.

“Las ondas más largas corresponden al extremo visible rojo (colindante con el campo de las radiaciones infrarrojas, las cuales no son visibles y tienen propiedades caloríficas), las ondas más cortas corresponden al extremo visible violeta (colindante con el campo de las radiaciones ultravioleta, que no son visibles pero que favorecen a las reacciones fotoquímicas)” (León, 2007).

Las ondas electromagnéticas visibles de distinta longitud de onda dan una percepción distinta de los objetos y de su color. En realidad el color es una sensación óptica que depende del conjunto de las longitudes de onda que un cuerpo no absorbe, es decir, que refleja. “La sensibilidad del ojo humano es máxima para el color verde-amarillo (550 nm) y cae rápidamente tanto del lado del ultravioleta como del infrarrojo” (León, 2007).

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.

#### **1.3.1.1 Luz natural: Directa, difusa, cenital y contraluz**

La iluminación natural debe ser aprovechada por el diseñador desde el inicio del proyecto ya que la luz directa tiene cierto atractivo, está en constante cambio y siempre resulta distinta.

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.

“Los colores parecerán más vivos y alegres con el sol de la mañana, mas apagados y relajantes con el sol de la tarde, adquirirán tonalidades calmadas y oscuras con el atardecer y resultaran poco perceptibles por la noche” (Loft Publications, 2011), la luz natural ayuda a trabajar de forma más relajada y permite apreciar fácilmente los cambios de hora, por las diferentes tonalidades y colores del día según la estación del año o el clima (figura 6).



**Figura 6.** Ejemplo de luz directa (Loft Publications, 2011).

“La luz difusa es fruto de una luz filtrada, ya sean filtros naturales (nubes) o artificiales (cortinas y persianas). Este tipo de iluminación crea ambientes donde destacan sombras y matices” (Loft Publications, 2011). Estos filtros permiten la regulación de la intensidad de luz, resaltando los ambientes con cambios de color, espacialidad y movimiento (Figura 7).



**Figura 7.** Ejemplo de luz difusa (Loft Publications, 2011).

“Luz cenital y contraluz, una fuente de luz situada en la vertical de los objetos o detrás de ellos hace que destaquen sobre cualquier tipo de fondo y define sus contornos. Sin embargo, hay que tener cuidado con la llamada <<reflexión>>: un rayo de luz natural o un haz de luz artificial incide sobre una superficie y esta devuelve una parte de la luz que recibe, según las superficies, existen dos tipos de reflexión: la especular o dirigida” (Loft Publications, 2011).

La luz puede proyectarse sobre una superficie brillante como un espejo o una difusa, en la cual la superficie sobre la cual se proyecta la luz es mate, como un suelo pintado. En este caso, el reflejo se proyecta en todas las direcciones, de forma que la luz se difunde por todo el espacio (Figura 8).



**Figura 8.** Ejemplo de luz cenital y contraluz (Loft Publications, 2011).

La distribución de la luz natural en el ambiente depende del tipo de arquitectura y orientación del edificio, así como también elementos como ventanas, persianas, tragaluces y cielorrasos.

### 1.3.1.2 Luz artificial: Crear atmósferas, de trabajo y para decorar

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 (Figura 9).



**Figura 9.** Ejemplo de luz artificial y natural (Loft Publications, 2011).

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 (Figura 10).



**Figura 10.** Ejemplo de luz para zonas de trabajo (Loft Publications, 2011).

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” (Figura 11) (Loft Publications, 2011).



**Figura 11.** Ejemplo de luz para decorar (Loft Publications, 2011).

### **1.3.1.3 Importancia de la iluminación higiénica**

Gracias a la luz captamos los objetos, las diferentes formas, colores y movimientos que conforman nuestro entorno; una iluminación correcta trae consecuencias positivas, impide el cansancio ocular o trastornos en la vista al mismo tiempo que permite un rendimiento laboral favorable, evitando así accidentes personales y de terceros.

“Los trastornos visuales más comunes ocasionados por la escasa iluminación son: enrojecimiento de la conjuntiva, dolores periorbitarios, incoordinación de los movimientos del globo ocular, conjuntivitis, miopía” (Barroso, P., & Britos., 2010).

Gracias al uso adecuado de la iluminación estos síntomas y enfermedades se pueden prevenir, así mismo los cambios en la visión nunca deben ignorarse, ya que pueden empeorar y afectar considerablemente la calidad de vida de las personas.

Un primer síntoma que revela que la iluminación es incorrecta es el parpadeo: “El parpadeo es un fenómeno defensivo que favorece el reposo y la lubricación del globo ocular. En condiciones normales se produce entre 4 y 5 parpadeos por minuto. La mala iluminación eleva su número a 10 o más, produciendo fatiga visual y aumentando la posibilidad de accidentes” (Barroso, P., & Britos., 2010).

Así como la falta de iluminación es un problema, también el exceso de luz puede provocar daños oculares (ej. soldadura), también los contrastes de luz y sombras o incluso la inestabilidad de las fuentes luminosas (obligando al ojo a un continuo ajuste en la retina) causan conflictos en el órgano visual.

#### **1.4 Antecedentes en sistemas de iluminación**

Es preciso mencionar la evolución que el hombre ha tenido a lo largo de la historia en cuanto a iluminación. Esta última ha tenido gran influencia e importancia ya que ha sido proveedora de protección, seguridad y confort.

Una de las etapas importantes en la evolución de las viviendas fue la Revolución Industrial, puesto que se disparó con la aparición de la electricidad, el agua corriente, el gas, el correo, el teléfono y los electrodomésticos. En cuanto a la iluminación, la bombilla se inventó en 1879, pero actualmente “se considera poco eficiente ya que el 90% de la electricidad que consume la transforma en calor y solo el 10% restante en luz” (Sierra, 1998).

Entre los intentos para mejorar la tradicional ampolleta de la bombilla de luz, encontramos a la lámpara halógena, que usa también un filamento de tungsteno pero el interior del recipiente va lleno de gas alógeno; el efecto es que se retarda el "quemado" en las partes que se van desgastando del filamento, lo que permite una vida mayor y un trabajo a mayor temperatura, dando una percepción de mayor brillo y color más agradable (blanco). El problema es justamente esta mayor temperatura, lo que las hace potencialmente peligrosas, y además la emisión de radiación UV. Para solucionar el problema, los fabricantes han incluido filtros UV en los vidrios (Universidad Nacional de Ingeniería, 2011).

Otras alternativas son las lámparas fluorescentes, que vemos principalmente en establecimientos de mayor tamaño, y últimamente los LED (diodo emisor de luz), de una increíble eficiencia y economía. Poco a poco estos LED's se abren paso para ir reemplazando a las ampolletas o bombillas eléctricas para algunos usos cotidianos (Universidad Nacional de Ingeniería, 2011).

A lo largo del tiempo, las distintas disciplinas como ingeniería, diseño, psicología, medicina, etc., han estudiado el comportamiento de la luz, la influencia que tiene en los objetos y personas, así como las diferentes aplicaciones que se le pueden dar; es decir, al diseñar una luminaria, desde el punto de vista de la ingeniería, se puede diseñar la estructura y el circuito con la finalidad de que la energía eléctrica se aproveche de una manera óptima, así como el rendimiento de la iluminación; desde el punto de vista del diseñador, se puede crear el modelo estético y funcional, del psicológico la influencia que tiene la luz en los estados de ánimo de una persona, de la medicina los efectos y posibles daños que influyen en las personas.

En las últimas décadas, el avance tecnológico ha sido de gran impacto en el ahorro de energía. La regulación de la iluminación permite controlar el grado de iluminación o cantidad de luz de las habitaciones. Se basa en conceptos como cantidad de luz, número de puntos de luz, su intensidad, tipo de regulación de ese tipo de luz (encendido/apagado, variable, etc.).

El sistema de regulación puede ser manual o automático. En este, el propio sistema se controla a partir de un valor que le da el usuario. El control del sistema de iluminación, según (Morales, 2007), puede ser:

- Autónomo: cada habitación independiente.
- Centralizado: controla la unidad central, utiliza programación horaria.

La iluminación define los espacios donde vivimos y los ambientes que deseamos. El conocimiento básico sobre la iluminación lo derivamos del efecto que la luz solar produce al incidir en los objetos según diversos ángulos, la luz y la sombra nos sitúa en el espacio. “El sol, en su recorrido diario desde que amanece hasta que anochece, proyecta sobre los objetos una luz que varía en inclinación e intensidad y suscita sensaciones diferentes” (Loft Publications, 2011), la luz artificial puede llegar a tener el potencial de producir y proyectar diferentes sensaciones en las personas.

Un ejemplo de tecnología desarrollada en luminarias son los sistemas de alumbrado aplicados a escuelas, el cual pueden influir de forma positiva en el comportamiento y el trabajo. Para ello se utiliza una innovadora tecnología de iluminación: “un dispositivo de control regula la intensidad y la temperatura de color de la luz del alumbrado, variando entre el blanco cálido y el blanco frío. Dependiendo de la mezcla obtenida, la luz resulta activadora o tranquilizadora. Su manejo resulta sencillo, ya que se basa en seleccionar uno de los posibles escenarios preestablecidos el resultado demostró que es posible influir de forma significativa y positiva en la atención y concentración, así como también en la (no deseada) agitación de los alumnos, mediante el uso de la luz adecuada”. Es posible mejorar la velocidad de lectura y disminuir el índice de errores (Philips, 2009).

## 1.5 Problemática en sistemas de iluminación

En México existe muy poca investigación en el área de domótica en especial, en la gestión de confort lumínico; los países líderes, son aquellos que han logrado un desarrollo mayor de la tecnología, y por ende los de mayor influencia en comercialización. Los documentos relacionados con protocolos de control en dispositivos domóticos fueron depositados con mayor frecuencia en los siguientes países: Estados Unidos (278 documentos), Israel (25 documentos), Corea del Sur (9 documentos). Otros países tales como, Japón, China, Francia, Italia, y Suecia, recibieron menos de 60 depósitos (Boscán & Nixia, 2009). El poco desarrollo de este tipo de tecnología trae como consecuencia los altos costos en las luminarias y sistemas, por lo que difícilmente están al alcance de la mayoría de los mexicanos.

Otro de los problemas en los sistemas de iluminación son los diversos tipos de desechos que contienen las lámparas: “Cada lámpara de descarga, contiene mercurio, un metal pesado y tóxico que es liberado al ambiente cuando se deshecha la lámpara, la cantidad de mercurio en una lámpara varía desde 3 a 50 mg” (Assaf, 2012). En la mayoría de las ocasiones, este tipo de lámparas son tratadas sin el debido manejo, son desechadas en rellenos sanitarios, que provocan efectos biológicos nocivos sobre las personas y el ecosistema. Lo debido es depositar las lámparas en contenedores especiales de reciclaje y manejo de residuos.

Si bien la evolución y desarrollo de luminarias inteligentes ha crecido significativamente en cuanto ahorro de energía, es substancial enfatizar que aún se puede mejorar el sistema en cuanto a funcionalidad, estética y practicidad.

## **1.6 Hipótesis**

Por medio del desarrollo adecuado de una luminaria para casa-habitación se realiza un aprovechamiento óptimo de la energía eléctrica, con la capacidad de adaptarse a diferentes actividades que se realizan en el hogar, brindando confort y seguridad al usuario, basada en normas y estándares de domótica e iluminación de los recintos habitacionales.

## **1.7 Objetivo general**

Diseñar y construir de acuerdo a normas lumínicas una luminaria para casa habitación capaz de adaptarse a diferentes actividades que se realicen en el hogar, para brindar confort lumínico, seguridad y al mismo tiempo generar ahorros de energía eléctrica.

### **1.7.1 Objetivos particulares**

- Realizar un estudio de las actividades que se desarrollan en el hogar, con el fin de cuantificar el dinamismo que deberá tener la luminaria.
- Determinar qué tonalidades y niveles de iluminación son los más aptos para cada actividad que se desarrolla en la vivienda.
- Analizar las diferentes fuentes luminosas para integrar la mejor opción a la luminaria, en cuanto al ahorro energético y los diferentes niveles de iluminación.
- Diseñar un sistema de ahorro de energía para la luminaria.
- Desarrollar un prototipo.
- Establecer una comparación de costo-ahorro de la potencia para el desarrollo de la luminaria con la competencia.

## 1.8 Justificación

La luz es un componente esencial en cualquier medio ambiente además de hacer posible la visión del entorno, al interactuar con los objetos y el sistema visual de los usuarios, puede modificar la apariencia del espacio, influir sobre su estética y ambientación, afectar el rendimiento visual, estado de ánimo y motivación de las personas. “El diseño de iluminación requiere comprender la naturaleza (física, fisiológica y psicológica) de esas interacciones y además, conocer y manejar los métodos y tecnología para producirlas” (Raitelli, 2008).

La luz y el color son variantes que influyen en el estado de ánimo de las personas. “Desde un punto de vista científico, los receptores fotosensibles de las retinas de los ojos son responsables de la producción de determinadas sustancias semi-químicas que controlan nuestro estado de ánimo y nos hacen estar más concentrados y atentos, o bien más tranquilos y relajados” (Philips, 2009).

Si bien, es cierto que no todos los usuarios tienen los mismos requerimientos, y dependiendo de sus diferentes exigencias, es importante tener en cuenta estos factores a la hora de diseñar estos sistemas o luminarias. Visto desde una perspectiva globalizadora, “el diseño de iluminación puede definirse como la búsqueda de soluciones que permitan optimizar la relación entre el usuario y su medio ambiente. Esto implica tener en cuenta diversos aspectos interrelacionados y la integración de técnicas, resultados, metodologías y enfoques de diversas disciplinas y áreas del conocimiento”, como la física, la ingeniería, la arquitectura, el generamiento energético y ambiental, la psicología, la medicina, el arte, etc. Por ello la solución a una demanda específica de iluminación debe ser resultado en un marco interdisciplinario (Raitelli, 2008).

Hasta no hace mucho tiempo el diseño de iluminación implicaba suministrar luz en cantidades apropiadas a fin de posibilitar la realización de las tareas con alto rendimiento visual. El aspecto cualitativo se limitaba a eliminar o reducir posibles efectos de deslumbramiento. La luz no sólo afecta las capacidades visuales de las personas, sino también su salud y bienestar, por lo que se busca una mejora en los sistemas, ya sea en el desarrollo tecnológico de fuentes luminosas, dispositivos ópticos, sistemas de control e incluso en utilizar los recursos energéticos de manera más eficiente (Raitelli, 2008).

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”, como expone Mario Raitelli (2008) “un buen sistema óptico, luminaria o equipo de control debe hacer un uso racional de la energía para contribuir a minimizar el impacto ecológico y ambiental; todo esto por supuesto, dentro de un marco de costos razonables, que no solamente debe incluir las inversiones iniciales sino también los gastos de explotación y mantenimiento” (Raitelli, 2008).

# Capítulo 2

## CONSIDERACIONES TEÓRICAS

Este capítulo presenta las consideraciones teóricas que se requieren para la realización adecuada del diseño de la luminaria, así como el trabajo de investigación lumínico con la finalidad de que se evalúen las condiciones y necesidades del usuario para cumplir los objetivos.

### 2.1 Norma española UNE-EN\_15193:2007

La reducción de costos y la protección del medio ambiente deben ser prioridad en la vida de las personas; tanto en las nuevas instalaciones como en renovaciones de iluminación, se debe tener en cuenta las normativas y requerimientos sobre aprovechamiento de energía. Existe un gran potencial de ahorro, especialmente en los edificios con instalaciones de alumbrado antiguas, siendo también posible mejorar enormemente la calidad y cantidad de la luz.

“Esta norma europea especifica la metodología de cálculo para la evaluación de la cantidad de energía utilizada para iluminación interior del edificio, proporcionando un indicador numérico para los requisitos de energía de iluminación usado con propósitos de certificación. Proporciona esquemas de referencia para vasar los objetivos de la energía asignada para su uso en iluminación, proporcionando una metodología para el cálculo del uso de la energía instantánea para iluminación para la estimación del rendimiento total de energía del edificio”. (Norma española UNE-EN 15193, 2007)

Esta norma Española UNE-EN\_15193:2007 proporciona criterios de iluminación que se deben tener en cuenta para el diseño y desarrollo de luminaria con el fin de satisfacer necesidades visuales, de confort y seguridad.

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.
- Luz natural o diurna.

### **2.1.1 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 está 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 15193, 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%

### **2.1.2 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.”

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 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.

### **2.1.3 Deslumbramiento**

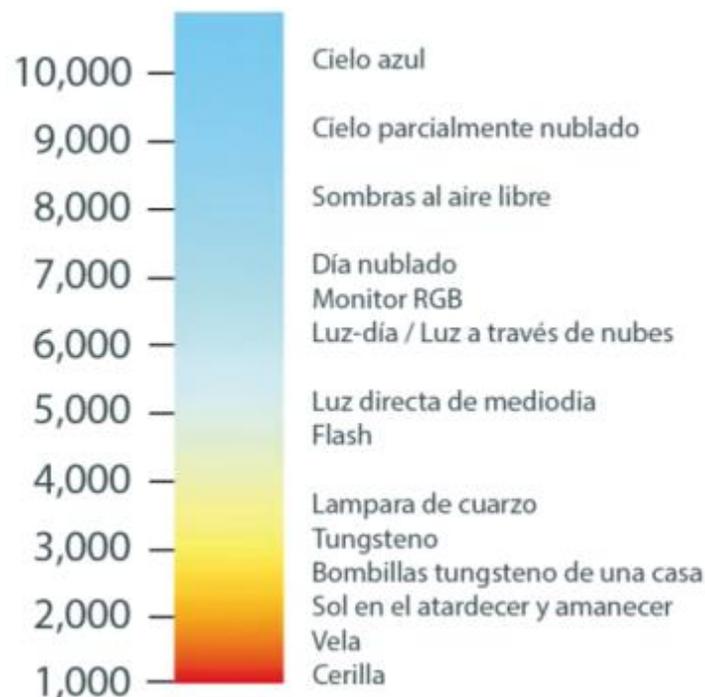
El deslumbramiento es la sensación producida por áreas brillantes dentro del campo de visión, así mismo es importante evitar el deslumbramiento ya que causa errores, fatiga y accidentes.

### 2.1.4 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.

### 2.1.5 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). La temperatura cromática se puede variar si se utilizan filtros sobre las fuentes luminosas (Figura 12).



**Figura 12.** 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 1.** 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

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.

### **2.1.6 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.

### **2.1.7 Luz natural o diurna**

La luz natural puede proporcionar la tonalidad o parte 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 luminancias debido a su flujo luminoso casi horizontal procedente de las ventanas laterales. Es necesario un alumbrado suplementario para asegurar la iluminación requerida como se explica en el capítulo 1.3.1.2.

## 2.2 Consideraciones técnicas de iluminación

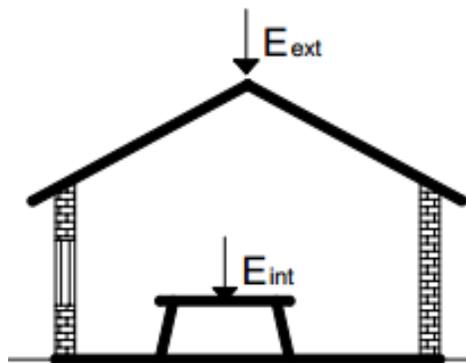
Desde el punto de vista fotométrico y lumínico los aspectos que interesan para el diseño y selección de luminaria son:

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

### 2.2.1 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) (Figura 13).

$$CLD\% = \frac{E_{int}}{E_{ext}} * 100 \quad (1)$$



**Figura 13.** Coeficiente de luz diurna (Raitelli, 2008).

En general se puede decir que para planificar un aprovechamiento de luz natural “hay que disponer de un coeficiente de luz diurna promedio no inferior a 2%. También, que en habitaciones donde el valor es superior a 5% y la geometría de ventanas asegura una distribución uniforme del alumbrado” (Raitelli, 2008), 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.

