



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ARQUITECTURA
PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE ARQUITECTURA
ESPECIALIZACIÓN EN DISEÑO DE ILUMINACIÓN ARQUITECTÓNICA

DISEÑO DE ILUMINACIÓN PARA RECÁMARA INFANTIL EN DEPARTAMENTO UBICADO EN
PORLAMAR, ESTADO NUEVA ESPARTA, VENEZUELA

TRABAJO TERMINAL QUE PARA OBTENER EL GRADO DE: ESPECIALISTA EN DISEÑO DE ILUMINACIÓN
ARQUITECTÓNICA

PRESENTA:

ARQ. EDGARDO JOSE TOVAR PEREZ

DIRECTOR

DI. LUIS GONZÁLEZ F.

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TUTORES

Director: DI. Luis González F.

Sinodal 1: Mtra. Miriam García A.

Sinodal 2: Mtra. Mirta Ripol B.

Sinodal 3: Mtra. Aurora Tostado J.

Sinodal 4: Ing. Jose M. Hernández B.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por sobre todas las cosas, por ayudarme a culminar otra meta en mi desarrollo profesional. A mi madre, Abg. Yanett A. Perez U. por su apoyo incondicional desde el inicio de los tiempos. A toda mi familia, por siempre estar presentes en los buenos y no tan buenos momentos. A mi sobrino, Alejandro Linares Perez quien fue el caso inspirador para la creación de este tema en conjunto a su mamá, la Arq. Dayana C. Linares P. A mi tutor el DI. Luis González F. por su exigencia y compromiso para el desarrollo de este proyecto. A la Mtra. Mirta Ripol B. por apoyarme a no desistir con la idea principal de este trabajo. A todos mis profesores de la especialidad por su esfuerzo y dedicación. A la U.N.A.M. por recibirme y convertirse en segunda casa de estudios

A mis amigos Arq. Jose Bustamante, Arq. Diana Arias, Arq. Psj. Rodrigo Reyes, Dra. Claudia Gonzales U., Dr. Omar Ángeles S., quienes me han brindado su cariño, y apoyo incondicional.

A todos ustedes ¡Muchas gracias!

INDICE

	Pág.
1 . PRESENTACIÓN	1
1.1. Introducción.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Hipótesis.....	3
1.5. Objetivos.....	4
1.6. Metodología.....	4
2 . MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedente: Proyecto.....	6
2.2. Bases teóricas.....	8
2.2.1. Magnitudes colorimétricas.....	8
2.2.2. Tipos de luces.....	11
2.2.3. Tipos de iluminación.....	12
2.3. Fundamentos técnicos.....	13
2.3.1. Iluminación residencial.....	14
2.3.2. Criterios de iluminación.....	15
2.4. Psicología del color.....	23
2.5. Ciclo circadiano.....	24
3 . CASO DE ESTUDIO	26
3.1. Análisis de sitio.....	27
3.2. Usuarios.....	31
3.3. Enfoque.....	32
3.4. Análogos.....	34

4 .	ANTEPROYECTO	36
	4.1. Concepto	37
	4.2. Posicionamiento de luminarias	39
	4.3. Iluminación: Propuesta en 3D	40
	4.4. Consideraciones	42
5 .	PROYECTO EJECUTIVO	43
	5.1. Proyecto de iluminación	44
	5.2. Sistema de control	49
	5.3. Cálculo lumínico: Proyecto	50
	5.4. Fichas técnicas: Proyecto	53
	5.5. Detalles constructivos	55
	5.6. Escenas	56
	5.7. Discusión	62
6 .	INVESTIGACIÓN ESPECIAL	63
	6.1. Mecanismo de la bilirrubina	64
	6.2. Ictericia neonatal	66
	6.2.1. Efectos de la luz en la piel	66
	6.2.2. Efectos de la luz en la bilirrubina	69
	6.3. Fototerapia	70
	6.3.1. Mecanismo de la fototerapia	72
	6.3.2. Beneficios de la fototerapia con luz led	74
	6.3.3. Cuidados especiales	74
	6.4. Recomendaciones de la Academia Americana de Pediatría	75
	6.5. Antecedente: Luminaria	76
7 .	LUMINARIA	79
	7.1. Consideraciones	80
	7.2. Análogos	82
	7.3. Características	84
	7.4. Producción	84
	7.5. Fabricación	86
	7.6. Propiedades	93
	7.7. Propuesta en 3D	93
	7.8. Cálculo lumínico: Luminaria	95

7.9. Fichas técnicas: Luminaria	97
7.10. Antecedente: Lámpara LED azul	100
7.11. Control de intensidad	100
7.12. Resultado	101
8. CONCLUSIÓN	102
9. GLOSARIO	105
10. BIBLIOGRAFÍA	109
11. ANEXOS	113
11.1. Construcción del prototipo	114
11.2. Prueba de iluminación	118

CAPÍTULO

01

PRESENTACIÓN

1. PRESENTACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Las construcciones residenciales en zonas insulares manifiestan una incidencia de luz natural que puede ser excesiva o escasa, lo cual dependerá de su ubicación geográfica; y por esta razón se necesita de la luz artificial para lograr disfrutar el espacio interior (Ayala, pág. 14, 2014). Si el espacio a habitar cuenta con poca incidencia solar se necesitará un buen proyecto de iluminación para la convivencia diaria de las personas.

En la actualidad, en el ámbito residencial no se acostumbra a realizar diseños ni cálculos lumínicos que establezcan parámetros técnicos para cumplir con las necesidades particulares de cada habitante; por el contrario, se construye de una forma masiva sin tomar en cuenta que todas las residencias no son iguales, todos los usuarios no son iguales, y que comúnmente las circunstancias no siempre son las mismas. El resultado son construcciones en las que se sitúan luminarias que carecen de criterio con respecto a la ubicación dentro de los espacios, con un único propósito: preservar recursos económicos.

Con el desarrollo de un proyecto de iluminación que se enfoque en el usuario, se logrará establecer un mayor confort del campo visual dentro del espacio para que sus experiencias sean más óptimas. No obstante, cuando se presente una situación atípica en la que el usuario sea una madre y que su bebé que presente síndrome icterico neonatal, se necesitará realizar el análisis del caso con origen en la investigación de estudios médicos para dar una respuesta.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a la ubicación geográfica, el departamento en estudio adquiere una gran incidencia de luz natural en horas de la mañana, en las que los usuarios emplean filtros para controlar el exceso de iluminación. En horas de la tarde se disminuye la cantidad de luz por lo que recurren a la iluminación artificial como herramienta para el desarrollo de sus actividades. Haciendo énfasis en la recamará infantil como caso de estudio, se observa que la misma no cuenta con la iluminación requerida para el desarrollo de actividades de los usuarios; presentando la necesidad de realizar un proyecto de iluminación que ayude a resolver esta problemática.

No obstante, se presenta una situación especial ya que uno de los usuarios es un bebé con una condición médica: síndrome de ictericia neonatal, por lo que se busca obtener respuestas sobre los requerimientos lumínicos específicos para su tratamiento. Es significativo resaltar el hecho de que en el mercado actual no existen luminarias de uso ambulatorio, que sean de fácil acceso para las personas, y que los tratamientos solo pueden ser realizados en hospitales.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El valor de la presente investigación se basa en demostrar que la arquitectura de la mano con el diseño de iluminación, el diseño industrial y la medicina, podrán mejorar positivamente la calidad de vida de los usuarios, sobre todo de las nuevas madres de nuestra sociedad. Mencionando que esta investigación servirá como referencia para que las personas pueden mejorar su calidad de vida, recreando un proyecto de iluminación para sus recámaras, tomando en cuenta el espacio, los usuarios y el manejo de la luz bajo un esquema que facilite la comprensión del entorno y el campo visual para el desarrollo óptimo de sus actividades.

En el caso particular del paciente con ictericia, esté se verá beneficiado al poder recibir la atención necesaria con la ayuda de sus padres desde la comodidad de un espacio ambulatorio. Al mismo tiempo se evitará la separación de la madre con su hijo y la posible depresión postparto causada por el rompimiento del nexo entre ambos.

A nivel socioeconómico, se podrán reducir los altos costos de cuidados y mantenimiento que se generan en los hospitales, al internar a los neonatos para la realización de la fototerapia; lo que en la actualidad representa un costo de 6.000\$ para el IMSS, por cada paciente. Con un esquema de supervisión continua, el personal médico podrá controlar y darle seguimiento a la evolución del paciente para el manejo del síndrome icterico. Se expondrán los requerimientos de luz establecidos en las normativas para el desarrollo de las actividades, buscando siempre resolver las necesidades de los usuarios.

1.4. HIPÓTESIS

Partiendo del análisis de la incidencia solar, los materiales existentes y la iluminación artificial, se realizará un diseño de iluminación que cumpla con las necesidades de los usuarios para el desarrollo de sus actividades.

Este podrá satisfacer los requerimientos lumínicos dentro del espacio y contribuirá a mejorar la calidad visual de los usuarios para el desarrollo de sus actividades, pero ¿podrá funcionar en una situación atípica como la presencia de un usuario con síndrome ictérico? En hospitales y clínicas de todo el mundo se utiliza la iluminación como tratamiento para este tipo de condiciones medicas, por lo que se integrará el diseño de una luminaria de uso ambulatorio que permita el manejo de este síndrome.

1.5. OBJETIVOS

- Diseñar un proyecto de iluminación que solucione las necesidades lumínicas de un espacio, enfocado los requerimientos de los usuarios.
- Generar una respuesta al problema atípico del caso estudiado que tendrá como resultado una propuesta de iluminación ambulatoria.

1.6. METODOLOGÍA

Se realizará un método práctico que corresponda a una secuencia de pasos compuesto por las siguientes etapas:

LA INVESTIGACIÓN. Como primera fase en la que se establecerá el marco teórico y expondrán los conocimientos necesarios para llevar a cabo el desarrollo del presente trabajo.

EL ANÁLISIS. como segunda fase en la que se estudiará el sitio, el usuario, la problemática existente; presentando ubicación, características, propiedades y requerimientos especiales.

EL ANTEPROYECTO. Que comprenderá los principales objetivos del diseño de iluminación desde el concepto hasta los primeros esquemas.

EL PROYECTO. Fase final en la que se presentarán de forma técnica los detalles para cumplir con los objetivos mediante cálculos, planos e imágenes en tres dimensiones.

CAPÍTULO

02

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

Con el desarrollo de proyectos arquitectónicos que cuentan con un buen diseño de iluminación, se ha demostrado que se puede mejorar positivamente la calidad visual de los usuarios dentro de un espacio. Tomando en cuenta el significado de la luz y como esta impacta nuestras emociones, sensaciones y percepciones dentro de un área habitable.

2.1. ANTECEDENTE: PROYECTO

Se utilizó como antecedente los diseños de iluminación establecidos por el despacho español: *Lumínica Proyectos*, el cual es un estudio independiente de iluminación arquitectónica y de espacios urbanos.

Dentro del ámbito residencial establecen consejos que aportan criterios de diseño para iluminar las recámaras, tales como el uso de una iluminación general para la realización de las diferentes tareas, y el uso de una luz homogénea que puede conseguirse con luminarias empotrables cuidando su ubicación para evitar el deslumbramiento.

Recomiendan combinar la iluminación general con otros tipos de iluminación para lograr un proyecto completo para iluminar una habitación. Otro consejo es utilizar la luz de lectura que se caracteriza por ser puntual y sirve para bajar la cantidad de luz general tornando el espacio mas cómodo.

También se toma en cuenta integrar a la iluminación elementos arquitectónicos tales como el mobiliario, plafones de techo, acabados en muros, entre otros (*imagen 1*), pensando puntualmente el detalle con el desarrollo técnico para cada situación. Por ejemplo, mediante la iluminación en cabeceras y repisas se podrá obtener un efecto interesante con una luz difusa y acogedora para iluminar el espacio; creando un ambiente de relajación esencial para el descanso del usuario.

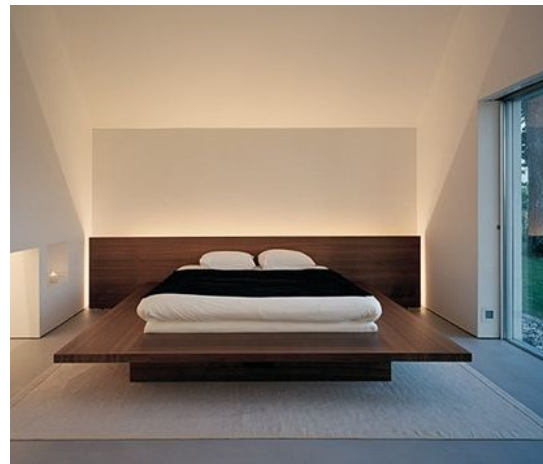


Imagen 1. Iluminación de objetos arquitectónicos

Asimismo, se utilizó como antecedente el análisis planteado en las recomendaciones lumínicas de la revista digital *Houzz*. Plantean que el diseño de iluminación para una recámara infantil tiene que ser el resultado de la suma de distintos tipos e intensidades de luz, enfocándose en el espacio como un área versátil – multifuncional; siempre y cuando se tomen en cuenta las necesidades que podrán variar según la edad de los usuarios.

Recomiendan como uso práctico una iluminación general fija, a nivel de muros y techos en unión a la iluminación natural como puede observarse en la (*imagen 2*). También recomiendan el uso de una iluminación de apoyo que podrá variar dependiendo de las conexiones eléctricas que existan o se proyecten en el espacio.



Imagen 2. Iluminación de una recámara infantil
Fuente: <https://www.houzz.es/hznb/fotos/interior-odd-phvw-vp~25392896>

2.2. BASES TEÓRICAS

Para la comprensión del presente trabajo es de gran importancia hablar de la iluminación artificial, la cual se define como la acción de iluminar mediante un conjunto de dispositivos instalados para producir efectos lumínicos tanto prácticos como decorativos. La misma deberá utilizarse de forma adecuada para cumplir con las normas establecidas por la IES (Illuminating Engineering Society). El diseño de iluminación puede aplicarse en diferentes campos profesionales tales como la arquitectura, la ingeniería, la medicina, el arte, la música entre otros. Para comprender la problemática enunciada se definen los siguientes temas:

2.2.1.

MAGNITUDES COLORIMÉTRICAS

TEMPERATURA DE COLOR. – K. Es la encargada de medir el grado de calidez o frialdad que puede reproducir una fuente de luz y se expresa en Kelvin (K). La temperatura de color de una fuente lumínica será la temperatura del cuerpo negro, cuando la sensación de la radiación luminosa de ambos es parecida (*imagen 3*). Por ejemplo, una lámpara que posea una temperatura de color de 4500 K emitirá la misma radiación que emitirá el cuerpo negro calentado a esa temperatura. No obstante, asemeja la apariencia que proporciona la fuente de luz en la relación que se describe en la (*tabla 1*).

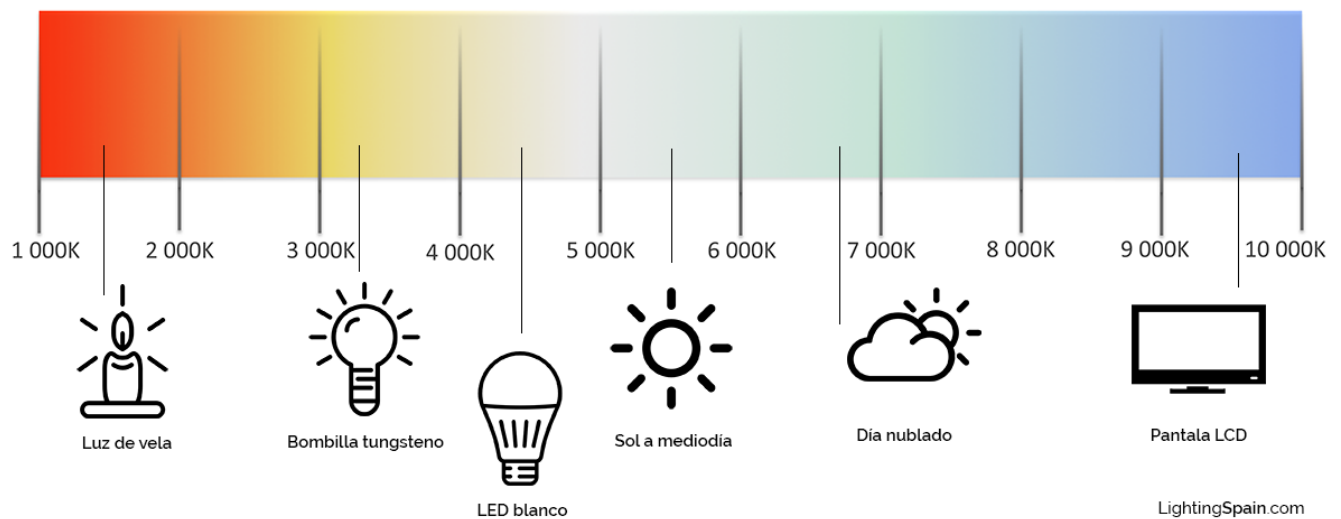


Imagen 3. Temperatura de color
Fuente: <https://lightingspain.com/blog/temperatura-color-led/>

Grupo de apariencia de color	Apariencia de color	Temperatura de color (K)
1	Cálida	3.300
2	Intermedio	Entre 3.300 - 5.300
3	Frío	>5.300

Tabla 1. Relación entre apariencia y temperatura
Fuente: Manual de iluminación INDAL

La temperatura de color (*imagen 3*) se ve influenciada por dos aspectos fundamentales, la sensación creada por el ambiente (confort o discomfort) y la distorsión del color. Esto se relaciona directamente con los niveles de iluminación.

ÍNDICE DE REPRODUCCIÓN CROMÁTICA. – IRC. Es la capacidad que tiene una fuente de luz blanca para representar con precisión los colores sobre un objeto o superficie (*imagen 4, 5*). Se expresa mediante el índice general de color con valores de 0 a 100, en donde 100 es la reproducción fiel y exacta del color en comparación a la iluminación natural.

Cuando mayor es el IRC de una lámpara es menor el rendimiento luminoso. Para realizar la selección de las fuentes luminosas primero se deben establecer los valores necesarios de IRC para lograr un máximo rendimiento. Los valores correspondientes al índice de reproducción cromática están expresados en la (*tabla 2*). Aunque el IRC simboliza un parámetro independiente de la temperatura de color, ambos son requeridos para definir la calidad cromática que presenta una fuente luminosa. Algunos ejemplos de índices de reproducción cromática según la fuente luminosa pueden ser apreciados en la (*tabla 3*) en conjunto a la temperatura de color.



CRI>90



CRI<70

Imagen 4. Ejemplos de CRI

Imagen 5. Ejemplos de CRI

Grado	Índice (IRC)	Nivel de reproducción
1A	90 a 100	Excelente
1B	80 a 89	Muy bueno
2A	70 a 79	Bueno
2B	60 a 69	Moderado
3	40 a 59	Regular
4	Inferior a 40	Bajo

Tabla 2. Índices de reproducción cromática
Fuente: Manual de iluminación INDAL

Fuente luminosa	Temperatura de color (K)	IRC
Cielo azul	10.000 a 30.000	85 a 100
Cielo nublado	7.000	85 a 100
Luz solar día	6.000	85 a 100
Lámpara de descarga de sodio	2.900	menos de 40
Lámpara incandescente normal	2.400 - 2.900	100
Lámpara incandescente halógena	3.100 - 3.200	100
Fluorescentes	2.700-7.200	52 - 95
Vapor de mercurio alta presión	4.000 - 5.000	40 - 60
Vapor de mercurio halogenuros metálicos	4.000 - 6.000	70 - 90
Vapor de sodio baja presión	1.800	1
Vapor de sodio alta presión	1.900 - 2.200	25 - 70
Llama de vela	1.800	46 a 69

Tabla 3. Índices de reproducción cromática con temperatura de color
Fuente: Manual de iluminación INDAL

TONO	COLOR	SUPERFICIES
Muy claro	Blanco nuevo	88
	Blanco viejo	76
	Azul verde	76
	Crema	81
	Azul	65
	Miel	76
	Gris	83
Claro	Azul verde	72
	Crema	79
	Azul	55
	Miel	70
Mediano	Gris	73
	Azul verde	54
	Amarillo	65
	Miel	63
Oscuro	Gris	61
	Azul	8
	Amarillo	50
	Café	10
	Gris	25
	Verde	7
	Negro	3
		Maple 43
		Nogal 16
		Caoba 12
		Pino 48
		Madera clara 30-50
		Madera oscura 10-25
		ACABADOS METÁLICOS
		Blanco polarizado 70-85
		Aluminio pulido 75
		Aluminio mate 75
		Aluminio claro 59- 79

Tabla 4. Valores de reflexión en materiales (expresados en porcentajes)
Fuente: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3864/7/Resolucion%20180540%20Bogot%C3%A1%20Colombia.pdf>

REFLEXIÓN EN MATERIALES. Para lograr una máxima efectividad de la iluminación en un espacio, es conveniente pintar la superficie de los muros con colores claros, logrando una buena reflectancia. Estos podrán reflejar hasta un 80% de la luz incidente dependiendo del acabado (mate o brillante), mientras que colores oscuros pueden reflejar menos del 10% de la luz incidente. En la (tabla 4) se presentan los valores de reflectancias expresados en porcentajes característicos en muros, pisos, techos, texturas y colores.

2.2.2.

TIPOS DE LUCES

NATURAL. Regida por la presencia de luz proveniente del sol, en un ciclo de 24 horas (imagen 6). Durante este periodo de tiempo podemos encontrar horas de luz de día (diurnas) y horas de noche (ausencia de luz natural) aunque todo esto dependerá de la ubicación geográfica del lugar – espacio, siendo de gran importancia en el diseño de iluminación. La luz diurna se relaciona directamente con nuestro estado de ánimo por lo que es la más beneficiosa para nuestro organismo. Se recomienda aprovecharla para el desarrollo de cualquier tipo de actividad.



Imagen 6. Luz natural
Fuente: <https://fesiluz.com>

GENERAL. Se trata de una iluminación que se ubica a nivel superior dentro de un espacio. Este tipo de luz es capaz de iluminar toda el área en donde se encuentre instalada (imagen 7). Se utiliza para conseguir una visión general en un espacio. Para lograrla se recomienda el uso de luminarias empotradas a nivel de techo, cuidando siempre la proporción entre la cantidad de luz y el espacio.

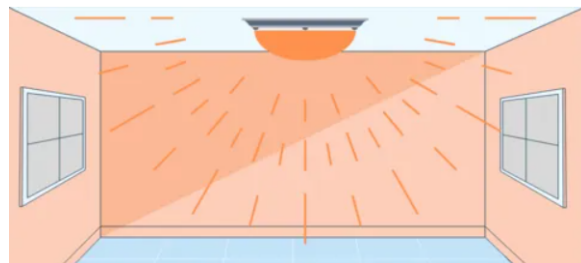


Imagen 7. Luz ambiental
Fuente: <https://fesiluz.com>

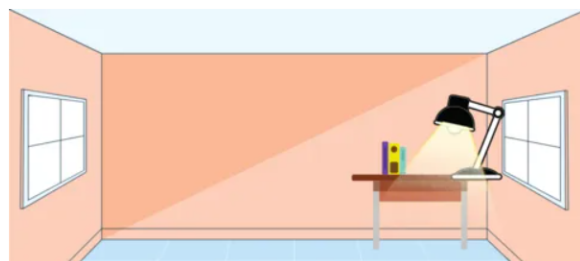


Imagen 8. Luz focalizada o puntual
Fuente: <https://fesiluz.com>

FOCALIZADA O PUNTUAL. Este tipo de iluminación se utiliza en actividades que requieren un nivel visual preciso o superior. Su uso está recomendado para leer o estudiar (*imagen 8*). Su función se centra en iluminar un área concreta en donde se realizará una actividad específica. Las luminarias de mesa son un ejemplo ideal.

AMBIENTAL. Su función principal es la de crear un ambiente. Su instalación es estratégica para que se logre crear una iluminación estética dentro de un área específica (*imagen 9*). Para lograrla se pueden utilizar luminarias a nivel de techo, muros, u otros rincones que, aunque no tengan una funcionalidad espacial definida; nos ayuden a disfrutar de un ambiente agradable.

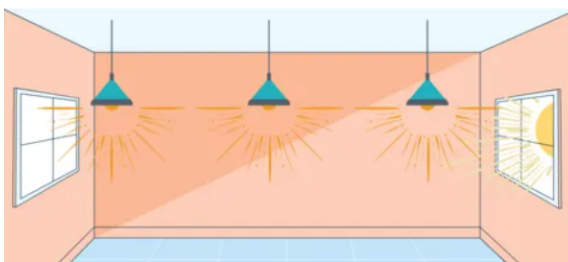


Imagen 9. Luz ambiental
Fuente: <https://fesiluz.com>

2.2.3. TIPOS DE ILUMINACIÓN

DIRECTA. Es la que se produce cuando el flujo de luz es direccionado directamente hacia una zona u objeto sin ningún tipo de complemento (*imagen 10*), permitiendo utilizar el 100% de la luz emitida. Se emplea en iluminaciones de exposición, general, o focal en donde se ilumina de forma directa el espacio u objeto. Su función es la de iluminar de forma directa el área deseada para lograr una óptima comprensión visual del lugar.

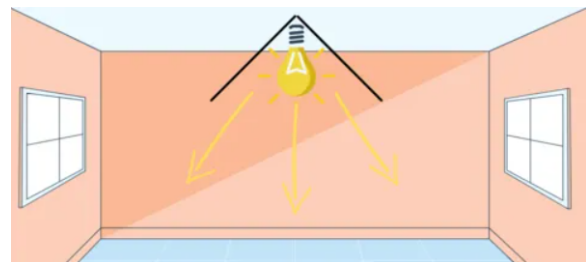


Imagen 10. Iluminación directa
Fuente: <https://fesiluz.com>

SEMIDIRECTA. Es un tipo de iluminación similar a la directa, pero en este caso se utilizan difusores o pantallas translucidas para obtener opacidad, lo que permite generar desde un 20% a un 40% de la luz emitida sobre la zona que se quiere iluminar (*imagen 11*). Es comúnmente utilizada en recámaras, baños, cocinas, entre otros.

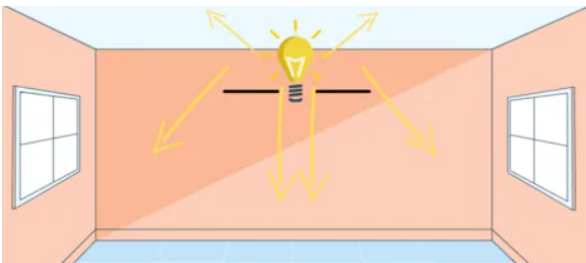


Imagen 11. Iluminación semidirecta
Fuente: <https://fesiluz.com>

SEMI - INDIRECTA. Es un tipo de iluminación que no produce deslumbramientos. Se obtiene cuando en la base de la luminaria se utiliza un difusor para enviar la luz al espacio; mientras que por arriba se envía luz directa sin difusor hacia el techo (*imagen 13*). Se recomienda utilizar lámparas con difusores en el borde interior, y descubiertas en el borde superior.

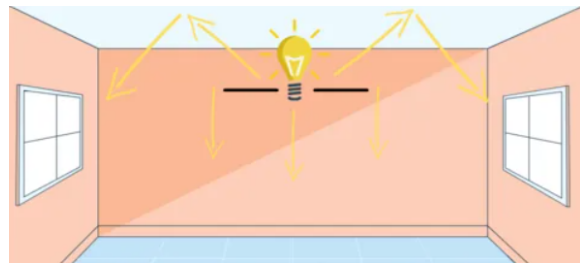


Imagen 13. Iluminación semi - indirecta
Fuente: <https://fesiluz.com>

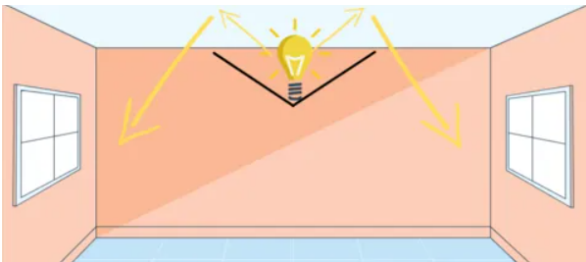


Imagen 12. Iluminación indirecta
Fuente: <https://fesiluz.com>

INDIRECTA. En este sistema el 100% de la luz emitida por una fuente luminosa es direccionada hacia un muro o techo para que pueda iluminar el espacio por reflexión (*imagen 12*). Suele utilizarse en espacios como habitaciones, bares, y restaurantes. Se aconseja que la superficie tenga colores claros para generar un mejor resultado.