### 2.2.2 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. En general, interesa el rendimiento total y por hemisferios, definidos de la siguiente manera* (Raitelli, 2008):

Rendimiento total

$$\eta = \frac{\text{Flujo total emitido por la luminaria } (\phi_{0-180})}{\text{Flujo total de lámparas } (\phi L)} \quad (2)$$

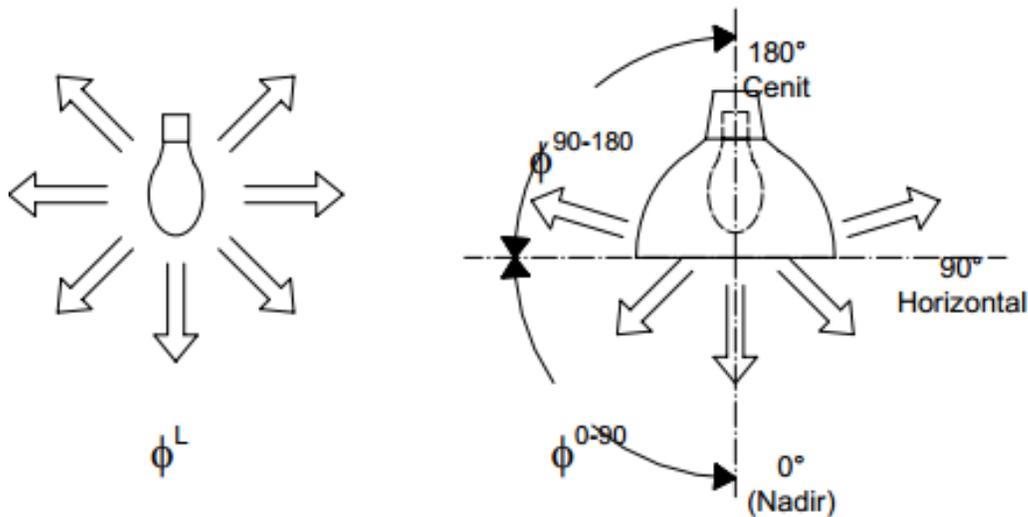
Rendimiento en el hemisferio inferior (3)

$$\eta_{0-90} = \frac{\text{Flujo emitido en el hemisferio inferior } (\phi_{0-90})}{\text{Flujo total de lámparas } (\phi L)}$$

Rendimiento en el hemisferio superior

$$\eta_{90-180} = \frac{\text{Flujo emitido en el hemisferio superior } (\phi_{90-180})}{\text{Flujo total de lámparas } (\phi^L)} \quad (4)$$

El hemisferio inferior comprende desde la posición de nadir ( $0^\circ$ ) hasta la horizontal ( $90^\circ$ ), mientras que el superior, desde la horizontal ( $90^\circ$ ) hasta la posición del cenit ( $180^\circ$ ), según se puede ver a continuación (Figura 14).

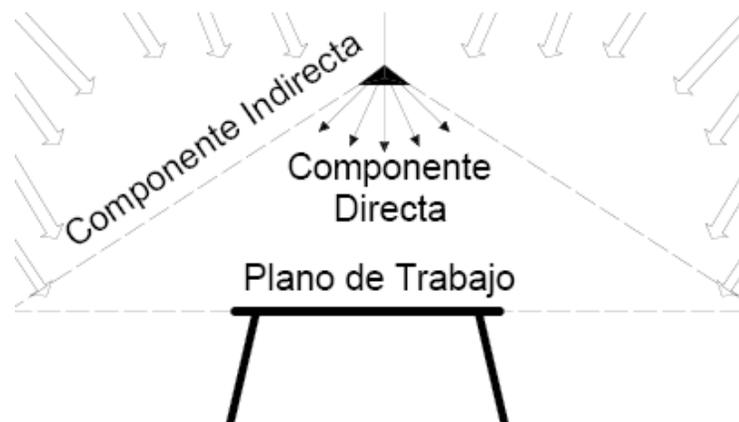


**Figura 14.** Rendimiento de una luminaria y distribución del flujo por hemisferios (Raitelli, 2008).

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.

### 2.2.3 Flujo luminoso

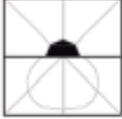
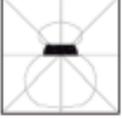
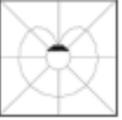
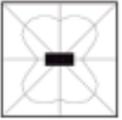
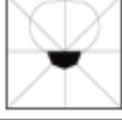
El cálculo de la iluminación de interiores comprende la determinación del flujo luminoso total que incide sobre un punto o una superficie. Este flujo se compone de dos partes (Figura 15), “la primera corresponde a la fracción que llega directamente desde las luminarias (componente directa), la otra involucra 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).



**Figura 15.** Flujo luminoso que llega a una superficie (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.

**Tabla 2.** 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	$\frac{0 - 10}{90 - 100}$ 	Alta eficiencia energética. Posibilita buena uniformidad y balance de claridades en el campo visual. Con distribución concentrada puede requerir alumbrado suplementario para aumentar la iluminancia en superficies verticales, el cieloraso o la cabidad sobre el plano de montaje pueden resultar poco iluminados. En general requiere control de luminancias para minimizar deslumbramiento (directo y reflejado).
Semi directa	$\frac{10 - 40}{60 - 90}$ 	Similares a tipo directo pero con menor eficiencia energética. Reduce el contraste de luminancias con el cieloraso. La luz reflejada (difusa) suaviza sombras y mejora las relaciones de claridad. No deben instalarse demasiado cerca del cieloraso para evitar áreas de alta luminancia que podrían resultar distractivas, perturbadoras y afectar la estética del ambiente.
Difusa	$\frac{40 - 60}{40 - 60}$ 	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 cieloraso.
Directa indirecta	$\frac{40 - 60}{40 - 60}$ 	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 cuál reduce las luminancias en la zona de deslumbramiento directo.
Semi directa	$\frac{60 - 90}{10 - 40}$ 	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 cieloraso.
Indirecta	$\frac{90 - 100}{0 - 10}$ 	Elimina virtualmente las sombras y el deslumbramiento directo y reflejado pero tiene baja eficiencia energética. Requiere altas reflectancias de paredes y cieloraso y un adecuado programa de mantenimiento de artefactos y superficies. Hay que cuidar el balance de iluminancias con el cieloraso.

La norma española UNE-EN 1246, 2007 marca las recomendaciones de iluminación para diferentes actividades y tipos de interiores variando de 200 a 500 lux (Tabla 3 y 4).

**Tabla 3.** Rangos de iluminación por local (Norma española UNE-EN 15193, 2007)

Local	Intensidad lumínica en luxes		Calidad lumínica
	Mínima	Recomendable	Tipo de alumbrado
Estancia	60 lx	150 lx	Se recomienda indirecta general, directa en algunas zonas.
Comedor	120 lx	250 lx	Se recomienda directa al centro de la mesa apoyada por general difusa.
Recámara	150 lx	300 lx	Se recomienda semidirecta apoyada por directa en las cabeceras.
Baño	120 lx	250 lx	Se recomienda general difusa con, directa a la cara en zona de aseo personal (lavabo).
Vestíbulo	30 lx	60 lx	General difusa o indirecta.
Pasillos y escaleras	60 lx	120 lx	General difusa.
Estudio	---	400 lx	Directa en las zonas de escritorio apoyada por general difusa.
Lavado y planchado	120 lx	400 lx	Directa en las zonas de trabajo apoyada por general difusa.

**Tabla 4.** Recomendaciones de iluminación de acuerdo a la actividad (Norma española UNE-EN 1244-1, 2007).

Tipo de interior, tarea, y actividad	Lux
Escritura y lectura	500
Sala de descanso	100
Halls de entrada	100
Cocina	500
Pasillos	100
Baños	200

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.

## 2.2.4 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.

“Potencia por luminaria (PL)/Potencia específica de la instalación (Pe). Además, hay que incluir la constante 100 y un factor de corrección (f) que tiene en cuenta las características geométricas del local y los factores de reflexión de paredes ( $\rho_w$ ), piso ( $\rho_f$ ) y cieloraso ( $\rho_c$ )”.

$$E_{med} = \frac{N \cdot 100}{l \cdot a} \cdot \frac{PL}{Pe} \cdot d \cdot f \quad (7)$$

En la expresión anterior cada factor representa lo siguiente:

$E_{med}$ : Iluminancia media mantenida sobre el plano de trabajo en lux

$P_L$ : Potencia de lámparas por luminarias en watts

$P_e$ : Potencia específica de la instalación en  $W/m^2$  100 lux

N: Número de luminarias instaladas

d: Factor de depreciación de la instalación

f: factor de corrección por geometría del local

l: longitud del local en metros

a: Ancho del local en metro

### 2.2.5 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.

$$E_v = \frac{dF}{dS} \quad (8)$$

Dónde:

$E_v$  = iluminancia, (luxes)

$dF$  = Flujo luminoso (lúmenes)

$dS$  = Elemento diferencial de área (metros cuadrados)

La iluminancia se puede definir a partir de la magnitud radiométrica de la irradiación de cada longitud de onda de la curva de sensibilidad del ojo humano. A la iluminancia que emerge de una superficie por unidad de área también se le denomina emisión luminosa.

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.

### 2.3 Tipos de fuentes luminosas

En el mercado existen diferentes tipos de fuentes luminosas, estas pueden variar en forma, potencia, vida útil, costo y tonalidad en la iluminación; al elegir un tipo de fuente luminoso se debe tener en cuenta la actividad a realizar y si se iluminará un ambiente interior o exterior, por lo que es importante mencionar los tipos de fuentes luminosas y establecer cuál es el adecuado para la implementación de la luminaria a diseñar esto con el fin de que se genere un ambiente agradable, ergonómicamente correcto y energéticamente racional.

Según el Dr. Pablo Montero en su publicación “iluminación eficiente” Los parámetros fundamentales a la hora de elegir un tipo de luminaria u otro son los siguientes (Montero, 2010):

- Potencia eléctrica consumida (W).
- Eficacia luminosa: relación entre el flujo luminoso aportado por la luminaria (lúmenes) y la potencia eléctrica consumida (W).
- Vida útil en horas de uso.

Dentro de los tipos de fuente luminosa que existen se encuentran los focos incandescentes, los focos de carga (halógenos) y los LED.

### 2.3.1 Incandescente

- Incandescentes no halógenas (Figura 16).- son las más empleadas debido a su bajo precio y facilidad de instalación. *Su funcionamiento está basado en el flujo luminoso emitido por un filamento de wolframio al ser recorrido por una corriente eléctrica* (Montero, 2010). Este tipo de foco presenta un bajo rendimiento ya que el 90% de la electricidad es convertido en calor y el 10% restante en luz. Su rendimiento luminoso es muy bajo, siendo de 12 a 18 lm/W (lúmenes por vatio de potencia), además de ser el foco con la menor vida útil con unas 1000 horas aproximadamente.



**Figura 16.** Bombilla incandescente con filamento de wolframio (Montero, 2010).

- Incandescentes halógenas (Figura 17).- en el interior de la ampolleta contiene un gas halógeno para evitar la evaporación del filamento de tungsteno. Representan un costo mayor que las bombillas incandescentes pero tienen un mayor rendimiento (18, 22 lm/W) y vida útil (2.000 y 4.000 horas de funcionamiento) (Montero, 2010).



**Figura 17.** Bombilla incandescente halógena con filamento de tungsteno (Montero, 2010).

### 2.3.2 Lámparas de descarga

La iluminación se consigue por excitación de un gas sometido a descargas entre dos electrodos, produciendo radiaciones luminosas (Montero, 2010). En este tipo de lámpara se produce un mínimo aumento de la temperatura, pero requieren de un equipo auxiliar (balastro) para su funcionamiento. Son más eficientes que las lámparas incandescentes y su clasificación varía de acuerdo al gas que se utiliza o la presión que tiene.

- Lámparas fluorescentes tubulares (Figura 18): son lámparas de vapor de mercurio a baja presión. Son las más empleadas tras las incandescentes. Se utilizan principalmente en alumbrado público, oficinas y almacenes, pero no es recomendable para la lectura y la mayoría de este tipo de lámparas no se le puede regular la intensidad aunque resulta conveniente debido a su mínimo consumo en energía. Tiene una vida útil de 12000 – 20000 horas y una eficacia luminosa de 55 a 104 lm/W.



**Figura 18.** Lámparas fluorescentes tubulares (Montero, 2010).

- Lámparas fluorescentes compactas (Figura 19): este tipo de lámpara utiliza el mismo funcionamiento que las tubulares. Están formadas por uno o más tubos fluorescentes doblados. Tiene una vida útil de 5000 y 7000 horas.



**Figura 19.** Lámparas fluorescentes compactas (Montero, 2010).

- Lámparas de vapor de sodio a baja presión (Figura 20): *se origina la descarga en un tubo de vapor de sodio a baja presión produciéndose una radiación prácticamente monocromática.* Se dice que son las más eficaces en el mercado, pero el color de su luz color amarillo, las hace apropiadas para automóviles.



**Figura 20.** Lámparas de vapor de sodio a baja presión (Montero, 2010).

### 2.3.3 Tecnología LED

El diodo emisor de luz (LED) (Figura 21): es un componente sólido, está basado en semiconductores que convierten la corriente eléctrica en luz sin necesidad de filamento ni gases, por lo que es muy conveniente gracias a su amplia vida útil y bajo consumo de energía. Su vida útil es de 50000 horas, es 80% más eficiente que las lámparas incandescentes ya que prácticamente no libera calor en comparación con las demás tecnologías de iluminación.



**Figura 21.** LED (Colorlib, 2014).

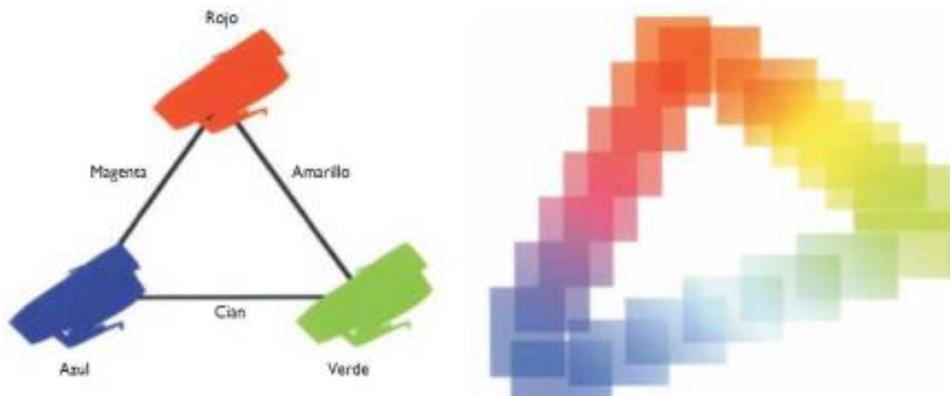
El LED funciona polarizándolo, es decir es un diodo o un *componente rectificador con la peculiaridad de que además de permitir el paso de corriente en un solo sentido, al hacerlo emite luz* (Montero, 2010), tiene un terminal que debe conectarse a negativo y el otro debe conectarse a positivo. El extremo negativo es el cátodo y el positivo el ánodo. A comparación de otras fuentes luminosas, el LED consigue bajar los costos de la energía alrededor de un 40%. El LED tiene una respuesta de funcionamiento mucho más rápida que la de las lámparas de tipo halógeno y fluorescente, la diferencia es del orden de los microsegundos, también tienen la ventaja de que permiten el control del color; por ejemplo asegurando una tonalidad de luz específica (Fillipo Rugeles & Cano Garzón, 2010).

Dentro del tipo de LED's que existen en el mercado encontramos los LED's de cuatro patas, una debe conectarse al extremo positivo (ánodo) y las 3 restantes al extremo negativo (cátodo) (Figura 22).



**Figura 22.** LED de 4 patas (Colorlib, 2014).

Este tipo de LED tiene la capacidad de cambiar de color (RGB) que es la mezcla de los colores rojo, verde y azul. Mezclando los colores primarios se obtienen los secundarios como se muestra en la Figura 23.



**Figura 23.** Colores primarios y secundarios (Colorlib, 2014).

### 2.3.4 Comparación en tipos de fuentes luminosas

A continuación se muestra una tabla comparativa de fuentes luminosas, las diferentes aplicaciones que tienen, su tiempo de vida útil, la potencia, rendimiento y flujo luminoso.

**Tabla 5.** Tabla comparativa de fuentes luminosas (Montero, 2010).

	Potencia (W)	Rendimiento (lm/W)%	Flujo(Lum)	Duración media (h)	Equipo necesario	Color	Apropiado	Observaciones
Incandescente estandar 	25-100	12-18	200 -1800	1000	No	Blanco	Pequeñas áreas	Poca vida útil Elevado calor
Incandescente halógena 	75-150	18-22	75 - 150	2000 - 4000	No	Blanco	Pequeñas áreas	Poca vida útil Elevado calor
Fluorescente tubular 	7-55	55-101	7 - 55	12000 - 20000	Si	Blanco Amarillo	Zona servicio	Instalación media Mucha vida útil
Fluorescente compacta 	7-55	36-81	7 - 55	5000 - 7000	Si/No	Blanco Amarillo	Zona servicio	Instalación media Mucha vida útil
Sodio blanco 	35-100	40-132	35 - 100	10000	Si	Blanco Amarillo	Proyectores áreas medianas	Instalación cara Mucha vida útil
LED 	12	4.5-150	12	50000	Si	Amplia gama de colores	Múltiples áreas y zonas	Instalación cara Mucha vida útil

En la fase de diseño de iluminación y obedeciendo al contexto que se requiere, las ventajas y características en los tipos de fuentes luminosas son las que determinaran el tipo de lámpara que se seleccionara para la construcción del diseño de luminaria.

# Capítulo 3

## METODOLOGÍA

Este capítulo muestra los detalles y pasos que se habrán de seguir para el desarrollo y realización de la luminaria, la investigación y contexto en el que se desarrollara el proyecto, las consideraciones que se deben tener dentro del diseño así como los planos técnicos y el desarrollo e instrumentación del prototipo.

### 3.1 Recopilación de datos

Para permitir que las personas realicen sus actividades visuales de modo eficiente y preciso dentro de su hogar, debe preverse una iluminación adecuada, con el fin de conocer las necesidades y requerimientos del usuario para un aprovechamiento y confort lumínico adecuado, se llevó a cabo una encuesta de 13 preguntas, las cuales, fueron aplicadas a 100 personas. El resultado arrojado de las encuestas permitirá responder a cuestiones necesarias de diseño, aportando información sobre las características demográficas, económicas, psicológicas y sociales del encuestado, además del uso e interacción que el usuario tiene con el uso de la luz eléctrica.

### 3.1.1 Contexto

La encuesta “Iluminación en el hogar 2012” fue aplicada a residentes del estado de Querétaro, 72% al municipio de Querétaro y 28% al resto de los municipios del estado (Figura 24). Querétaro cuenta con una superficie de 11,699 km<sup>2</sup> y está ubicado en el centro de México, limita al norte con el estado de San Luis Potosí, al oeste con Guanajuato, al este con Hidalgo, al sureste con el estado de México y al suroeste con Michoacán. El clima es seco y semi-seco en la mayor parte del estado de Querétaro, con excepción del norte, donde se registra un clima templado, moderado y lluvioso, con temperatura media anual de 18° C. En el 2010 el estado de Querétaro contaba con 940,749 mujeres y 887,188 hombres dando un total de 1, 827,937 habitantes (INEGI, 2013). El estado de Querétaro tiene un crecimiento anual del 2.6%, se proyecta que en 2015 ésta ascienda a 2 millones 004 mil 472 habitantes (COESPO, 2014).



**Figura 24.** Encuestas enfocadas al estado de Querétaro.

### 3.1.2 Perfil del encuestado

Una de las características que se buscó en los encuestados fue que tuvieran casa propia ya que es más probable que inviertan en una luminaria para su hogar; de los 100 encuestados se tiene un promedio de edad de 27 a 35 años, siendo en su mayoría hombres (67% de los encuestados), tienen en su mayoría un nivel educativo de licenciatura, dentro de las profesiones que desempeñan estas personas se encuentran ingenieros, contadores, arquitectos, diseñadores y abogados, dentro del rango de encuestados también se encuentran comerciantes, amas de casa y estudiantes universitarios; el nivel socioeconómico del encuestado se encuentra en los niveles 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) (López Romo, 2010) (Tabla 6).

**Tabla 6.** Perfil del encuestado, clase media y media alta (INEGI, 2013).

Características de la Vivienda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dos terceras partes de las viviendas son propias.</li> <li>• Casas grandes con 5 o 6 habitaciones.</li> <li>• Construidas con materiales sólidos de primera calidad.</li> </ul>
Infraestructura Sanitaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema óptimo de sanidad y agua corriente dentro del hogar.</li> </ul>
Infraestructura Práctica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poseen casi todos los enseres y electrodomésticos para facilitar la vida en el hogar.</li> <li>• En promedio entre 1 y 2 automóviles .</li> </ul>
Entretenimiento y Tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La mayor aspiración es contar con el equipamiento de comunicación y tecnología.</li> <li>• La mitad tiene TV de paga y un tercio Video juegos.</li> <li>• Vacacionan en el interior del país.</li> </ul>
Escolaridad Jefe de Familia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En promedio universitarios.</li> </ul>
Gasto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La mitad del gasto es ahorro, educación, espaciamento y comunicación, vehículos y pago de tarjetas .</li> <li>• Los alimentos representan el 12% del gasto, significativamente abajo del promedio poblacional.</li> </ul>

### 3.1.3 Resultados de las encuestas.

Es fundamental saber el número aproximado de habitantes por hogar para tomar en cuenta la interacción y dinamismo familiar que existe en la vivienda queretana, por esta razón se le pregunto al encuestado cuantas personas residen en su casa, siendo de 2 a 4 personas el mayor porcentaje con el 71%, seguido del 19% con familias de 5 a más personas y por último el 10% que respondieron viven solos (Figura 25). Se contempla una familia compuesta por la madre y padre de familia con 2 a 3 hijos.

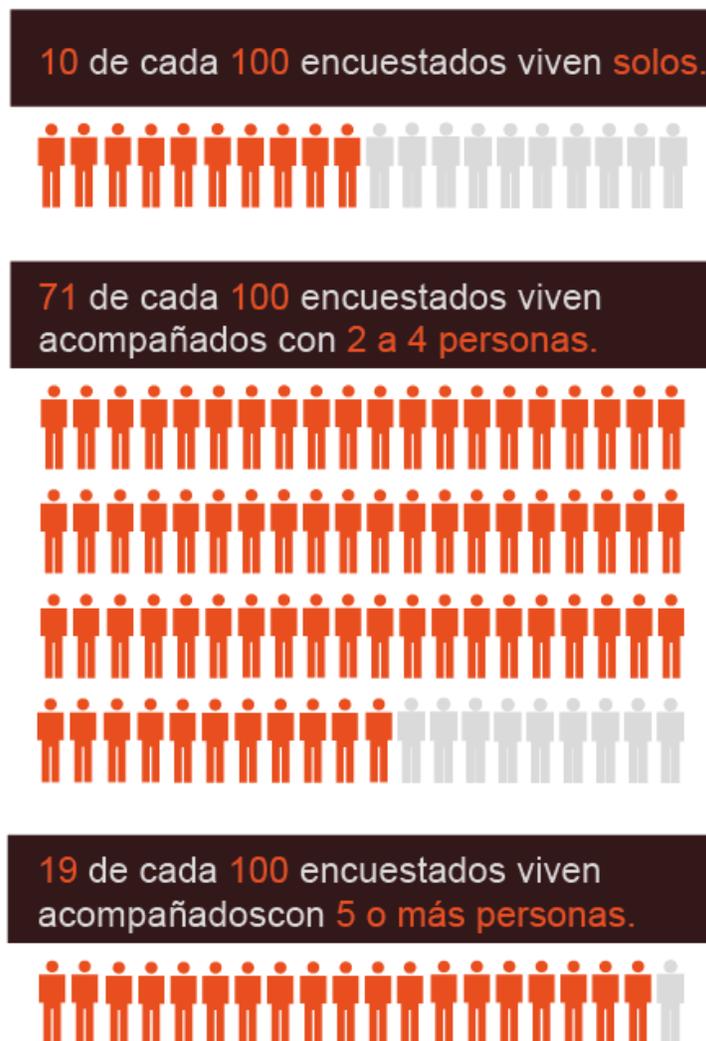


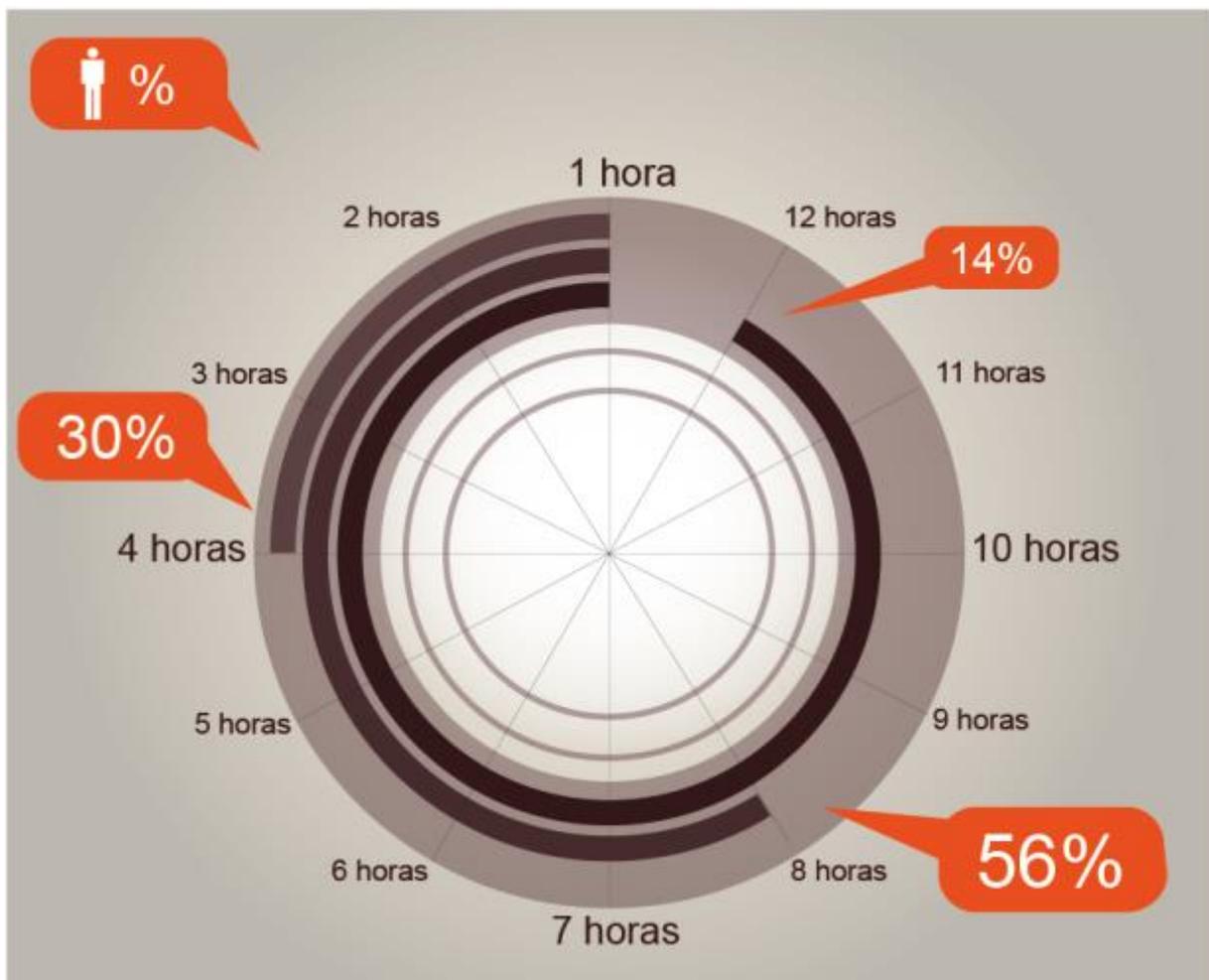
Figura 25. Habitantes por vivienda.

Se le pregunto al encuestado con cuantas habitaciones cuenta su hogar, el porcentaje mayor, 45% de la muestra, indica que en su hogar hay de 4 a 7 habitaciones, también se le pregunto el número de focos que tiene dentro de su casa, el 38% de los encuestados respondió que utiliza 16 o más focos, resultado que concuerda con el nivel socioeconómico C (Clase media) y C+ (Clase media alta) (Figura 26).



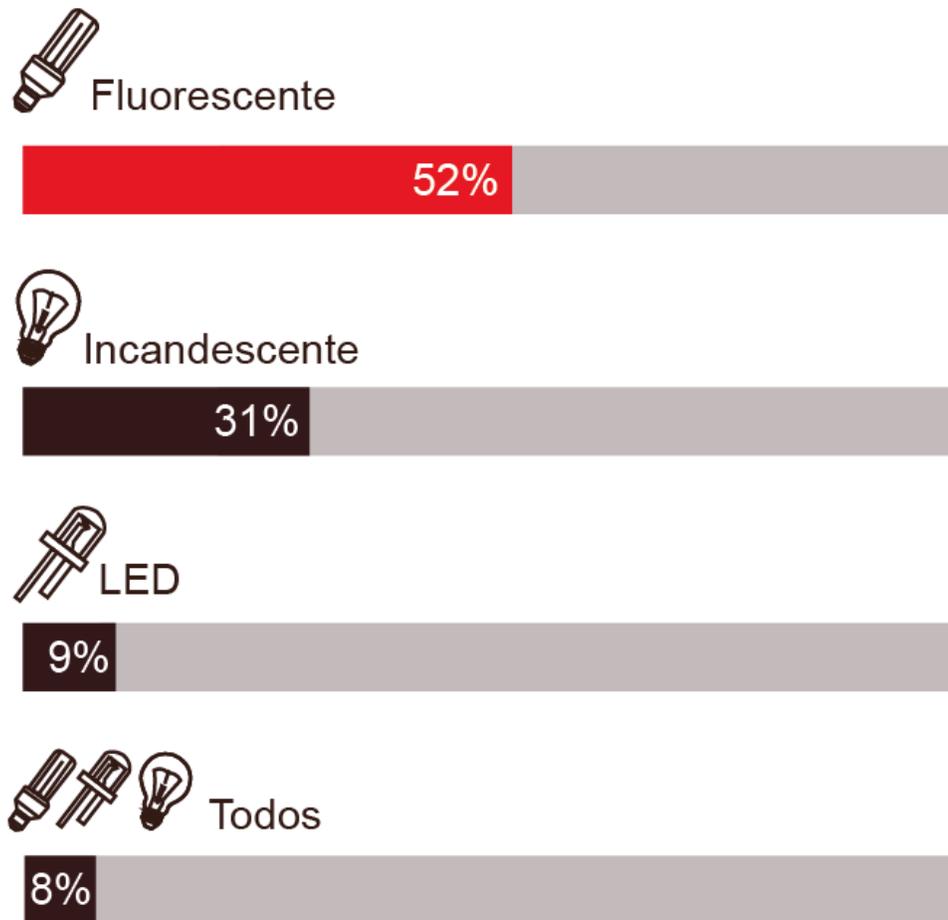
**Figura 26.** Habitaciones y número de focos en el hogar.

A continuación se presenta el número de horas que pasan los encuestados con la luz eléctrica en uso, el mayor porcentaje de la muestra (56%) pasa de consumir de una hasta 8 horas de luz eléctrica al día, sin embargo existe un 14% del encuestado que llega a utilizar la luz eléctrica hasta 12 horas continuas, referencia que será considerada para elegir el tipo de fuente luminosa y para la vida de uso de la luminaria (Figura 27).



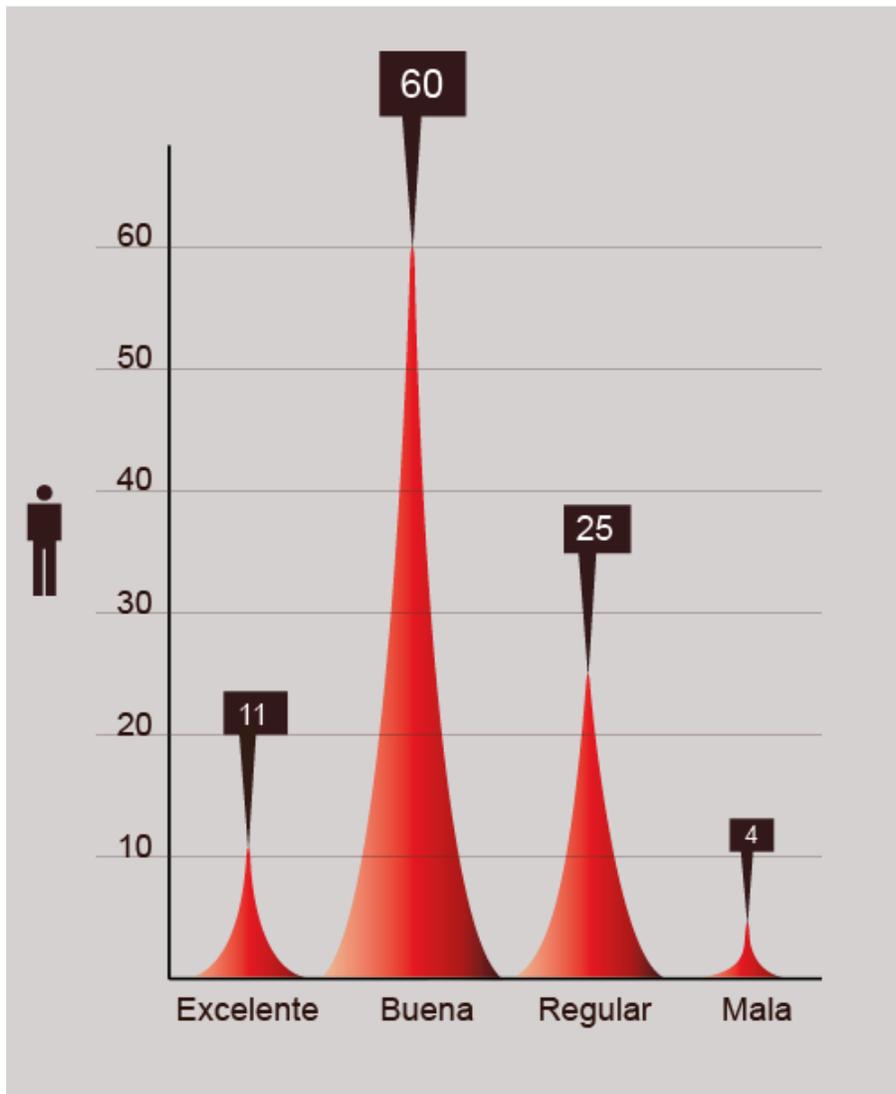
**Figura 27.** Horas de uso de la luz eléctrica.

Los tipos de fuentes luminosas que se utilizan en el hogar son fluorescentes, incandescentes y LED, las luminarias tipo fluorescente son los más utilizados con un porcentaje del 52%, seguidos del incandescente con un 31% y el tipo LED tiene un porcentaje de uso del 9% de la muestra (Figura 28).



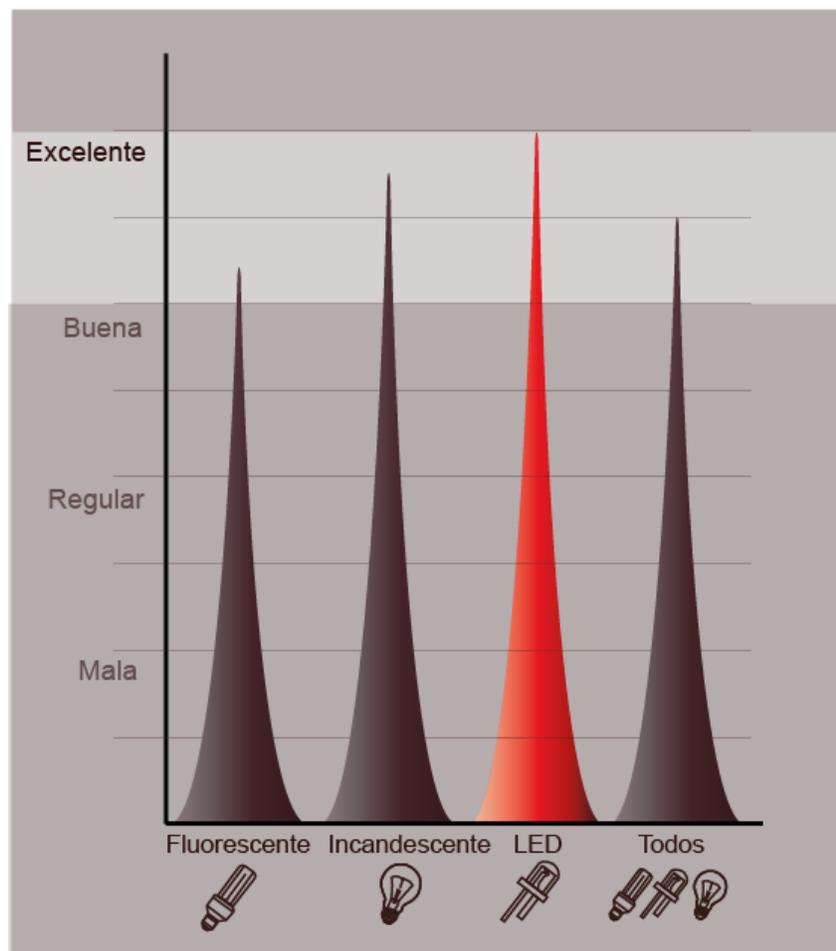
**Figura 28.** Tipo de fuente luminaria que se utiliza en el hogar.

Se le preguntó al encuestado si considera que tiene calidad en la iluminación de su hogar y se le dio a elegir entre 4 opciones de percepción: excelente, buena, regular y mala, el 60% de los encuestados considera que su iluminación es buena, mientras que solamente un 11% de los encuestados considera que su iluminación es excelente (Figura 29).



**Figura 29.** Percepción en la eficacia de la iluminación.

Del 11% de los encuestados que considera excelente la iluminación en su hogar, el porcentaje más alto utiliza la fuente de luz tipo LED con un resultado de 2 de cada 9 personas, seguido del foco incandescente con 5 de cada 31 personas y el fluorescente es el porcentaje más bajo con 3 de cada 52 personas, siendo el LED la fuente luminosa con mayor percepción de calidad entre los encuestados (Figura 30).



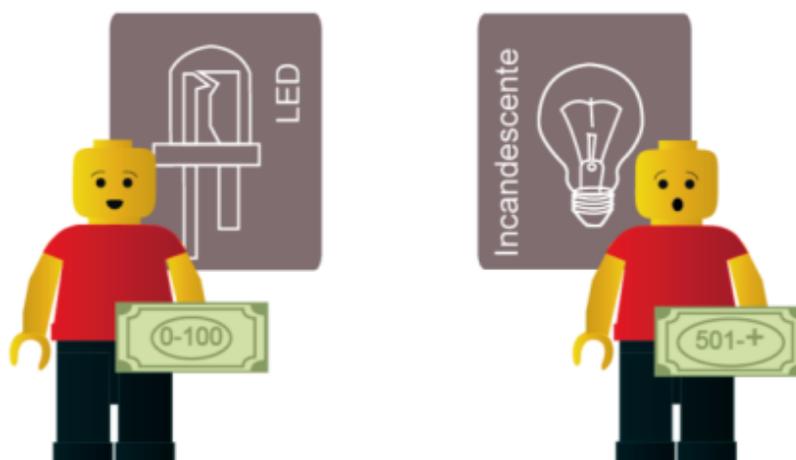
**Figura 30.** Percepción de excelencia en tipos de fuentes luminosas.

Se les dio a los encuestados un rango de costos del recibo de energía eléctrica que reciben bimestralmente, la mayoría de los encuestados (46%) tiene un gasto de 101 pesos hasta 300 pesos mexicanos 2012 (Figura 31).



**Figura 31.** Costos de recibo de luz en pesos mexicanos 2012.

Los resultados de las encuestas revelan que las personas que utilizan fuentes de luz tipo LED pagan menos capital en comparación con los demás usuarios, en cambio los que utilizan fuentes incandescentes son los que pagan más dinero y por ende utilizan más energía eléctrica por las mismas horas de uso (Figura 32).



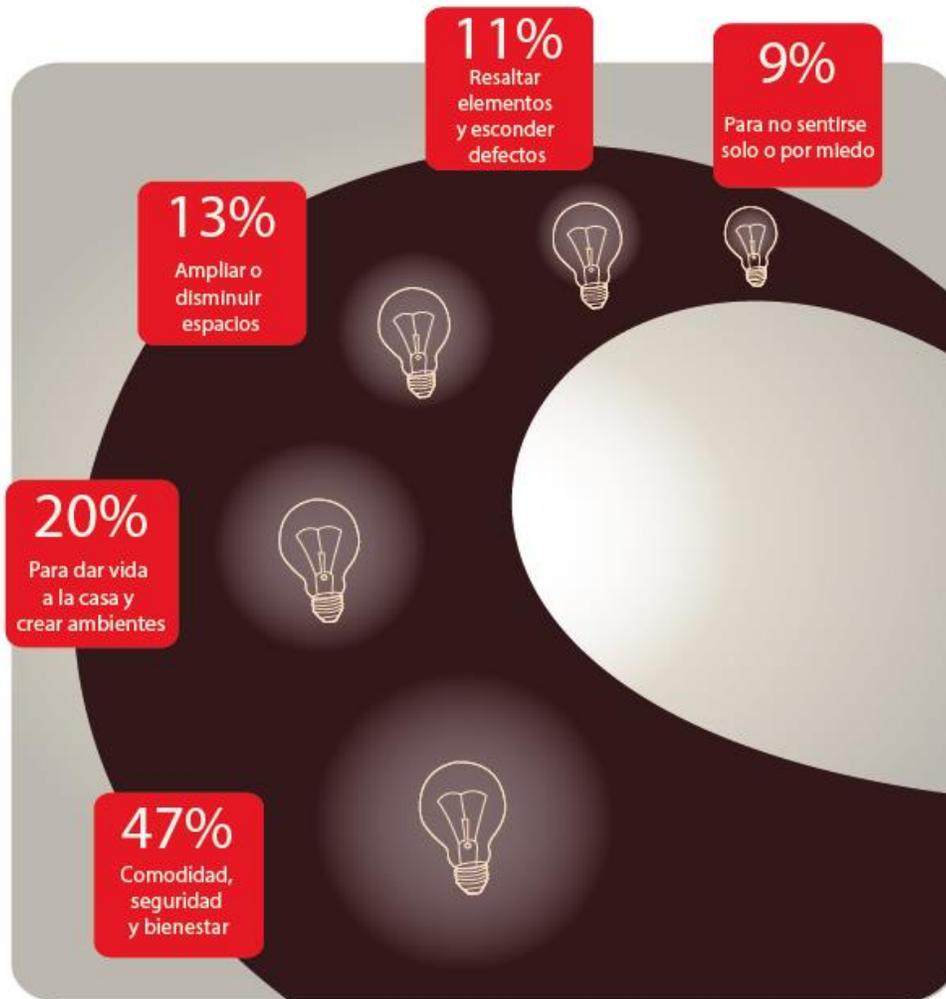
**Figura 32.** Comparación costo/luminaria.