MIXTA O COMBINADA. Este sistema es aquel que envía el 50% de la luz emitida hacia el techo o muro mediante el uso de un difusor, y el otro 50% de la luz emitida (también con difusor) es enviado a la zona que se requiere iluminar.

2.3. FUNDAMENTOS TÉCNICOS

Mediante el análisis y estudio del manual de la IES en su 10ma edición, se establecen las siguientes recomendaciones técnicas de iluminación para el desarrollo de la presente investigación.

2.3.1. ILUMINACIÓN RESIDENCIAL

Las tareas dentro de un mismo espacio requieren de distintas condiciones de iluminación enfocadas en el transcurso de las horas del día/noche y pueden variar según las edades de los ocupantes. La luz artificial representa aproximadamente el 15% de la energía utilizada en edificaciones residenciales (según datos de la administración de información energética de los Estados Unidos de América, 2008) por lo que conviene un diseño eficiente.

Cuando los requerimientos del propietario sean una iluminación más uniforme y consistente, las proporciones deberán reducirse según lo determine el diseñador (manual de la IES, 10ma edición, 33:02, 2019) mediante una mayor integración de luminarias, aumento de vatios o integración de ópticas con haces de luz más amplios; logrando un aspecto más homogéneo.

Las aplicaciones y tareas residenciales deben ser revisadas con los conocimientos del proyecto, correlacionándose con las funciones y criterios de iluminancia recomendados por la IES (*imagen 14, 14.1, 15, y 15.1*).

En el caso específico de la presente investigación, las recámaras podrán ser consideradas como los espacios más multifuncionales en donde los ocupantes desarrollan distintas actividades tales como: leer, ver televisión, vestirse, entre otras. En los proyectos de iluminación residencial, se permite emplear variedad de efectos de luz que serán definidos por el diseñador.

Por ejemplo: leer en la cama puede involucrar una diferente cantidad de luz para cada lado, y si existe la necesidad de programar una iluminación de lectura en una zona y que esta funcione independiente de la otra, se podrán justificar sistemas de control para las luminarias (manual de la IES, 10ma edición, 33:20, 2019). El análisis del proyecto debe incluir información personal sobre el estilo de vida de los usuarios, para que el proyecto de iluminación tenga éxito.

Es fundamental considerar prioridades como, costos operativos, sostenibilidad, y ciclo de vida del proyecto. Si los requerimientos no se cumplen, la cantidad de energía que se podría ahorrar es debatible al igual que los recursos que pudieron ahorrarse. Los involucrados en el diseño deberán realizar el análisis con metas coordinadas y realistas sobre costos iniciales y la tecnología a utilizar; lo que se verá reflejado en el presupuesto.

2.3.2. CRITERIOS DE ILUMINACIÓN

“Representan la suma total de valores sólidos cuantitativos que influyen directamente en el rendimiento visual” (manual de la IES, 10ma edición, 33:23, 2019). Diseñar con un único valor de criterio como por ejemplo utilizar solamente la iluminación general para abordar un total número de actividades para los usuarios tendrá un resultado de insatisfacción; lo que significará una pérdida de energía, y recursos. Estos criterios están expresados en la tabla 33.2 (*imagen 14, 14.1, 15, y 15.1*) (manual de la IES, 10ma edición, 33:23, 2019) y están comprendidos en:

APLICACIONES Y TAREAS. Para el desarrollo de cualquier proyecto las aplicaciones y tareas a realizar dentro de un espacio pueden ser diferentes a las establecidas en la tabla 33.2, pudiendo justificar diferentes criterios de iluminancia. Esta permitido la realización de referencias en un conjunto de tareas o aplicaciones directamente asociadas, ya que las tendencias convencionales pueden cambiar para ajustarse a la actualidad, a las necesidades del cliente, o la programación arquitectónica.

En el caso de no obtener los resultados requeridos en la tabla 33.2, será necesario revisar y determinar un sistema de iluminación mediante la interpretación de lo establecido en el manual de la IES, apartado 4.12, *Determinación para un sistema de iluminancia*, pág. 4:30, y la tabla 4.1 (*imagen 16*) para definir una categoría basada en las características de la tarea o desempeño visual asociado directamente con aplicaciones únicas. Cambios o cualquier modificación a las recomendaciones, deberán ser documentados para su registro (manual de la IES, 10ma edición, 33:23, 2019).

Table 33.2 | Residential Facilities Illuminance Recommendations

Applications and Tasks ^a	Notes	Recommended Maintained Illuminance Targets (lux) ^{b,c,d}									
		Horizontal (E _h) Targets					Vertical (E _v) Targets				
		Visual Ages of Observers (years) where at least half are					Visual Ages of Observers (years) where at least half are				
		<25	25-65	>65			<25	25-65	>65		
		Category			Gauge	Category				Gauge	
RESIDENTIAL INTERIORS	(continued)										
• Bathrooms											
• Showers/Tubs	E _h @floor; E _v @3'-5' AFF	K	25	50	100	Avg	H	10	20	40	Avg
• Toilets and Bidets	E _h @top of plumbing fixture; E _v @3' AFF	M	50	100	200	Avg	I	15	30	60	Avg
• Vanities	Grooming considered more intensive and extensive than casual inspection. Review appropriateness with client. E _h and E _v elevations are shown for standing-counter situations and adult height. Adjust elevations as necessary.										
• Casual inspection	E _h @3' AFF; E _v @5' AFF	O	100	200	400	Avg	O	100	200	400	Avg
• Grooming	E _h @3' AFF; E _v @5' AFF	P	150	300	600	Avg	Q	200	400	800	Avg
• Top-of-head	E _h @5' 9" AFF		Avg = 1.0 times E _v at vanity								
• Bedrooms											
• Desks	See RESIDENTIAL INTERIORS/Reading and Writing										
• General (dressing)	E _h @2' AFF; E _v @4' AFF	K	25	50	100	Avg	I	15	30	60	Avg
• Reading in Bed	See RESIDENTIAL INTERIORS/Reading and Writing										
• Sitting Areas	See RESIDENTIAL INTERIORS/Reading and Writing										
• Television Viewing	E _h and E _v @4' AFF	I	15	30	60	Avg	G	7.5	15	30	Avg
• Circulation Corridors	E _v in two opposing views along primary direction of travel.										
• Adjacency Passageways	E _h @floor; E _v @5' AFF		Avg ≥0.2 times task E _h of adjacent space					Avg ≥0.2 times task E _v of adjacent space			
• Independent Passageways	E _h @floor; E _v @5' AFF	I	15	30	60	Avg	D	3	6	12	Avg
• Closets	Luminaire(s) may need to be mounted external of non-walk-in closets if mounting space in closet is insufficient for useful or code-compliant luminaires. Placement and control must be addressed accordingly.										
• Non-walk-in	E _h and E _v @4' AFF @shelf face	M	50	100	200	Avg	J	20	40	80	Avg
• Walk-in	E _h and E _v @4' AFF @shelf face	P	150	300	600	Avg	M	50	100	200	Avg
• Dining											
• Formal	E _h @table plane; E _v @4' AFF	K	25	50	100	Avg	H	10	20	40	Avg
• Informal	E _h @table plane; E _v @4' AFF	M	50	100	200	Avg	J	20	40	80	Avg
• Study use	E _h @table plane; E _v @4' AFF	O	100	200	400	Avg	K	25	50	100	Avg
• Dressing Room											
• Full-length Mirror	E _h @floor; E _v @3'-5' AFF						O	100	200	400	Avg
• General	E _h @floor	M	50	100	200	Avg					
• Hanging items	E _v @4' AFF @front shoulder						K	25	50	100	Avg
• Shelved/drawer items	E _v @4' AFF @front face						M	50	100	200	Avg
• Elevator	See 22 LIGHTING FOR COMMON APPLICATIONS										
• Family Room	E _h @floor; E _v @4' AFF	M	50	100	200	Avg	J	20	40	80	Avg
• Fitness Room	E _h @floor; E _v @3'-5' AFF	N	75	150	300	Avg	J	20	40	80	Avg
• Foyer											
• Day	E _h @floor; E _v @5' AFF	M	50	100	200	Avg	I	15	30	60	Avg
• Night	E _h @floor; E _v @5' AFF	I	15	30	60	Avg	F	5	10	20	Avg
• Game Room	Intended for informal or spontaneous activity with acquaintances. For sanctioned refereed sports activities see 35 LIGHTING FOR SPORTS AND RECREATION.										
• Analog Games											
• Board and card games	E _h @2' 6" AFF; E _v @4' AFF	O	100	200	400	Avg	K	25	50	100	Avg
• Competitive table games	E _h @2' 6" AFF; E _v @4' AFF	Q	200	400	800	Avg	N	75	150	300	Avg
• Pinball	E _h @3' AFF; E _v @5' AFF	K	25	50	100	Avg	G	7.5	15	30	Avg
• Digital Games	E _h @floor; E _v @4' AFF	D	3	6	12	Avg	C	2	4	8	Avg

Table 33.2 | Residential Facilities Illuminance Recommendations continued next page

Uniformity Targets ^e			Typical Area of Coverage ^h	
Over Area of Coverage			Task Proper or Task Area	Room or Designated Area
1 st ratio E _v /2 nd ratio E _v , if different uniformities apply	Max:Avg	Avg:Min		
2:1				
2:1				
2:1				
2:1				
3:1				
3:1				
3:1				
5:1				
3:1				
3:1				
4:1				
4:1				
2:1				
3:1				
3:1				
3:1				
5:1				
3:1				
3:1				
2:1				
2:1				
4:1				
4:1				

Notes for Table 33.2

- The table column headings are discussed in detail in 33.3 Illuminance Criteria. See 12.5.5 Illuminance for discussion on procedures for establishing illuminance targets for a project. See Table 33.3 | SI Dimensional Conversions.
- Applications, tasks, or viewing specifics encountered on any given project may be different from these and may warrant different criteria. See 33.3.1 Applications and Tasks. The designer is responsible for making final determinations of applications, tasks, and illuminance criteria. Outdoor tasks are so noted.
 - Values cited are to be maintained over time on the area of coverage.
 - Values cited are consensus and deemed appropriate for respective functional activity. In a few situations, code requirements are within 10% of IES recommendations. This is apparently an artifact of metrication. Footcandle conversions of any values cited in Table 33.2 should be made at 1 fc to 10 lx. Regardless, codes, ordinances, or mandates may supersede any of the IES criteria for any of the applications and tasks and the designer must design accordingly.
 - Targets are intended to apply to the respective plane or planes of the task.
 - Illuminance uniformity targets offer best results when planned in conjunction with luminance ratios and surface reflectances. Any parenthetical uniformity values reference respective parenthetical applications or tasks, such as a curfew situation associated with nighttime outdoor lighting.
 - Applications and tasks cited with sunburst icon are candidates for strategies employing any combination of daylighting and electric lighting to achieve target values during daylight hours. Daylighting may require unconventional approaches.
 - Tasks with specular components, like computers with CSA/ISO Type III screens or printed tasks with glossy ink or glossy paper, are prone to veiling reflections. The likelihood of an application's or task's predisposition to veiling reflections is indicated by the reflected-light icon: black and white signals high likelihood; gray and white signals moderate likelihood; pale gray and white signals some likelihood; and all-white signals little-to-no likelihood.
 - The designer must establish areas of coverage to which targets apply. Green highlight identifies task proper or task area as the typical area of coverage for respective cited targets. Amber highlight identifies room or designated area as the typical area of coverage for respective cited targets.
 - See Table 26.4 | Nighttime Outdoor Lighting Zone Definitions. Nighttime illuminance targets are intended for application during dark hours of operation where lighting is deemed necessary or desirable. At curfew (client- or jurisdiction-defined), if lighting is still deemed necessary or desirable, then reduce lighting as indicated. See Table 26.5 | Recommended Light Trespass Illuminance Limits for recommended light trespass illuminance limits.
 - Use motion-sensing control to toggle lighting from on/off/dimmed state to recommended curfew state or from recommended curfew state to pre-curfew state as designer and client deem necessary to meet functional needs. Use instant-on lighting equipment.
 - Identifying elevation changes can be achieved with lighting over the area of interest or by introducing contrast lighting at the change in elevation, such as can be achieved with steplights, in-tread uplights, linear tread nose lights, or other luminaires that accentuate the risers or treads or the edges that define elevation change. Figure 15.13 illustrates one example.
 - For applications where task position is indefinite, the typical area of coverage is "Room or Designated Area." For applications where task position is known, target illuminance is applied to the "Task Proper or Task Area."
 - E_p and E_v elevations are based on conventional worksurface and seated eye height. Where other elevations are programmed, designer must adjust illuminance-criteria planes of interest accordingly.

Imagen 14.1. Recomendaciones de iluminancia para espacios residenciales
Fuente: IES, The lighting handbook, 10th edition. 2019

Table 33.2 | Residential Facilities Illuminance Recommendations

Applications and Tasks ^a	Notes	Recommended Maintained Illuminance Targets (lux) ^{b,c,d}									
		Horizontal (E _h) Targets					Vertical (E _v) Targets				
		Visual Ages of Observers (years) where at least half are					Visual Ages of Observers (years) where at least half are				
		<25	25-65	>65			<25	25-65	>65		
		Category				Gauge	Category			Gauge	
RESIDENTIAL INTERIORS (continued)											
• Pool and Hot Tub	See RESIDENTIAL EXTERIORS/Pool and Hot Tub for exterior situations										
• In-hot-tub	This highly-specialized application is often best addressed with equipment and layouts recommended by hot tub or lighting vendors. Consult with respective vendors. Use more lower-wattage luminaires in favor of fewer higher-wattage luminaires.										
• In-pool	This highly-specialized application is often best addressed with equipment and layouts recommended by pool or lighting vendors. Consult with respective vendors. Do not center lights in swimming lanes of lap pools; Use more lower-wattage luminaires in favor of fewer higher-wattage luminaires.										
• Pool and Hot Tub Deck	Pool and hot tub presumed to be internally lighted. Lighting should address the pool and actual deck extension from the pool edge. E _v should be on planes perpendicular to the outline of the pool in two primary directions of travel around the pool.										
• Day	E _h @floor; E _v @5' AFF	K	25	50	100	Avg	H	10	20	40	Avg
• Night	E _h @floor; E _v @5' AFF	F	5	10	20	Avg	C	2	4	8	Avg
• Reading and Writing	Based on anticipated level of concentration and area of coverage at respective location and assumptions about task types. Alternatively, see READING AND WRITING, establish tasks and normalize to illuminance of most important task or most common task; use controls to provide illuminance variability if tasks so demand.										
• Bed Headboard	E _h and E _v @3' AFF, small area	O	100	200	400	Avg	M	50	100	200	Avg
• Casual Chair	E _h and E _v @2' 6" AFF	O	100	200	400	Avg	K	25	50	100	Avg
• Desk	E _h @desk; E _v @4' AFF	Q	200	400	800	Avg	L	37.5	75	150	Avg
• Sewing											
• Hand Sewing or Knitting	E _h and E _v @2' 6" AFF	P	150	300	600	Avg	M	50	100	200	Avg
• Machine (no built-in light)	E _h and E _v @2' 6" AFF	S	375	750	1500	Avg	Q	200	400	800	Avg
• Machine (with built-in light)	E _h and E _v @2' 6" AFF	P	150	300	600	Avg	M	50	100	200	Avg
• Site Gated Entries	See 22 LIGHTING FOR COMMON APPLICATIONS/BUILDING ENTRIES										
• Steps/Stairs	Lighting should address the area of the steps and landings. Alternatively, draw attention to elevation changes with contrast. ^k										
• General	E _h @treads	K	25	50	100	Avg					
• Storage											
• Frequent Use	E _h @floor; E _v @4' AFF	K	25	50	100	Avg	H	10	20	40	Avg
• Infrequent Use	E _h @floor; E _v @4' AFF	I	15	30	60	Avg	F	5	10	20	Avg
• Wine Cellar	Storage area should be on occupancy sensor to limit exposure to light.										
• Storage	E _h @floor; E _v @4' AFF face of rack	F	5	10	20	Avg	H	10	20	40	Avg
• Tasting	E _h @3' AFF; E _v @5' AFF	K	25	50	100	Avg	I	15	30	60	Avg
READING AND WRITING											
• Computer	See READING AND WRITING/VDT Screen and Keyboard										
• Electronic Readers											
• Electronic Ink Devices	E _h and E _v @height of device	P	150	300	600	Avg	N	75	150	300	Avg
• LCD or LED Devices	E _h and E _v @height of device	N	75	150	300	Avg	K	25	50	100	Avg
• Facsimile											
• Analog	E _h @2' 6" AFF; E _v @4' AFF ^m	R	250	500	1000	Avg	M	50	100	200	Avg
• Digital	E _h @2' 6" AFF; E _v @4' AFF ^m	P	150	300	600	Avg	L	37.5	75	150	Avg
• Handwritten Work	Based on fair-to-good penmanship/hand print on white or canary paper										
• Pencil											
• Graphite/HB	E _h @2' 6" AFF; E _v @4' AFF ^m	P	150	300	600	Avg	L	37.5	75	150	Avg
• Red	E _h @2' 6" AFF; E _v @4' AFF ^m	R	250	500	1000	Avg	M	50	100	200	Avg
• Ballpoint/Rollerpoint/Felt-tip											
• Black	E _h @2' 6" AFF; E _v @4' AFF ^m	P	150	300	600	Avg	L	37.5	75	150	Avg
• Red, Green, Blue	E _h @2' 6" AFF; E _v @4' AFF ^m	Q	200	400	800	Avg	L	37.5	75	150	Avg

Table 33.2 | Residential Facilities Illuminance Recommendations continued next page
 33.12

Uniformity Targets ^e			Typical Area of Coverage ^h	
Over Area of Coverage			Task Proper	Room or Designated Area
1 st ratio E _v /2 nd ratio E _v , if different uniformities apply				
Max:Avg	Avg:Min	Max:Min		
5:1				
5:1				
3:1				
see Table 12.6				
see Table 12.6				
2:1				
2:1				
2:1				
5:1				
3:1				
3:1				
3:1	3:1			rack face
	5:1			floor
2:1				
2:1				
see Table 12.6				
see Table 12.6				
see Table 12.6				
see Table 12.6				

Notes for Table 33.2

The table column headings are discussed in detail in 33.3 Illuminance Criteria. See 12.5.5 Illuminance for discussion on procedures for establishing illuminance targets for a project. See Table 33.3 | SI Dimensional Conversions.

- a. Applications, tasks, or viewing specifics encountered on any given project may be different from these and may warrant different criteria. See 33.3.1 Applications and Tasks. The designer is responsible for making final determinations of applications, tasks, and illuminance criteria. Outdoor tasks are so noted.
- b. Values cited are to be maintained over time on the area of coverage.
- c. Values cited are consensus and deemed appropriate for respective functional activity. In a few situations, code requirements are within 10% of IES recommendations. This is apparently an artifact of metrication. Footcandle conversions of any values cited in Table 33.2 should be made at 1 ft to 10 lx. Regardless, codes, ordinances, or mandates may supersede any of the IES criteria for any of the applications and tasks and the designer must design accordingly.
- d. Targets are intended to apply to the respective plane or planes of the task.
- e. Illuminance uniformity targets offer best results when planned in conjunction with luminance ratios and surface reflectances. Any parenthetical uniformity values reference respective parenthetical applications or tasks, such as a curfew situation associated with nighttime outdoor lighting.
- f. Applications and tasks cited with sunburst icon are candidates for strategies employing any combination of daylighting and electric lighting to achieve target values during daylight hours. Daylighting may require unconventional approaches.
- g. Tasks with specular components, like computers with CSA/ISO Type III screens or printed tasks with glossy ink or glossy paper, are prone to veiling reflections. The likelihood of an application's or task's predisposition to veiling reflections is indicated by the reflected-light icon: black and white signals high likelihood; gray and white signals moderate likelihood; pale gray and white signals some likelihood; and all-white signals little-to-no likelihood.
- h. The designer must establish areas of coverage to which targets apply. Green highlight identifies task proper or task area as the typical area of coverage for respective cited targets. Amber highlight identifies room or designated area as the typical area of coverage for respective cited targets.
- i. See Table 26.4 | Nighttime Outdoor Lighting Zone Definitions. Nighttime illuminance targets are intended for application during dark hours of operation where lighting is deemed necessary or desirable. At curfew (client- or jurisdiction-defined), if lighting is still deemed necessary or desirable, then reduce lighting as indicated. See Table 26.5 | Recommended Light Trespass Illuminance Limits for recommended light trespass illuminance limits.
- j. Use motion-sensing control to toggle lighting from on/off/dimmed state to recommended curfew state or from recommended curfew state to pre-curfew state as designer and client deem necessary to meet functional needs. Use instant-on lighting equipment.
- k. Identifying elevation changes can be achieved with lighting over the area of interest or by introducing contrast lighting at the change in elevation, such as can be achieved with steplights, in-tread uplights, linear tread nose lights, or other luminaires that accentuate the risers or treads or the edges that define elevation change. Figure 15.13 illustrates one example.
- l. For applications where task position is indefinite, the typical area of coverage is "Room or Designated Area." For applications where task position is known, target illuminance is applied to the "Task Proper or Task Area."
- m. E₁ and E₂ elevations are based on conventional worksurface and seated eye height. Where other elevations are programmed, designer must adjust illuminance-criteria planes of interest accordingly.

Imagen 15.1. Recomendaciones de iluminancia para espacios residenciales
Fuente: IES, The lighting handbook, 10th edition. 2019

Table 4.1 | Recommended Illuminance Targets

Category	Recommended Illuminance Targets (lux)			Some Typical Application and Task Characteristics	Visual Performance Description	
	Visual Ages of Observers (years) where at least half are					
	<25	25 to 65	>65			
interior and exterior applications	A	0.5	1	2	<ul style="list-style-type: none"> • Dark adapted situations • Basic convenience situations • Very-low-activity situations 	<p>Orientation, relatively large-scale, physical (less-cognitive) tasks</p> <p>Visual performance is typically not work-related, but related to dark sedentary social situations, senses of safety and security, and casual circulation based on landscape, hardscape, architecture, and people as visual tasks.</p>
	B	1	2	4		
	C	2	4	8	<ul style="list-style-type: none"> • Slow-paced situations • Low-density situations 	
	D	3	6	12	<ul style="list-style-type: none"> • Slow-to-moderate-paced situations • Moderate-to-high-density situations 	
	E	4	8	16		
	F	5	10	20	<ul style="list-style-type: none"> • Moderate-to-fast-paced situations • High-density situations • Some indoor very subdued circulation situations • Some indoor social situations 	
	G	7.5	15	30		
	H	10	20	40		
interior and exterior	I	15	30	60	<ul style="list-style-type: none"> • Congested and significant outdoor intersections, important decision-points, gathering places, and key points of interest • Some indoor social situations • Some indoor commerce situations 	
interior and exterior applications	J	20	40	80		<p>Common social activity and large and/or high-contrast tasks</p> <p>Visual performance involves higher-level assessment of landscape, hardscape, architecture, and people and can be work related.</p>
	K	25	50	100		
	L	37.5	75	150	<ul style="list-style-type: none"> • Some outdoor commerce situations • Some indoor social situations • Some indoor commerce situations 	
	M	50	100	200		
	N	75	150	300		
	O	100	200	400		
	P	150	300	600	<ul style="list-style-type: none"> • Some indoor social situations • Some indoor education situations • Some indoor commerce situations • Some indoor sports situations 	
	Q	200	400	800	<ul style="list-style-type: none"> • Some indoor education situations • Some indoor commerce situations • Some indoor sports situations • Some indoor industrial situations 	
	R	250	500	1000		
	S	375	750	1500		
interior and exterior applications	T	500	1000	2000	<ul style="list-style-type: none"> • Some sports situations • Some indoor commerce situations • Some indoor industrial situations 	<p>Small-scale, cognitive visual tasks</p> <p>Visual performance is work- or sports-related, close and distant fine inspection, very small detail, high-speed assessment and reaction.</p>
	U	750	1500	3000		
	V	1000	2000	4000		
	W	1500	3000	6000	<ul style="list-style-type: none"> • Some sports situations • Some indoor industrial situations • Some health care procedural situations 	
	X	2500	5000	10000	<ul style="list-style-type: none"> • Some health care procedural situations 	
interior applications	Y	5000	10000	20000		<p>Visual performance is of the highest order in respective fields of health care, industrial, and sports.</p>

Imagen 16. Puntos de iluminancia recomendados
Fuente: IES, The lighting handbook, 10th edition. 2019

PLANOS DE ILUMINANCIA. La mayoría de las tareas son realizadas en una orientación vertical u horizontal; además se espera que la mayor parte de estas posean tanto un componente vertical (Ev) como un componente horizontal (Eh). Cuando los planos de iluminancia correspondan a diferentes elevaciones planas será necesario revisar los apuntes indicados en las “notas” de la tabla correspondiente. No obstante, el diseñador puede optar por el uso de diferentes planos verticales, múltiples, o alternativos orientados en varias direcciones.

CATEGORÍAS DE ILUMINANCIA. Estas son las designadas con las letras de la “A” a la “Y”, y se presentan en la tabla 33.2 (*imagen 14, 14.1, 15, y 15.1*) y en caso de ser necesario para obtener una referencia más precisa se recomienda revisar la tabla 4.1 (*imagen 16*). Esto es conveniente cuando el diseñador desea explorar otros criterios o si las aplicaciones para la tarea de un proyecto no se correlacionan fácilmente con las notas de las tablas (manual de la IES, 10ma edición, 33:24, 2019).

PUNTOS DE UNIFORMIDAD. Los puntos de uniformidad de iluminancia funcionan en conjunto a las uniformidades de la luminancia y las reflectancias de una superficie, las cuales deberán ser abordadas como parte del diseño

para evitar problemas visuales tales como tensión, fatiga, y deslumbramiento. Estos puntos de uniformidad son aplicados a las iluminancias horizontales y verticales sobre el plano de trabajo. Cuando el criterio de la uniformidad vertical es diferente al de la uniformidad horizontal, se informan dos relaciones con el primer valor para la iluminancia horizontal (Eh) (manual de la IES, 10ma edición, 33:25, 2019).

MANEJO DE LA ILUMINACIÓN NATURAL. Las estrategias de diseño deben contemplar la combinación de la luz natural y la eléctrica para lograr alcanzar los valores mínimos necesarios para el desarrollo de las diferentes actividades durante las horas de luz natural. Generalmente se recomienda que la luz natural proporcione el total o la mayor parte de las iluminancias recomendadas

No obstante, en casos cuando la iluminación natural no sea la estrategia fundamental por razones como la ubicación geográfica, se podrá determinar un diseño cuidadoso y coordinado que ofrecerá oportunidades de sostenibilidad mediante el uso de la tecnología, con influencias positivas asociadas a la iluminación artificial (manual de la IES, 10ma edición, 33:25, 2019).

DEFINICIONES PARA EL PLANO DE TRABAJO.

En algunos casos como cuando se plantea una iluminación de acento, el plano de trabajo puede consistir en iluminar toda la pared. Cabe destacar que la iluminancia es aditiva, lo que significa que la iluminancia de una tarea puede ser lograda mediante la combinación de una iluminación ambiental, de acento, o de algún plano de trabajo, siempre y cuando la iluminancia total para la actividad cumpla con los criterios de iluminancia establecidos en la tabla 33.2 (*imagen 14, 14.1, 15, y 15.1*).

2.4. PSICOLOGÍA DEL COLOR

Es la ciencia encargada de estudiar como percibimos y nos comportamos ante la presencia de diferentes colores, así como las emociones que estos generan en nosotros. Existe cierta subjetividad en la psicología del color por lo que existirán diferentes variaciones con respecto al significado y su interpretación (Heller 2004).

Percibimos los colores mediante nuestro sistema sensorial por lo que la subjetividad se basa principalmente en las distintas formas en las que percibimos las cosas. Aunque existan ciertas diferencias tenemos códigos culturales que mediante simbolismos otorgan significados concretos a cada color. Dentro de la psicología del color se tienen en cuenta los significados de los colores y el impacto que estos generan. Algunos ejemplos son:

 PANTONE DORADO	 PANTONE PLATEADO	 PANTONE BLANCO	 PANTONE NEGRO
PROSPERIDAD TRADICIONAL VALOR SABIDURÍA EGO	SEGURIDAD INTELIGENCIA SOLIDEZ FIABILIDAD TRISTEZA MELANCOLÍA	INOCENCIA PUREZA FRESCURA CLARIDAD BONDAD VACÍO AISLAMIENTO	PROTECCIÓN ELEGANCIA CLASE FORMALIDAD DRAMA MISTERIO MUERTE
 PANTONE VIOLETA	 PANTONE ROSA	 PANTONE ROJO	 PANTONE NARANJA
REALLEZA NOBLEZA ESPIRITUALIDAD LUJO AMBICIÓN MISTERIO MAL HUMOR	SALUD FELICIDAD FEMINIDAD DULZURA DIVERSIÓN FEMINIDAD INMADUREZ	AMOR PASIÓN DESEO PODER FUERZA PELIGRO ENFADO	CORAJE CONFIDENCIA AMISTAD IGNORANCIA LENTITUD

Imagen 17. Psicología del color

Fuente: <https://www.trigraphis.com/blog/la-psicologia-del-color-aplicado-a-las-marcas/psicologia-color-emociones/>

2.5. CICLO CIRCADIANO

Es muy importante que para el proyecto de iluminación de una recámara se tome en cuenta el ciclo circadiano (*imagen 18*) que se define como el ciclo natural de comportamientos, cambios físicos y mentales, de una persona enfocado en sus actividades diarias (NIH, Instituto Nacional de la Salud, 17ma edición, 2019) siendo controlado por el reloj biológico de su organismo, el cual se encuentra en la región del cerebro denominada hipotálamo.

Las señales del hipotálamo se dirigen a diferentes regiones del cerebro y estas responden a la luz incluyendo la glándula pineal. En respuesta, esta glándula suspende la producción de la melatonina (hormona del sueño) que provoca una sensación de somnolencia, por lo que cuando oscurece los niveles de esta hormona suelen aumentar considerablemente, viéndose reflejados en el ciclo de sueño/vigilia (NIH, Instituto Nacional de la Salud, 17ma edición, 2019).

El diseñador de iluminación deberá tener cuidado y lograr adaptar la propuesta de iluminación según las necesidades de los usuarios, evitando crear una problemática con

los ciclos de luz (considerando en horas de la noche la oscuridad como una herramienta para el descanso). Para controlar la alteración del ritmo circadiano durante el ciclo del sueño son apropiadas las fuentes de longitud de onda larga, como los LED que producen espectros entre 600 nm. y 620 nm. (manual de la IES, 10ma edición, 34:02, 2019).

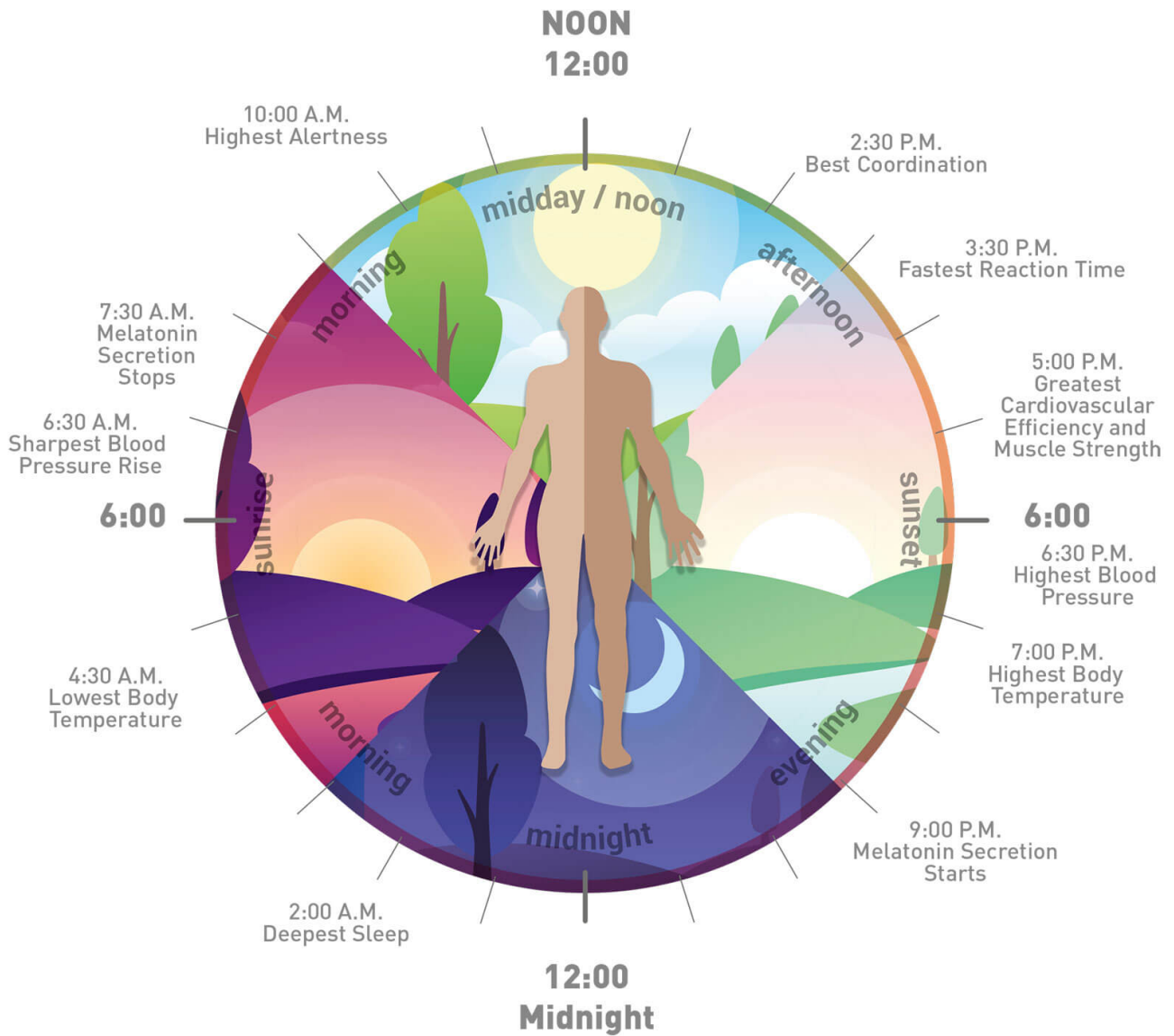


Imagen 18. Ciclo circadiano

Fuente: <https://wiese.com/b/how-light-affects-us-in-our-home>

CAPÍTULO

03

CASO DE ESTUDIO

3. CASO DE ESTUDIO

3.1. ANÁLISIS DE SITIO

UBICACIÓN. El lugar se encuentra ubicado en la ciudad de Porlamar, estado Nueva Esparta, Venezuela (*imagen 19, 20*). Es una ciudad ubicada al sureste de la Isla de Margarita siendo el principal centro urbano y económico de la isla. Tiene una temperatura constante durante el año con mínimas 27 °C y con extremas de 37 °C y una velocidad de viento de 25km/h en dirección Noreste. Las precipitaciones medias anuales son de 512mm. La población según el censo de 2011 es de 195.000 habitantes.



Imagen 19. Mapa de Venezuela
Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Porlamar>



Imagen 20. Mapa del estado Nueva Esparta
Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Porlamar>

DIRECCIÓN. Urbanización Dumar Country Club, entre calles B y C, edificio Margarita Caribe, torre "A", piso 5, departamento 5C. (*imagen 21*).



Imagen 21. Ubicación del departamento en estudio
Fuente: <https://www.google.com/maps/search/edificio+margarita+caribe/@10.9631649,-63.8323925,14z>



Imagen 22. Orientación de la torre "A"
 Fuente: <https://www.google.com/maps/search/edificio+margarita+caribe/@10.96623,-63.8308905,5491m/data=!3m1!1e3>

ORIENTACIÓN. La torre "A" esta ubicada al sureste de la isla (*imagen 22*). En su contexto inmediato tenemos: al Norte incumbe una fachada ciega de concreto por la cual se ventilan los baños y los servicios, al Sur se ubica el muro del departamento vecino, al Este se ubica la fachada más acristalada de la torre, y al Oeste dos vialidades de servicio.

TIPO DE EDIFICIO. El conjunto está conformado por dos torres de tipo residencial multifamiliar. El departamento (*imagen 23*) es de tipo estudio y cuenta con: cocina, sala, baño, y una recámara que corresponde al caso de estudio para la presente investigación.

Tiene un total de 74.33 m². y una altura de piso a techo libre de h= 2,70 m.

CASO DE ESTUDIO PARA EL PROYECTO DE ILUMINACIÓN. Recámara principal/infantil (*imagen 24*). La misma cuenta con, una cama king size, dos buros, un mueble para tv, dos closets, y ventanas acristaladas con visuales directas en orientación Noreste.

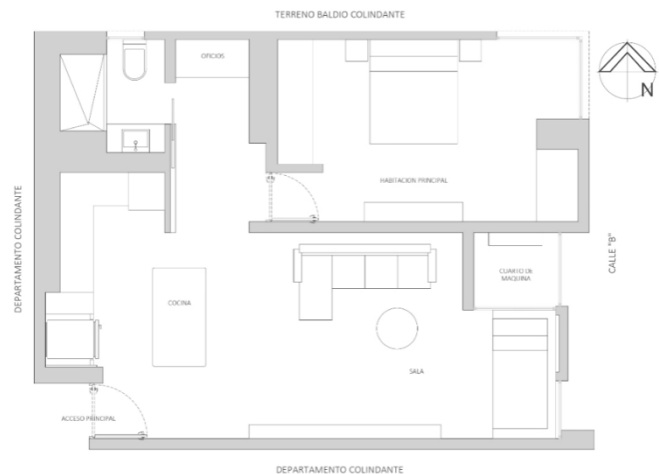


Imagen 23. Planta de distribución del departamento
 Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación

Imagen 24. Caso de estudio para el proyecto de iluminación
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación

ASOLEAMIENTO. La incidencia solar es más intensa desde las 07:00 a.m. hasta las 02:00 p.m. por la fachada principal con orientación Noreste, (imagen 25, 26) y durante este

horario se produce un efecto invernadero en el interior de la recámara, por lo que es necesario el uso del aire acondicionado.

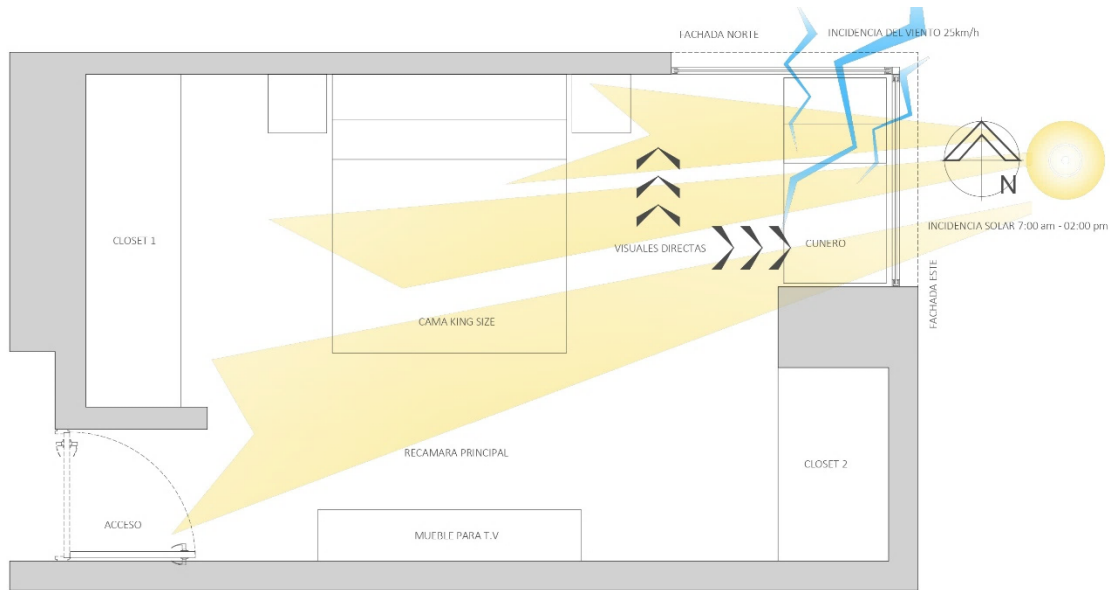


Imagen 25. Planta de distribución (recámara infantil) - Incidencia solar 07:00 a.m. – 02:00 p.m.
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación

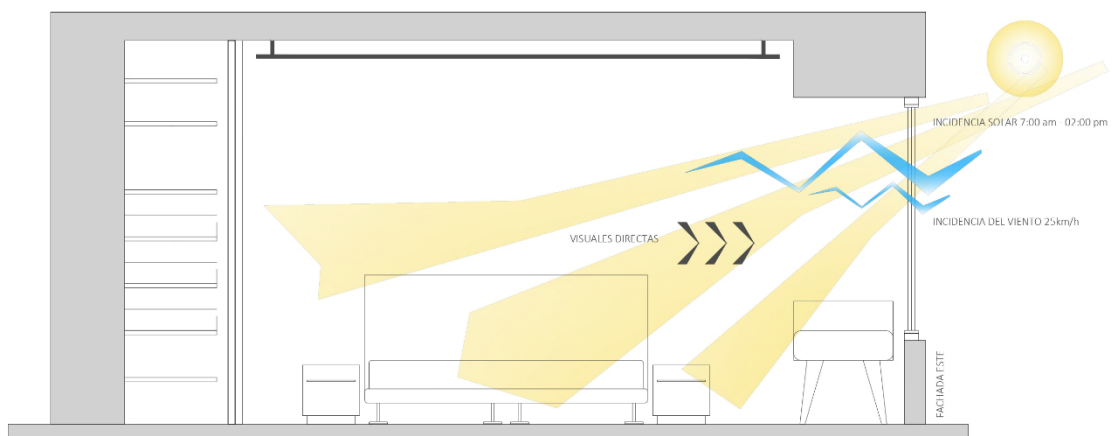


Imagen 26. Sección longitudinal - Incidencia solar 07:00 a.m. – 02:00 p.m.
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación

MOBILIARIO. Closets en el interior de color blanco mate y en el exterior con puertas de cristal blanco que generan un alto grado de reflexión, causando deslumbramiento hacia los ojos de los usuarios. Tanto los buros como el cunero son de madera color wengué acabado mate. El mueble para la TV es de madera de pino y cuenta con colores blanco, gris y wengué en acabado mate. Para la cama king size y el cunero el colchón es de color blanco.

LUMINARIAS. La recámara en estudio cuenta con un solo punto iluminación a nivel de techo centrado en el espacio con las siguientes características lumínicas: lámpara LED base E26, 9 watts, 800 lm, forma de gota, color blanco, de montaje en socket. Esto se traduce como una evidente falta de iluminación y representa el incumplimiento de los valores mínimos según el manual técnico de la IES.

3.2. USUARIOS

- *Bebé.* Paciente recién nacido que presenta una condición médica: ictericia neonatal.

- *Propietaria.* Mujer de 35 años, madre, de profesión arquitecto. Dentro de la recámara sus actividades están orientadas a la lactancia

materna (no cuenta con un horario definido, ya que se basa en la demanda del neonato), higiene y cuidados del bebé, jugar con él, tomarle fotografías, organizar sus medicamentos y juguetes.

Sus otras acciones están enfocadas en leer, ver televisión, descansar, a veces comer dentro del cuarto, vestirse, organizar su closet, hablar por teléfono, y abrir/cerrar las cortinas y ventanas para que entre la luz/ventilación natural. Dentro sus requerimientos tenemos: utilizar colores pasteles en tonos tierra, y cortinas que hagan juego con los muros.

- *Hermano de la propietaria.* Hombre de 31 años de profesión arquitecto. Dentro de la recámara su actividad se enfoca en ayudar a su hermana con las actividades de cuidado e higiene del bebé cuando ella lo solicite.

REQUERIMIENTOS ESPECIALES. Realizar un proyecto de iluminación que pueda acoplarse al ciclo circadiano de los usuarios, en donde la luz artificial deberá ser una herramienta en horas de la noche para la realización de las actividades.

PROBLEMAS. Debido a la poca iluminación con la que cuenta la recámara, en horas de la tarde-noche se hace complicado realizar acciones como las de leer, hacer la higiene del bebé, organizar el espacio, entre otras, que requieren de luz; por lo que se debe tomar en cuenta estas necesidades y realizar un proyecto de iluminación que cumpla con los valores mínimos según la normativa.

3.3. ENFOQUE

Para el desarrollo de este trabajo se utilizará el enfoque pragmático cumpliendo con las necesidades y normativas requeridas para el desarrollo de la presente investigación. El proyecto de iluminación para la recámara infantil deberá estar orientado en satisfacer las necesidades de los usuarios adecuando un sistema de control inteligente que les permita lograr diferentes escenas según la actividad que realicen. Tomando en cuenta la ausencia de luz solar principalmente luego de las 02:00 pm.

La iluminación estará enfocada en utilizar una tecnología que permita al usuario realizar cambios de intensidad lumínica (*imagen 27*) y cambios de coloración conforme transcurran las horas del día (*imagen 28*).

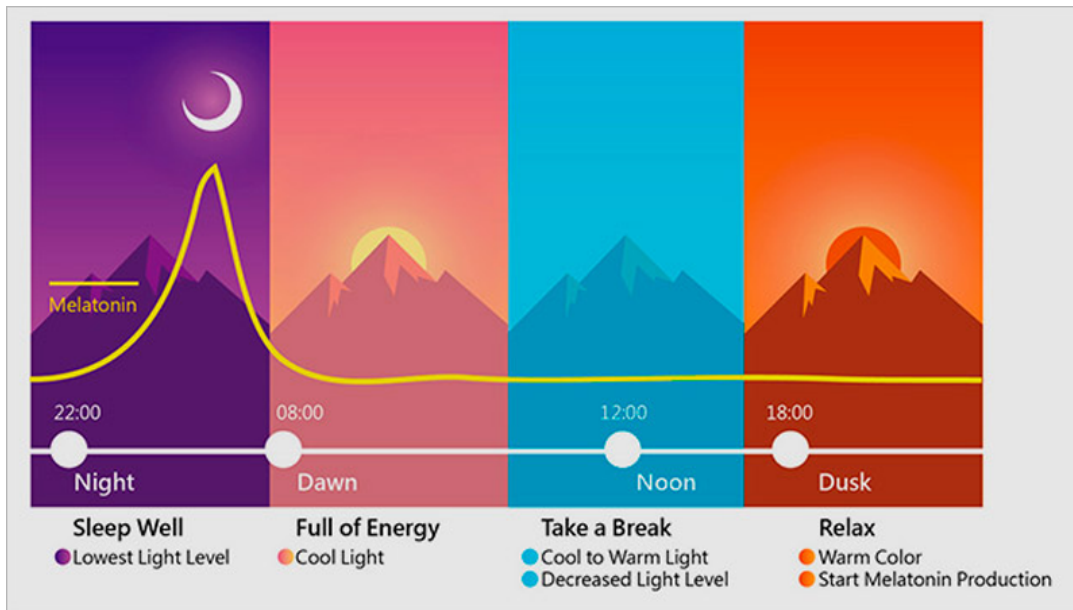


Imagen 27. Recomendaciones de intensidad luminica
Fuente: <https://esmartcity.es>



Imagen 28. Temperatura de colores
Fuente: Sistema de control inteligente Hue de Philips

3.4. ANÁLOGOS

CASO (A). Es el análisis de una recámara infantil (*imagen 29*) con una ventana orientada hacia el Este, en la que se aprecia una gran incidencia solar que puede producir altos niveles de deslumbramiento. No se aprecia una iluminación complementaria que podría ayudar con el desarrollo de actividades. Como aporte a la investigación se puede resaltar el uso de texturas agradables visualmente con acabados mate que disminuyen la reflexión directa de la luz. La ubicación del mobiliario es adecuada en torno al cunero.

CASO (B). Corresponde a una habitación infantil (*imagen 30*) en la cual se puede apreciar una temperatura de color comprendida entre los 3500 K y los 4500 K, lo cual se adapta a las normas establecidas por la IES para espacios residenciales de habitación. Como aporte se destaca el uso de luminarias complementarias en diferentes zonas.

Colores y materiales agradables que podrán servir como ejemplo para la propuesta de la recámara en estudio. Se aprecia un diseño para el manejo de sombras con claros y oscuros dentro del espacio.

CASO (C). Está basado en el análisis de una recámara principal en la que se aprecia una gran entrada de luz solar por la ventana lateral derecha (*imagen 31*). Debido al uso de colores blancos y superficies reflectantes de acabados semimate, la luz es recibida y proyectada en diferentes direcciones produciendo una mayor luminosidad dentro del espacio.

Como aspecto rescatable se puede mencionar que la iluminación está proyectada en diferentes zonas basándose en el espacio, y el color de la luz está enfocado en las actividades como por ejemplo la lectura con un IRC de 3500 K. Como ventaja también se aprecia el uso de diferentes luminarias complementarias lo cual es un consejo útil para el proyecto de esta investigación.

Estos tres casos aportan aspectos positivos para ser considerados en el proyecto de diseño de iluminación arquitectónica.



Imagen 29 Caso (A). Análogo para el proyecto de iluminación
Fuente: <http://acertus.es/espacios-sensaciones-traves-la-iluminacion/>



Imagen 30. Caso (B). Análogo proyecto de iluminación
Fuente: <https://www.hubinmobiliario.cat/wp-content/uploads/2017/02/tipos-de-luz.jpg>



Imagen 31. Caso (C). Análogo proyecto de iluminación

CAPÍTULO

04

ANTEPROYECTO

4.1. CONCEPTO

Proyectar una jerarquía de espacios (*imagen 32*) en donde: la *zona 1* corresponde al acceso de la recámara y pasillos de circulación, contando con una iluminación ambiental indirecta. La *zona 2* concierne el mobiliario del TV, con una iluminación indirecta y difusa de baja intensidad para evitar la sobresaturación de luz y reflexión en los materiales presentes en equipos electrónicos.

La *zona 3* se enfoca en la parte central de la recámara con el uso de una iluminación homogénea, para iluminar el espacio con luces directas para crear una mayor visibilidad, tomando en cuenta la poca cantidad de luz que entra durante las últimas horas del día. La *zona 4* es la última zona que corresponde a los closets y en ella se plantea una iluminación indirecta que ayude a visualizar mejor el interior de estos, sirviendo de apoyo para iluminar el espacio en general.



Imagen 32. Jerarquía de espacios
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación

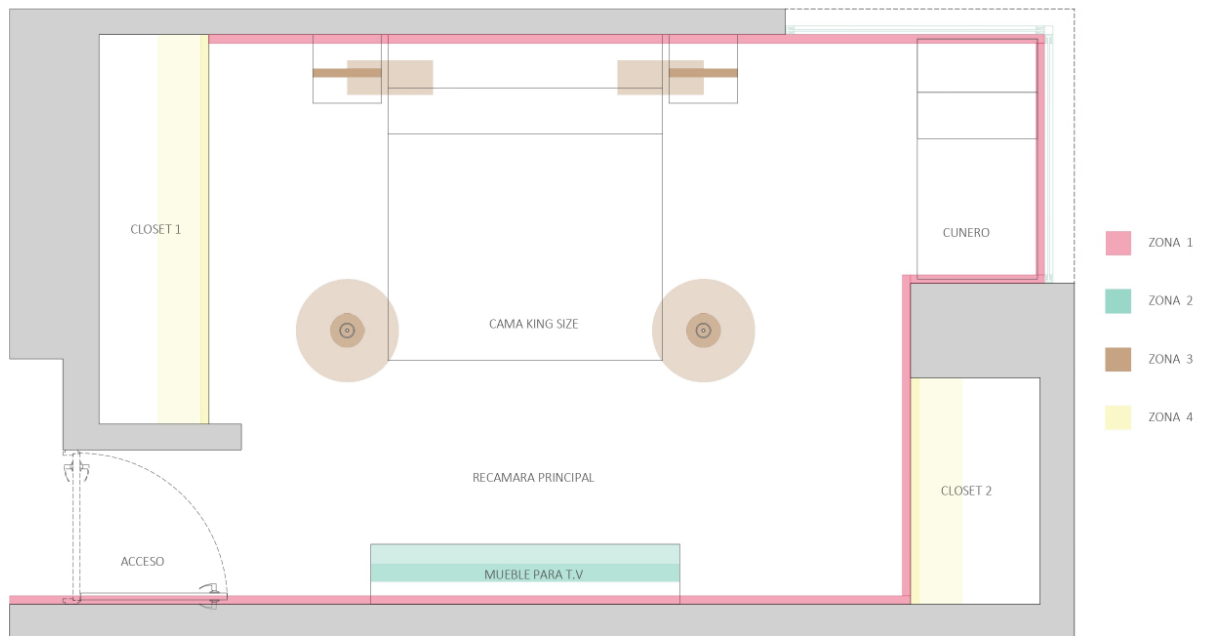


Imagen 33. Posicionamiento de luminarias
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación

4.2.

POSICIONAMIENTO DE LUMINARIAS

La ubicación de las luminarias (*imagen 33*) corresponde con la jerarquía de los espacios establecida anteriormente para cada zona, en las que se deberá cumplir con los requisitos lumínicos establecidos en el manual de la IES.

Se plantea el uso de lámparas que admitan el control de la intensidad lumínica, la temperatura de color, y permitan crear diferentes escenas a lo largo del día. La *zona 1* contempla el uso de una tira LED escondida en los cajillos para apreciar como único efecto la luz emitida. Su función principal será la de iluminar las paredes perimetrales de la recámara teniendo una intensidad e IRC que podrán ser ajustables por el usuario (*imagen 34*).

La *zona 2* contará con una tira de luz LED empotrada en el mobiliario generando una escena que aumente el campo visual de los usuarios sin interponerse con la iluminación de la pantalla. Gracias a este efecto los ojos tendrán una mejor forma de recibir la luz del entorno, evitando la fatiga visual.

La *zona 3* manejará dos lámparas empotradas a nivel de techo que podrán ser direccionadas en diferentes ángulos sobre el área central de la recámara; en esta zona se también se plantean dos luminarias decorativas de tipo arbotante sobre los buros para obtener una iluminación complementaria. La *zona 4* utilizará una tecnología tipo microswitch de palanca que activará una luz lateral difusa que se activará al momento de abrir las puertas del closet (*imagen 35*).



Imagen 34. Zona 1 propuesta conceptual
Fuente: <http://www.sombrasiluminacion.com>



Imagen 35. Zona 4, propuesta conceptual
<https://escolano.com.mx/iluminacion-interior-closets/>

4.3.

ILUMINACIÓN: PROPUESTA EN 3D

La propuesta de iluminación para el anteproyecto se basa en el desarrollo del concepto y es el resultado de los requerimientos del usuario. En la perspectiva interior "A" (*imagen 36*) se puede apreciar el efecto de la iluminación descrita para la *zona 1* en donde iluminación perimetral baña las paredes con luz de una forma sutil y permite al usuario tener la referencia visual del espacio interior.

El concepto establecido para la *zona 2* se puede ver reflejado en la perspectiva interior "B" (*imagen 37*) en la que podemos apreciar una iluminación indirecta – difusa de baja intensidad, presente en el mobiliario en la parte posterior al televisor, permitiendo lograr una escena en donde la iluminación general este apagada y solo se ilumine el espacio por reflexión desde el muro de fondo.

Se establece para los muros colores como el blanco (código Blco-01 en pinturas Comex), y un tono pastel del color beige (código Nikan J4-01 en pinturas Comex), ambos de acabado mate.

Para los closets se plantea cambiar el material acristalado por melamina color blanco acabado mate (código 72386). La *zona 3* corresponde a la perspectiva interior "C", donde se proyecta una iluminación de poca intensidad que no afecta el área de la cabecera, evitando molestias visuales cuando los usuarios estén descansando (*imagen 38*).

En la perspectiva interior "D" (*imagen 39*), se presenta la *zona 4* en la que el espacio se encuentra iluminado tal y como está contemplado en la propuesta conceptual. Se plantea el uso de persianas enrollables manualmente, compuestas por dos filtros: el primero con una malla de tela blanca (código: Coral Mantilha #F1F1ED) para filtrar la luz con un control entre el 5% y 10%.