A continuación se presentan las actividades y lugares dentro de la casa en las que los encuestados pasan la mayor parte del tiempo con la luz eléctrica en uso, esto con el fin de definir los espacio dentro del hogar para el diseño de la luminaria así como los niveles de lúmenes y temperatura de color que son necesarios para un óptimo proceso en cada actividad (Figura 33).



**Figura 33.** Actividades y lugares donde interactúa el usuario.

Además de iluminar para permitir la visibilidad a los usuarios, existen más consideraciones para mantener la luz eléctrica en uso, por lo que se le preguntó al encuestado cuales son los aspectos más importantes por los que conserva la luz en uso, el mayor porcentaje revelo que la seguridad y bienestar son los aspectos más importantes con un 47% de la muestra (Figura 34).



**Figura 34.** Otros aspectos para mantener la iluminación eléctrica en uso.

Lo que consideran más importante los encuestados en relación al funcionamiento de una luminaria es el ahorro de energía con un 55%, seguido de tonalidades e intensidad adecuadas para sus actividades con un 19%, la estética de la luminaria con un 14%, que los materiales sean amigables con el medio ambiente un 10% y por último la perspectiva que puede dar la luz de amplitud en los espacios con un 2% (Figura 35).



**Figura 35.** Mejoras en un sistema de iluminación.

Por último se les pregunto a los encuestados, si están dispuestos a invertir en un sistema de iluminación esto con el fin de considerar los costos en los materiales, 40% de las personas están dispuestas a invertir de 200 a 500 pesos, seguidos del 38% 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 7% no está dispuesto en invertir capital (Figura 36).

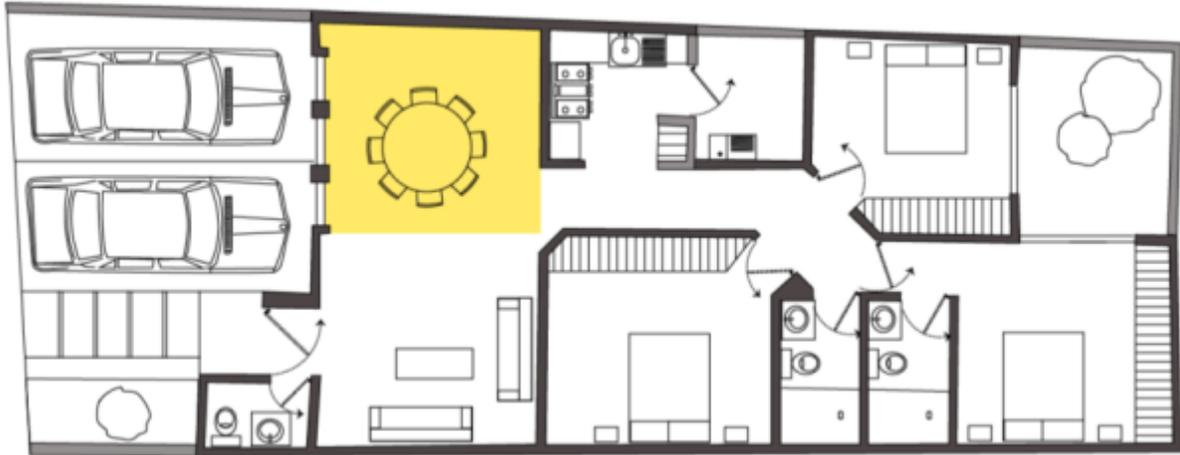


**Figura 36.** Disponibilidad de inversión en una luminaria.

### 3.2 Contexto dentro del hogar

Se plantea que la luminaria pueda ser utilizada en cualquier habitación del hogar, sin embargo se recomendarán ciertos parámetros, como la altura a la que se debe hacer la instalación y la capacidad de la lámpara en metros cuadrados para una adecuada iluminación con el fin de aprovechar las propiedades del diseño.

Para las pruebas de la propuesta de luminaria se eligió un espacio aproximado de 4 x 3 metros, considerando que el usuario tiene un nivel socioeconómico de C a C+, en este caso se seleccionó una sala de una casa habitación. Es importante destacar que existen otros factores ajenos a la luminaria como son el diseño interior de la casa, los colores, texturas, mobiliario y la luz solar que no se pueden controlar, sin embargo se eligió un diseño arquitectónico sencillo (Figura 37).



**Figura 37.** Plano de una casa habitación nivel socioeconómico C y área donde se realizarán las pruebas de iluminación.

El lugar de trabajo es un comedor de 3.5 por 4 metros con una altura de 2.75 metros, tiene un acabado en las paredes de tipo aplanado color blanco, el piso es de loseta cerámica color beige claro. El espacio cuenta con 3 ventanas de 2.10 metros por 90 cm.

### 3.3 Pruebas con diferentes luminarias

Para comparar los diferentes tipos de luminarias en cuanto a nivel de luminancia, se midió el nivel de luxes que recibe el área de trabajo con 5 diferentes fuentes luminosas, para esto se utilizó un luxómetro (Figura 38).



**Figura 38.** Luxómetro.

La medición en luxes se tomó de la fuente luminosa al área de trabajo, esta es una distancia aproximada de 1.20 metros, del área de trabajo al suelo hay 72 cm.

A continuación se presenta una tabla comparativa de los niveles de luxes de 5 fuentes luminosas a diferentes horas del día, horas en las cuales es más frecuente la utilización de la luz eléctrica, también se indica el nivel de lux en el exterior así como en el área de trabajo (Tabla 7).

**Tabla 7.** Comparación de fuentes luminosas (Lux).

	7 am	9 am	5 pm	6 pm	7 pm
Luz diurna	450	153600	4500	1928	0
Luz dentro del área de trabajo	1	1222	347	42	0
Incandescente bombilla 	98	1301	415	134	57
Fluorescente color amarillo 	60	1295	395	114	62
Fluorescente color blanco 	49	1284	382	104	53
LED tipo vela 	5	1226	348	45	3
LED dimeable 	8-46	1228-1296	349-362	49-74	4-23

Como se observa en la tabla anterior podemos deducir que la iluminación dentro de esta área específica no es la correcta e incluso las fuentes luminosas que se probaron no son las adecuadas para actividades como lectura, estudio o incluso cocinar sin embargo las fuentes luminosas como la bombilla, el fluorescente color amarillo y el LED dimeable son adecuados para actividades como descansar o ver televisión.

En la siguiente tabla se comparan las horas de vida útil, el precio en el mercado de las luminarias (pesos mexicanos 2013) y la apariencia del color que tiene cada fuente luminosa en grados kelvin de 5 diferentes fuentes luminosas (Tabla 8).

**Tabla 8.** Comparación de fuentes luminosas.

	Horas de uso	Precio	Color (K)
Incandescente bombilla 	1000	20	2800
Fluorescente color amarillo 	5000	50-70	3200
Fluorescente color blanco 	5000	50-70	5000
LED tipo vela 	15000	325	3000
LED dimeable 	25000	585	2700
Luz diurna	-	-	10000
Luz dentro del área de trabajo	-	-	6000

Una vez comparados los diferentes tipos de fuentes luminosas se decidió que debido a su bajo consumo de energía, su alto nivel de vida útil y amplia gama de colores, el LED es la fuente luminosa más apropiada para el diseño de la luminaria, algunas de sus ventajas son (Fillipo Rugeles & Cano Garzón, 2010):

- Menor consumo de energía: Un LED demanda menos potencia para producir la misma cantidad de luz, por ejemplo, una bombilla incandescente de 100 W con filtro rojo produce 1 W de luz roja (como en un semáforo), mientras que para generar la misma cantidad de luz roja, un LED sólo requiere 12 W; es decir, tiene una mayor eficiencia energética.
- Menos riesgo eléctrico: Los LED's generalmente se alimentan a 24 V de corriente continua, reduciendo al mínimo los posibles riesgos de electrocución.
- Mayor velocidad de conmutación (encendido y reencendido): El LED tiene una respuesta de funcionamiento mucho más rápida que la de las lámparas de tipo halógeno o fluorescente, la diferencia es del orden de los microsegundos.
- Mejor continuidad de operación: El sistema LED tiene mejor respuesta a posibles variaciones en la alimentación, pues al carecer de filamento luminiscente, se evitan los cambios de luminosidad y su posible rotura.
- Mayor duración: La vida útil de un LED es más larga en comparación con los sistemas de iluminación tradicionales.
- Manejo del color: Los sistemas LED tienen la ventaja de que permiten el control del color; por ejemplo asegurando una tonalidad de luz específica.

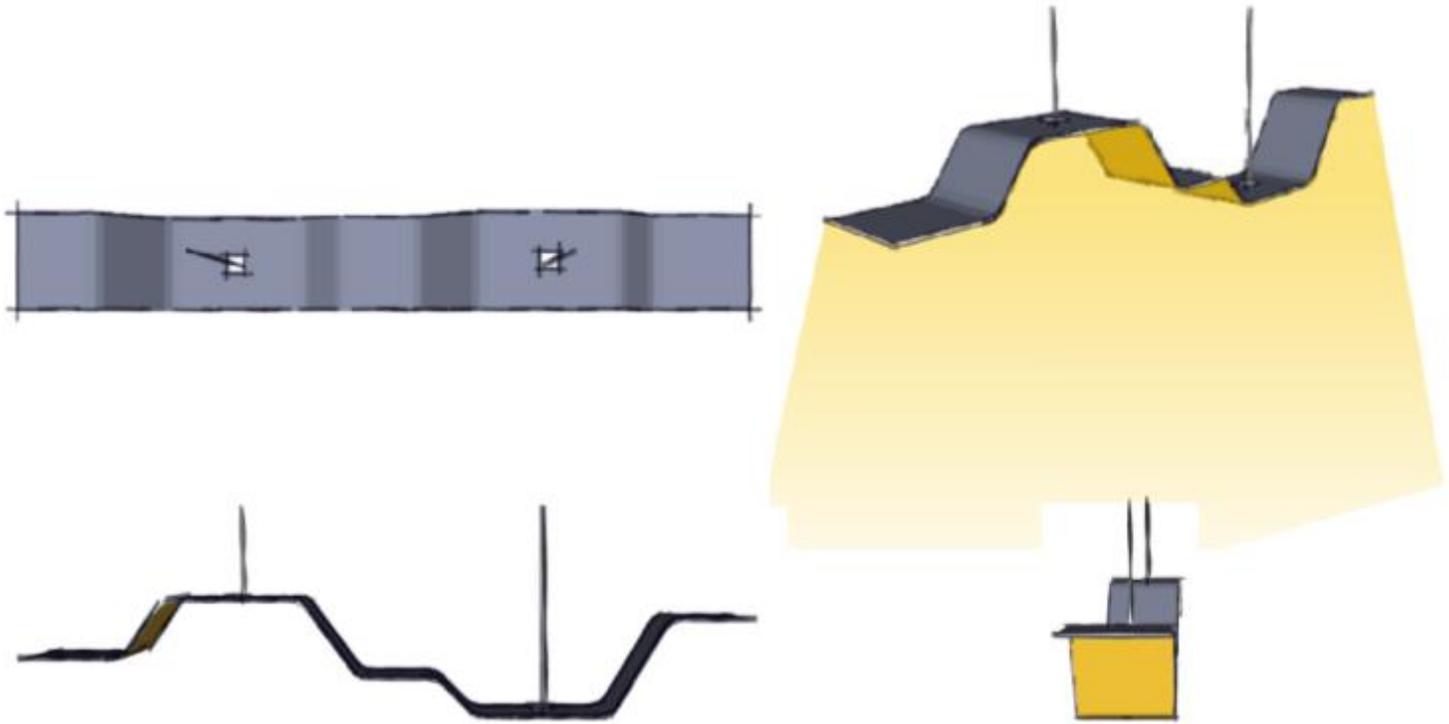
### 3.4 Consideraciones del diseño

A continuación se presentan las consideraciones que deben tomarse en cuenta en el diseño de la luminaria para cumplir con los requerimientos y parámetros para un ambiente luminoso idóneo:

- La iluminación debe ser fija para evitar mareos, malestares visuales o sombras debido a movimientos en la luminaria.
- La luz debe ser descendente para impedir cambios en la percepción de los espacios, la dirección que tenga luz determinara si se ve natural o no.
- El flujo luminoso debe ser difuso para evitar deslumbramientos que traigan como consecuencia errores o fatigas.
- Se deben evitar variaciones eléctricas y luminosas que causen flicker.
- La luminaria debe ser visible debido a la arquitectura cambiante en los distintos hogares.
- La iluminancia debe ser equilibrada y se deben evitar sombras o texturas con la estructura y pantalla de la luminaria.
- Debe configurarse para un fácil uso.
- El diseño debe tener un fácil mantenimiento.
- Debe considerarse un menor consumo eléctrico (Tecnología LED - ahorro de energía).
- La luminaria debe tener una mayor vida útil (Tecnología LED).
- Se debe contribuir con la salud visual y psicológica (ambientación adecuada).
- La luminaria debe tener la capacidad de adaptarse a diferentes actividades del hogar (tono/luxes).
- Deben considerarse materiales resistentes.
- Se debe poder iluminar un área de 3 x 4 metros aproximadamente.
- Debe considerarse la norma de iluminación española UNE-EN\_15193:2007.
- Deben considerarse las necesidades del usuario de acuerdo a los datos colectados en las encuestas.

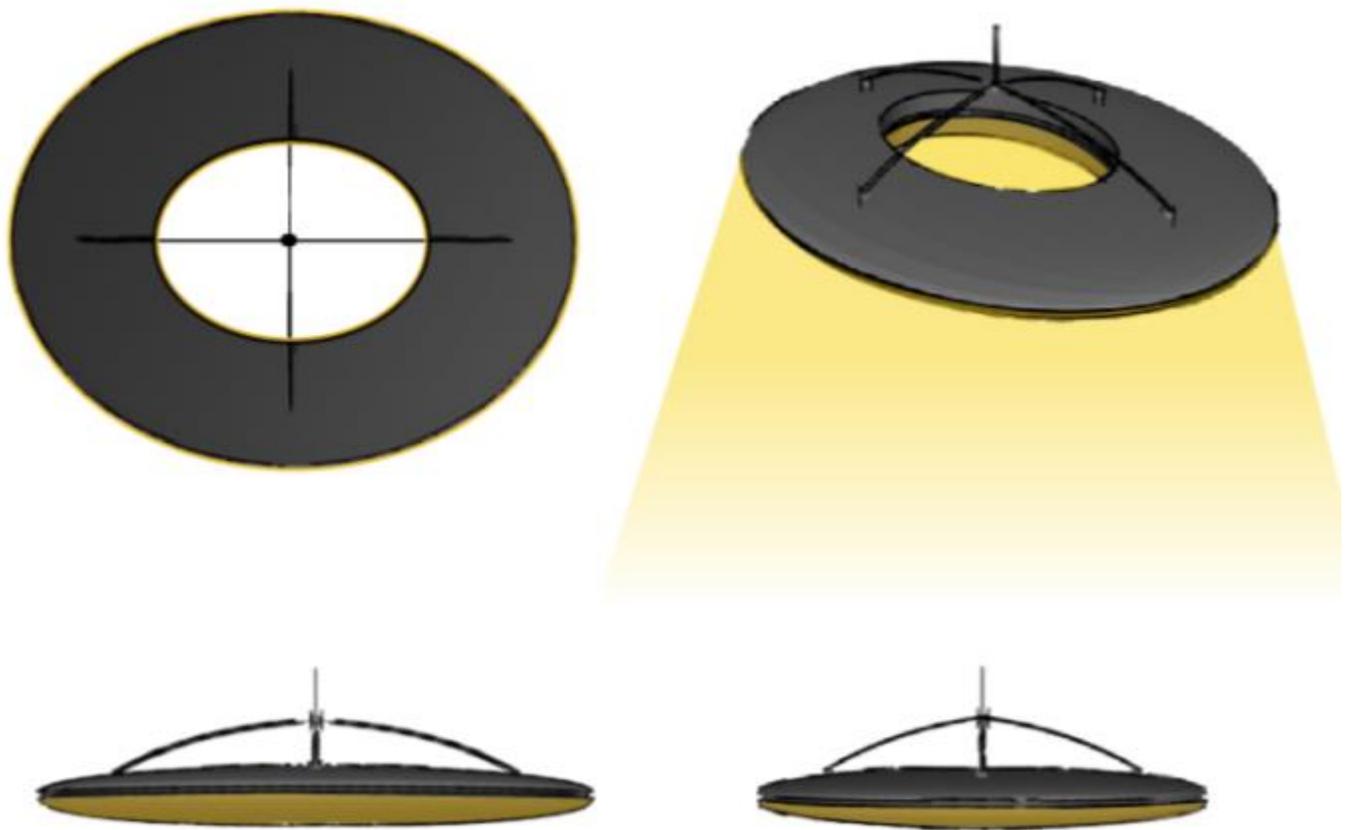
### 3.5 Bocetaje

A continuación se presentan 6 propuestas de diseño para la realización del proyecto de luminaria.



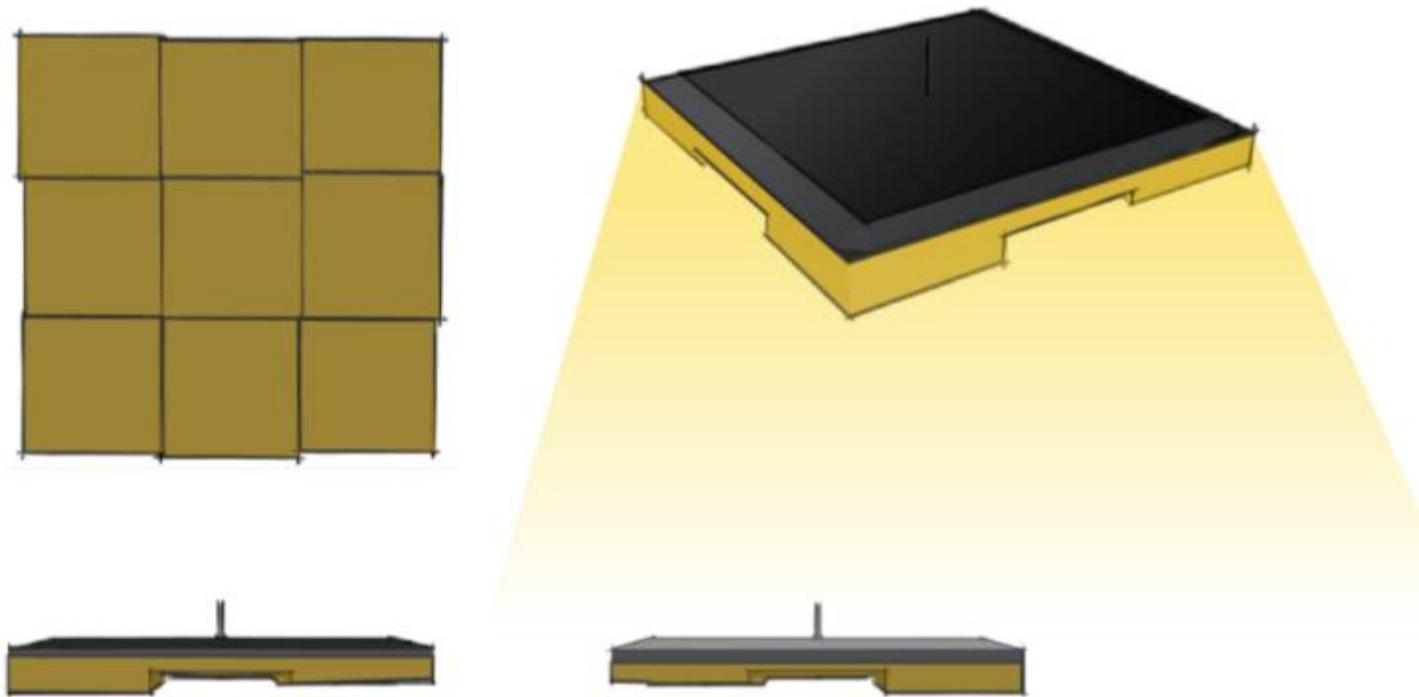
**Figura 39.** Propuesta uno.

Esta propuesta tiene una longitud de 1.30 por 0.20 metros, emite luz descendente y directa, su geometría es sutilmente cambiante a lo largo de su longitud, lo que puede ocasionar efectos visuales sobre los objetos y tiene dos puntos de agarre.



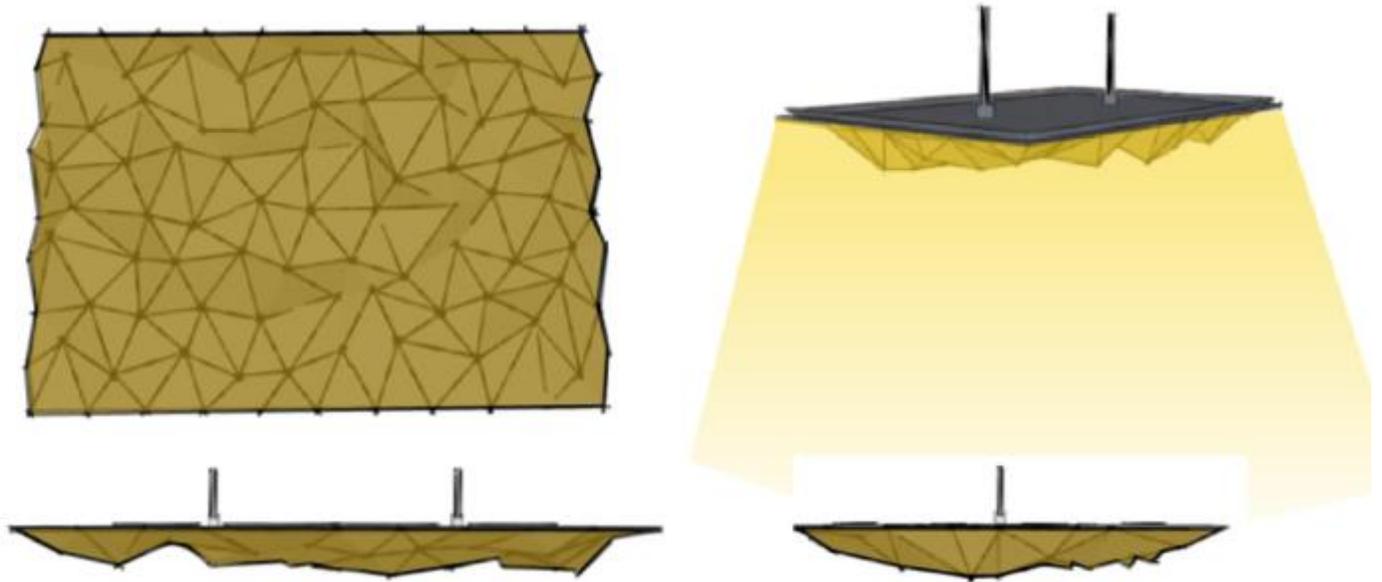
**Figura 40.**Propuesta dos.

Esta propuesta tiene una estructura ovalada con dimensiones exteriores de 30 por 24 cm y un ovalo interior de 14 por 10 cm, emite luz descendente y directa, la geometría hará una difunción de luz elíptica y tiene 4 puntos de agarre que se unen para formar uno para luego sujetarse al techo.



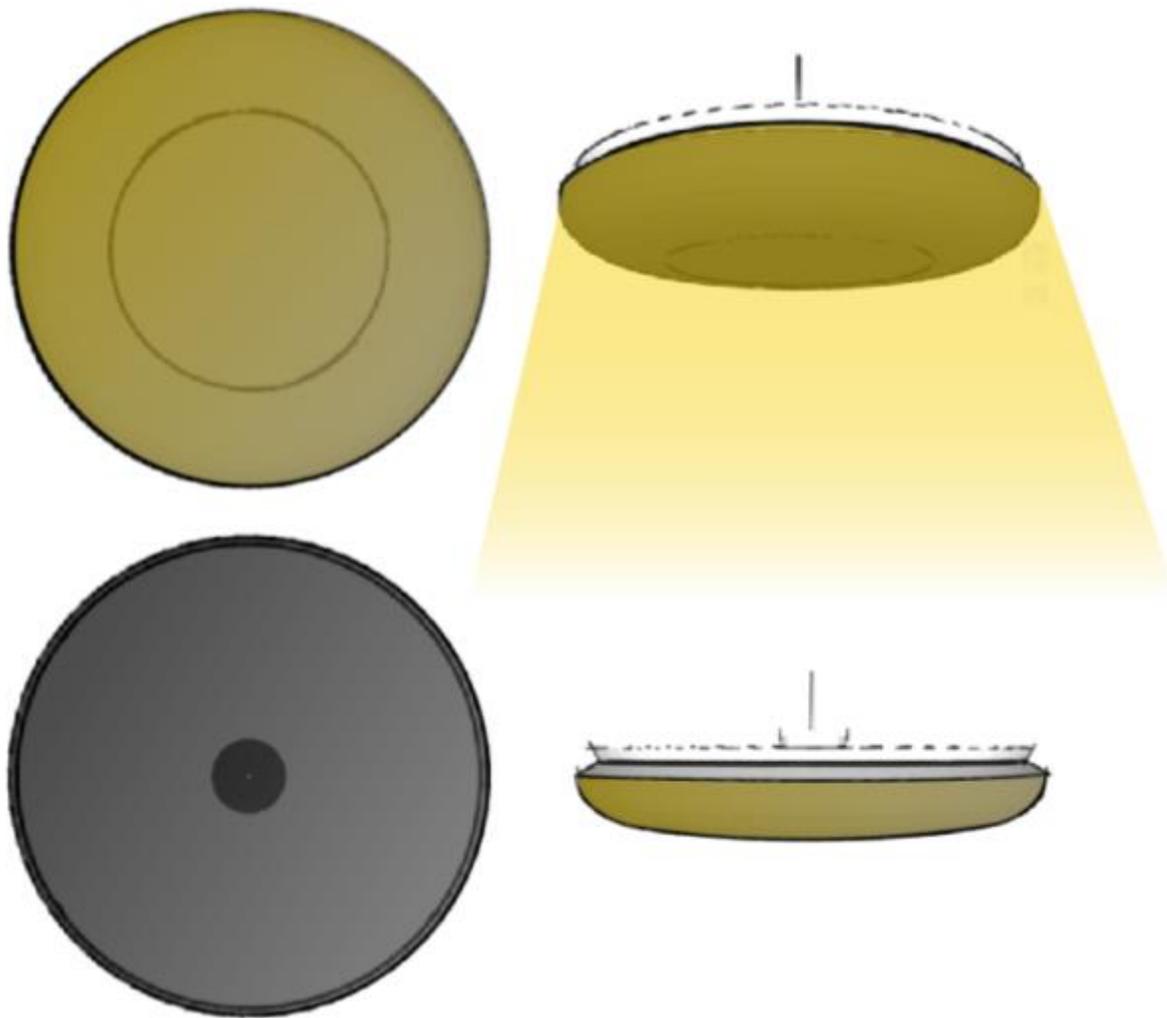
**Figura 41.**Propuesta tres.

Esta propuesta tiene una longitud de 39 por 39 cm, emite luz descendente y directa, su geometría consiste en 4 cuadrados de 13 por 13 cm situados sutilmente a diferentes alturas para evitar que causen sombras o efectos visuales no deseados, tiene un punto de agarre.



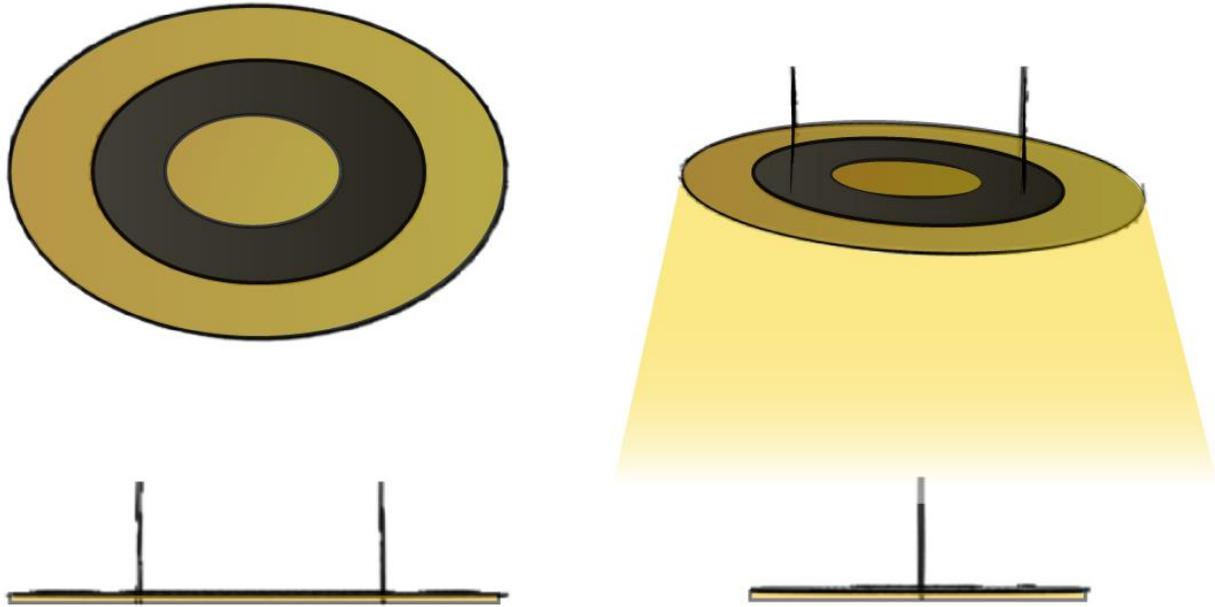
**Figura 42.** Propuesta cuatro.

Esta propuesta tiene una longitud de 50 por 30 cm, emite luz descendente y directa, su geometría es cambiante lo que puede ocasionar sombras o efectos visuales en los objetos, tiene dos puntos de agarre.



**Figura 43.** Propuesta cinco.

Esta propuesta tiene un diámetro de 40 cm, emite luz descendente y directa, gracias a la pantalla de puede lograr una distribución uniforme y simétrica de la luz, tiene un punto de agarre.

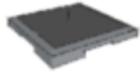


**Figura 44.** Propuesta seis.

Esta propuesta tiene una estructura ovalada con dimensiones exteriores de 30 por 24 cm, se propone que el ovalo interior y exterior sean de un material transparente para que la luz se transmita a través de este, emite luz descendente e indirecta, tiene dos puntos de agarre.

Para elegir el diseño adecuado de la luminaria se creó un filtro, en donde, la propuesta que cumple con el mayor número de requerimientos será el diseño a realizar, a continuación se presenta una tabla comparativa de los diseños propuestos y las necesidades que se quieren cubrir.

**Tabla 9.** Comparación de propuestas de diseño.

Propuesta de diseño	Luminaria fija	Luz descendente	Flujo luminoso difuso	Evita sombras y texturas	Evita deslumbramiento y flicker	Fácil mantenimiento	Contribuye con la salud visual	Iluminar área de 3 x 4 m.
Propuesta 1 	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓
Propuesta 2 	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✓
Propuesta 3 	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
Propuesta 4 	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
Propuesta 5 	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Propuesta 6 	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓

De entre las seis propuestas de diseño para la luminaria se optó por la propuesta número cinco ya que cumple con las características necesarias al ser una luminaria fija, de luz descendente, con un flujo luminoso difuso y que debido a su estructura se logra un fácil mantenimiento, es importante destacar que gracias a la forma y opacidad del especular se evita el deslumbramiento, sombras y texturas en el área de trabajo o de descanso con lo que se contribuye a la salud visual encontrando así una iluminación adecuada para el usuario.

### 3.6 Diseño final

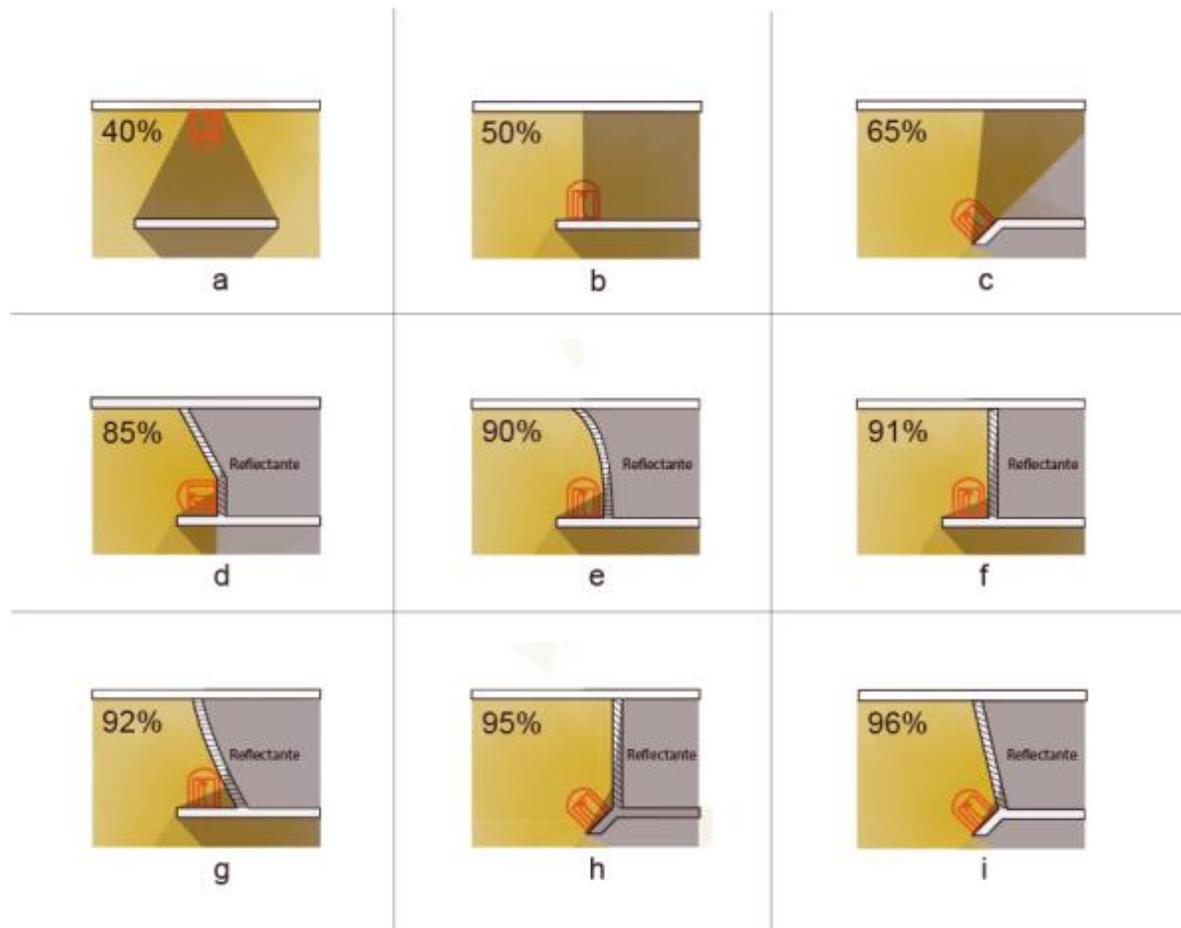
Para el diseño de la luminaria se establecieron cuatro estados de iluminación con diferentes formas de distribución del flujo luminoso con el fin de que el usuario interactúe de forma conveniente a sus actividades y necesidades.



**Figura 45.** Distribución del flujo luminoso de la luminaria.

En la figura 45 se muestran cuatro formas de interactuar con la luminaria, en el modelo uno se muestra un esbozo de la luminaria apagada, en el modelo número dos se muestra la luminaria con un flujo luminoso directo, en el número tres se muestra una distribución de luz indirecta y en la representación número cuatro se muestra la unión de los flujos luminosos directo e indirecto, con esto se crean tres diferentes intensidades de luz que pueden crear diferentes ambientes dentro del hogar.

Para la parte superior del diseño de la luminaria se hizo una prueba de aprovechamiento de iluminación con el fin de determinar la forma adecuada en la estructura, con esto se disminuye el número de LEDs y el consumo de electricidad.



**Figura 46.** Porcentaje de aprovechamiento lumínico.

En la figura 46 se muestran nueve propuestas de iluminación en las cuales se representan diferentes posiciones de un LED, la estructura de la luminaria, la forma en la que la luz se dispersa y los reflejos que se producen en las diferentes superficies para así iluminar el área de trabajo. Se puede observar que la figura “i” tiene un aprovechamiento del 96% de la luz, por lo que es la opción más adecuada para el diseño de luminaria.

Para determinar cuántos LEDs son necesarios utilizar en la luminaria, se deben establecer los rangos de iluminación de acuerdo a la Norma europea UNE-EN\_15193:2007 mencionada en el capítulo dos (tablas cuatro y cinco) donde los niveles recomendables de lux para una actividad como leer o escribir son de 500 Lux, mientras que en actividades como descansar son de 120 Lux. También es importante mencionar que la cantidad de lúmenes varía dependiendo del color en el LED.

**Tabla 10.** Relación de color- lúmenes por unidad de LED RGB.

Color		Lúmenes/mW
R	Rojo	35
G	Verde	42
B	Azúl	176 mW
W	Blanco	36
A	Ambar	34
WW	Calido	16

En la tabla 10 se muestra la cantidad de lúmenes que brinda un LED RGB dependiendo del color seleccionado (Dialight Lumidrives, 2008), por lo que se calcula que con 33 LEDs se obtiene el rango máximo que se requiere de lúmenes (610 lux) y con cinco LEDs se cubre el rango mínimo que es de 100 lux.

También se debe considerar la distancia a la que se instalará la luminaria y el flujo luminoso que llegará al área de trabajo (distancia de 1.20 metros aproximadamente) además de los accesorios o características del diseño como por ejemplo el índice de refracción del material que se utilizará en el especlar, el cual reduce el paso de luz, razón por la cual el número de LEDs tendrá que aumentar para un diseño óptimo de iluminación.

A continuación se presenta un render de la propuesta de diseño seleccionada.