El segundo con tela blackout de color crema (código: Beige mármol #EDE8DF) para el control total de la intensidad lumínica que incide en horas de la mañana. Con esta descripción podemos establecer los efectos de iluminación deseados, en conjunto a la elección de los materiales y acabados sugeridos por el autor de la presente investigación. La paleta de colores utilizados, generan tranquilidad y al mismo tiempo una sensación de amplitud dentro del espacio.



Imagen 36. Perspectiva interior "A"

Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación



Imagen 37. Perspectiva interior "B"

Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación



Imagen 38. Perspectiva interior "C"

Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación



Imagen 39. Perspectiva interior "D"

Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación

4.4. CONSIDERACIONES

Tomando en cuenta el resultado obtenido con el desarrollo del anteproyecto podemos justificar que es una propuesta aceptable, que podrá cumplir los lineamientos y normativas establecidos en el manual de la IES para iluminar una recámara.

El proyecto de iluminación técnicamente deberá presentar: el diseño arquitectónico, el diseño de instalaciones eléctricas (apagadores y contactos), los cálculos lumínicos que comprueben su efectividad con parámetros específicos, y las fichas técnicas de los materiales utilizados.

CAPÍTULO

05

PROYECTO EJECUTIVO

5. PROYECTO EJECUTIVO

5.1. PROYECTO DE ILUMINACIÓN

Partiendo de la realización del capítulo anterior, se presentan las siguientes tablas y planos arquitectónicos para el desarrollo del proyecto de iluminación:

SIMBOLOGÍA CONTROL TRADICIONAL

SIMBOLO	TIPO	MONTAJE	CANT.
	APAGADOR SENCILLO	EMPOTRADO	03
	APAGADOR THREE WAY	EMPOTRADO	03
	INDICA BAJA TUBERÍA. DIÁMETRO "Ø" INDICADO EN LA CÉDULA	EMPOTRADO	-
	INDICA INICIO DE TIRA LED – CONECTOR ESPECIAL HUE	CONECTOR	07
	CAJA DE CONEXIÓN DE ALUMINIO TIPO CUADRADA, TAMAÑO SEGÚN "Ø" DE TUBERÍA	EMPOTRADO	04

CÉDULA DE CABLEADO

SIMBOLO	CLAVE
①	T-16, 2-12, 1-12d
②	T-16, 4-12, 1-12d
③	T-21, 6-12, 1-12d
④	T-27, 8-12, 1-12d
⑥	T-16, 2-12
⑦	T-16, 3-12, 1-12d
⑧	T-16, 3-12
⑨	T-27, 5-12, 1-12d

SIMBOLOGÍA DE LUMINARIAS – PLANTA BAJA

SIMBOLO	POTENCIA	F. LUMINOSO	TEMP. C	TENSIÓN	TIPO	COLOR	APLICACION	CANT.
 ILU.01	5W	320 lm	2200 K 6500 K	110-130V	LÁMPARA LED	BLANCO	TECHO EMPOTRADO	02
 ILU.02	12.3W	900 lm	RGB	110-130V	TIRA LED INSTALADA EN TECHO	MATERIAL SILICONA	TECHO SOBRE PONER	14.10 m
 ILU.03	12.3W	900 lm	RGB	110-130V	TIRA LED INSTALADA EN MOBILIARIO	MATERIAL SILICONA	MOBILIARIO SOBRE PONER	1.80 m
 ILU.04	12.3W	900 lm	RGB	110-130V	TIRA LED INSTALADA EN CLOSET	MATERIAL SILICONA	CLOSET SOBRE PONER	14.40 m
 ILU.05	10.5W	800 lm	2200 K 6500 K	110-130V	LÁMPARA LED	BLANCO	LUMINARIA ARBOTANTE	02

Tabla 5. Inst. eléctricas. Simbología de plano de iluminación – ubicación de luminarias (*imagen 43*)
Fuente: tabla realizada por el autor de la presente investigación

Imagen 40. Inst. eléctricas. Plano de iluminación – ubicación de luminarias
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación

CÉDULA DE CABLEADO

SIMBOLO	CLAVE
①	T-16, 2-12, 1-12d
②	T-16, 4-12, 1-12d
③	T-21, 6-12, 1-12d
④	T-27, 8-12, 1-12d
⑥	T-16, 2-12
⑦	T-16, 3-12, 1-12d
⑧	T-16, 3-12
⑨	T-27, 5-12, 1-12d

SIMBOLOGÍA CONTROL TRADICIONAL





SIMBOLO	TIPO	MONTAJE	CANT.
	CONTACTO DOBLE EMPOTRADO EN MURO. "h" INDICADA	EMPOTRADO	10
	INDICA SUBE TUBERÍA. DIÁMETRO "Ø" INDICADO EN LA CÉDULA	EMPOTRADO	–
	INDICA BAJA TUBERÍA. DIÁMETRO "Ø" INDICADO EN LA CÉDULA	EMPOTRADO	–
	CAJA DE CONEXIÓN DE ALUMINIO TIPO CUADRADA, TAMAÑO SEGUN "Ø" DE TUBERIA		

Tabla 6. Inst. eléctricas. Simbología de plano de contactos eléctricos (*imagen 44*)
Fuente: tabla realizada por el autor de la presente investigación

Imagen 41. Inst. eléctricas. Plano de contactos eléctricos
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación

En estos planos técnicos se proyecta la ubicación de luminarias y contactos; estableciendo características de componentes y su cuantificación. El efecto de la luz mediante una sección arquitectónica se presenta en la siguiente imagen:

Se logra apreciar como la luz emerge de la fuente luminosa y se proyecta sobre las diferentes superficies de trabajo. En la parte izquierda podemos ver como la iluminación difusa - indirecta logra iluminar el interior del closet. En parte central se puede ver como la luz se dirige sobre los laterales de la cama, evitando problemas visuales directos en los ojos de los usuarios cuando estén descansando.

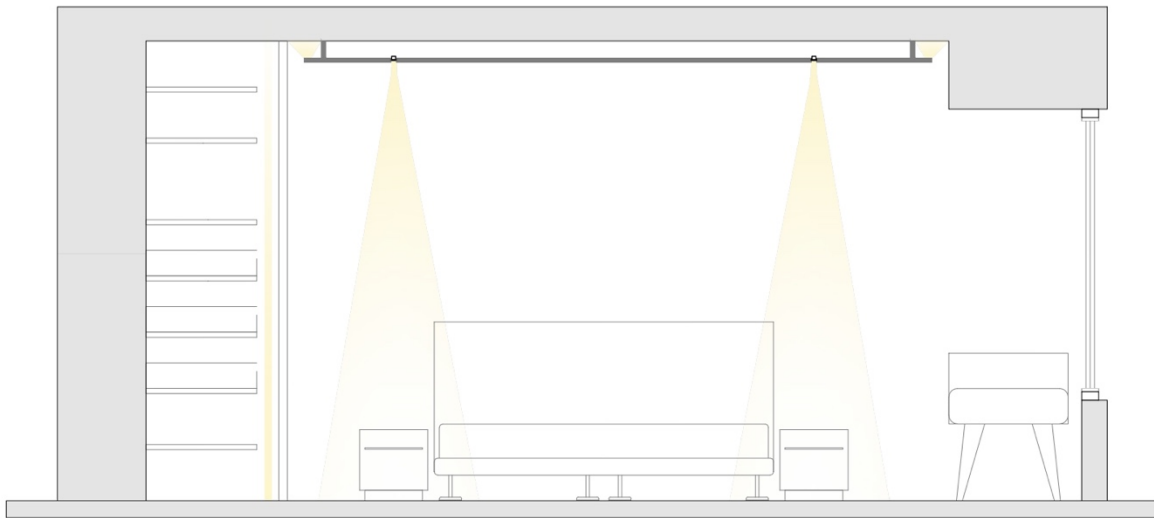


Imagen 42. Sección arquitectónica longitudinal - representación de la luz
Fuente: Imagen realizada por el autor de la presente investigación

5.2. SISTEMA DE CONTROL

Se establece el uso del sistema inteligente Philips Hue con software bluetooth, el cual permite que los usuarios puedan automatizar las luces a través de una aplicación desde sus dispositivos móviles. Podrán controlar: el encendido y apagado, la intensidad de la luz y su coloración.



Imagen 43. Paso 1. Sistema HUE
Fuente: <https://www.philips-hue.com>

Funciona de la siguiente manera: el primer paso corresponde a la instalación de las luces HUE compatibles por bluetooth (*imagen 43*). El segundo paso (*imagen 44*) corresponde a realizar la conexión del bridge HUE (controlador) a corriente 127V- y su conexión con la red por cable ethernet directa al módem.



Imagen 44. Paso 2. Conexión del bridge
Fuente: <https://www.philips-hue.com>

El tercer paso (*imagen 45*) corresponde a descargar la aplicación móvil desde el dispositivo del usuario con el cual va a controlar el sistema. Y por último ya instalada, se podrá manipular la automatización como se aprecia en la (*imagen 45*). Dentro de la aplicación el usuario deberá realizar la sincronización de cada una de las lámparas ubicadas en el espacio para poder tener el control de estas (*imagen 46*).



Imagen 45. Paso 3. Instalación de la aplicación móvil
Fuente: <https://www.philips-hue.com>

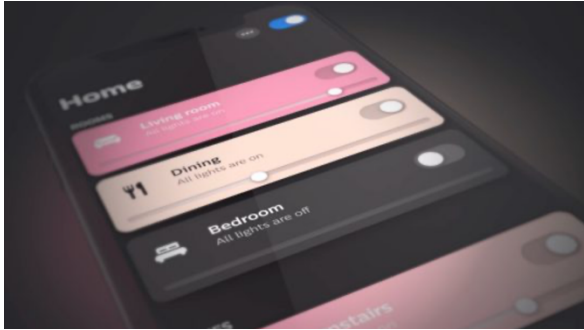


Imagen 46. App para control del sistema inteligente
Fuente: <https://www.philips-hue.com>

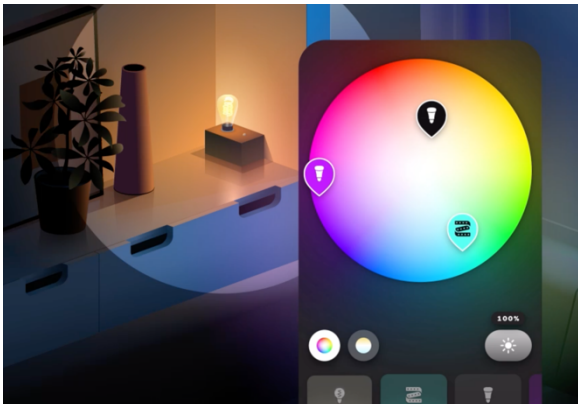


Imagen 47. Circulo cromático
Fuente: <https://www.philips-hue.com>

Con respecto al cambio del color de la luz el usuario podrá elegir diferentes combinaciones dentro del círculo cromático (imagen 47) para cada una de las luminarias, logrando crear las escenas a diseñar en el presente trabajo. No obstante, se ubicarán apagadores manuales tipo sencillo y three way para el encendido - apagado de las luminarias (como se aprecia en la imagen 40) en caso de que el sistema falle y se necesite apagar alguna de las lámparas.

5.3. CÁLCULO LUMÍNICO: PROYECTO

Con el uso del software digital DIALux evo 9.2, se realizó el cálculo lumínico para comprobar que la tecnología y los niveles de iluminación propuestos cumplen con lo establecido en el manual de la IES, para espacios residenciales. Norma 33 – *Lighting for residences*. En la planta de distribución podemos ver los resultados obtenidos para el cálculo lumínico de la recámara (imagen 48). Se pueden leer los valores correspondientes a las curvas de nivel e interpretar que se cumple con la normativa presente en las (imágenes 14, 14.1, 15, y 15.1).

Se tiene como resultado una iluminación homogénea que no presenta sombras destacadas en el interior. También se presentan los diagramas de colores falsos que representan los valores en lux a nivel de la superficie del suelo (imagen 49) y en un plano de trabajo a 0.80 m de altura (imagen 50) de altura. La interpretación de los colores se realiza mediante la lectura de la escala de colores presente en la parte inferior de cada gráfico.

*Nota: Este cálculo corresponde a una iluminación en la que están encendidas todas las lámparas al 100%***

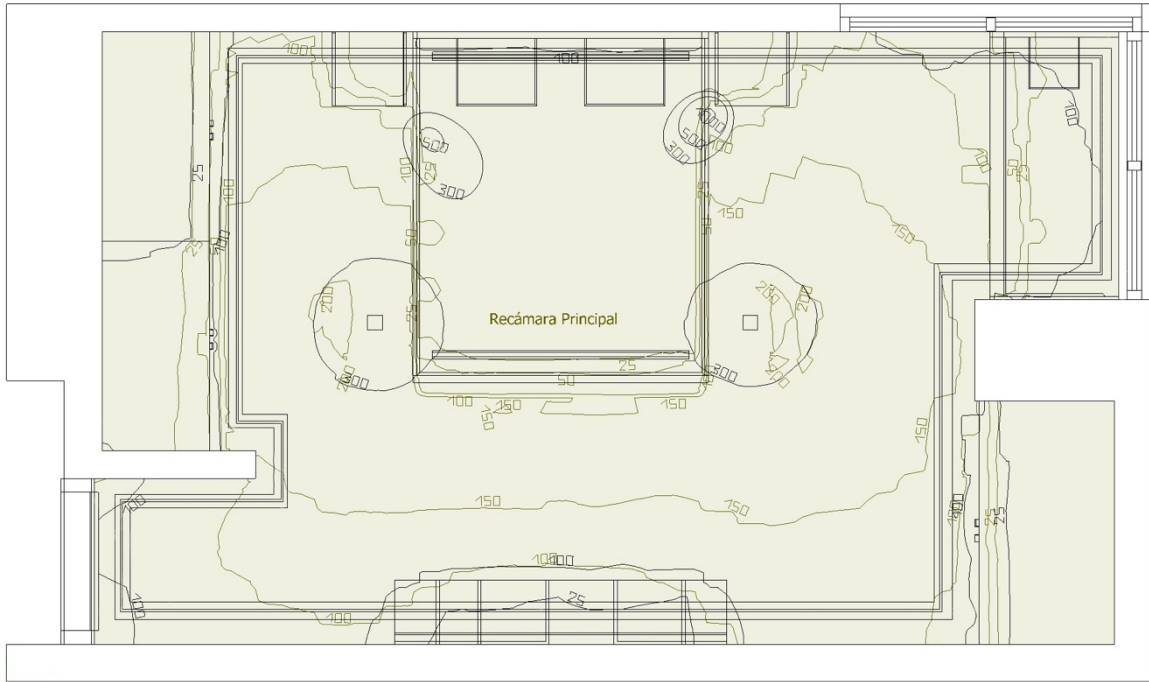


Imagen 48. Planta de distribución – cálculo lumínico
 Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación, con uso del programa DIALux evo 9.2

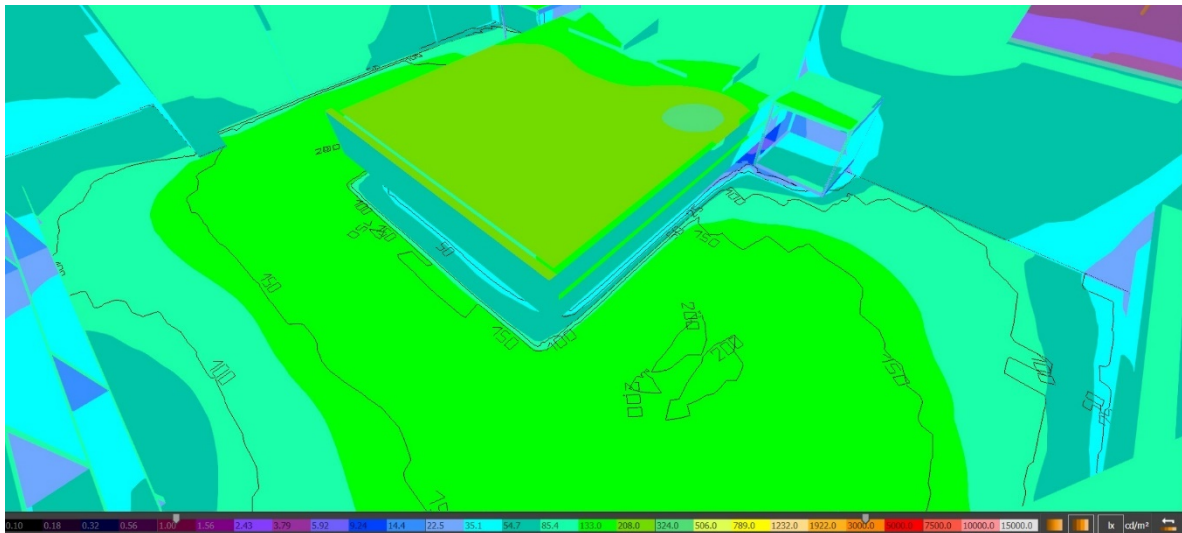


Imagen 49. Diagrama de colores falsos – plano de trabajo en superficie del suelo
 Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación, con uso del programa DIALux evo 9.2

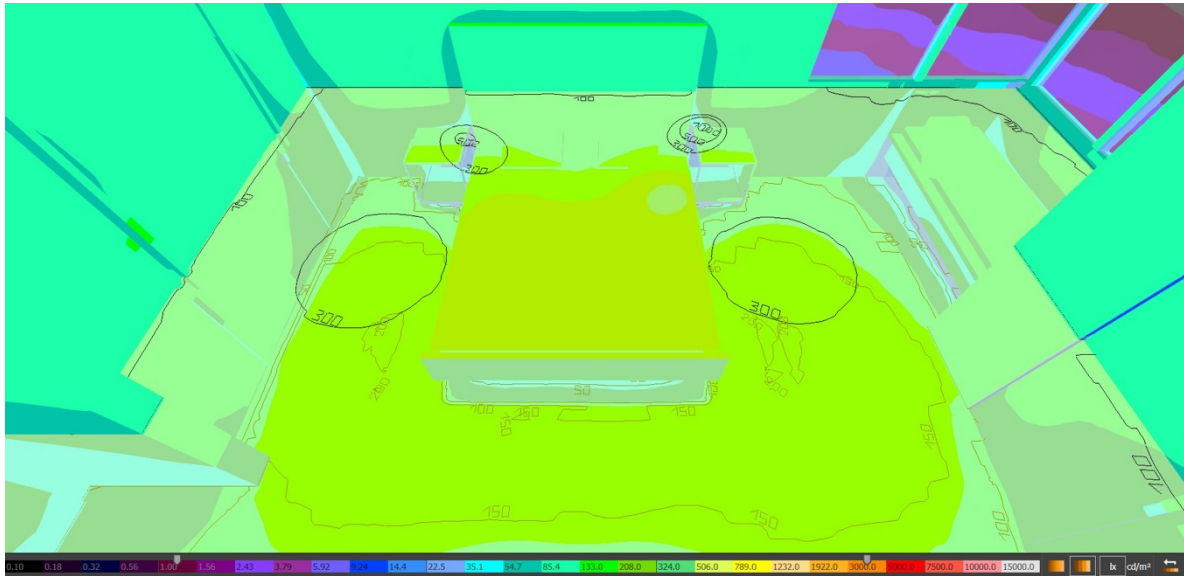


Imagen 50. Diagrama de colores falsos – plano de trabajo con altura de 0.80 m
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación, con uso del programa DIALux evo 9.2



Imagen 51. Perspectiva 1 - interior de la recámara
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación, con uso del programa DIALux evo 9.2



Imagen 52. Perspectiva 2 - interior de la recámara
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación, con uso del programa DIALux evo 9.2

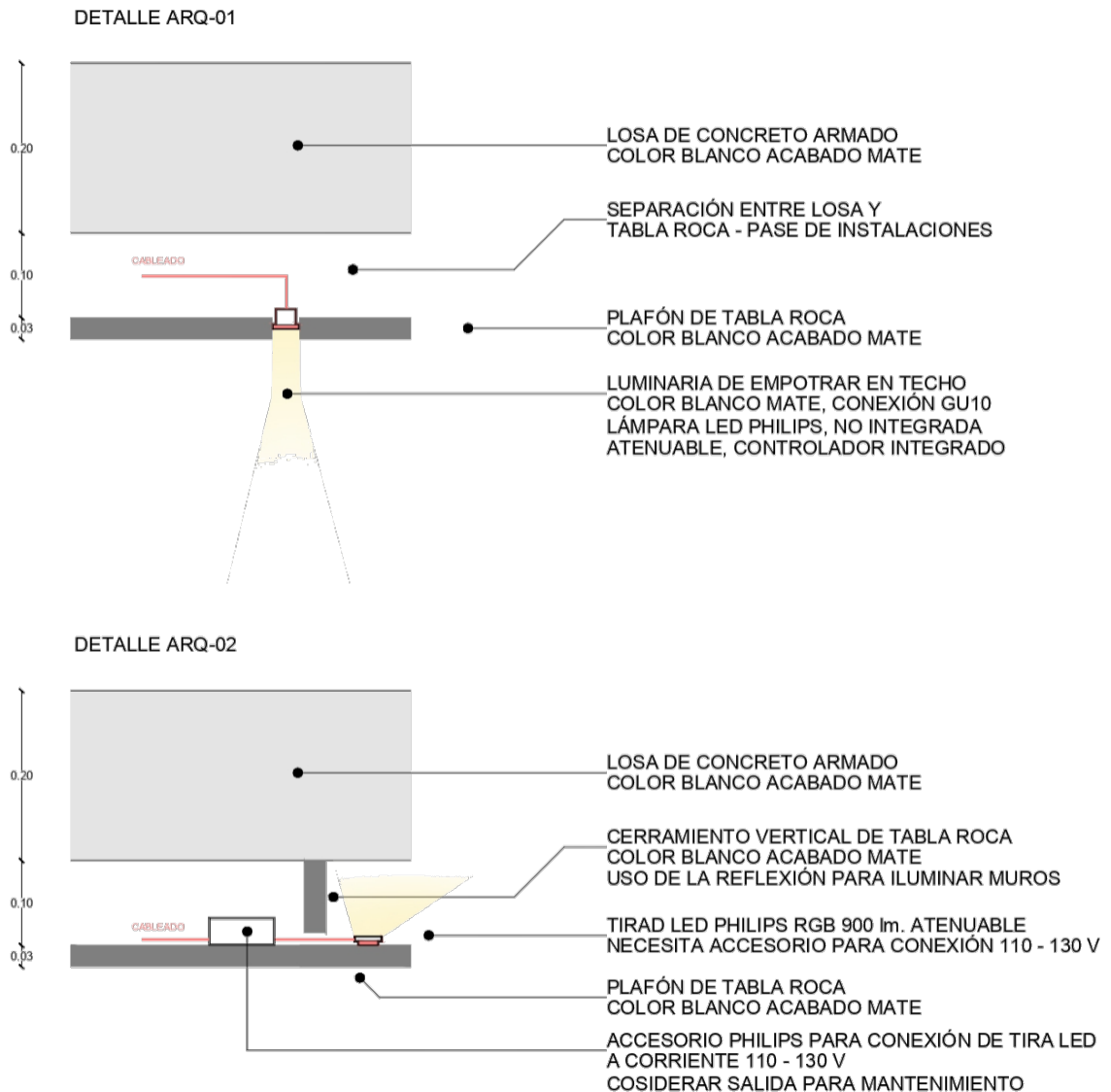
5.4. FICHAS TÉCNICAS: PROYECTO

En la *tabla 7*, se presentan las especificaciones técnicas y características de las lámparas utilizadas para el desarrollo del proyecto ejecutivo.

Tabla 7. Fichas técnicas de lámparas utilizadas
Fuente: tabla realizada por el autor de la presente investigación

5.5. DETALLES CONSTRUCTIVOS

A continuación, se presentan los detalles constructivos correspondientes a la instalación de las lámparas a nivel de techo:



ARQ- 01. Detalles constructivos para el proyecto de iluminación
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación

5.6. ESCENAS

Partiendo del cálculo lumínico se proponen las siguientes escenas enfocadas en las actividades de los usuarios:

LA PRIMERA ESCENA (imagen 53) corresponde a una iluminación general en la que están encendidas las lámparas **a1** tipo downlight con un control de intensidad del 40% y la **tira LED** ubicada en el mobiliario con un control de intensidad del 100%. Se diseña para cuando los usuarios estén realizando actividades como: ver tv, conversar, y vestirse en horas de la noche.

*Nota: El cálculo está considerado en horas de la noche***

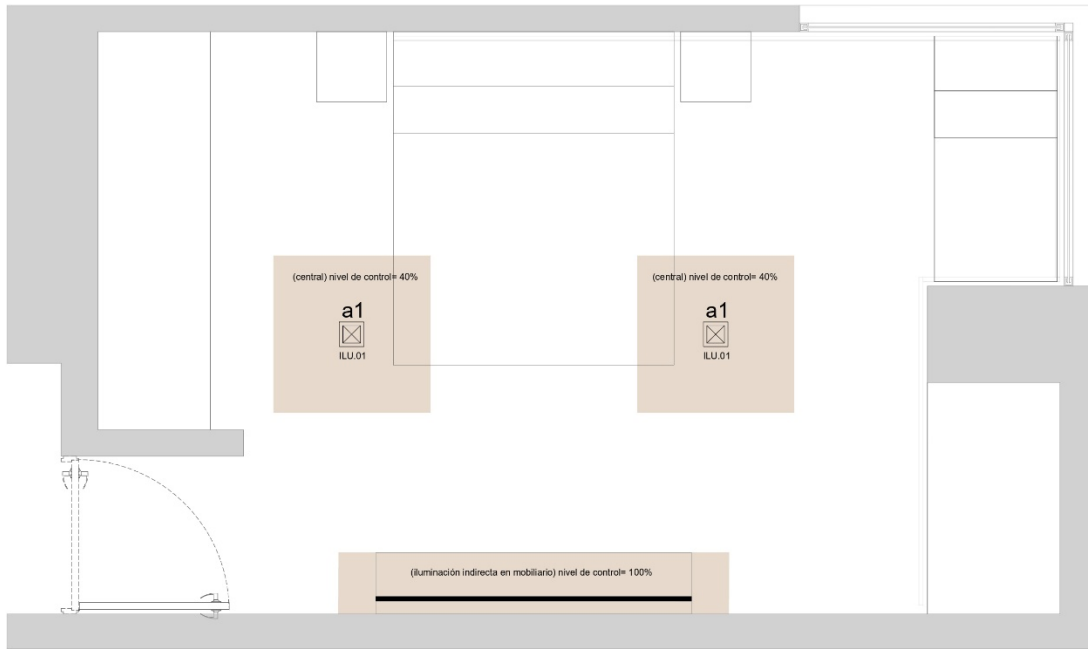


Imagen 53. Escena 1 – lámparas y nivel de control
 Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación, con uso del programa DIALux evo 9.2

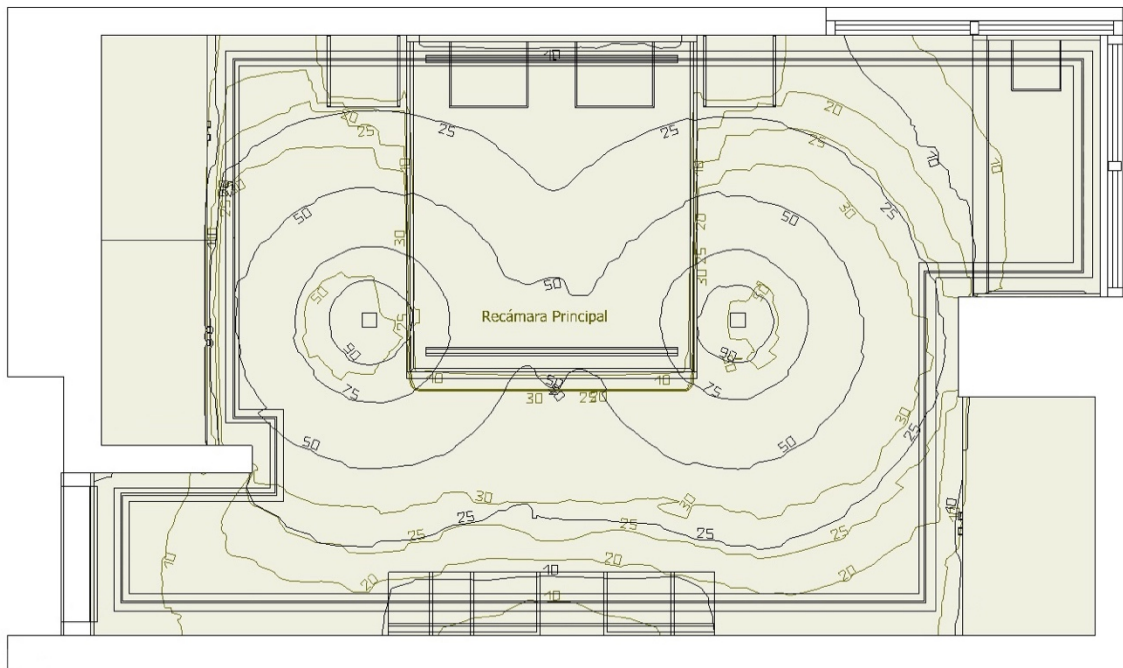


Imagen 54. Escena 1 – cálculo lumínico
 Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación, con uso del programa DIALux evo 9.2

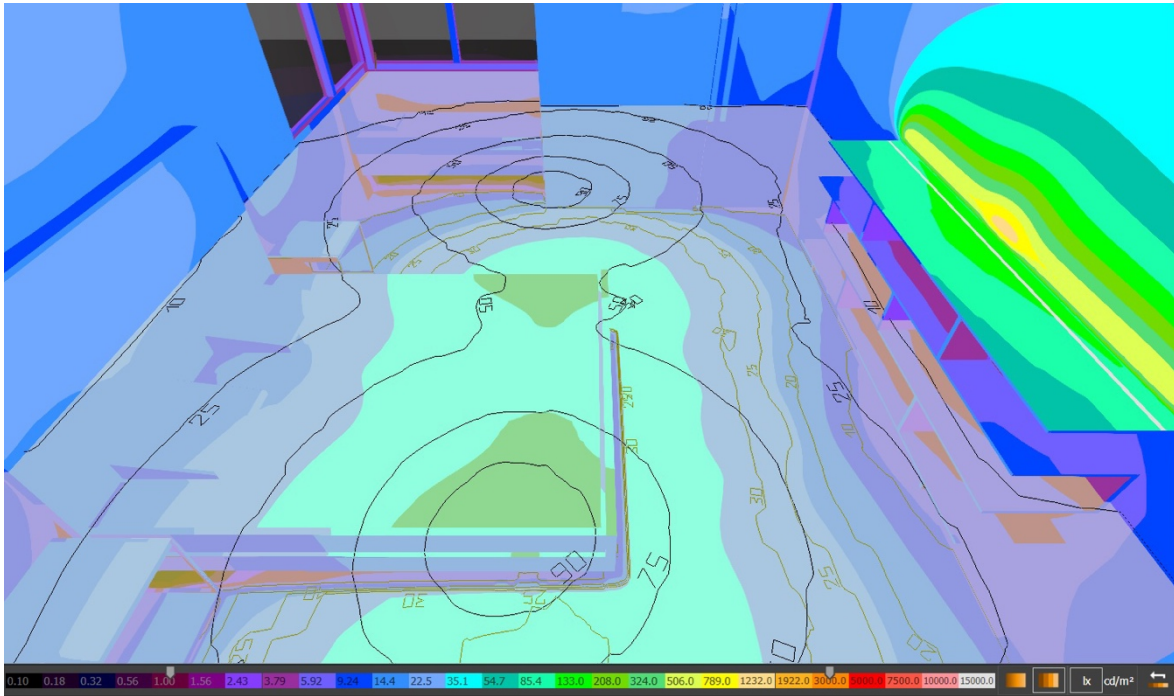


Imagen 55. Escena 1 – diagrama de colores falsos
 Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación, con uso del programa DIALux evo 9.2



Imagen 56. Escena 1 – perspectiva interior de la recámara
 Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación, con uso del programa DIALux evo 9.2

Con la tira led ubicada en el mobiliario (*imagen 54 y 56, parte lateral derecha*) se logra el efecto de iluminar el espacio mediante la reflexión desde la pared de fondo; aumentando el campo visual y sin interponerse con los reflejos del TV. Gracias a esto el ojo tendrá una mejor forma de percibir el entorno y evitar fatigarse fácilmente.