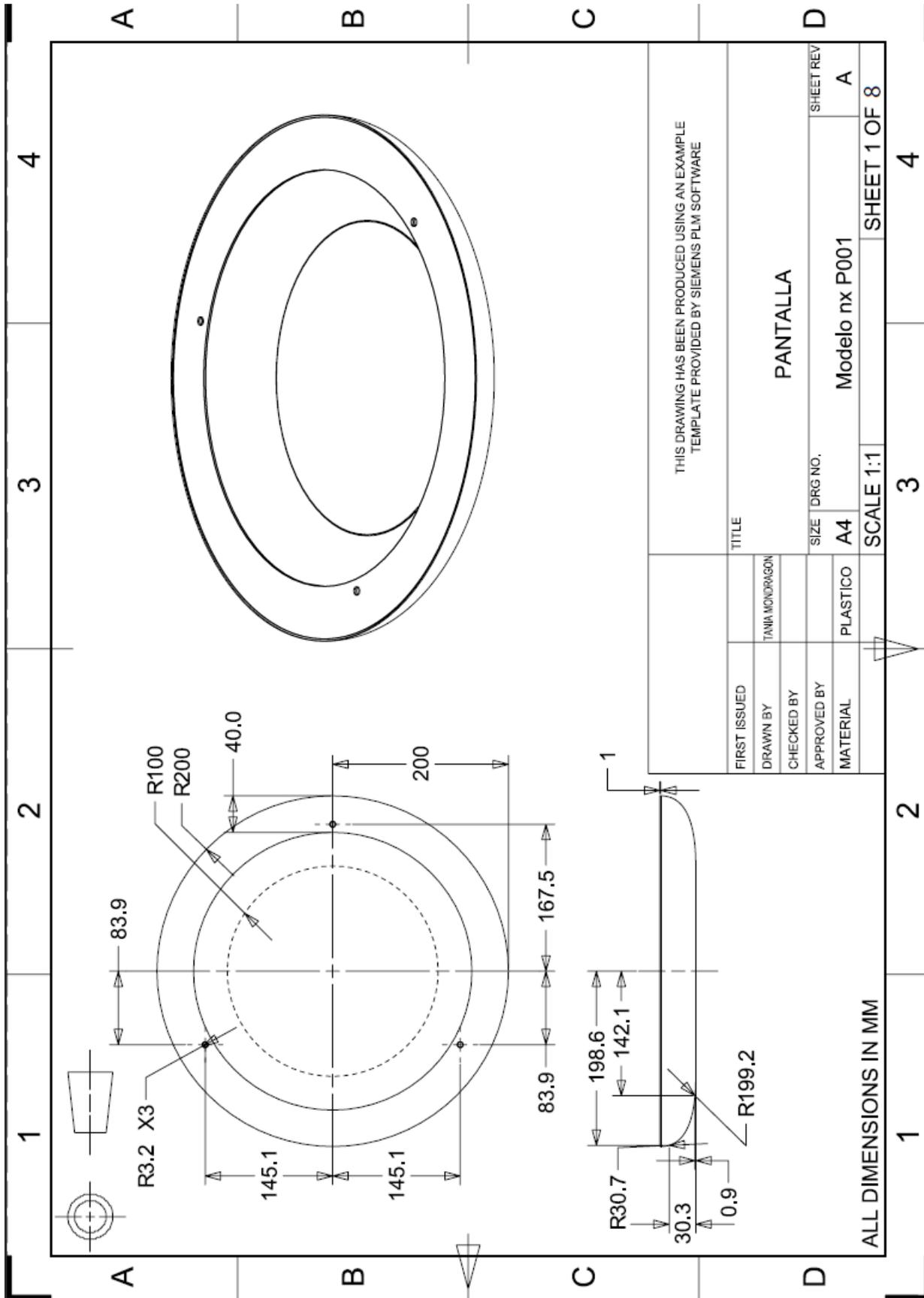
**Figura 47.** Render del diseño seleccionado.

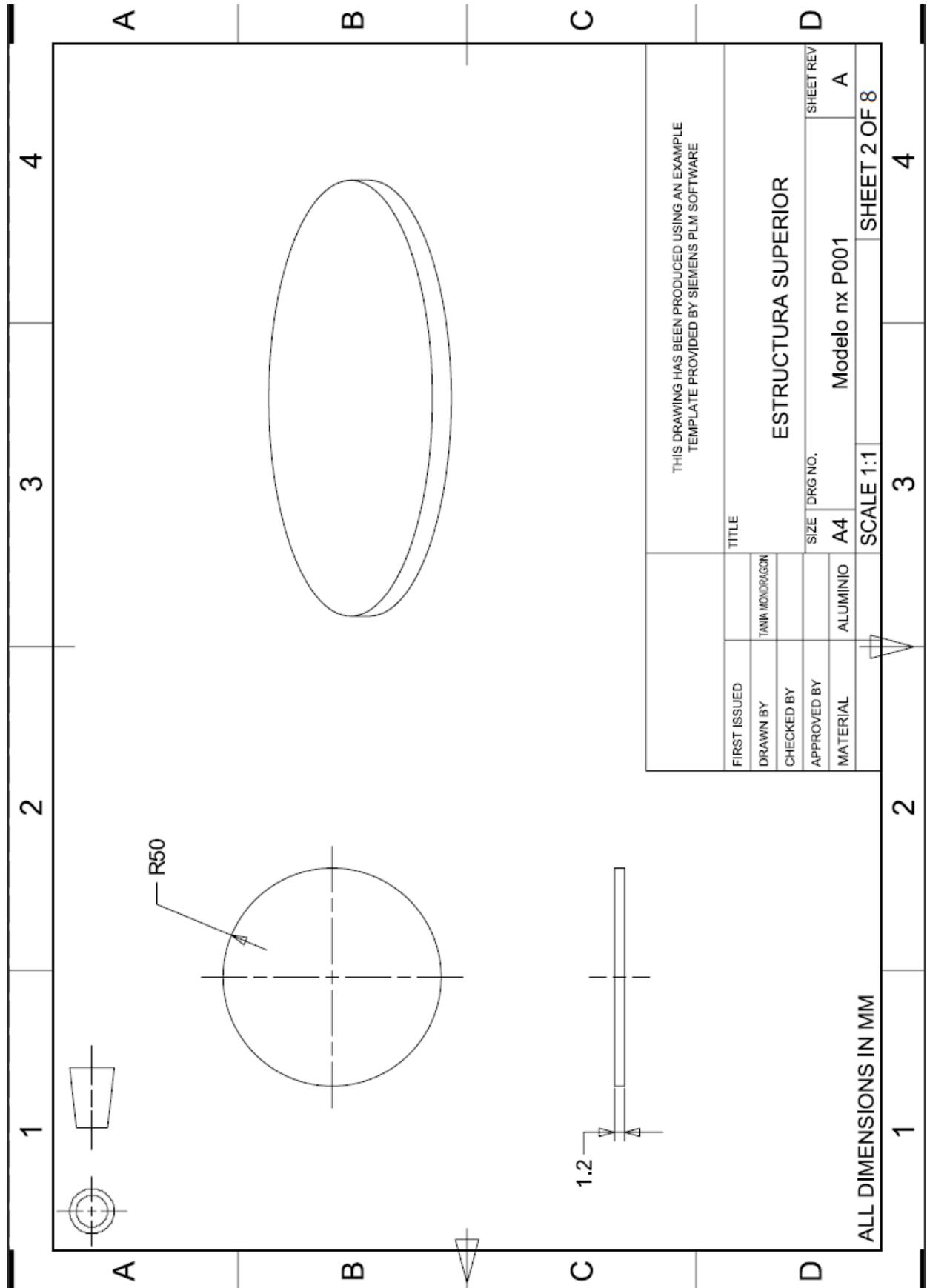


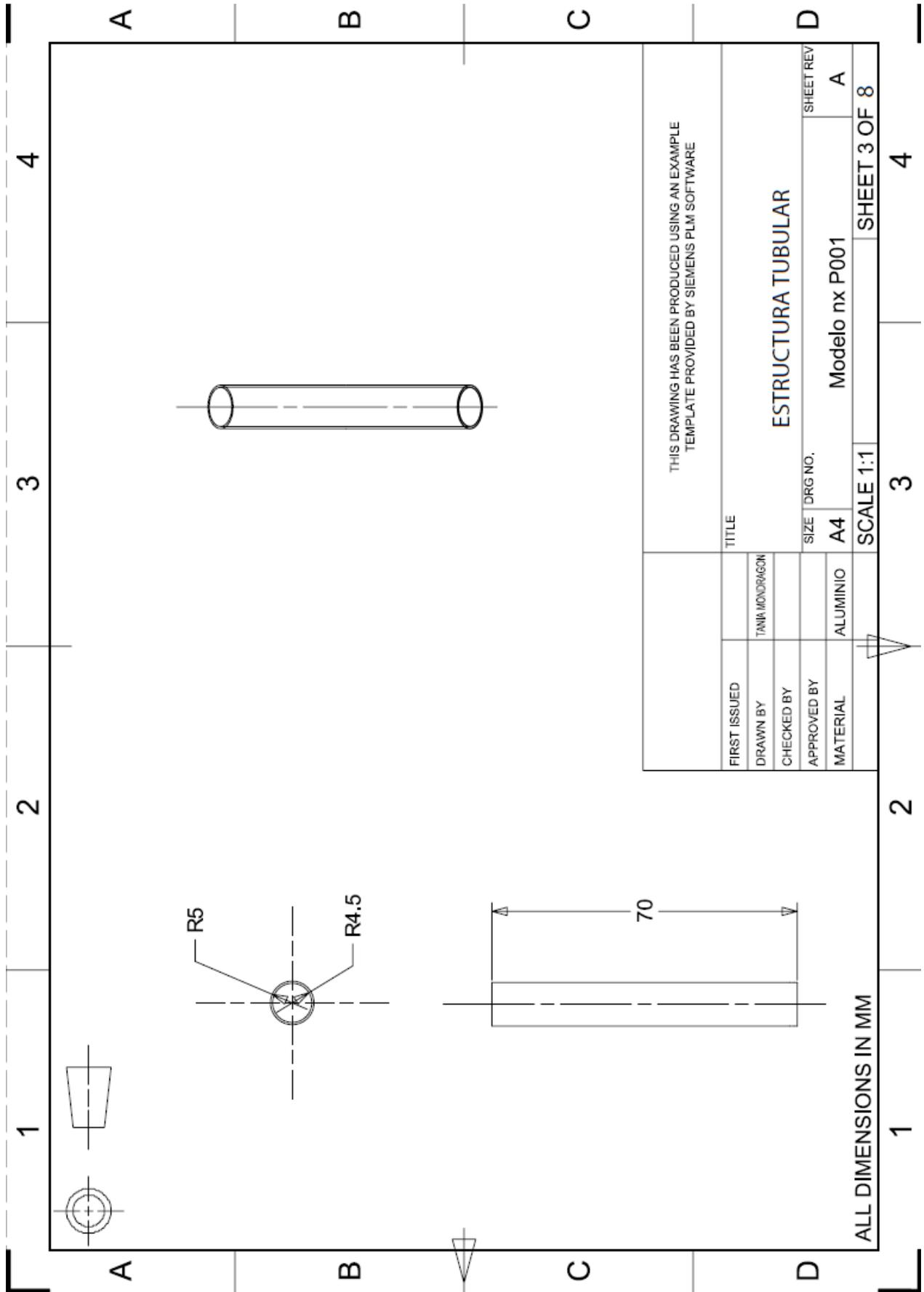
**Figura 48.** Render en contexto.

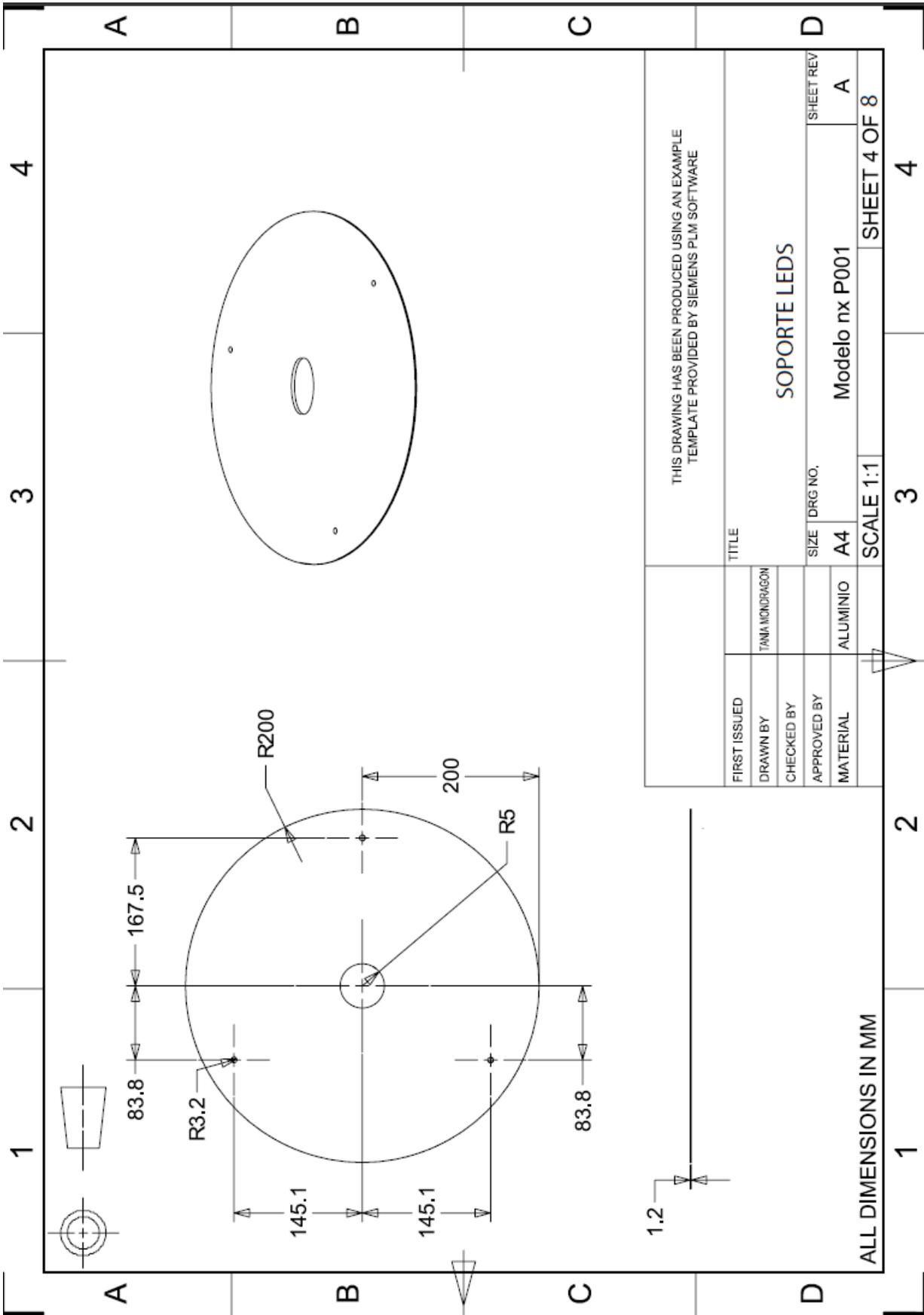
### **3.7 Planos**

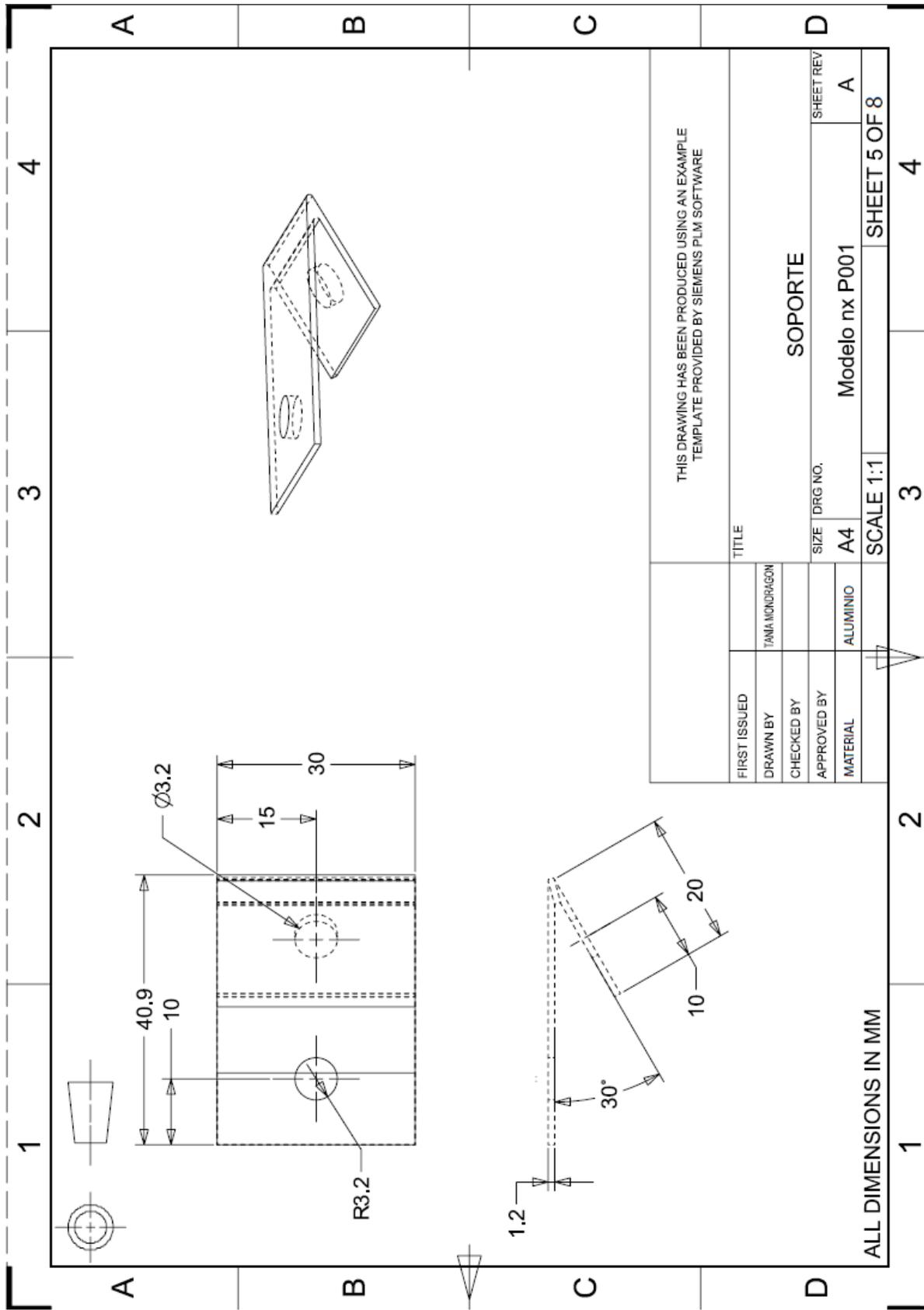
Para la elaboración del proyecto es necesaria la realización de planos técnicos, los cuales facilitaran el análisis, construcción y mantenimiento del diseño.

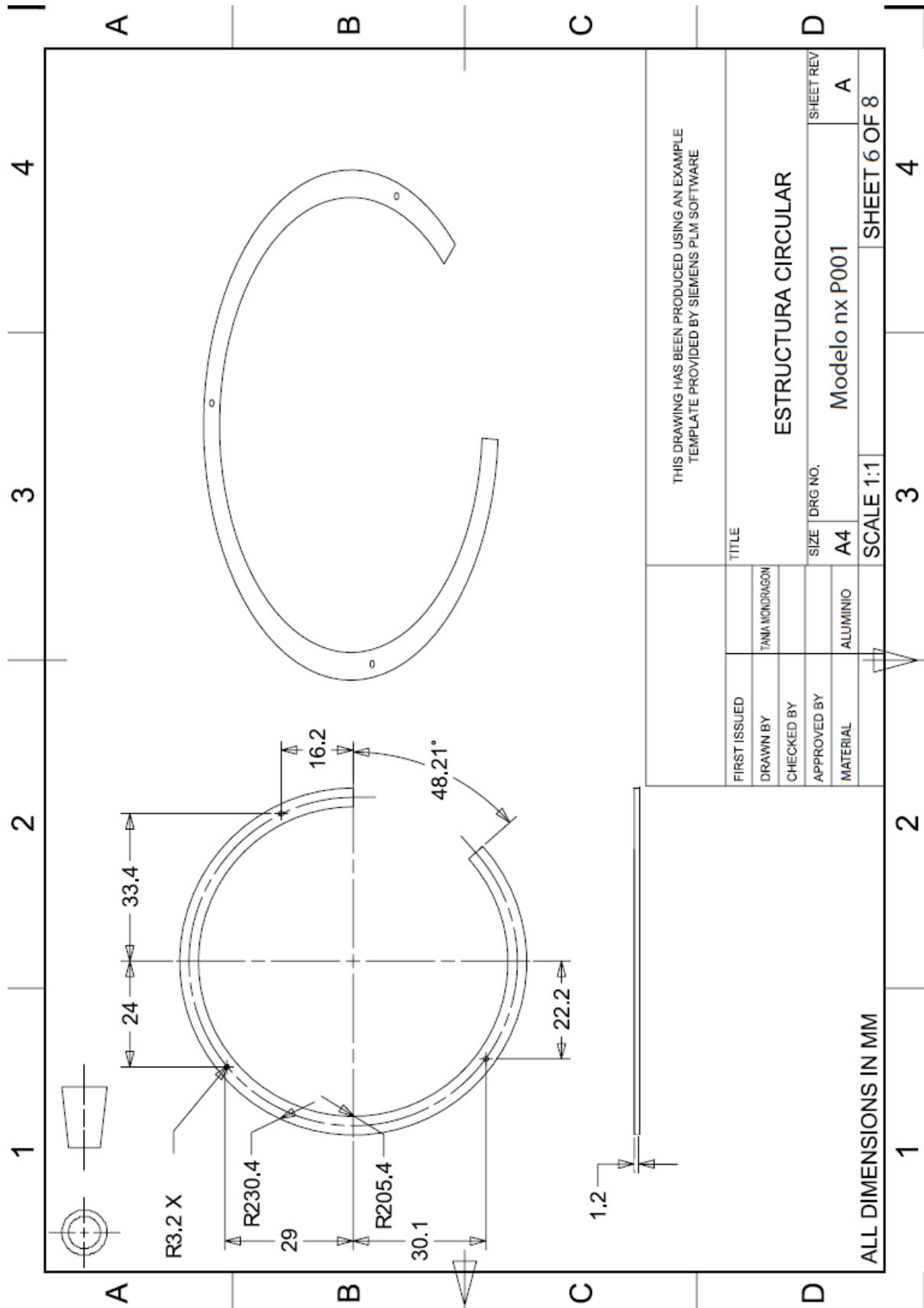


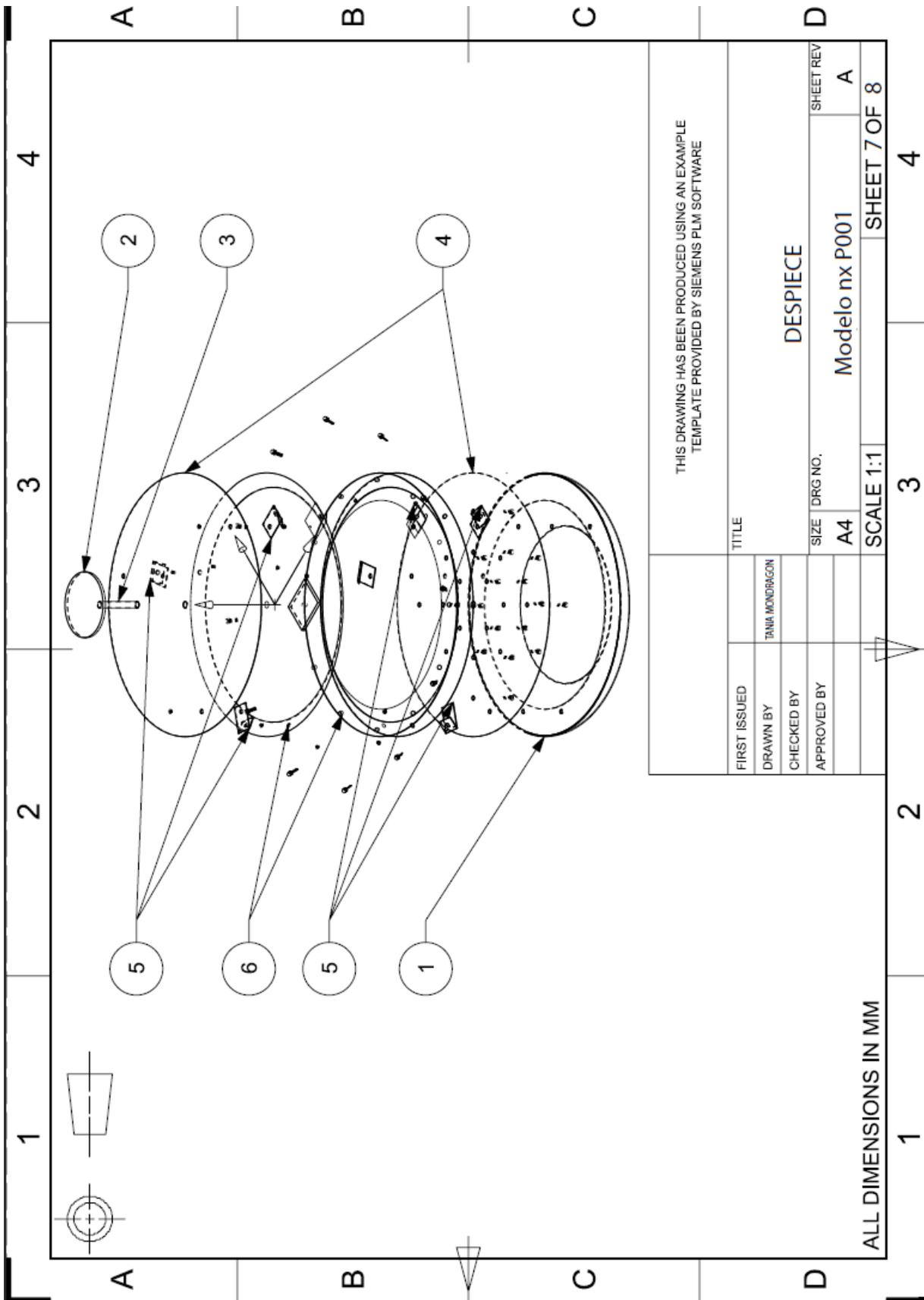


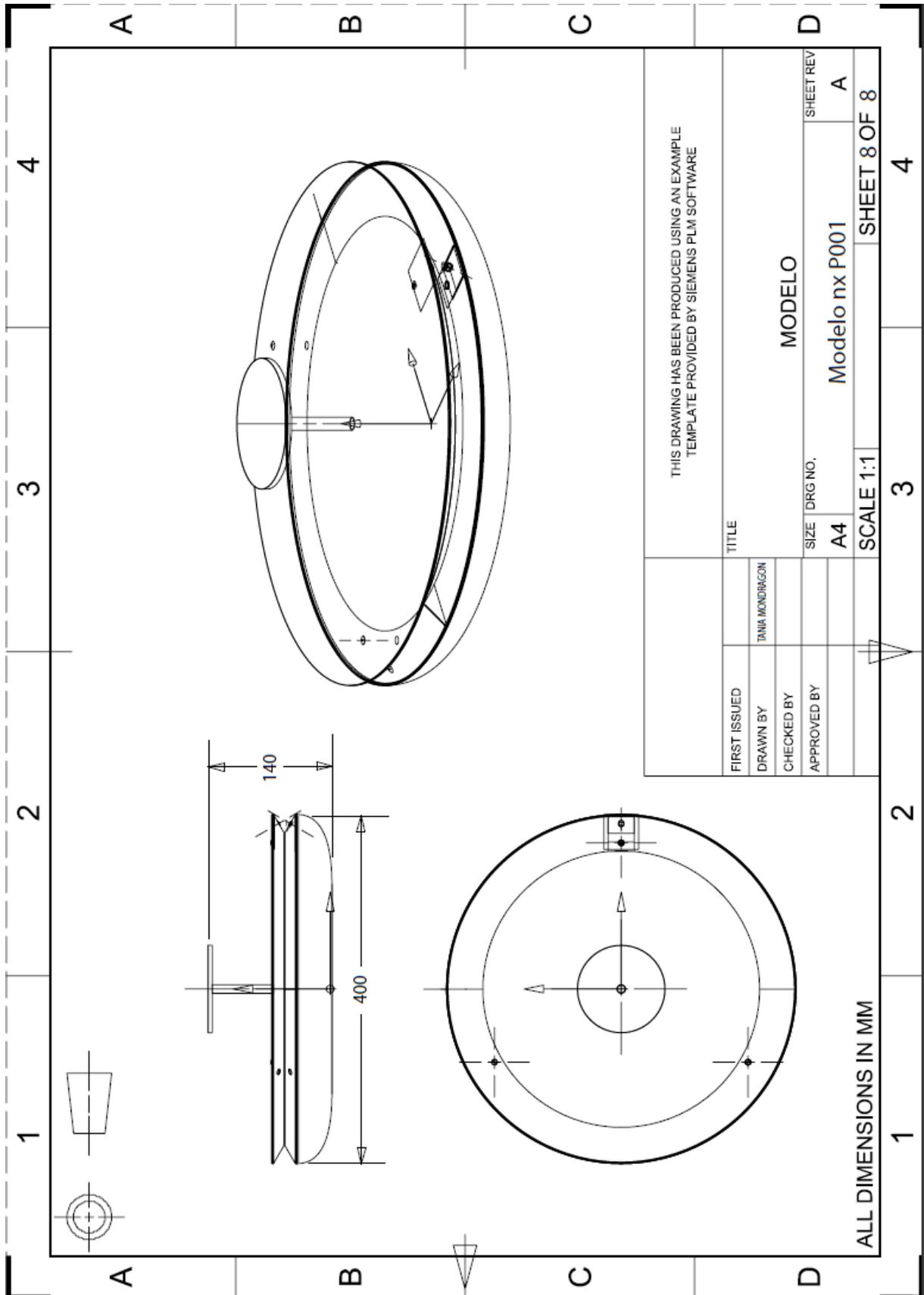












### 3.8 Descripción de la instrumentación y control para la luminaria.

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

**Tabla 11.** Materiales externos para la construcción del prototipo.

Material	Cantidad	Descripción	Imagen
Aluminio	1	Lamina 3 x 8 calibre 20.	
Policarbonato sólido esmerilado	1	Lamina 122 x 244 calibre 20.	
Tornillos	12	Tornillo gota 5/32 x 1/2"	
Tuercas	12	Tuerca 5/32 x 1/2"	

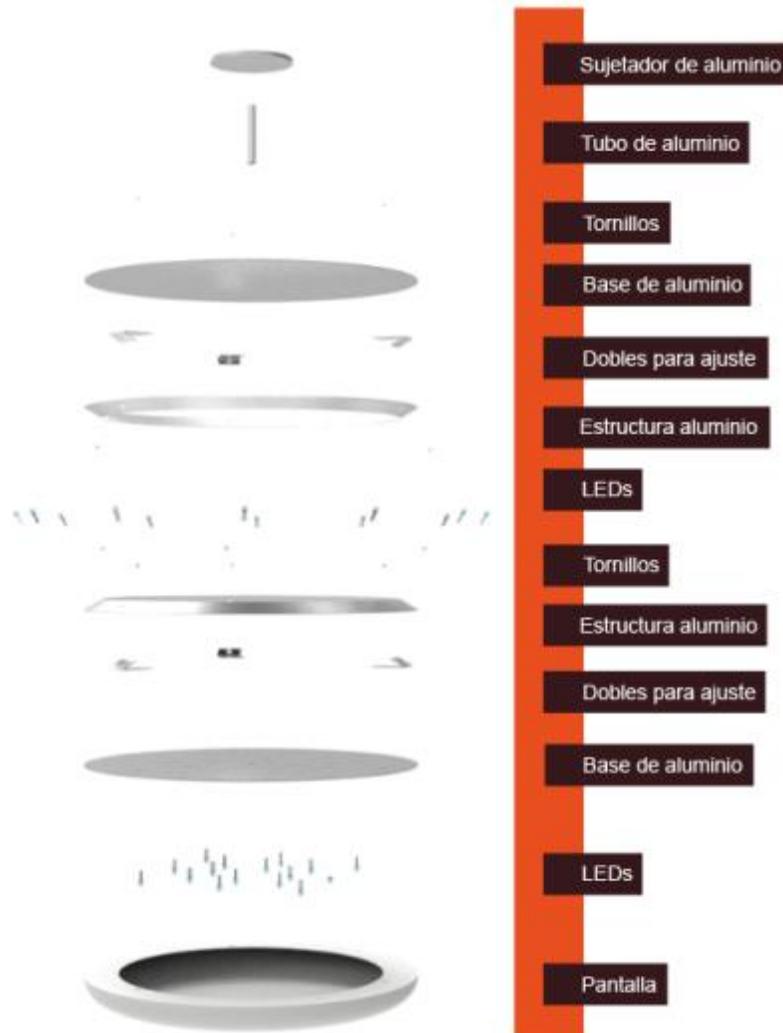
Se eligió el aluminio como parte del prototipo por su bajo costo, por ser un buen reflejante y por su fácil maquinado además de que la luminaria no estará expuesta a ambiente externos lo cual afectará en menor medida el paso del tiempo; para la pantalla se eligió un policarbonato sólido esmerilado esto con el fin de que no sea visible la instalación interna y porqué permite una distribución uniforme de la luz que emiten los LEDs, el policarbonato tiene la ventaja de ser liviano y resistente al desgaste con lo que los costos de mantenimiento a largo plazo serán remunerados, el coeficiente de reflexión del policarbonato es de 1,585.

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

**Tabla 12.** Materiales para la construcción del prototipo.

Material	Cantidad	Descripción	Imagen
LED RGB	24	El diodo emisor de luz es un componente basado en semiconductores que convierte la corriente eléctrica en luz, tiene cuatro patas una debe conectarse al extremo positivo (ánodo) y las 3 restantes al extremo negativo (cátodo).	
Tarjeta Arduino	1	Es una herramienta para que los ordenadores puedan controlar el mundo físico a través de un ordenador personal. Es una plataforma de desarrollo de computación de código abierto basada en una placa con un sencillo microcontrolador y un entorno de desarrollo para crear software.	
Tarjeta Ethernet Shield	1	Es una tarjeta que se conecta a internet, sólo se tiene que conectar este módulo a una placa Arduino, conectarlo a la red mediante un cable RJ45 y seguir unas sencillas instrucciones para empezar a controlar su mundo a través de internet.	
Push button	2	Es un componente que cierra un circuito cuando lo presionas. Encendido/Apagado.	
Potenciómetro	1	Los potenciómetros limitan el paso de la corriente eléctrica (Intensidad) provocando una caída de tensión en ellos, es decir el valor de la corriente y la tensión en el potenciómetro las podemos variar solo con cambiar el valor de su resistencia.	
Cable USB	1	Un cable USB "Universal Serial Bus" es un cable de transmisión de datos para ordenadores, medios de almacenamiento y otros periféricos.	
Resistencias	10	Las resistencias están diseñadas para causar una caída de tensión mediante la resistencia al flujo de electricidad en un punto dado. Las resistencias se encuentran comúnmente en diversos circuitos eléctricos.	
Cable	8 metros	Conductor (generalmente cobre) o conjunto de ellos recubierto de un material aislante o protector.	
Adaptador de corriente AC/DC	1	Es un tipo de alimentación externa, se utilizan con los dispositivos eléctricos que no contienen su propia fuente de alimentación interna.	

A continuación se presenta un despiece (Figura 49) con las partes internas y externas del prototipo:



**Figura 49.** Despiece de la luminaria.

La tarjeta Arduino y la tarjeta de Ethernet Shield serán instaladas externamente del prototipo ya que es posible conectar y programar más de una luminaria a las tarjetas, además de que tiene como beneficio que las luminarias pueden ser manipuladas libremente de acuerdo al espacio y actividad que se desea realizar.

### **3.9 Instalación**

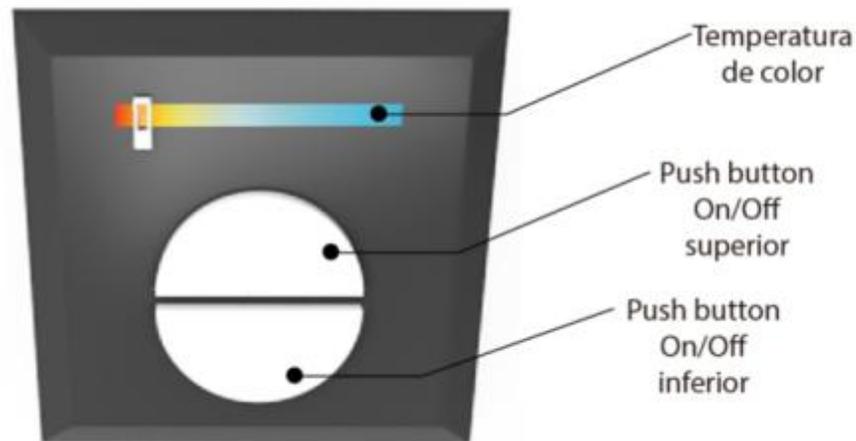
Para el diseño de luminaria se plantea utilizar diodos LED RGB de 5 mm, cristal de alta luminosidad de 4 patas (1 ánodo y 3 cátodos), este tipo de LED tiene un rango de iluminación de 0 a 6 luxes y un voltaje de 2.1 (rojo) a 3.3 voltios (verde y azul) por lo que se debe utilizar un adaptador de corriente AC/DC para convertir el voltaje de alimentación a 100-240 voltios (conforme a la instalación eléctrica de corriente alterna en los hogares) evitando así una falla eléctrica; los LEDs utilizan una corriente de salida de 20 mA por lo que es necesaria la utilización de resistencias para evitar que el LED se quemara, trabajan a una temperatura de operación de 20 a 50 C° y tienen un tiempo de vida aproximado de 50,000 Hrs.

Para el diseño de la luminaria se calcula un aproximado de 18 LEDs para la parte superior (iluminación indirecta) y para la parte inferior de la luminaria se plantean utilizar un aproximado de 83 a 90 LEDs debido a la pantalla de policarbonato.

En el prototipo se utilizó una tira de LED RGB 5050 SMD RGB WATERPROOF en paralelo, utiliza 72 LEDs RGB en la parte superior de la luminaria y 228 LEDs en la parte inferior; se alimenta con una tensión de 12 V y con una corriente entre 5 y 10 mA (por lo que son necesarias resistencias de 470 ohms); esta tira de LED RGB tiene un consumo promedio de 3 w/h, es importante destacar que los LEDs que se proponen para el diseño final tienen una mayor intensidad con lo cual se pretende utilizar un menor número de LEDs y con esto un menor consumo.

### 3.10 Control de la luminaria

Para el encendido y control de la luminaria se sugieren dos modos de gobierno: la local por medio de un interruptor (Figura 50) y la vía remota por medio de una aplicación instalada al celular (Figura 51).



**Figura 50.** Control local.

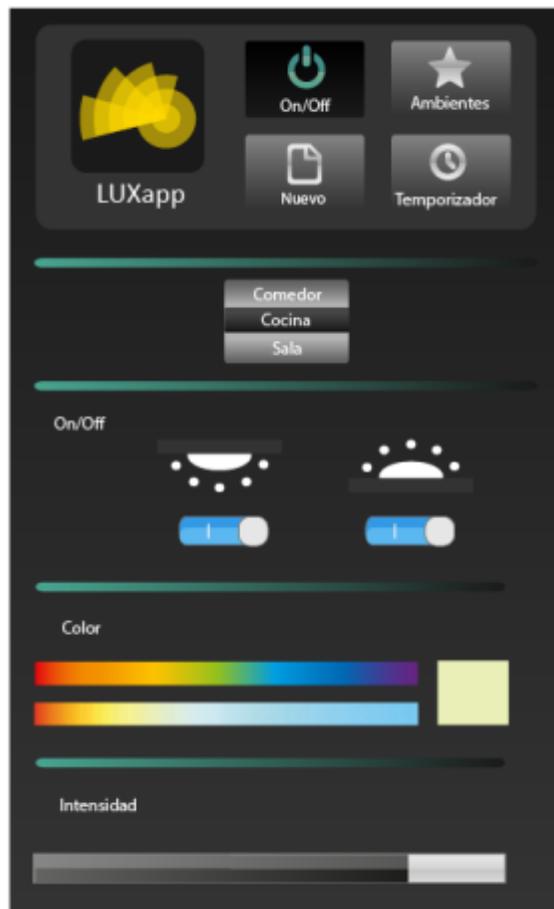
El control local está planteado por prevención y seguridad en caso de que el usuario no cuente con acceso a internet, teniendo así la disposición de controlar la luminaria de manera manual. En esta propuesta de control se muestra un mando de cambio en la temperatura de color y dos interruptores de encendido, uno para la parte superior de la luminaria y el otro para la parte inferior.

Para el control de la vía remota por medio de la aplicación únicamente es necesaria la tarjeta Arduino, la tarjeta Ethernet Shield y la instalación de la app al dispositivo móvil, es importante destacar que con estas dos tarjetas se podrá acceder al control y manejo de todas las luminarias LED de este tipo que se deseen instalar dentro del hogar.



**Figura 51.**Control vía remota.

La aplicación cuenta con 4 ventanas interactivas para el mando de la luminaria, la primera sección “On/Off”, como su nombre lo dice en inglés, es para el prendido y apagado de la iluminación ya sea de la parte superior como de la parte inferior, también se elige la luminaria de determinada habitación, el color del LED y la intensidad de la luz (Figura 52).



**Figura 52.** Aplicación, ventana On/Off.

La segunda ventana interactiva se llama “Ambientes” la cual contiene diferentes viñetas ya predeterminadas con los niveles de luxes y color acorde a la norma europea UNE-EN\_15193:2007, para las diferentes actividades y habitaciones dentro del hogar (Figura 53).



**Figura 53.** Aplicación, ventana ambiente.

La tercera ventana “Nuevo” es una opción para crear ambientes personalizados, en donde el usuario elige un nombre, un icono y los niveles que de iluminación que desee, guardando esta nueva opción para ambientes en un futuro (Figura 54).



**Figura 54.** Aplicación, ventana nuevo.

La última ventana “Temporizador” funciona para prender y apagar la luminaria en rangos de tiempo dándole al usuario el control de su iluminación según sus horarios, este uso de la aplicación provee un estado de seguridad al hogar aunque los habitantes no estén presentes, es importante destacar que gracias a la aplicación la luminaria se puede manejar desde lugares distantes siempre y cuando el teléfono móvil esté conectado a internet (Figura 55).