LA SEGUNDA ESCENA (*imagen 57*) corresponde con iluminación semidirecta de la recámara, en donde las **tiras LED** ubicadas en los cajillos a nivel de techo tendrán un control de intensidad del 30%, iluminando el espacio de forma tenue, y las luminarias decorativas **ILU.06** de tipo arbotante, ubicadas sobre los burós, tendrán un control de intensidad del 100% para las actividades de lectura.

Esta escena se diseña para momentos en los que el usuario este leyendo, realizando la higiene del bebé, o simplemente para cuando necesite caminar dentro del espacio. *Nota: El cálculo está considerado en horas de la noche***

Ambas escenas serán establecidas para que el usuario pueda disfrutar de estos efectos de iluminación con solo seleccionar la que requiera desde la aplicación móvil.



Imagen 57. Escena 2 – lámparas y nivel de control
 Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación, con uso del programa DIALux evo 9.2

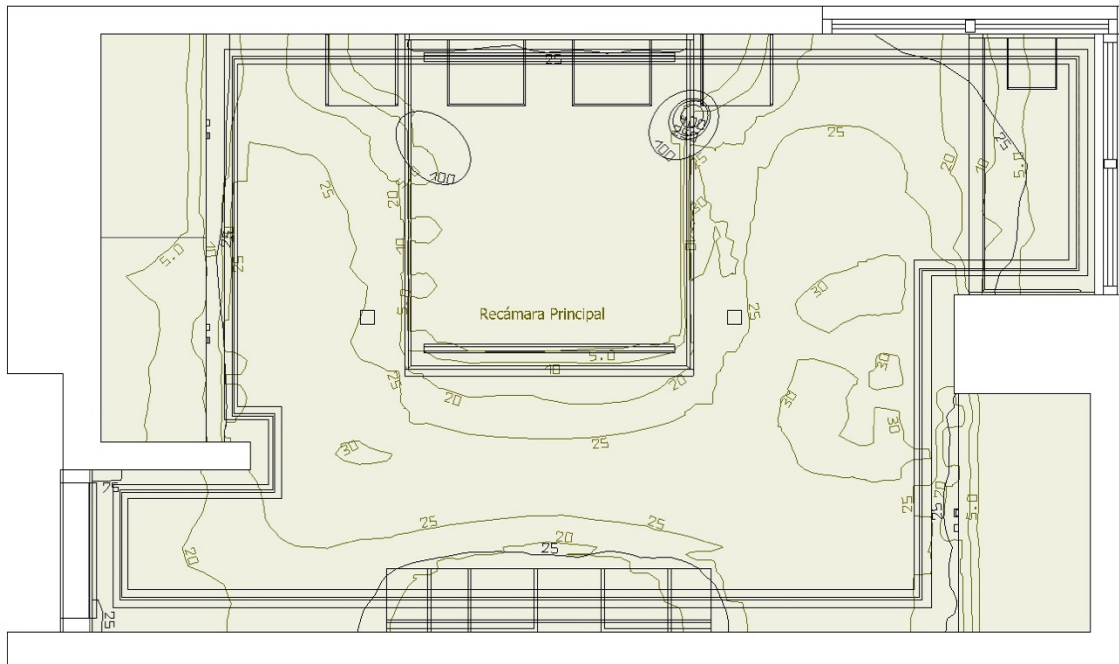


Imagen 58. Escena 2 – cálculo lumínico
 Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación, con uso del programa DIALux evo 9.2

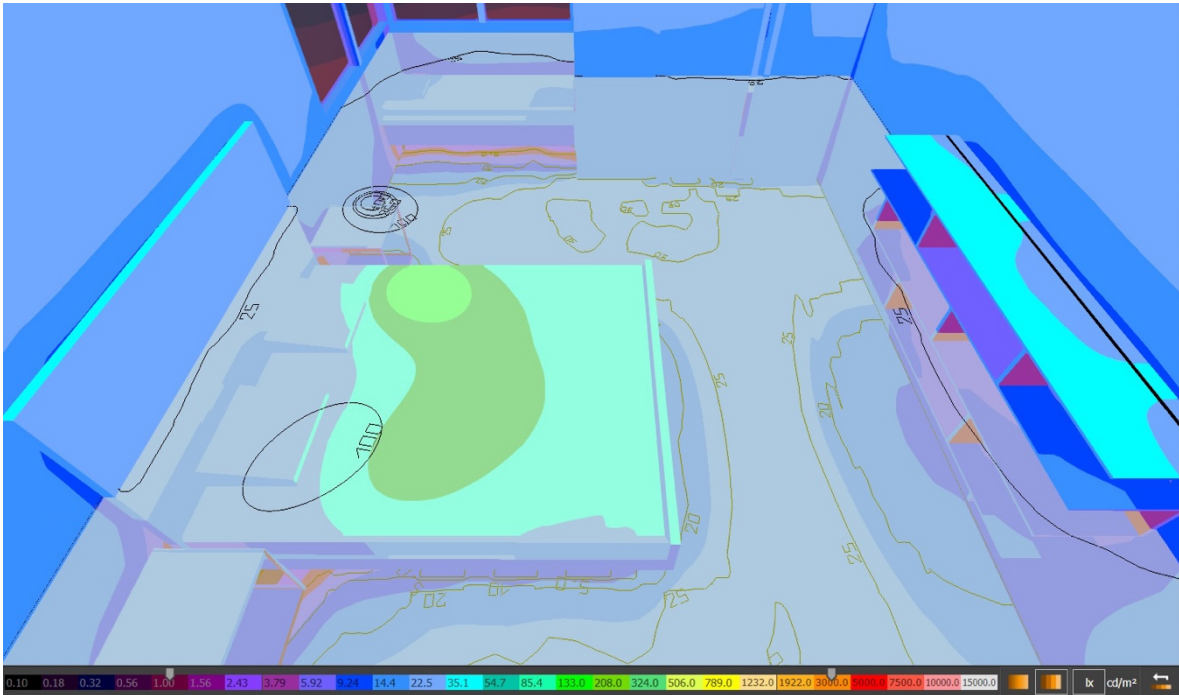


Imagen 59. Escena 2 – diagrama de colores falsos
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación, con uso del programa DIALux evo 9.2



Imagen 60. Escena 2 – perspectiva interior de la recámara
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación, con uso del programa DIALux evo 9.2

5.7. DISCUSIÓN

Con este desarrollo se puede dar respuesta a la interrogante planteada en la hipótesis: *¿podrá el proyecto de iluminación funcionar en una situación atípica como la presencia de un usuario con síndrome icterico?*

En este caso la respuesta es negativa.

Como resultado se obtiene que, aunque el proyecto ejecutivo funciona y cumple con los requerimientos lumínicos según la normativa; el mismo no resuelve todas las necesidades ni los objetivos planteados. Por esta razón, la solución sería integrar el diseño especial de una luminaria que ayude a resolver el requerimiento carente: el control de la ictericia neonatal.

CAPÍTULO

06

INVESTIGACIÓN
ESPECIAL

Con el fin de dar respuesta a la hipótesis planteada en el primer capítulo, se presenta el siguiente análisis fundamentado en estudios especializados en medicina: Investigación

6.1. MECANISMO DE LA BILIRRUBINA

Normalmente el metabolismo la bilirrubina lipofílica se genera mediante el catabolismo de los glóbulos rojos; esta circula en la sangre como un conjugado no covalente con la albumina sérica. Luego de su captación por el hígado se convertirá en dos monoglucuronidos isométricos y un diglucuronido (bilirrubina directa) por la enzima uridina – disfosfo – glucuronosiltransferasa (UGT1A1) (Muraca 2008).

Los glucuronidos al diluirse en agua son expulsados en la bilis con la ayuda de una proteína de transporte asociada a la resistencia de multifármacos.

Sin el proceso de la glucuronidación no será posible excretar la bilirrubina en la bilis o en la orina. En pacientes neonatales la actividad hepática UGT1A1 es deficiente y la vida de los glóbulos rojos es más corta que en los adultos; lo cual genera una mayor formación de bilirrubina con un resultado desencadenante en ictericia. Para su tratamiento la fototerapia con luz LED convierte la bilirrubina en fotoisómeros amarillos y productos de oxidación incoloros que son menos lipofílicos que la bilirrubina y no necesitan la conjugación hepática para excretarlos.

La bilirrubina normalmente se elimina del organismo mediante la conjunción hepática con ácido glucurónico y la eliminación en la bilis en la forma de glucuronidos de bilirrubina (*imagen 61*). La ictericia neonatal se deriva de una deficiencia temporal en la conjugación (exacerbada en los neonatos prematuros), combinada con un aumento en el recambio de glóbulos rojos” (Maisels, pág. 101, 2008).

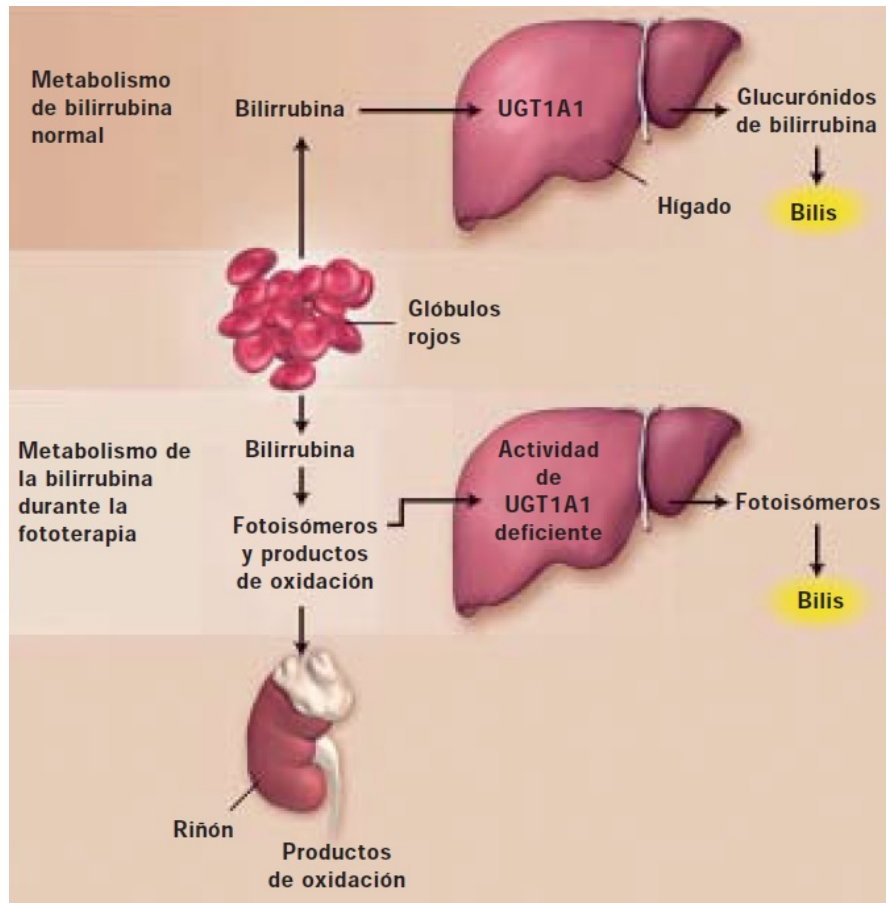


Imagen 61. Metabolismo de la bilirrubina
Fuente: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91227302>

6.2. ICTERICIA NEONATAL

Está definida clínicamente como la coloración amarillenta en la piel y en las mucosas producida por el depósito o acumulación de bilirrubina; corroborándose mediante una prueba sanguínea en la cual se evidencien cifras superiores a 5 mg/dL (miligramos por decilitro).

Puede detectarse blanqueando la piel mediante la presión con el dedo lo que pone de manifiesto el color subyacente de piel y tejido subcutáneo. “La ictericia se observa en primer lugar en la cara y luego progresa de forma caudal hacia el tronco y las extremidades. La progresión cefalocaudal puede ser útil para la valoración del grado de ictericia” (Rodríguez y Figueras, pág. 38, 2008).

“La ictericia fisiológica es una situación muy frecuente (60% de los recién nacidos) en el neonato a término y se caracteriza por ser monosintomática, de tipo fugaz del segundo al séptimo día, de tipo leve con bilirrubina inferior a 12,9 mg/dL si recibe lactancia artificial o a 15 mg/dL si recibe lactancia materna, y de tipo predominio indirecto” (Rodríguez y Figueras, pág. 38, 2008). Esta condición se produce debido a que el hígado del neonato, en su primer trimestre de vida no puede eliminar el exceso de bilirrubina

mediante la degradación de las células sanguíneas (Mazzi, pág. 26, 2005). Es de suma importancia resaltar el beneficio que tendrían los padres si pudieran contar con una luminaria de uso ambulatorio en sus hogares, proporcionando la fototerapia a sus bebés como primer tratamiento, evitando así el llevarlos a ser internados en un hospital.

6.2.1.

EFFECTOS DE LA LUZ EN LA PIEL

De todos los órganos del cuerpo, la piel es el más versátil de todos, es el único que está constantemente abierto al exterior. Protege de agentes externos como el calor, el frío, el aire, y las bacterias. Es selectivamente permeable, se repara y lubrica a sí misma, e incluso elimina algunos residuos del cuerpo (Orive, pág. 147, 2019).

Este órgano permite revelar enfermedades mediante cambios físicos como en su color, textura, y presencia de manchas. Con respecto a las propiedades ópticas, cuando la luz incide sobre la piel se generan los procesos de absorción, transmisión, esparcimiento y reflexión, como puede apreciarse en la *(imagen 62)*.



Imagen 62. Procesos de interacción de la luz con la piel
 Fuente: <https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002>

Cuando la luz entra en contacto directo con la materia, los fotones que no fueron reflejados logran penetrar el tejido, interactuando con los electrones de las capas exteriores de las moléculas que conforman las células. El resultado de esta interacción genera que el fotón sea absorbido o esparcido. (García, pág. 20, 2014).

El predominio de cualquiera de estos procesos depende no solo de las características de longitud de onda e intensidad de la fuente utilizada, sino que también de la estructura y composición de la piel.

Esto se fundamenta en la concentración de los componentes biológicos con las propiedades ópticas que se verán modificadas presentando coeficientes variables de refracción “ n ”, esparcimiento “ μ_b ”, y absorción “ μ_a ” (García, pág. 20, 2014); resaltando que, en la propagación óptica con respecto a los materiales biológicos, predominará el esparcimiento por sobre la reflexión debido a que las estructuras celulares que componen los tejidos, no uniformes.

La piel esta compuesta por tres capas principalmente, estas son: la epidermis, la dermis y la subdermis o tejido cutáneo, las cuales cuentan con células y propiedades características para una de ellas (*imagen 63*); contando con una distribución de vasos sanguíneos denominados vénulas, arteriolas y capilares. En la dermis, podemos encontrar las arteriolas con un tamaño aproximado de 50 - 100 μm (micrómetro) de diámetro, unidas con otras de un tamaño menor entre 10 - 50 μm y con los capilares más pequeños que se encuentran próximos a la epidermis con un tamaño de 3 – 8 μm .

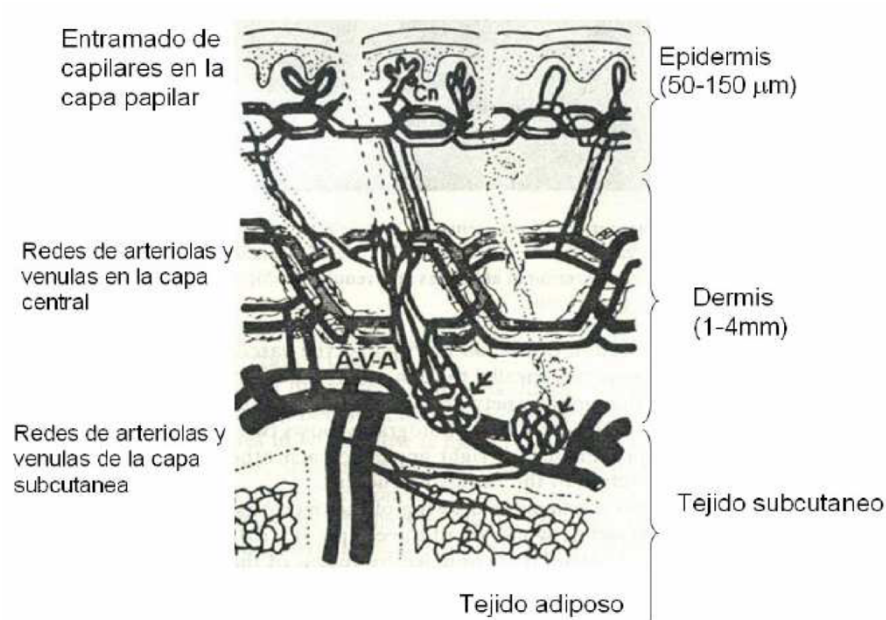


Imagen 63. Composición de la piel
Fuente: <https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002>

La sangre se compone 40% por eritrocitos, y el 60% sobrante, es denominado plasma que se compone por agua y sales. Los eritrocitos o células rojas comprenden moléculas de hemoglobina Hb y oxihemoglobina HbO₂. Esto nos servirá para conocer el comportamiento del coeficiente de absorción, con respecto a la longitud de onda de los componentes de la sangre y de la melanina (colorante esencial de la piel); que generarán una ventana óptica en la que se establecen los componentes biológicos de la piel como se presenta en la (imagen 64).

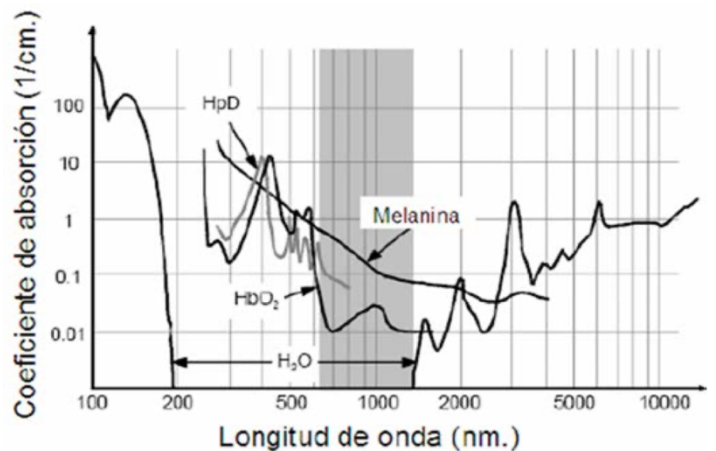


Imagen 64. Coeficiente de absorción en función a la longitud de onda para los componentes biológicos que conforman la piel
Fuente: <https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002>

“En el caso de una muestra en la cual se compara el índice de absorción y esparcimiento (*imagen 65*) para una muestra de piel compuesta de 1% de hemoglobina (1/3 Hb, 2/3 HbO₂, 70% agua), el coeficiente de esparcimiento es mucho mayor que la absorción en toda la ventana óptica de la piel. Lo que permite la interacción de la luz con la piel sin causar un daño permanente como quemaduras o destrucción del tejido” (García, pág. 22, 2014).

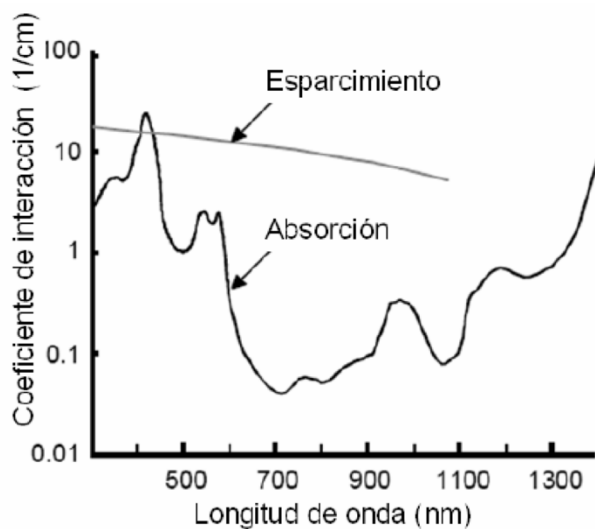


Imagen 65. Coeficiente de esparcimiento y absorción como función de la longitud de onda para diferentes componentes biológicos
Fuente: <https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002>

El área relevante para esta investigación está comprendida entre la dermis y la epidermis, ya que es el lugar en el cual el flujo microcirculatorio se encuentra entre los 50 μ m y los 4 mm; considerando que la ventana

óptica de la piel y la profundidad de penetración de la luz alcanza la dermis. De esta manera se demuestra que la luz que radica entre los 450 y 475 nm del espectro es la que cuenta con mayor absorción en tejidos (García 2014).

6.2.2.

EFFECTOS DE LA LUZ EN LA BILIRRUBINA

De la misma forma en que la piel absorbe luz con mayor intensidad dentro de la región azul del espectro, sucede con la bilirrubina aproximadamente entre los 460 – 490 nm tal y como se aprecia en la (*imagen 66*); considerándose como la región en la cual la penetración de luz en el tejido aumenta notoriamente con una longitud de onda mayor.

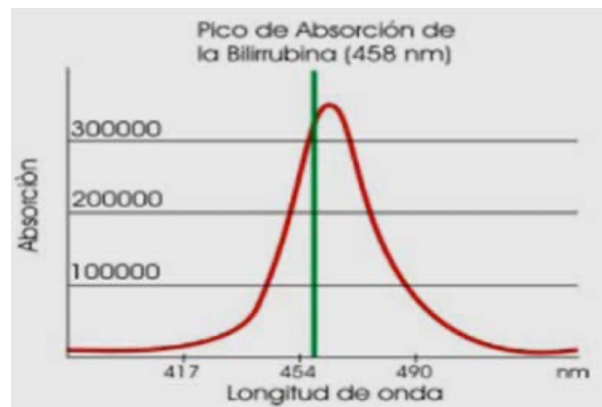


Imagen 66. Pico de absorción de la bilirrubina
Fuente: <https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002>

“Este espectro se obtiene al ingresar una muestra de bilirrubina y enviar un haz de luz blanca a un espectrofotómetro, en el cual después de un análisis hematológico mostrará la absorción de la bilirrubina” (García 2014). Únicamente las ondas que penetran en el tejido y son absorbidas por la bilirrubina, son las que tienen un efecto fototerapéutico.

“Considerando los factores de longitud de onda e intensidad; se puede establecer que las lámparas que emitan luz azul predominante entre los 450 y 490 nm serán las mas eficaces para el tratamiento de la hiperbilirrubinemia” (Sardá 2008).

6.3. FOTOTERAPIA

Es una medida terapéutica que se utiliza en el tratamiento de la hiperbilirrubinemia neonatal; mediante el uso de la luz para transformar la bilirrubina que está presente en el espacio intersticial y en los capilares. La bilirrubina no conjugada (BNC) absorbe la luz, convirtiéndose en productos polarizados hidrosolubles que son excretados por las heces y la orina sin necesidad de su conjugación en el hígado (Ossorio, pág. 4, 2011). Con este proceso se generan tres tipos de reacciones fotoquímicas:

ISOMERIZACIÓN ESTRUCTURAL. “Es la conversión de la bilirrubina en lumirrubina que se excreta por la bilis y la orina. Se considera el mecanismo mas importante de la eliminación de la bilirrubina mediante la fototerapia” (Ossorio, pág. 4, 2011).

FOTOISOMERIZACIÓN. Es el proceso mediante el cual el isómero de la bilirrubina no conjugada, se transforma en un isómero polar menos tóxico que se transmite hasta la sangre y es excretado por la bilis sin conjugación.

FOTOOXIDACIÓN. En esta reacción se transforma la bilirrubina en pequeños productos polares que luego serán excretados por la orina. Los factores mas importantes que deben ser considerados para comprobar la eficacia de la fototerapia son: el tipo de luz, la intensidad de la luz, la irradiación (que dependerá de las cifras de bilirrubina), la edad del paciente, la edad gestacional al nacer, y la evaluación clínica del neonato.

Otros criterios que deben ser estudiados son:
 La distancia en la que se sitúa el recién nacido con respecto a la luminaria, el área de la superficie de exposición del paciente, y el tiempo de exposición a la luz (el cual debe ser registrado en una bitácora para interpretación médica). Se presenta la siguiente tabla que expone la recomendación para realizar la fototerapia según la clasificación de los recién nacidos:

RECIÉN NACIDO PRETÉRMINO		RECIÉN NACIDO TÉRMINO	
PESO	FOTOTERAPIA	EDAD	FOTOTERAPIA
< 1000 gr	Profiláctica > 24 h	25 – 48 horas	12 – 15 mg/dl
1000 – 1300 gr	7 – 8 mg/dl	49 – 72 horas	15 – 17 mg/dl
1300 – 1500 gr	8– 9 mg/dl	> 72 horas	> 17,5 mg/dl
1500 – 2000 gr	10 – 12 mg/dl		
2000 – 2500 gr	13 – 15 mg/dl		
> 2500 gr	15 – 17 mg/dl		

Tabla 8. Grado de recomendación para realizar la fototerapia.