**Figura 55.** Aplicación, ventana temporizador.

Esta es una manera inteligente de interactuar con la luminaria, de forma fácil y segura que cumple con las necesidades requeridas para cada habitación dentro del hogar.

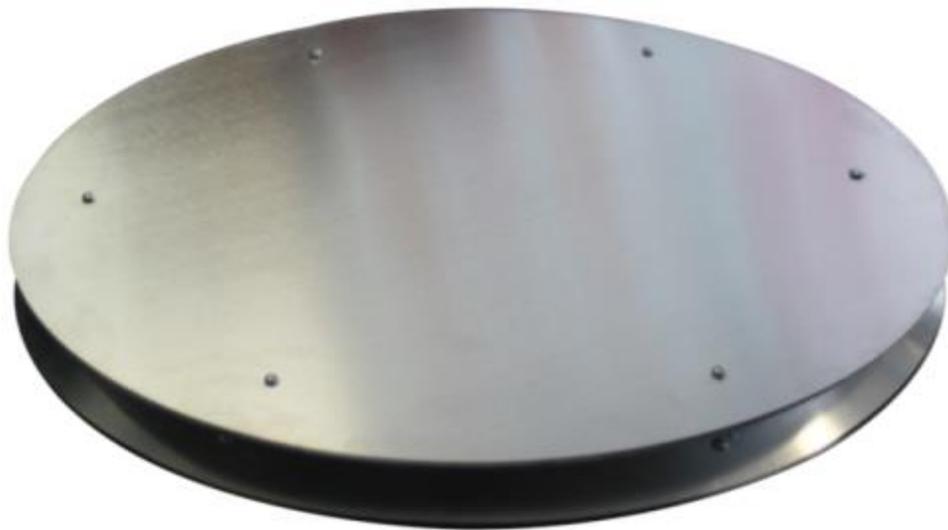
# Capítulo 4

## 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 será sometida la luminaria para corroborar que los datos y resultados obtenidos durante la investigación sean correctos.

### 4.1 Elaboración de prototipo

Para la elaboración del prototipo se cortó la lámina de aluminio calibre 20 en corte laser de acuerdo a las especificaciones de los planos y se le dio un acabado espejo con el fin de que la luz se refleje de una forma adecuada, utilizando así menos LEDs y con esto recursos (Figura 56).



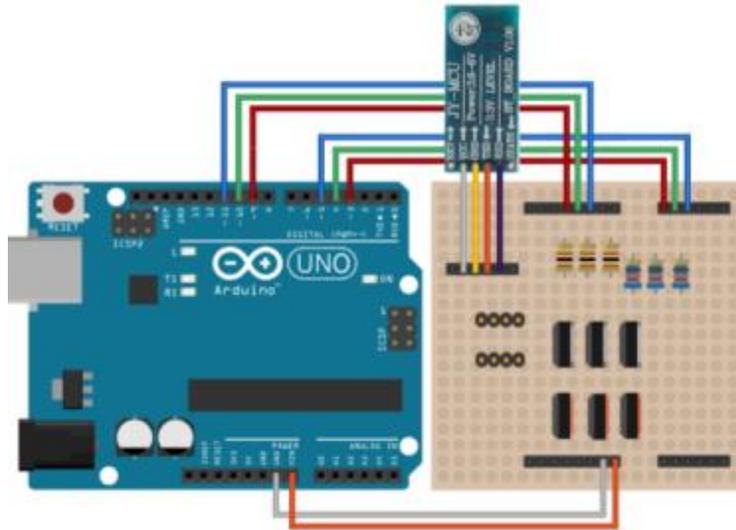
**Figura 56.** Piezas en aluminio en corte laser.

Para la pantalla de la luminaria se fabricó una pieza en madera y se le dio un recubrimiento de pasta automotriz con el fin de sellar las betas de la madera, logrando que el molde quedara completamente liso, posteriormente se hizo el termoformado con una lámina de estireno calibre 20 (Figura 57) En el diseño de la luminaria se propone policarbonato solido esmerilado.



**Figura 57.** Pieza termoformada en estireno.

Con la ayuda de un luxómetro se calcularon los LEDs necesarios para una iluminación óptima, se construyó el sistema interno y se programó la tarjeta Arduino y la tarjeta Ethernet Shield para el control y funcionamiento del prototipo.



**Figura 58.** Sistema interno de la luminaria.

Se diseñó la aplicación en App inventor® y se sincronizó con la programación del arduino para el control de los leds, esta aplicación se puede instalar a celulares con sistema operativo Android®.



**Figura 59.** Aplicación LUX app.

Por último se instalaron los LEDs RGB y el sistema interno al prototipo y se colocó la pantalla de estireno a la estructura de aluminio.



**Figura 60.** Prototipo.

## 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 13).

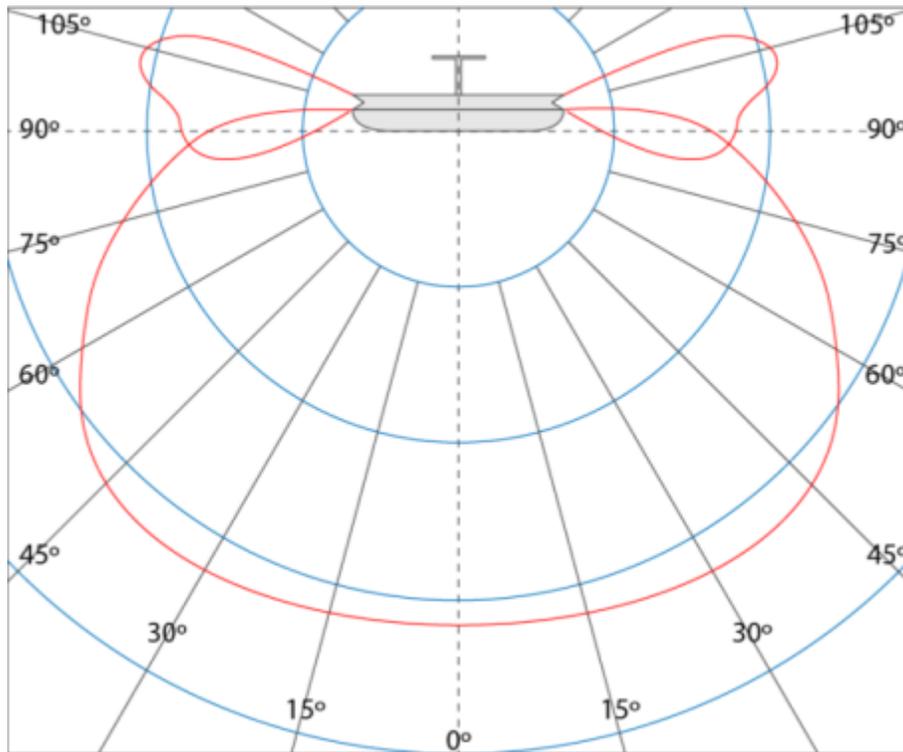
**Tabla 13.** Recomendaciones de iluminación.

Color	Actividades	Temperatura de color (K)	Lux	Apagado/prendido	Apariencia
Ámbar o blanco muy cálido	Crean estados de ánimo de relajación, incita al descanso y al sueño	1,500 a 2,900	100		
Blanco Cálido	Ideal para ambientes de descanso, esparcimiento y lectura, un tono de luz que tranquiliza.	2,900 a 3,000	280		
Blanco neutro o luz del día	Recomendada para áreas de trabajo, su tono aumenta la productividad y realza los colores de los objetos.	3,900 a 5,500	450		
Blanco frío	Recomendada para áreas de trabajo, provoca a la actividad pero cansa en periodos prolongados. Logra más nitidez y entrega más lux por watt que la luz cálida.	5,500 A 7,000	610		

Estos valores de iluminación se consiguen gracias a las diferentes formas en las que se adapta la luminaria, consiguiendo así entrar en los rangos de luz óptima que marca la norma europea UNE-EN\_15193:2007, estos ambientes están incluidos en la aplicación para que el usuario los utilice de acuerdo a sus necesidades.

### 4.3 Resultados - distribución luminosa

El diagrama de intensidad polar consiste en medir la luz en todas las direcciones alrededor de la luminaria y dibujar una curva roja en un plano a través del centro de la luminaria (Figura 61).



**Figura 61.** Diagrama polar de la luminaria.

Se puede observar que en la parte superior de la luminaria, la línea roja representa la curva de intensidad polar de los LEDs con el reflector del aluminio pulido. Este último impide que la luz se escape hacia arriba y la dirige hacia los costados para crear una iluminación indirecta; para la parte inferior de la luminaria la distribución de la luz es directa, impidiendo que exista algún tipo de sombras ya que se rebasan los 90° de la vertical, además de contar con una pantalla que logra una distribución uniforme de la luz. En ambos casos la difusión de la iluminación es simétrica.

#### 4.4 Resultados - Consumo energético y monetario

Se hizo una comparación entre la luminaria de LEDs y 3 fuentes luminosas diferentes para conocer cuál es el consumo de energía eléctrica para la iluminación del hogar (Tabla 14), se estimó un promedio de 16 luminarias por casa (dato obtenido del capítulo 3, figura 26) con un promedio de uso de energía eléctrica de 8 horas por día (dato obtenido del capítulo 3, figura 27).

**Tabla 14.** Consumo en watts por hora.

	Luminaria LED	Incandescente	Halógeno	Fluorescente
Consumo por luminaria	5 w/h	25 w/h	20 w/h	7 w/h
Consumo por hogar (16 fuentes de luz)	80 w/h	400 w/h	320 w/h	112 w/h
Consumo por hogar diario (8 horas)	640 w/h	3,200 w/h	2,560 w/h	896 w/h
Consumo por hogar a la semana	4,480 w/h	22,400 w/h	17,920 w/h	6,272 w/h
Consumo por hogar al mes	17,920 w/h	89,600 w/h	71,680 w/h	25,088 w/h
Consumo por hogar al bimestre	35,840 w/h	179,200 w/h	143,360 w/h	50,176 w/h

El consumo total de la iluminación por casa habitación al bimestre respecto al diseño de luminaria de LEDs es evidentemente menor en comparación con las otras tres fuentes luminosas, hasta un 80% de ahorro en comparación a la luz incandescente, 75% en comparación a la halógena y 29% de ahorro respecto a la luz fluorescente.

En la tabla 15 se presentan los costos que representan cada una de las luminarias al bimestre y al año, en noviembre de 2014 el precio por watt/hora es de \$0.0009945 pesos mexicanos.

**Tabla 15.** Costo por consumo de luminarias en noviembre 2014.

	Luminaria LED	Inacandescente	Halógeno	Fluorescente
Costo al bimestre	\$28.95	\$144.79	\$115.83	\$40.54
Costo al año	\$173.7	\$868.74	\$694.98	\$243.24

Como se puede apreciar en las tablas 14 y 15 el consumo eléctrico y económico es menor en la propuesta de diseño de luminaria tipo LED con un alto porcentaje de ahorro, con lo que se logran alcanzar los objetivos que se establecieron de eficiencia energética y monetaria.

Dentro de los costos de mantenimiento, la vida útil de las lámparas es un aspecto significativo puesto que debe ser remplazado una vez que el producto llega a su fin, lo que produce una nueva inversión representando un gasto económico importante, en la tabla 16 se presenta la vida útil en horas de las fuentes luminosas, así como un ejemplo de la duración total si las luminarias se utilizaran 8 horas diarias.

**Tabla 16.** Horas de vida útil de las luminarias.

	Luminaria LED	Inacandescente	Halógeno	Fluorescente
Rendimiento en horas	50,000	1,000	10,000	5,000
Rendimiento (8 horas diarias)	17 años 45 días	4 meses 5 días	3 años 155 días	1 años 260 días

# Capítulo 5

## CONCLUSIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones de la tesis “Diseño de luminaria para el aprovechamiento óptimo de energía eléctrica para casas habitación” acorde a la información y los resultados arrojados en los capítulos anteriores.

El ahorro de recursos y energía no debe verse solo como una tendencia de moda, sino que debe estar presente en todo diseño, sin duda es una particularidad que debe continuar; es cierto que las nuevas tecnologías ayudan al mejoramiento y rendimiento de los objetos, sin embargo no siempre es la que impulsa el cambio, un proyecto se puede mejorar con nuevas ideas y estrategias a la hora de diseñar, ya sea aprovechando al máximo las cualidades de los materiales, la geometría del diseño o incluso el tiempo de armado de un producto.

En el caso específico de la iluminación, la arquitectura de un lugar contribuye de manera significativa al uso de recursos, es decir si el edificio está bien orientado se puede lograr un aprovechamiento de luz solar, el ahorro en la energía eléctrica será mayor ya que se iluminará con luz artificial únicamente lo requerido, ahora bien independientemente del diseño arquitectónico, el diseñador de luminaria debe tener en cuenta características y requerimientos de uso para un rendimiento luminoso óptimo, es decir se deben considerar factores como el tiempo diario de funcionamiento y el uso racional de la energía (ya sea por medio de tecnología o diseño estructural) que ayudan a contribuir en mayor grado a un ahorro de recursos.

Debo decir que el diseño de iluminación no es tarea fácil, a pesar de que la luz nos rodea todos los días y se ha convertido en un aspecto común en nuestras vidas, no se debe ignorar la capacidad que tiene de influir en nosotros de forma significativa, establece las horas de sueño como las de trabajo e incluso 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.

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 un producto capaz 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.

En este proyecto de iluminación se buscó que el diseño fuera atemporal y minimalista, quitando elementos sobrados y reducido el diseño a lo esencial, esto debido a la arquitectura cambiante en los distintos hogares y para que sin importar el paso del tiempo se vea estéticamente natural, actual y simple; también se buscó un diseños uniforme y simétrico para evitar sombras o texturas con la estructura y pantalla de la luminaria, se consideró el tamaño para que la luminaria iluminara una área de 3 x 4 metros aproximadamente y se decidió el uso de tornillos para un fácil acceso y mantenimiento en caso de que existiera alguna falla.

El diseño de esta luminaria se caracteriza principalmente por su forma, cualidades de ambientación (luz directa e indirecta), cambio en el color de la temperatura y ahorro de energía que contribuyen a una iluminación adecuada, sin embargo creo que el diseño puede mejorar en aspectos como el diseño para la manufactura y el ensamble, es decir la facilidad y tiempo de armado que se lleva en construir el producto, un rediseño con procesos más sencillos ayudaría a contribuir a un menor gasto en recursos y tiempo.

Considero que el resultado de este proyecto es muy bueno y el potencial es sumamente grande, la luz y sus propiedades no han sido exploradas al cien por ciento, lo que da cabida a un mundo nuevo de como vemos y aprovechamos estos aspectos que la luz nos puede revelar.

## GLOSARIO

- Bombilla o lámpara: Término genérico para denominar una fuente de luz fabricada por el hombre. Por extensión, el término también es usado para denotar fuentes que emiten radiación en regiones del espectro adyacente a la zona visible.
- Coeficiente de utilización (CU o K): Relación entre el flujo luminoso que llega a la superficie a iluminar (flujo útil) y el flujo total emitido por una luminaria.
- Flujo luminoso ( $\Phi$ ): Cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones por unidad de tiempo. Su unidad es el Lumen (lm).
- Iluminancia (E): Densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie. La unidad de iluminancia es el Lux
- Diagrama polar: Gráfica que representa en coordenadas polares la distribución de las intensidades luminosas en planos definidos. Generalmente se representan los planos  $C= 0^\circ - 180^\circ$ ,  $C = 90^\circ - 270^\circ$  y plano de intensidad máxima.
- Eficacia luminosa de una fuente: Relación entre el flujo luminoso total emitido por una fuente luminosa (bombilla) y la potencia de la misma. La eficacia de una fuente se expresa en lumen/watt (lm/W). Nota. El término eficiencia luminosa se usó ampliamente en el pasado para denominar este concepto.
- Eficiencia de una luminaria: Relación de flujo luminoso, en lúmenes, emitido por una luminaria y el emitido por la bombilla o bombillas usadas en su interior.
- Lumen (lm): Unidad de medida del flujo luminoso en el Sistema Internacional (SI). Radiométricamente, se determina de la potencia radiante; fotométricamente, es el flujo luminoso emitido dentro de una unidad de ángulo sólido (un estereorradián) por una fuente puntual que tiene una intensidad luminosa uniforme de una candela.

- Luminancia (L): En un punto de una superficie, en una dirección, se interpreta como la relación entre la intensidad luminosa en la dirección dada producida por un elemento de la superficie que rodea el punto, con el área de la proyección ortogonal del elemento de superficie sobre un plano perpendicular en la dirección dada. La unidad de luminancia es candela por metro cuadrado. (Cd/m<sup>2</sup>).
- Luminaria: Aparato de iluminación que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más bombillas o fuentes luminosas y que incluye todas las partes necesarias para soporte, fijación y protección de las bombillas, pero no las bombillas mismas y, donde sea necesario, los circuitos auxiliares con los medios para conectarlos a la fuente de alimentación.
- Potencia eléctrica: es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo, es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado. La potencia eléctrica se representa con la letra P y la unidad de medida es el Vatio (Watt).
- UGR: Es el índice de deslumbramiento molesto procedente directamente de las luminarias de una instalación de iluminación interior, definido en la publicación CIE (Comisión Internacional de Iluminación) N° 117.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arce, R. G. (2009). *Aparatos y espacios que consumen más energía*. México D.F: <http://www.conuee.gob.mx>, Fecha de acceso: 25.01.2012.
- Assaf, L. D. (2012). *Lighting efficiency and environmental issues*. Francia: Right Light.
- Barroso, J., P., A. A.-J., & Britos., J. L. (2010). *Luminotecnia*. Mar de plata, Argentina: Taller vertical de construcciones 'A' .
- Boscán, N., & Nixia, V. (2009). *Protocolos de control de dispositivos domóticos: Analisis de patentes*. Venezuela: Telematique.
- CFE. (2011). *Estadísticas*. Juárez México, D.F.: <http://www.cfe.gob.mx>, Fecha de acceso: 26.01.2012.
- COESPO. (2014). *Crecimiento poblacional en Querétaro*. Querétaro: Consejo Estatal de Población.
- Colorlib. (2014). Iluminación LED. *Ecoeficenter*.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (2010). *¿Qué es Conuee?*
- Danny, H. W., & Joseph, C. L. (2002). *An investigation of daylighting performance and energy saving*. Hong Kong: ELSEVIER.
- de Haro, F. (2010). *100 + Tips.Ideas*. China: AM Editores.
- Dialight Lumidrives. (2008). OEM Module Guide. *Dialight Lumidrives*, 27.
- Fillipo Rugeles, V. H., & Cano Garzón, H. B. (2010). Aplicaciones de iluminación con LEDs. *Scientia Et Technica*, vol. XVI, núm. 45, pp. 13-18.
- INEGI. (2008). *Nivel socioeconómico* . México.
- INEGI. (2013). *Estadísticas del estado de Querétaro*. Querétaro: Instituto Nacional de Estadística y Geografía .
- Kaiyan, H., & Hongfei, Z. (2009). *Design and investigation of a novel concentrator used in solar fiber lamp*. Beijing: ELSEVIER.
- Leon, 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.

- López Romo, H. (2010). Los niveles socioeconómicos y la distribución del gasto. *Instituto de investigaciones sociales* .
- Montero, P. (2010). *Iluminación eficiente*. México, D.F.
- Morales, C. R. (2007). *Domótica e Inmótica. Viviendas y edificios inteligentes*. Alfaomega .
- Norma española UNE-EN 15193. (2007). *Eficiencia energética de los edificios: Requisitos energéticos para la iluminación*. Madrid, España: AENOR.
- Oficina de eficiencia energética y energía renovable. (2009). *Ahorro de Energía*. Washington, DC: <http://www.energysavers.gov>, Fecha de acceso: 26.01.2012.
- Philips. (2009). *Luz que hace escuela*. Holanda: Philips Electronics N.V.
- Quintero, L. F. (2005). *Viviendas Inteligentes (Domótica)*. Bogotá, Colombia: Fecha de consulta: 26.01.2012.
- Raitelli, M. (2008). *Diseño de la iluminación de interiores*. <http://www.edutecne.utn.edu.ar>, Fecha de acceso: 30.01.2012.
- Rivero, A. B. (2010). *Electricidad, características y opciones de reforma para México*. <http://redalyc.uaemex.mx>, Fecha de acceso: 26.01.2012.
- Segura, R. B. (2009). *El fin de la era de los combustibles fósiles*. <http://eibar.org>, Fecha de acceso: 29.01.2010.
- Sierra, D. M. (1998). *La Domótica*. Fecha de acceso: 24.01.2012.
- Universidad Nacional de Ingeniería. (2011). *Y se hizo la luz*. Lima Perú: Intercon .