Fuente: <https://www.chospab.es/publicaciones/protocolosEnfermeria/documentos/c13f1ae823520e0ba6350e11a5fae8d6.pdf>

6.3.1.

MECANISMO DE LA FOTOTERAPIA

El objetivo de este procedimiento es reducir la concentración de la bilirrubina circulante y evitar que esta aumente. Para lograrlo se utiliza la luz, con el fin de modificar la forma y la estructura de la bilirrubina, convirtiéndola en moléculas que puedan excretarse incluso con una conjugación normal deficiente.

La absorción de luz por medio de la bilirrubina dérmica y subcutánea lleva a que una fracción del pigmento experimente varias reacciones fotoquímicas en distintos niveles (Gardner 2001). Estas acciones producen estereoisómeros amarillos de bilirrubina y derivados incoloros de menor peso molecular (*imagen 67*).

La tasa de formación de fotoproductos de bilirrubina estará basada significativamente en la intensidad y longitud de onda de la luz utilizada. El efecto fototerapéutico se realizará solo mediante las ondas que penetran el tejido, siendo absorbidas por la bilirrubina.

El espectro de absorbancia de bilirrubina asociada a la albumina sérica humana (línea blanca - *imagen 68*) se destaca sobre el espectro de luz visible. Es notorio que la luz azul es la más eficiente para la fototerapia, por lo que la capacidad de transmisión de la piel aumenta.

“Los neonatos a término deben tratarse en una cuna y no en una incubadora, para permitir que la fuente de luz quede a 10 – 15 centímetros del neonato, excepto cuando se utilicen luces halógenas o de tungsteno a fin de aumentar la irradiación y la eficacia” (Sardá, pág. 27, 2008). Los rayos de luz deberán ser perpendiculares a la superficie del plano de trabajo con el fin de minimizar las pérdidas de eficacia lumínica que se generen debido al reflejo.

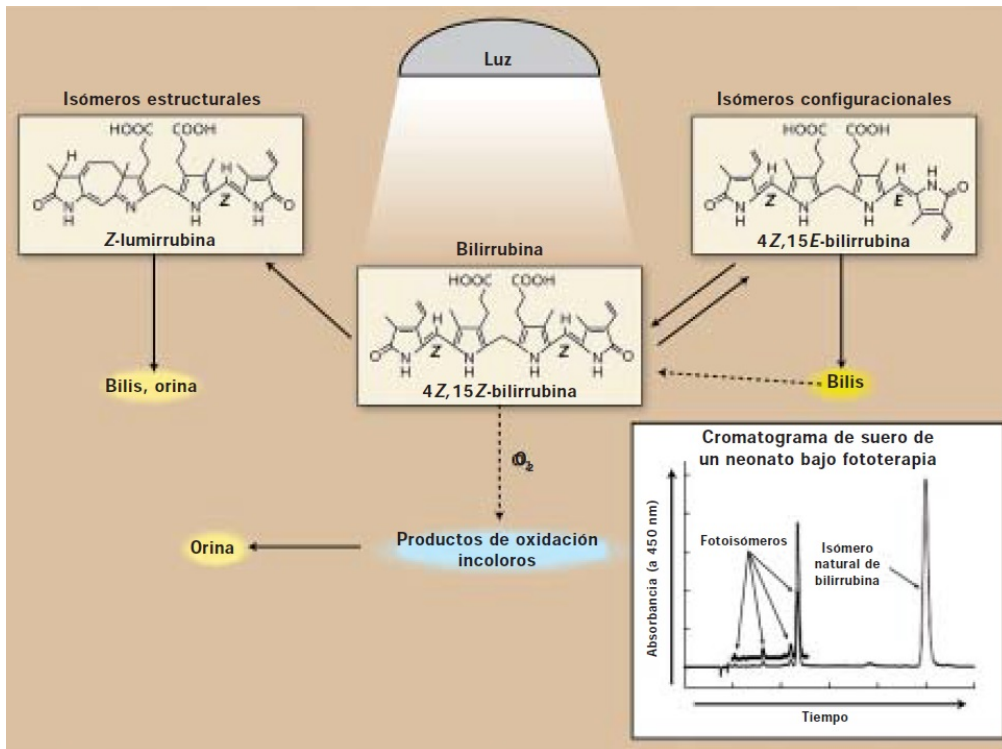


Imagen 67. Mecanismo de la fototerapia
 Fuente: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91227302>

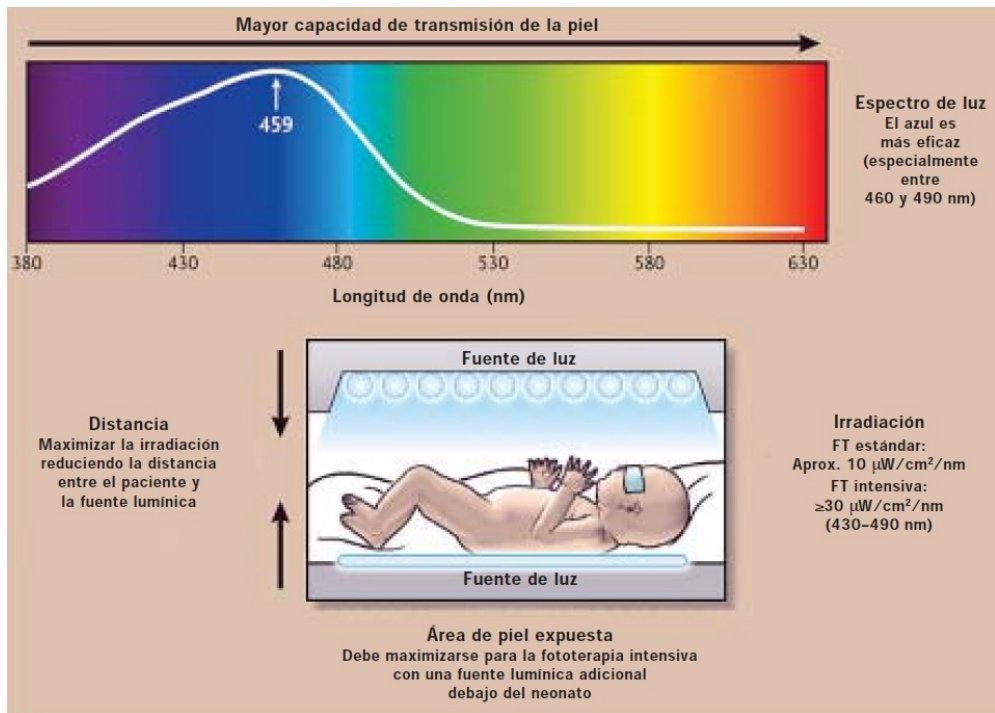


Imagen 68. Espectro de luz visible + eficacia de la fototerapia
 Fuente: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91227302>

6.3.2. BENEFICIOS DE LA FOTOTERAPIA CON LUZ LED

La tecnología LED para el tratamiento de la hiperbilirrubinemia normalmente utiliza varios diodos Led de tipo azul, que tienen poca o casi nula emisión de calor. Al contar con un espectro de longitud de onda angosto no emiten luz ultravioleta ni infrarroja. Además de que son la fuente de luz mas eficiente del mercado actual, con una duración de vida útil de miles de horas. Las lámparas LED logran alcanzar una irradiación máxima de hasta 50 $\mu\text{W} / \text{cm}^2 / \text{nm}$ (García 2014).

6.3.3. CUIDADOS ESPECIALES

Al momento de realizar la fototerapia de forma ambulatoria se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

GARANTIZAR UNA FOTOTERAPIA EFECTIVA. Es de suma importancia contabilizar el tiempo de fototerapia al que esta siendo expuesto el neonato, registrándolo en una bitácora que será analizada por el médico especialista.

El área de trabajo para la fototerapia deberá ser horizontal, en donde la luz deberá ser dirigida al tronco del recién nacido. No se deben colocar objetos que obstruyan la luz y deberán realizarle cambios posturales al neonato (decúbito, prono y supino) cada 3 horas para una mayor absorción de la luz (Reboloso, pág. 11, 2011).

EXPOSICIÓN DE LA PIEL. El paciente recién nacido deberá estar desnudo contando únicamente con el pañal para proteger sus partes genitales, y muy importante utilizar un antifaz para proteger sus ojos. Únicamente se deberá retirar el pañal cuando el caso amerite la fototerapia intensiva. No obstante, los ojos siempre deberán estar protegidos.

Otros cuidados importantes son: vigilar la temperatura corporal del paciente, asegurar la lactancia materna, reforzar el vinculo paterno filial, realizar la respectiva higiene e hidratación del bebé, y evaluar la coloración de la piel. De presentar cualquier signo de alteración o síntoma en el paciente, se deberá comunicar inmediatamente con el médico especialista.

6.4. RECOMENDACIONES DE LA ACADEMIA AMERICANA DE PEDIATRÍA

Para la realización de la fototerapia en neonatos que presenten hiperbilirrubinemia se recomienda que la distancia de la fuente de la luz sea de 30 cm mínimo con respecto al paciente, la fuente de luz deberá ser de 430 a 490 nm dentro del espectro, la superficie efectiva para el área de trabajo de la fototerapia podrá ser de 60 x 30 cm, y la irradiancia mayor a 30 $\mu\text{W} / \text{cm}^2 / \text{nm}$.

Para realizar el cálculo, se debe establecer una distribución lumínica uniforme basada en la descripción de la geometría de un LED (*imagen 69*), y la cantidad de la luz proyectada sobre una superficie, en donde r es la distancia entre el LED y la iluminación local, h denota la altura o distancia vertical entre el LED y la superficie, y la d denota la proyección de r sobre la superficie. El ángulo polar que corresponde a la locación con respecto al LED es denotado por θ (Morales 2016).

La potencia óptica por cada unidad de área está basada en la función de a , d y h , correspondientes a la ecuación del modelo Lambertiano - reflexión difusa (*imagen 70*).

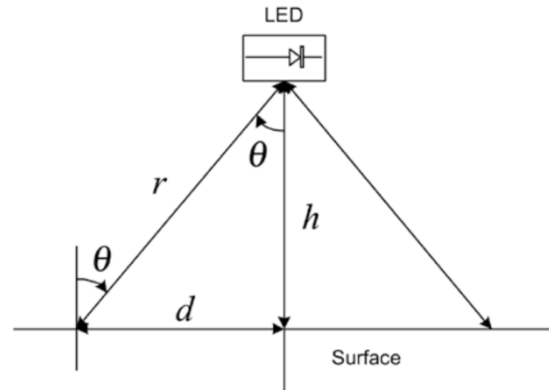


Imagen 69. Geometría de un LED y un punto de destino

En donde $L(d, h)$ expresa la intensidad lumínica en la unidad de lumen/m², f_0 es el total del flujo luminoso producido por la fuente luminosa (en lumen), m representa el número del modo Lambertiano, y $m > 0$. El dígito del modo es una medida correspondiente a la directividad del haz de la luz y esta relacionado con el ángulo a mitad del haz de luz a media potencia denotado por θ .

$$L(d, h) = \frac{(m + 1)f_0}{2\pi h^2} \left(1 + \frac{d^2}{h^2} \right)^{-\frac{m+3}{2}}$$

Imagen 70. Ecuación del modelo Lambertiano

6.5. ANTECEDENTE: LUMINARIA

Se realizó el estudio del “Protocolo de fototerapia en el neonato” realizado por: Ossorio Rosa, Martín Nieves, Sánchez Cándida, Martínez Consuelo, y Ribera Juan, en el año 2011, para la Comisión de cuidados y planificación de enfermería, del Complejo Hospitalario Universitario de Albacete, Albacete, España.

El protocolo se basa en el análisis de una unidad médica utilizada en el hospital para la realización de la fototerapia en pacientes con ictericia neonatal. El reflector cuenta con 6 lámparas halógenas de tungsteno de alta intensidad, cuatro tubos son de luz azul (con un filtro que asegura el color de 400 nm – 500 nm) y dos de luz blanca.

El filtro es el encargado de bloquear el paso de la radiación ultravioleta e infrarroja. Los de color azul se ubican en el centro de la unidad de reflector, y los de color blanco en los extremos laterales para reducir síntomas como náuseas, dolor de cabeza y mareos en el personal médico/enfermería. El diseño de esta unidad está constituido de la siguiente forma:

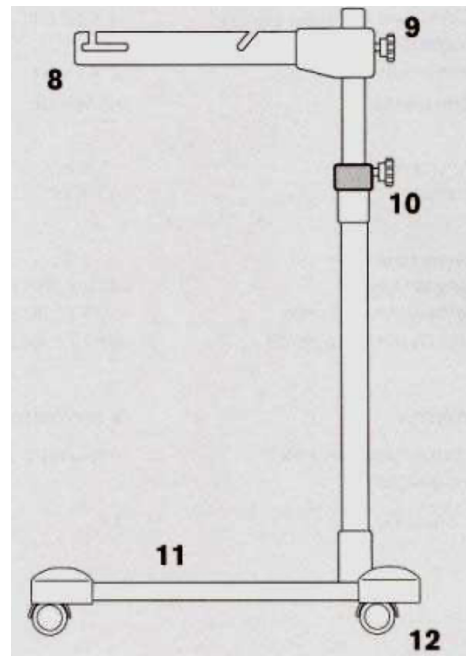


Imagen 71. Luminaria para fototerapia
Fuente: <https://www.chospab.es/publicaciones/>

En donde el #8, representa el soporte de montaje y ubicación para la unidad de reflector, el #9 es el tornillo de ajuste para la inclinación, el #10 es el tornillo para regular la altura, el #11 soporte estructural para facilitar acoplamiento con el cunero, y el #12 representa las ruedas con frenos.

Este equipo es utilizado sobre las incubadoras como se ve en la (imagen 72), en donde el número uno representa la ubicación del paciente.

Imagen 72. Ubicación de la luminaria para fototerapia
Fuente: <https://www.chospab.es/publicaciones/>

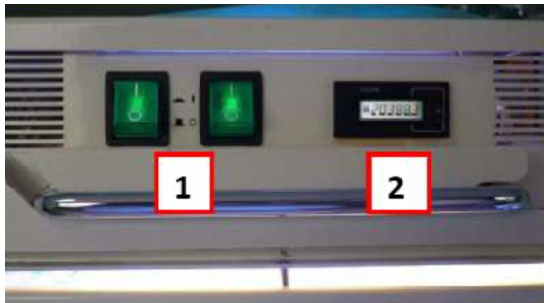


Imagen 73. Sistema de control de la luminaria
Fuente: <https://www.chospab.es/publicaciones/>



Imagen 74. Selector de intensidad de la luminaria
Fuente: <https://www.chospab.es/publicaciones/>

Para el sistema de control el #1 corresponde a los botones de apagado/encendido, y el #2 al indicador de las horas de funcionamiento (imagen 73). También cuenta con un selector de intensidad (imagen 74) para controlar la intensidad conforme a las necesidades del paciente. Para la limpieza del material se recomienda desconectar el equipo de la red eléctrica y dejar enfriar por lo menos 10 min utilizando productos que no contengan alcohol y un paño húmedo, vigilando que en ningún momento entre líquido en el interior durante la limpieza.

La unidad reflectora se ubica con una separación de 5 – 8 cm por arriba del techo de la incubadora para evitar el aumento de temperatura excesivo. Para la aplicación de una fototerapia simple en pacientes recién nacidos, aplican una radiación de $8 \mu\text{W} / \text{cm}^2 / \text{nm}$, para una fototerapia intensiva aplican una radiación $> 30 \mu\text{W} / \text{cm}^2 / \text{nm}$ (necesitando 6 tubos de luz azul).

Esta unidad se utiliza únicamente con incubadoras que darán la protección necesaria al paciente tal y como puede apreciarse en la (imagen 75).



Imagen 75. Fototerapia
Fuente: <https://www.chospab.es/publicaciones/>

Tomando en cuenta este protocolo, se puede concluir que es una luminaria de uso médico especial por sus características tecnológicas y que no puede ser utilizada de forma ambulatoria; puesto que al no tener el cuidado con las lámparas utilizadas y pudiendo existir la posibilidad de que se quebranten, las mismas liberaran los gases de tungsteno que resultaran tóxicos tanto para el bebé como para el personal de vigilancia.

Por esta razón se recomienda un cambio de tecnología, utilizando lámparas que cumplan con los requisitos lumínicos para el desarrollo de la fototerapia, y que al momento de presentarse un accidente no generen complicaciones tóxicas a los usuarios.

CAPÍTULO

07

LUMINARIA

7. LUMINARIA

7.1. CONSIDERACIONES

USUARIO. Paciente recién nacido que presenta síndrome icterico. Peso: 4.100 kg. Alto: 50 cm.

Las siguientes tablas fueron estudiadas para conocer las dimensiones de los recién nacidos y estándares utilizados para la fabricación de cuneros e incubadoras en el mercado actual. Esto nos permitirá delimitar el área de trabajo promedio, para la proyección de luz.

Para la propuesta se va a utilizar una altura para las lámparas entre 60 cm. y 80 cm. con respecto al área de incidencia en donde se encontrará el neonato, y un área de estudio específica de 1.800 cm² (60 cm x 30 cm dentro del cunero) que correspondan a la medida mínima de espacio que necesita el paciente para estar expuesto a la fototerapia, con una incidencia entre 0 grados y 120 grados (los valores definitivos de luminancia podrán ser medidos una vez se fabrique y compruebe la efectividad del luminario mediante un software digital).

EDAD	TALLA NIÑOS(cm)	TALLA NIÑAS (cm)	TORSO (cm)
Recién Nacido	50.3	50.3	20
3 meses	60	59	20
6 meses	67	65	21
9 meses	72	70	21
12 meses	76	74	22
15 meses	79	77	22

Tabla 9. Dimensiones de bebés recién nacidos
Fuente: <https://dspace.ups.edu.ec>

INCUBADORAS				
Modelo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Altura (cm)
DragerCaleoIncubator	116.7	68.7	8017.29	122 - 152
AIRSHIELDS® C-300	81.3	55.9	4544.67	128.9
Air-Shields® Transport Incubator Ti100	102	56.5	5763	88.3 - 118.7
Ohmeda® Care-Plus™ Incubator	65	34.8	2262	135.9
Airshields® 500 Transport Incubator	95.9	52.7	5053.93	50.8
GE Care Plus Access Series 3000/4000 Incubators	83.8	71.1	5958.18	135.9

Tabla 10. Estándares para la fabricación de cuneros
Fuente: <https://dspace.ups.edu.ec>

SITIO. La ubicación de la luminaria será en el lado lateral derecho de la habitación; en el espacio comprendido entre la cama king size y el cunero (*ver imagen 24, pág. 26, caso de estudio de la presente investigación*).

MATERIALES. Para la construcción de la luminaria se recomienda el uso de materiales con acabados mate que evitan los grados de reflexión de la luz que incida o se proyecte sobre estos. Se debe tomar en cuenta los requerimientos del usuario para la elección final de los materiales. Algunos ejemplos son los siguientes:



Imagen 78. Luz LED azul 460 – 490 nm
Fuente: <https://spanish.alibaba.com/>

Imagen 76. Acero acabado mate
Fuente: <https://www.banggood.com/es>

Imagen 79. Madera natural
silvestre/

Imagen 80. Conexiones
Fuente: <https://www.rk-rose-krieger.com/>

Imagen 77. Madera tintada

Imagen 81. Tela
drt.es/library/tela-transparente-

7.2. ANÁLOGOS

EL CASO (A). Corresponde a una luminaria de luz azul LED (*imagen 82*) que cuenta con un sistema de sujeción tipo gancho para ser ubicada en diferentes superficies. Su diseño industrial no es atractivo y resulta incomoda la conexión a la corriente. Como aporte a este estudio se menciona una fácil sustitución de la lámpara en caso de presentar fallas con un tipo de base para conexión E27, voltaje de 95v – 265v, intensidad de luz $50 \mu\text{W} / \text{cm}^2$, longitud de onda 450 nm – 485nm, fabricación nacional (CDMX) y tiene un costo aproximado de 1,116.01 \$ MXN.



Imagen 82. Luminaria de luz azul LED
Fuente: <https://es.banggood.com/Phototherapy-LED.html>

EL CASO (B). Es una luminaria IPE-500 (*imagen 83*) para el control de la ictericia neonatal que no está disponible para el público. Posee tres niveles para ajustar la irradiación de luz: baja, media, y alta generando una fototerapia de doble cara más efectiva. Cuenta con un ángulo ajustable de 360° en horizontal y de 180° vertical, con lámparas LED para un fácil reemplazo. Estas características se tendrán en cuenta para la propuesta del diseño de la luminaria. Origen: Jiangsu, China, con un costo aproximado de 10,000.00 \$ USD.



Imagen 83. Luminaria neonatal LED BT-400

EL CASO (C). Es una luminaria neonatal LED BT-400 (*imagen 84*) que cuenta con controles avanzados para su programación mediante el uso de una pantalla LCD. Por ser un equipo médico representa altos costos y poca disponibilidad de venta al público. Como características a considerar: posee un tamaño ligero y compacto, cuello flexible para direccionar la luz sobre el área de trabajo, y un ángulo de proyección de luz abierto para cubrir una mayor cantidad de área sobre la incubadora. Origen: Asunción – Paraguay, costo: 2.100,00\$ USD.

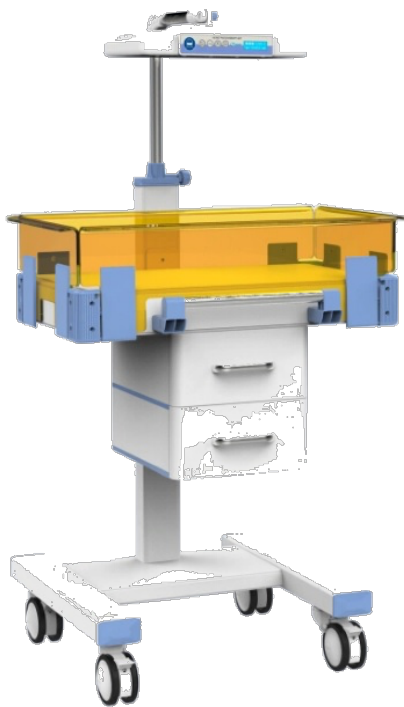


Imagen 84. Luminaria IPE-500

EL CASO (D). Es una unidad médica llamada MediLED (*imagen 85*) que cuenta con un Indicador de fallas y control para la programación de la fototerapia. Aspectos rescatables para la propuesta: adaptación vertical y horizontal para todo tipo de incubadoras, uso de tecnología LED azul 460nm – 490nm y LED blanco de 4500 K, que permitirán diferenciar el color real de la piel del neonato en tratamiento. Voltaje ajustable de 127v – 280v. Origen: Argentina, importada por Cemsa, México, costo: 6.600,00\$ UD.



Imagen 85. Unidad médica MediLED

de-fototerapia-mediled/

7.3. CARACTERÍSTICAS

La luminaria deberá cumplir con las dimensiones y requerimientos lumínicos para la realización de la fototerapia tomando en cuenta su adaptación a los cueros, y espacios interiores de recámaras.

TECNOLOGÍA. *Utilizar la información explícita en el capítulo 6: Luz con tecnología LED azul de 460nm. – 490nm.*

USO. Planteada para el sector residencial a nivel ambulatorio en el que todas las personas podrán tener acceso a la luminaria. Bien sea mediante el alquiler (durante los días que se necesiten para realizar el tratamiento), o por adquisición (lo que dependerá del usuario final).

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS. En la actualidad el principal gasto de la fototerapia está relacionado directamente con el internar al paciente en un hospital. En un informe presentado en los Estados Unidos de América el costo diario estimado para el año 2002 fue de menos de 1.000\$ USD. (Sardá 2008). La fototerapia ambulatoria es una alternativa que resultará mas económica que la hospitalización.

7.4. PRODUCCIÓN

Estará compuesta por diferentes piezas que permitirán un fácil ensamblaje para su transporte, manejo e instalación; presentando una apariencia decorativa.

FORMA. El volumen estará distribuido en tres cuerpos que darán la estructura y soporte para lograr un elemento esbelto, en donde cada una de las piezas se puedan subdividir logrando ajustes y ángulos de inclinación para la proyección de luz sobre el área de trabajo y el paciente.

VECTORES. Corresponden a las imágenes en las que se establecen los primeros esquemas del boceto destacando la vista superior (*imagen 86*). La base en forma de trípode creará un volumen visualmente permeable que con la altura tendrá una apariencia esbelta (*imagen 87*).

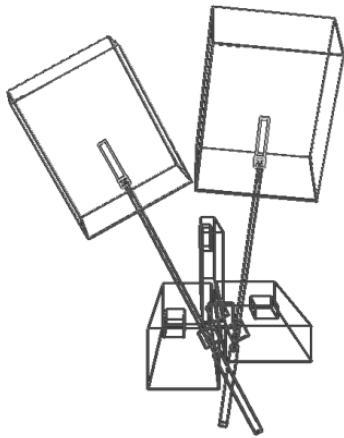


Imagen 86. Vectores Principales, vista superior
investigación

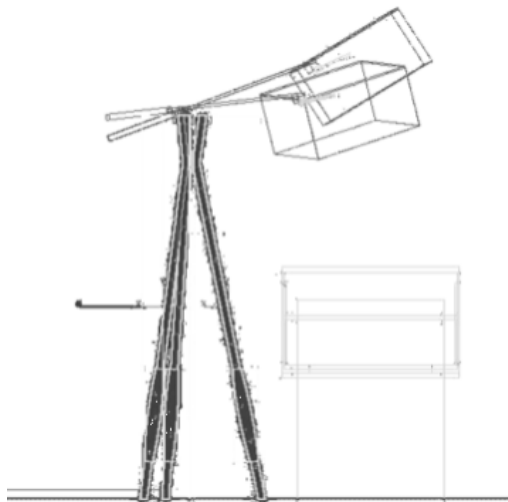


Imagen 87. Vista en alzado lateral
investigación

DIMENSIONES. Las dimensiones establecidas para su fabricación (*imagen 88*) se basan en el análisis los equipos médicos descritos en los casos análogos para el diseño de la luminaria, y el cumplimiento de las medidas con respecto a la ergonomía y antropometría.

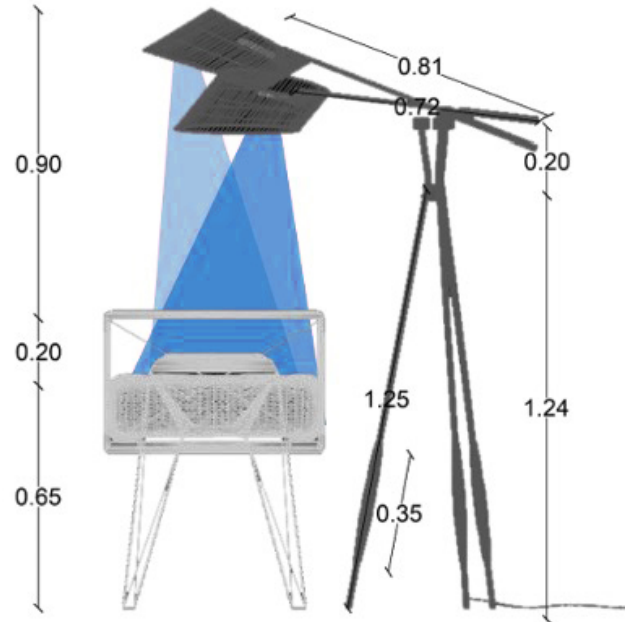


Imagen 88. Dimensiones de la luminaria (en metros)
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación

PARTES. Cada una de las partes cumplirán una función estructural de unión y adaptación, comprendidas en piezas horizontales y verticales.

Para su construcción será utilizada la madera de pino natural por su estética, resistencia, adaptación, aislamiento eléctrico, durabilidad, adaptación a propiedades térmicas del espacio, y la forma de trabajar ya que se considera fácil de manipular. Dentro del trabajo de carpintería se puede destacar que tiene facilidades para las tareas de secado, encolado, aserrado, y atornillado.

7.5. FABRICACIÓN

ESTRUCTURA. Es la parte fundamental de la luminaria que está compuesta por piezas que al momento de unirse generarán el volumen de la luminaria (*imagen 89*).

UNIONES. Se diseñaron diferentes piezas que van a permitir el ensamble estructural con las bases de la luminaria (*imagen 90*). Cada una corresponde a una unión entre piezas mediante el uso de pernos hexagonales que dan el soporte de la luminaria.

PANTALLAS. Corresponden a las piezas finales (*imagen 91*) que van a direccionar la luz sobre el área de trabajo. Para su construcción se proyecta el uso de acrílico translucido color gris, por su fácil limpieza, mantenimiento, durabilidad y apariencia, que va en sintonía con los demás materiales.

PROCEDIMIENTO. Las tablas 11 y 12 corresponden a la simbología utilizada para las *imágenes 92, 93, 94, y 95*. Todo esto incumbe a la descripción gráfica para el ensamble de la luminaria.

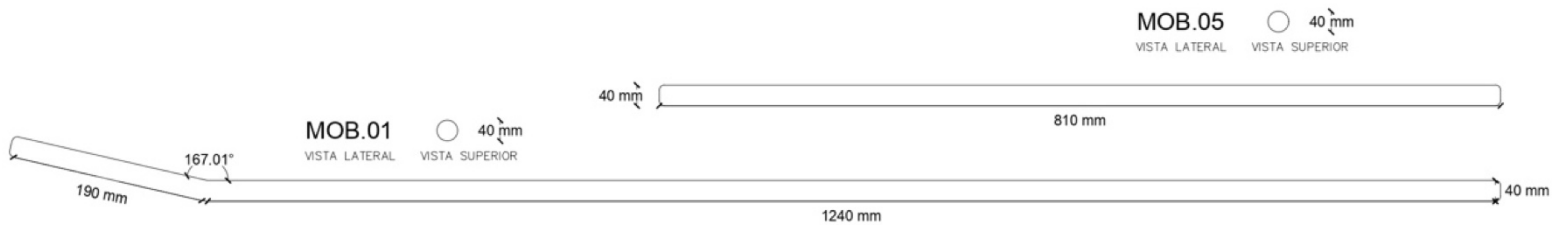


Imagen 89. Estructura de la luminaria
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación

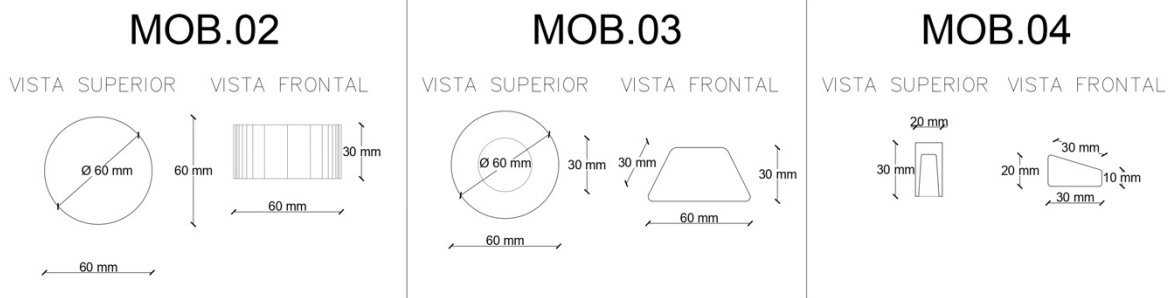


Imagen 90. Uniones
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación

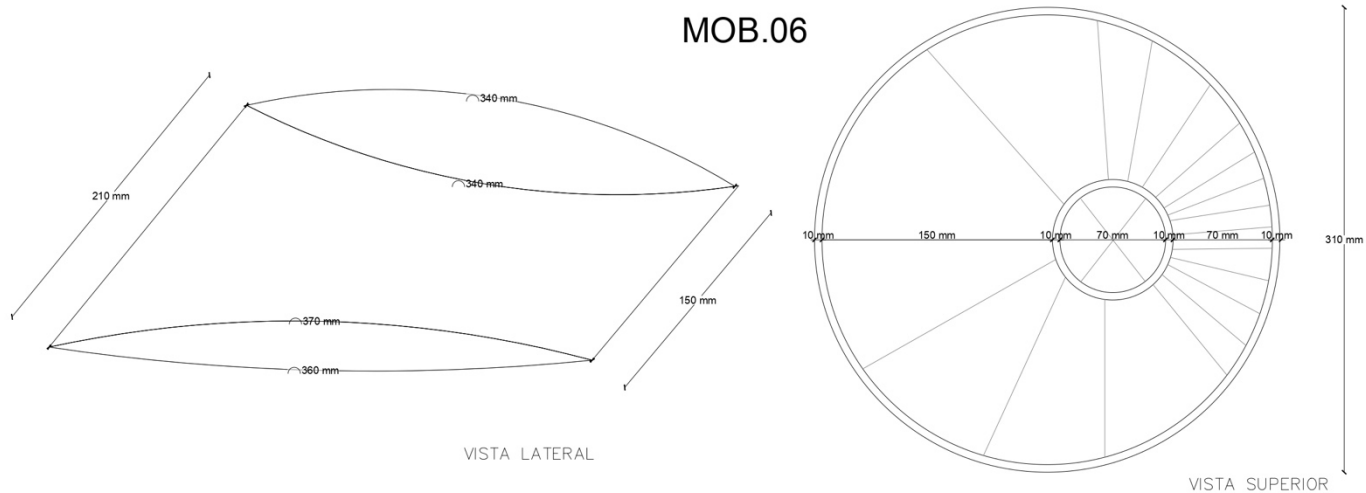


Imagen 91. Pantallas
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación

SIMBOLOGÍA DE PIEZAS – PROTOTIPO DE LUMINARIA

CLAVE	MATERIAL	COLOR	ACABADO	DESCRIPCIÓN	CANT.
MOB.01	PINO-MADERA	PINO NATURAL	MATE	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	3
MOB.02	PINO-MADERA	NEGRO	MATE	BASE PARA UNIÓN DE PIEZAS MOB.01 Y MOB.04	3
MOB.03	PINO-MADERA	NEGRO	MATE	BASE PARA UNIÓN DE PIEZAS MOB.01	1
MOB.04	PINO-MADERA	NEGRO	MATE	BASE PARA UNIÓN DE PIEZAS MOB.02 Y MOB.05	2
MOB.05	PINO-MADERA	PINO NATURAL	MATE	ELEMENTO PARA UNIÓN DE PANTALLAS	2
MOB.06	ACRÍLICO	GRIS	TRANSLÚCIDO	PANTALLA PARA LUMINARIA CON ESTRUCTURA DE ALAMBRE (COLOR NATURAL)	2

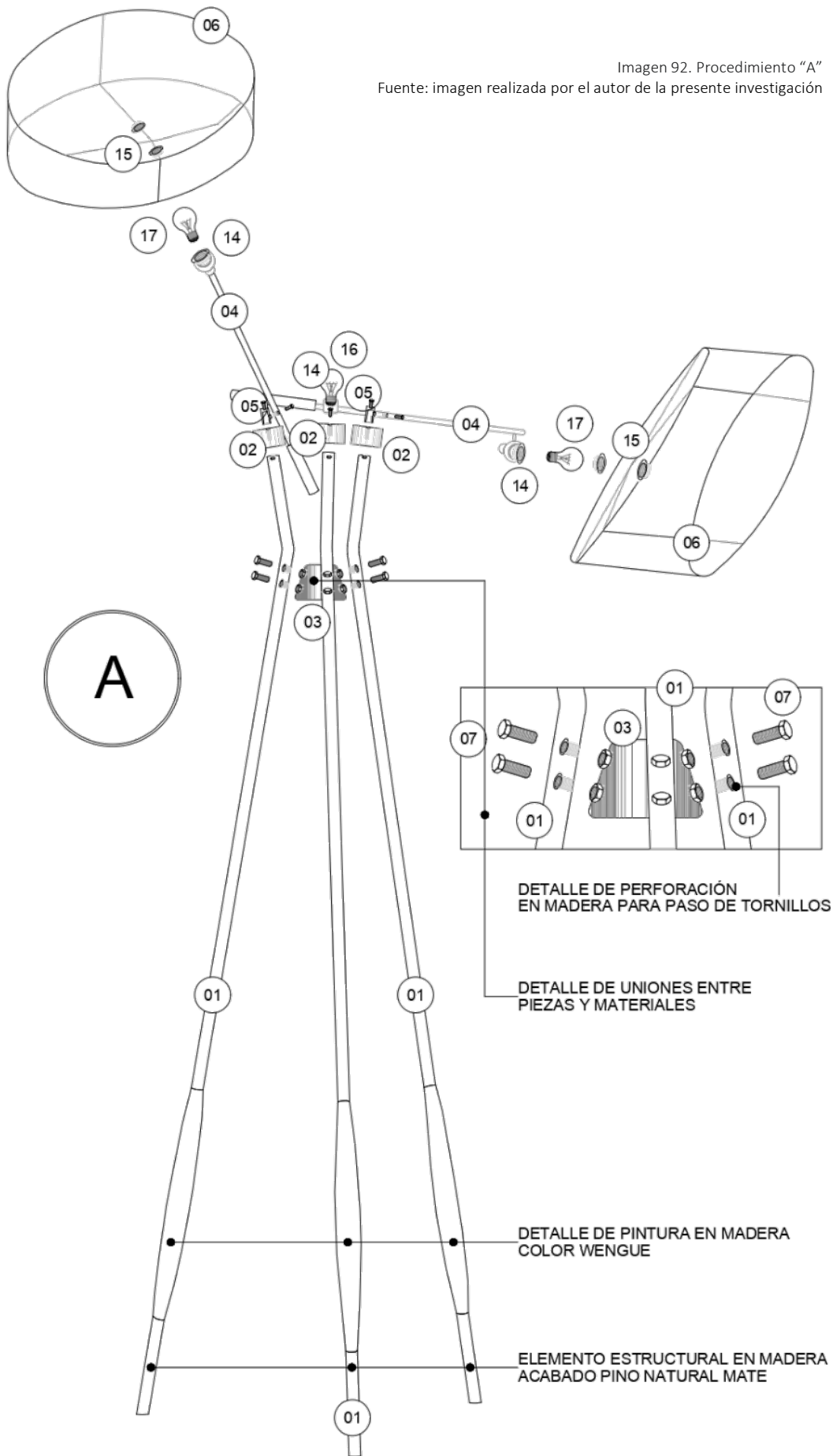
Tabla 11. CLAVE - Simbología de piezas
Fuente: tabla realizada por el autor de la presente investigación

MATERIALES UTILIZADOS – PROTOTIPO DE LUMINARIA

CLAVE	MATERIAL	COLOR	TIPO	CANT.
PRO.07	ACERO	NEGRO	TORNILLO CABEZA HEXAGONAL DE 1/4" x 1"	6 pz.
PRO.08	ACERO	NEGRO	TORNILLO CABEZA HEXAGONAL DE 1/4" DEL #8	10 pz.
PRO.09	CABLE	NEGRO	CABLE #16	5 m.
PRO.10	APAGADOR	NEGRO	INTERRUPTOR SENCILLO DE UN SWITCH	1 pz.
PRO.11	APAGADOR	NEGRO	INTERRUPTOR DE PISO SENCILLO DE UN SWITCH	1 pz.
PRO.12	PLÁSTICO	NEGRO	CLAVIJA OVALADA ROYER DE DOS POLOS	1 pz.
PRO.13	PLÁSTICO	GRIS/NARANJA	CONECTOR RAPIDO DE CABLE. 2 X 2 PINES TIPO PALANCA WAGO	12 pz.
PRO.14	CERÁMICA	GRIS	SOCKET PARA LÁMPARA DE BASE E26	3 pz.
PRO.15	PLÁSTICO	NEGRO	BASE ENROSCABLE PARA UNIÓN DE PANTALLAS	4 pz.
PRO.16	PLÁSTICO	BLANCO	LÁMPARA LED BASE E26	1 pz.
PRO.17	PLÁSTICO	BLANCO	LÁMPARA LED BASE E26	2 pz.

Tabla 12. CLAVE - Materiales utilizados
Fuente: tabla realizada por el autor de la presente investigación

Imagen 92. Procedimiento "A"
 Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación



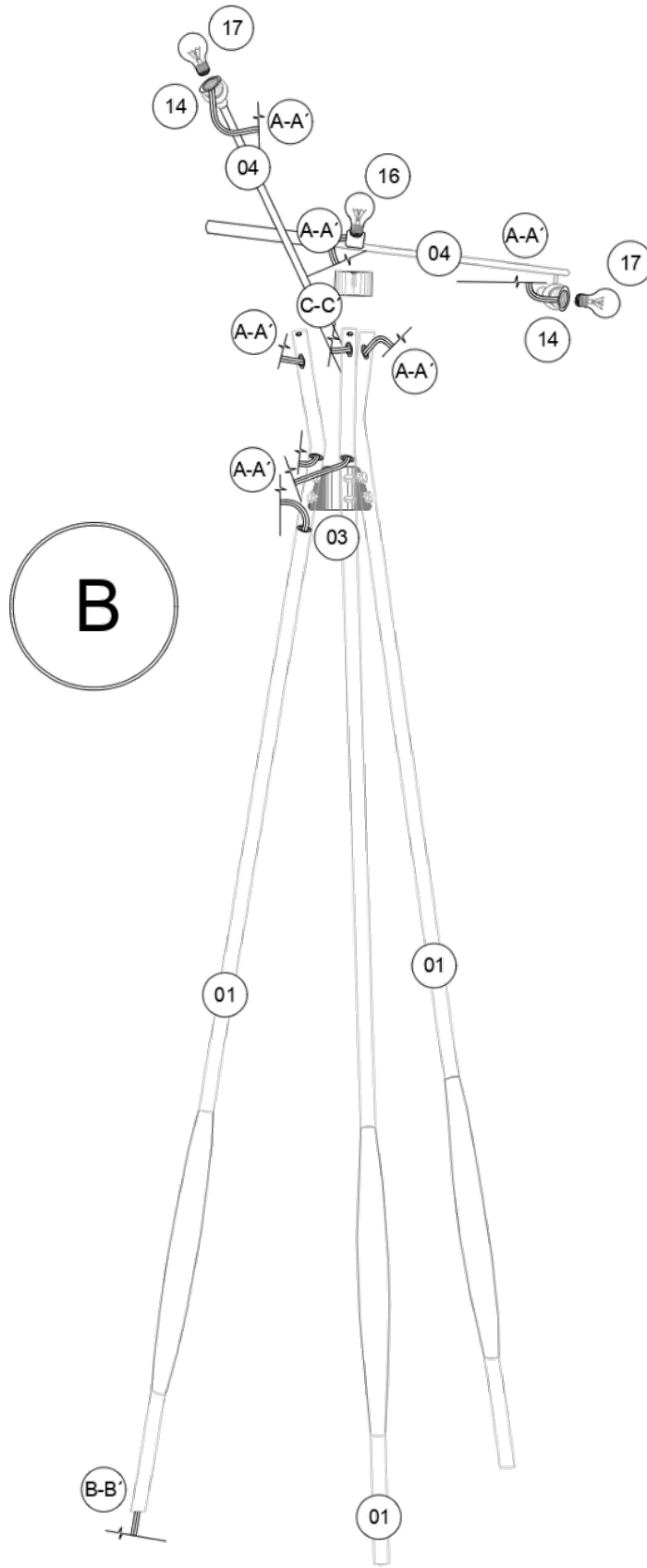
PIEZAS

- MOB.01
- MOB.02
- MOB.03
- MOB.04
- MOB.05
- MOB.06

MATERIALES

- PRO.07
- PRO.08
- PRO.09
- PRO.10
- PRO.11
- PRO.12
- PRO.13
- PRO.14
- PRO.15
- PRO.16
- PRO.17
- PRO.18

PARA VER ESPECIFICACIONES VER TABLA CORRESPONDIENTE TANTO PARA PIEZAS COMO PARA MATERIALES NECESARIOS



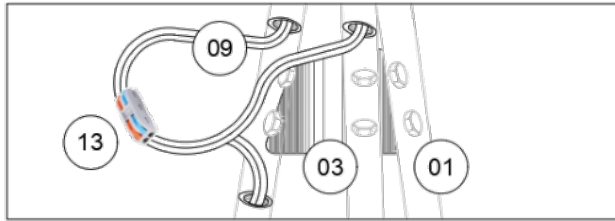
EL CABLEADO VA POR EL INTERIOR DE LOS ELEMENTOS DE MADERA
 SOLO SERÁ NECESARIO HACER LAS CONEXIONES ELECTRICAS. VER DETALLES**

PIEZAS
MOB.01
MOB.02
MOB.03
MOB.04
MOB.05
MOB.06
MATERIALES
PRO.07
PRO.08
PRO.09
PRO.10
PRO.11
PRO.12
PRO.13
PRO.14
PRO.15
PRO.16
PRO.17
PRO.18

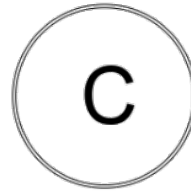
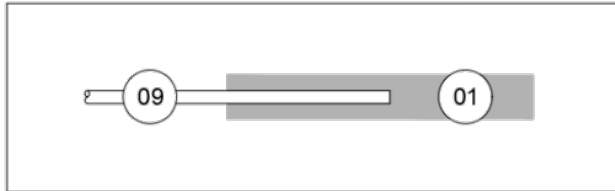
PARA VER ESPECIFICACIONES VER TABLA CORRESPONDIENTE TANTO PARA PIEZAS COMO PARA MATERIALES NECESARIOS

Imagen 93. Procedimiento "B"
 Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación

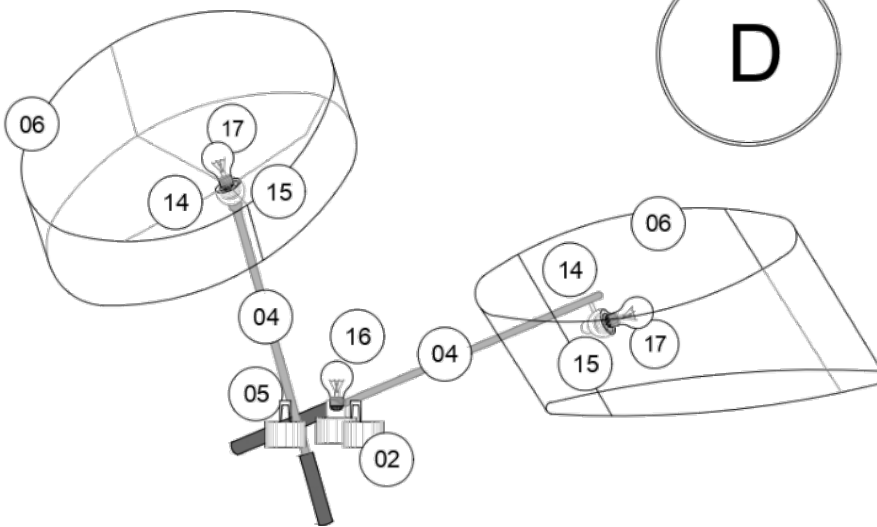
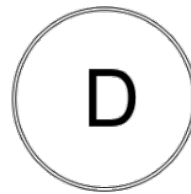
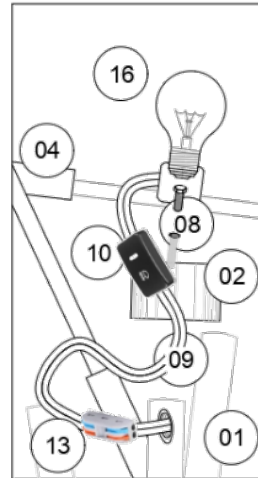
DETALLE PARA PASO DEL CABLEADO A-A'



CABLEADO EN INTERIOR DE MADERA B-B'



DETALLE CONEXIONES ELECTRICAS C-C'



PIEZAS

MOB.01

MOB.02

MOB.03

MOB.04

MOB.05

MOB.06

MATERIALES

PRO.07

PRO.08

PRO.09

PRO.10

PRO.11

PRO.12

PRO.13

PRO.14

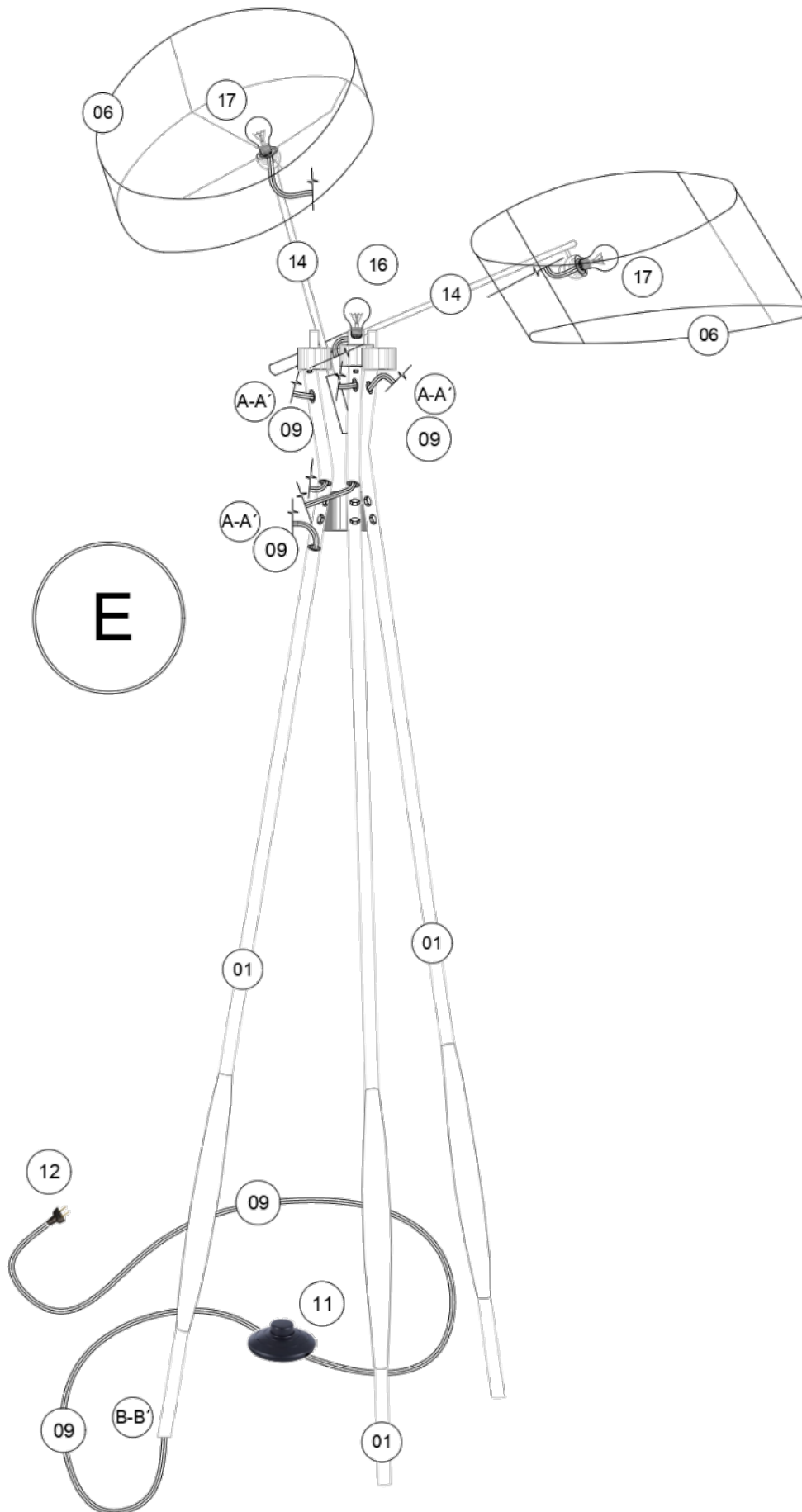
PRO.15

PRO.16

PRO.17

PRO.18

PARA VER ESPECIFICACIONES VER TABLA CORRESPONDIENTE TANTO PARA PIEZAS COMO PARA MATERIALES NECESARIOS



PIEZAS

MOB.01

MOB.02

MOB.03

MOB.04

MOB.05

MOB.06

MATERIALES

PRO.07

PRO.08

PRO.09

PRO.10

PRO.11

PRO.12

PRO.13

PRO.14

PRO.15

PRO.16

PRO.17

PRO.18

PARA VER ESPECIFICACIONES VER TABLA CORRESPONDIENTE TANTO PARA PIEZAS COMO PARA MATERIALES NECESARIOS

7.6. PROPIEDADES

ACABADOS. Madera de pino con acabado mate para elementos de madera en combinación con pintura (no toxica para el contacto humano; base agua) de esmalte color wengué (código LI-0182.30, pinturas Sayer) para destacar las piezas que corresponden a la estructura. Para las uniones se utilizó pintura color negro (código VG-0100.50, pinturas Sayer) para destacarlas del resto de la luminaria. Se utilizarán gomas en la parte inferior de las tres piezas estructurales para no maltratar los pisos.

SISTEMA DE CONTROL. Se utilizarán interruptores sencillos de un solo switch para facilitar el encendido y apagado de las lámparas. El primero ubicado a nivel del suelo el cual podrá ser activado mediante el toque del pie, para que la mamá pueda encender la fototerapia de una forma sencilla sin necesidad de agacharse (pensando en que el usuario es una mujer en periodo posparto). El segundo ubicado en una de las bases de madera para el control de la iluminación complementaria.

7.7. PROPUESTA EN 3D

A nivel conceptual están proyectadas tres lámparas de las cuales dos corresponden con la iluminación para el tratamiento del síndrome ictérico, y una tercera para la iluminación complementaria. En la vista superior (*imagen 96*), se aprecia la ubicación de cada lámpara y el comportamiento de la luz.

Como resultado se obtienen dos tipos de iluminación: la primera es indirecta de acento donde la luz será proyectada hacia el techo para iluminar por reflexión el espacio en torno a la luminaria (*imagen 97, parte superior izquierda*) mediante el uso de una lámpara con óptica cerrada. Y la segunda está compuesta por dos lámparas LED que corresponden a una iluminación semidirecta con el uso de difusores (pantallas acrílicas) en la cual la luz, será direccionada sobre el cunero (*imagen 97, parte inferior derecha*).



Imagen 96. Vista superior
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación

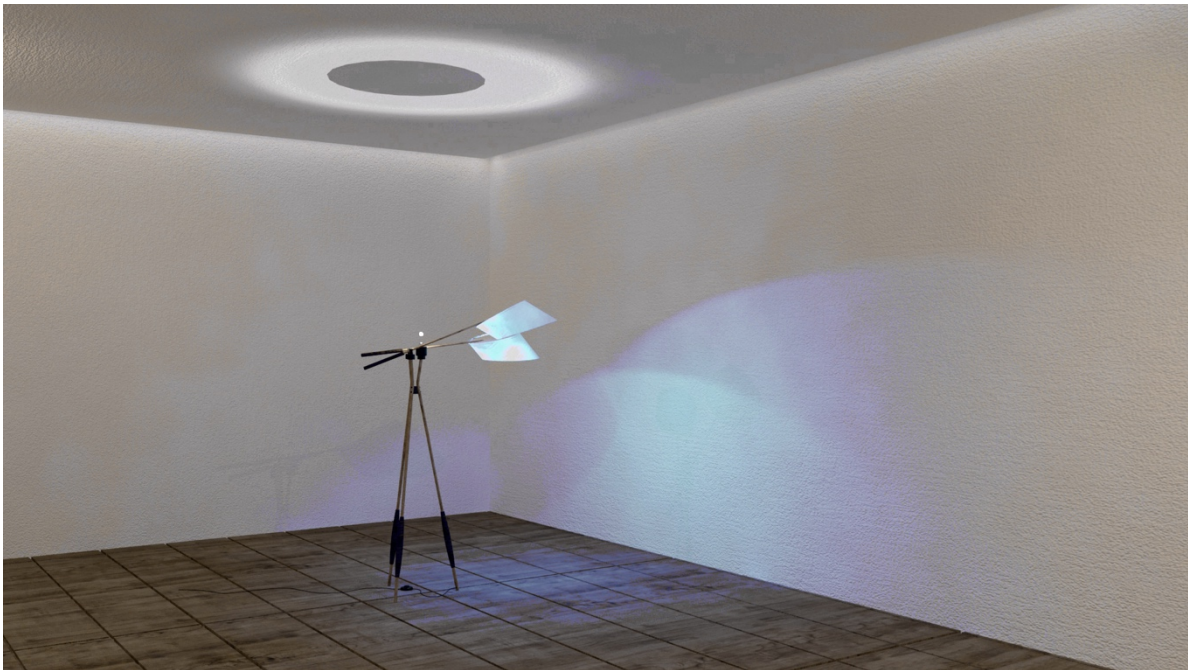


Imagen 97. Perspectiva lateral – proyección de luz
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación

7.8.

CÁLCULO LUMÍNICO: LUMINARIA

LA TERCERA ESCENA. Corresponde al cálculo lumínico con el cual se puede justificar que el diseño de la luminaria cumple con los requerimientos establecidos en el capítulo 6: *Investigación especial.*

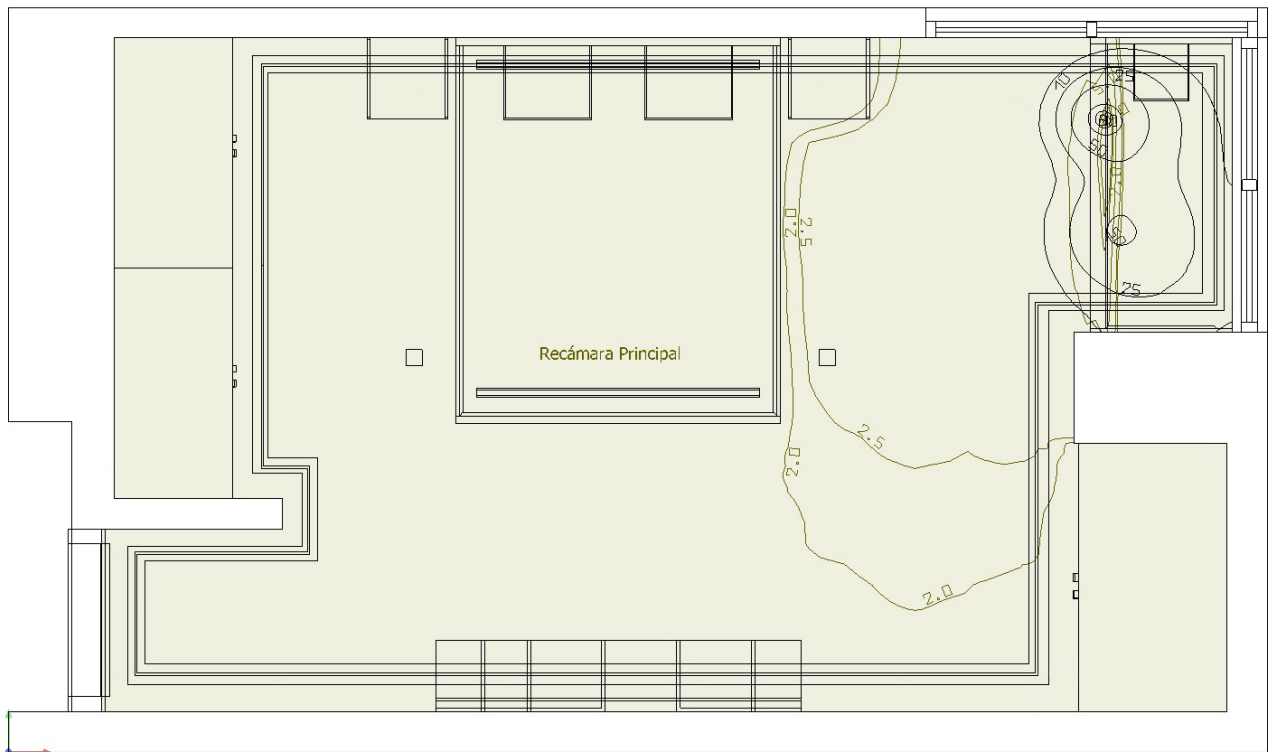


Imagen 98. Escena 3 – cálculo lumínico
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación, con uso del programa DIALux evo 9.2

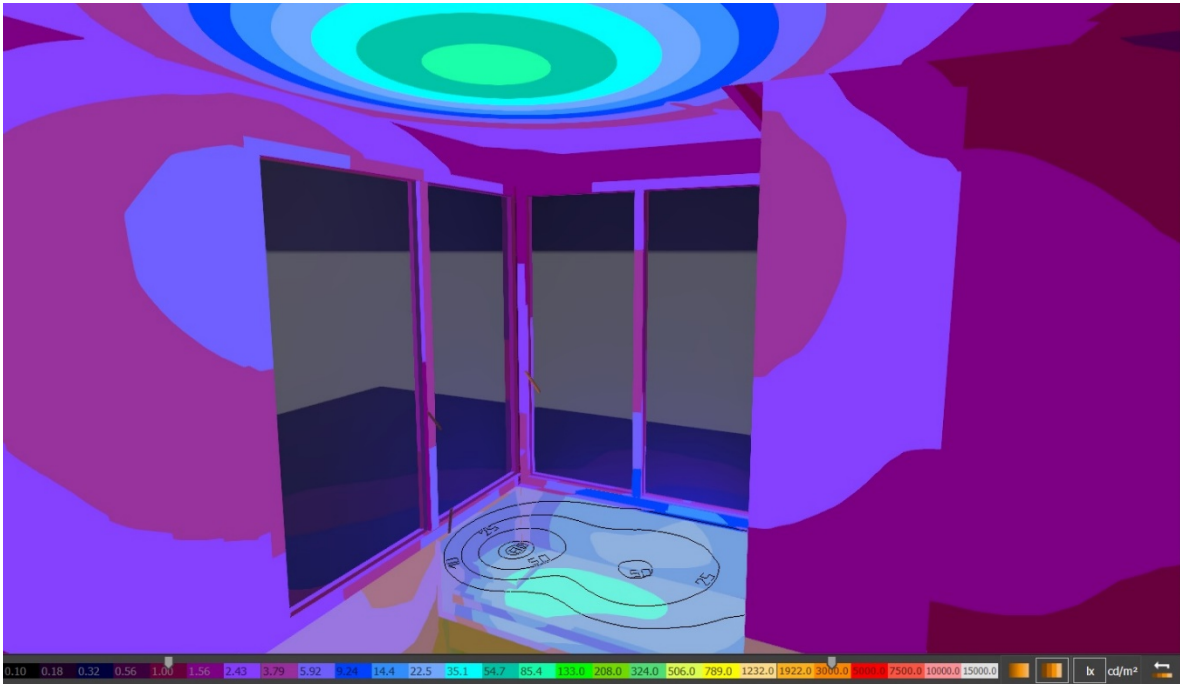


Imagen 99. Escena 3 – diagrama de colores falsos
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación, con uso del programa DIALux evo 9.2



Imagen 100. Escena 3 – perspectiva interior de la recámara
Fuente: imagen realizada por el autor de la presente investigación, con uso del programa DIALux evo 9.2

Nota: Al momento de ser adquirida y el usuario finalice con el uso de la fototerapia, se recomienda un cambio de lámparas con características de consumo energético similares.

7.9. FICHAS TÉCNICAS: LUMINARIA

En la *tabla 12*, se presenta la información técnica y características de las lámparas utilizadas.

Tabla 13. Ficha técnica de productos utilizados
Fuente: tabla realizada por el autor de la presente investigación

C503B-BCN/GCN:

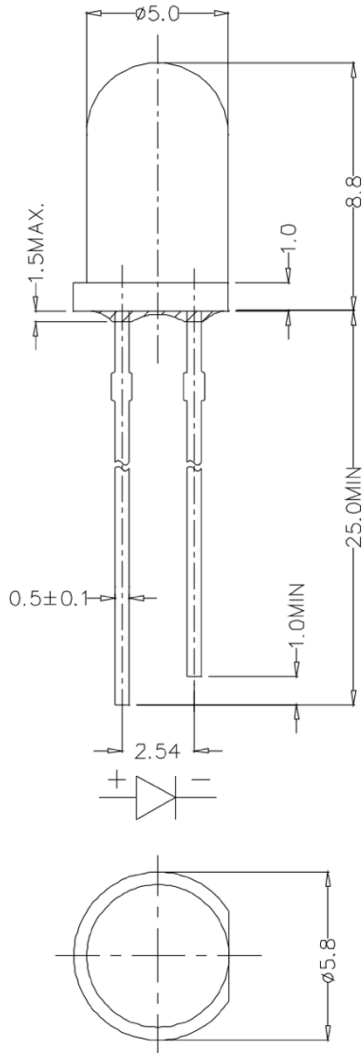


Imagen 101. Dimensiones del LED azul, 470 nm
Fuente: <https://www.farnell.com/datasheets/1975638.pdf>

(RELATIVE LUMINOUS INTENSITY)

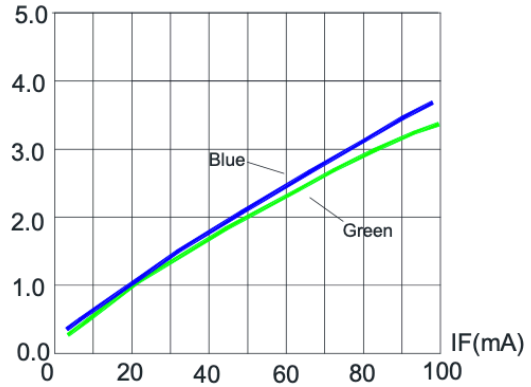


FIG.2 RELATIVE LUMINOUS INTENSITY VS. FORWARD CURRENT

(RELATIVE LUMINOUS INTENSITY)

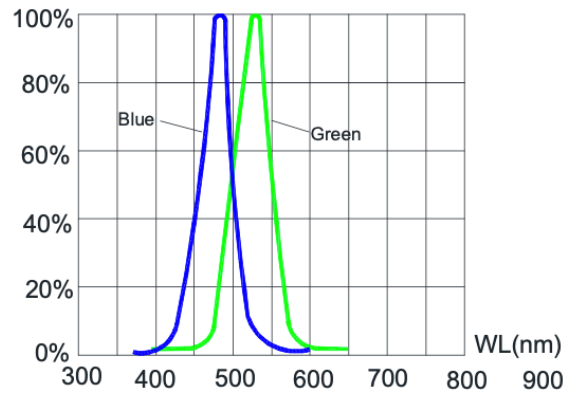


FIG.4 RELATIVE LUMINOUS INTENSITY VS. WAVELENGTH.

C503B-BCS/BCN/GCS/GCN 50% Power Angle : 30°
(RELATIVE LUMINOUS INTENSITY)

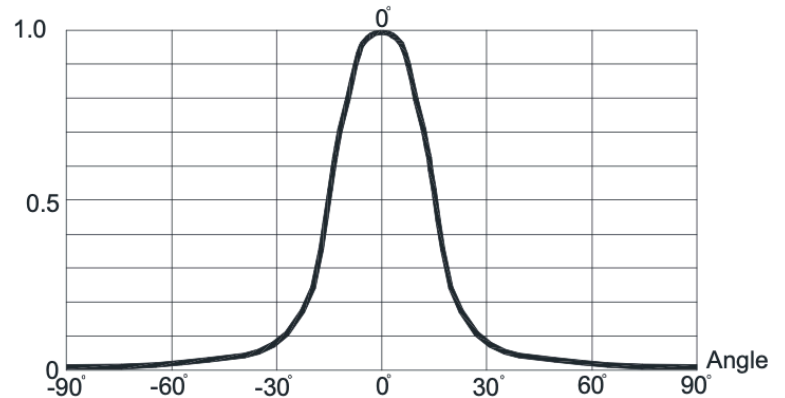


FIG.7 FAR FIELD PATTERN

Imagen 102. Características lumínicas del LED azul, 470 nm
Fuente: <https://www.farnell.com/datasheets/1975638.pdf>

7.10.

ANTECEDENTE: LÁMPARA LED AZUL

Para el cálculo de lámpara de LED azul, se realizó el estudio del artículo “Desarrollo del equipo de fototerapia para la ictericia neonatal, basado en un algoritmo para el tratamiento y un método predictivo para la detección del nivel de bilirrubina”, Realizado por: Morales Pedro, Bravo Erick, y Aliaga Carmen, en el año 2016, para el Instituto Nacional Materno Perinatal, Lima, Perú.

El método de cálculo para la lámpara LED azul, se basa en una superposición de los modelos Lambertianos individuales para cada LED (*descrito por unidad en la tabla 13*) con una separación desde cada eje de 8 cm entre sí. La distribución lumínica uniforme se fundamenta en una retícula de 4 filas y 7 columnas para un área de trabajo de 1.800 cm² (60 cm x 30 cm); con un total de 28 leds utilizados.

Nota: De esta lámpara se utilizaron dos unidades *

7.11.

CONTROL DE INTENSIDAD

La intensidad podrá ser controlada de la siguiente manera:

LÁMPARA PHILIPS LED RGB. (1 Unidad) Su control será de forma digital mediante el sistema inteligente Hue Philips bluetooth descrito anteriormente. Permitiendo ser automatizada desde una aplicación móvil, desde el teléfono del usuario.

LÁMPARA LED AZUL 470 nm. (2 Unidades) Su control será mediante un sistema electrónico que integrará un sistema de atenuación PWM (Pulse Width Modulation por sus siglas en inglés; o Modulación por ancho de pulsos), que sirve para variar la energía recibida por un dispositivo electrónico mediante cambios entre apagado y encendido.

7.12. RESULTADO

A continuación, se presentan los datos obtenidos para el cálculo de irradiancia:

TABLA DE DATOS OBTENIDOS

FUENTE DE ILUMINACIÓN	LÁMPARA LED (1)
POTENCIA MAX. DE FUNC.	10.5 W
BASE	E26
VIDA ÚTIL NOMINAL	25.000 horas
LONGITUD DE ONDA (nm)	470 nm
NIVEL DE ILUMINACIÓN A 50cm DE ALTURA	25 $\mu\text{W} / \text{cm}^2 / \text{nm}$
ALTURA MAX. DE OPERACIÓN	30 – 70 cm
ÁREA DE TRABAJO	1.800 cm^2
POTENCIA EN VATIOS EQUIVALENTE	75 W
TEMP. DE FUNCIONAMIENTO	-20 °C a 45 °C
ENERGÍA MAX. EN ESPERA	0.2
FACTOR DE ENERGÍA	0.7
PESO	78 g
DIMENSIONES	alto 26mm x ancho 76 mm

IRRADIANCIA TOTAL PARA (2) LÁMPARAS

NIVEL DE ILUMINACIÓN A 50cm DE ALTURA	50 $\mu\text{W} / \text{cm}^2 / \text{nm}$
ALTURA MAX. DE OPERACIÓN	30 – 70 cm

Con estos resultados podemos demostrar que la lámpara cumple con los parámetros requeridos por la Academia Americana de Pediatría. Como se puede observar una sola lámpara puede al menos alcanzar los requerimientos mínimos; pero se utilizaron dos lámparas para llevar al máximo los niveles de irradiancia en caso de que se requiera una fototerapia intensiva.

Con las dos lámparas se obtiene una irradiancia total de 50 $\mu\text{W} / \text{cm}^2 / \text{nm}$, en su máxima intensidad. La efectividad de la fototerapia dependerá de la irradiancia generada por el sistema de iluminación, la cantidad de piel expuesta a la luz, la causa y la gravedad de la hiperbilirrubinemia.

Se menciona también que la irradiancia y su rango espectral para realizar una fototerapia convencional es de aproximadamente 10 $\mu\text{W} / \text{cm}^2 / \text{nm}$, y para una fototerapia intensiva es de > a 30 $\mu\text{W} / \text{cm}^2 / \text{nm}$; destacando que para el valor de la irradiación mínima efectiva es de 6 $\mu\text{W} / \text{cm}^2 / \text{nm}$, y su máxima de 40 $\mu\text{W} / \text{cm}^2 / \text{nm}$, con el rango de 460 – 490 nm.

Tabla 14. Tabla de datos obtenidos para el cálculo de irradiancia
Fuente: tabla realizada por el autor de la presente investigación

CAPÍTULO

08

CONCLUSIÓN

El presente trabajo de investigación logra varios avances de diseño, enfocándose principalmente en las necesidades de los usuarios. Esto como resultante de un proyecto de iluminación que no solo cumplió con la normativa, sino que también estableció un vínculo entre diferentes ciencias.

Por otra parte, es importante concluir que la luminaria diseñada cumple con los objetivos planteados, teniendo como resultado un producto de fácil transporte, rápido ensamblaje, y poco peso que podrá ser ubicada en cualquier espacio ambulatorio. Su integración con el proyecto de iluminación logró dar una respuesta positiva a la interrogante de la hipótesis; afirmando que, mediante la combinación de ambos, se obtuvo un trabajo innovador que da solución al planteamiento del problema.

Este proyecto servirá como referencia para futuros trabajos en los que se necesite realizar un diseño lumínico que posea requerimientos semejantes a los descritos.

“El uso de la luz natural y artificial representa una necesidad de suma importancia para la vida y el desarrollo del ser humano; por ello debemos utilizarlas conscientemente”.

Tovar 2021.

CAPÍTULO

09

GLOSARIO

UNIFORMIDAD. Es la cantidad de iluminancia proporcionada sobre una superficie de referencia. Generalmente la iluminancia no es uniforme, pero es una gran magnitud para el cálculo del confort y la visión.

CONTRASTE. Se define como la magnitud que mide la relación entre la iluminancia de un objeto y la luminancia de su fondo.

NANÓMETRO. Es la unidad de la longitud del sistema de unidades internacional que equivale a una mil millonésima parte de un metro ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) o a la millonésima parte de un milímetro. Su símbolo es nm, y entre otras aplicaciones se utiliza para medir la longitud de onda de la luz, radiación ultravioleta, y la radiación infrarroja.

LONGITUD DE ONDA. En física se define como “la distancia que recorre una perturbación periódica que se propaga por un medio en un ciclo” (Gerald, pág. 339, 2002). También conocida como un periodo espacial que es la inversa de la frecuencia multiplicado por la velocidad de la onda propagada en el medio mediante el cual se propaga.

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO. Está representado por todos los niveles posibles de la energía que la luz pueda tener siendo equivalente a hablar de longitud de onda, abarcando así todas las longitudes. Este se divide en diferentes regiones espectrales que se clasifican según los métodos característicos para generar y describir los diversos tipos de radiación.

ESPECTRO VISIBLE. Corresponde a la región del espectro electromagnético que es capaz de ser percibida por el ojo humano, el cual responde a longitudes de onda desde 380 nm a 750 nm; aunque pueden existir casos excepcionales en los que algunas personas puedan ser capaces de percibir longitudes de ondas desde 310 nm hasta 1,050 nm. A nivel de frecuencia el espectro corresponde a una banda en el campo de valores entre 450 nm y 750 nm. Un ojo que se logra adaptar a la luz generalmente tiene como máxima sensibilidad un valor de 555 nm en la región verde del espectro.

No obstante, no contiene todos los colores que los ojos de los humanos y el cerebro pueden distinguir tales como: marrón, dorado, magenta, plateado y negro; puesto a que están ausentes debido a que son la mezcla de múltiples longitudes de onda.

LUZ. Es la parte de la radiación electromagnética que puede ser percibida por el ojo humano. Físicamente se considera como la parte del campo de las radiaciones conocido como espectro electromagnético, mientras que cuando hablamos de luz visible se define como la radiación en el espectro visible.

DIFUSOR. Es un elemento óptico utilizado para difuminar o esparcir la cantidad de luz que incide sobre él, mediante el seguimiento de un patrón. Puede trabajar por reflexión, cuando se utiliza para incrementar el rendimiento óptico de la proyección de luz de una luminaria con el mínimo de pérdidas, o por absorción de reflexiones internas. También por refracción, cuando se utiliza para generar una luz homogénea y crear grandes superficies luminosas que optimicen el confort visual de las personas.

LENTE. Es un elemento óptico cuya transparencia se emplea para controlar la geometría del flujo luminoso mediante el uso de las propiedades de transmisión y refracción de los materiales que lo componen.

CUERPO NEGRO. Es un sistema físico idealizado para lograr el estudio de las radiaciones electromagnéticas entre otras. Este cuerpo absorbe toda la energía radiante

(luz) que incide sobre él y logra tener un rendimiento del 100% en absorción; ya que nada se refleja.

LED. Light Emitting Diode o Diodo Emisor de Luz. Se define como un componente electrónico no lineal que es capaz de conducir la luz en una sola dirección cuando la corriente lo atraviesa en forma de fotón, gracias a su característica electroluminiscente como respuesta a esa energía.

EFICACIA LUMINOSA (lm/W). Es el rendimiento que se obtiene de una lámpara o luminaria, siendo la relación directa entre el flujo luminoso expresado en lúmenes (lm) y la potencia consumida en watts (W). Este rendimiento depende de varios factores como la temperatura de color y el valor de la energía aplicada.

FLUJO LUMINOSO. Es la parte de la potencia radiante total emitida por una fuente de luz que es capaz de afectar el sentido de la vista. Su unidad de medición es el lumen (lm). Esta es una característica importante que debemos tomar en cuenta para la elección de la lámpara ya que nos indica la energía lumínica que emitirá la fuente en un segundo, siendo su forma principal de rendimiento

INTENSIDAD LUMINOSA. Es la cantidad de flujo luminoso que emite una fuente por unidad de ángulo sólido. Su unidad de medida es la candela (cd). Se utiliza para calcular la cantidad de luz, ángulo y dirección que proyecta una lámpara hacia una superficie lo cual nos permitirá evaluar si las luminarias elegidas son idóneas para cumplir con los requerimientos establecidos en las normas.

ILUMINANCIA. Se define como el total del flujo luminoso que incide sobre una superficie por unidad de área. Su unidad de medición es lux (lx) = (lm/m²), también está relacionada a como las personas perciben la cantidad de luz procedente de una superficie iluminada. Su cálculo nos permitirá comprobar si la cantidad de luz reflejada en los objetos cumple con las normas de la IES, así como también ayudará a evaluar si la elección de los materiales es óptima.

LUMINANCIA. Es la densidad rectangular, superficial y angular del flujo luminoso que se proyecta, refleja o incide sobre una superficie con una dirección dada y se mide en cd/m².

DESLUMBRAMIENTO. Es la pérdida o disminución de la capacidad visual como resultado del exceso de altos niveles iluminancias que inciden directamente en el ojo humano produciendo fatiga; incapacita la visión por un instante.

CAPÍTULO

10

BIBLIOGRAFÍA

- Rosenberg PJ. y Rozance AA (2017). *The Neonate*, Filadelfia, Estados Unidos, en Gabbe SG., Niebyl, J., Simpson, J. (2017). *Obstetrics: Normal and problema pregnancies*, Filadelfia, Estados Unidos: Elsevier, cap. 22.
- Muchowski, Karen E. (01 de junio 2014) "Evaluation and treatment of neonatal hyperbilirubinemia", en *Am Fam Physician*, 2014, junio, 1;89(11):873-878 (PMID: 25077393), disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25077393
- Thorington, Luke, Cunningham, L. y Parascandola, J. (1971). "The Illuminant in the Prevention and Phototherapy of Hyperbilirubinemia" en *Prevention and Phototherapy of Hyperbilirubinemia*, Nueva York: Illuminating Engineering Society, IES, pp. 240-250.
- Tango Inc. (19 de febrero 2018) "Ictericia del recién nacido", en *Enciclopedia médica*, biblioteca nacional de medicina de los EE. UU. American Accreditation Healthcare Commission, URAC, disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001559.htm>
- Rubenstein, Reva (1993). "Human health and environmental toxicity issues for evaluation of halon replacements", en *Toxicology Letters*, volume 68, mayo, pp. 21-24.
- Secretaria de Gobernación, Norma Oficial Mexicana NOM-030-ENER-2016, Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (LED) integradas para iluminación general, México, Secretaría de la Salud, SEGOB.
- Bidault, Océane (10 de agosto 2018) "Que es la luz ultravioleta, y para qué sirve", disponible en: <https://www.waterlogic.es/blog/que-es-la-luz-ultravioleta/>
- Sandoval, [Marcelo-andree-sando] (15 de marzo 2018), Diapositivas de Ictericia neonatal, [Figura], disponible en: <https://www.docsity.com/es/diapositivas-de-ictericia-neonatal/2529729/>
- Instituto Nacional de Enfermedades Neurológicas y Accidentes Cerebrovasculares NINDS (por sus siglas en inglés) (29 de mayo 2012) "Sleep and

- circadian rhythms In Brain Basics: Understanding sleep”, disponible en: https://www.ninds.nih.gov/Disorders/Patient-Caregiver-Education/Understanding-Sleep_
- Consejo Nacional de Técnicos Electricistas, RESOLUCIÓN_180540_30-03-2010, Diseños y Cálculos de Iluminación Interior, cap. 4, secc. 410, Colombia, disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3864/7/Resolucion%20180540%20Bogot%C3%A1%20Colombia.pdf>
 - Barrantes, Pablo (2021) “Tipos de iluminación, sus estilos, y clasificación”, disponible en: <https://fesiluz.com/tipos-de-iluminacion-sus-estilos-y-clasificacion>
 - Gili, Gustavo (2012). *Como diseñar una lámpara*, Londres, Reino Unido, en Design Museum GG., pp. 42-70.
 - Martínez, Pablo (28 de abril 2012) “Manual de iluminación INDAL”, disponible en: https://issuu.com/pablomartinezdiez/docs/00_manual_indal
 - Asociación Española de Normalización y Certificación, NORMA UNE-EN 13032-4:2015, Luz y alumbrado. Medición y presentación de datos fotométricos de lámparas y luminarias, Parte 4: Lámparas LED, módulos y luminarias, octubre 2016, (13032-4:2015).
 - Asociación Española de Normalización y Certificación, NORMA UNE-HD 60364-5-559:2012, Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 5- 559: Selección e instalación de equipos eléctricos. Luminarias e instalaciones de alumbrado, enero 2018, (HD 60364-5-559:2012/A11:2017).
 - Asociación Española de Normalización y Certificación, NORMA UNE-EN 60598-1:2015, Luminarias. Parte 1: Requisitos generales y ensayos, mayo 2019, (60598-1:2015).
 - Asociación Española de Normalización y Certificación, NORMA UNE-EN 62722-1:2016, Prestaciones de las luminarias. Parte 1: Requisitos generales, mayo 2019, (62722-1:2016).
 - Definición XYZ (2021) “Luz Ultravioleta”, disponible en: <https://definicion.xyz/luz-ultravioleta>.

- Mcdonagh, Maisels (2008). *Fototerapia para la ictericia neonatal*, Buenos Aires, Argentina, en revista del Hospital Materno Infantil Ramón Sardá, pp. 100-111.

- Rodríguez, S. Rojas, J.I. Ruiz, et al. (2012). *Prevalencia de ictericia neonatal patológica en el servicio de neonatología del hospital universitario Dr. Ángel Larralde*, Valencia, Estado Carabobo, Venezuela. *Avances en Ciencias de la Salud.*, pp. 38-43

- Abdulla, C. Breneman, B. Adams. *Standards for genital protection in phototherapy units*, en *J Am Acad Dermatol.*, 62 (2) (2010), pp. 223-226.

CAPÍTULO

1 1

ANEXOS

11.1.

CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

En la (*imagen 102*) se presenta el primer ensamble en el que el diseño de la pieza central MOB.03 cuenta con tres partes cóncavas que hacen referencia con cada base de madera tipo 1 para la estructura de la luminaria MOB.01. Mediante el uso de pernos de tipo hexagonal, con esta pieza se logra el armado formal para el soporte de tipo trípode.

Con respecto al segundo ensamble (*imagen 103, 104*) se fabricaron las piezas que, con el uso de pernos de cabeza hexagonal, permiten unir la estructura principal con las bases de madera tipo 2 para el soporte de las lámparas. Estas piezas MOB.02 y MOB. 04, tienen perforaciones para permitir la unión con los pernos hexagonales de 1/4" del #8.



Imagen 102. Armado correspondiente al primer ensamble
Fuente: fotografía tomada por el autor de la presente investigación



Imagen 103. Armado correspondiente al segundo ensamble
Fuente: fotografía tomada por el autor de la presente investigación



Imagen 104. Construcción del prototipo de la luminaria - Materiales
Fuente: fotografía tomada por el autor de la presente investigación



Imagen 105. Separación entre bases de madera tipo 2 para ubicación de lámparas
Fuente: fotografía tomada por el autor de la presente investigación

Con respecto a los dos brazos en donde se ubicarán las lámparas y las pantallas, se estableció una separación de 44 cm. como puede apreciarse en la (*imagen 105*); y con el ángulo que se genera se logrará cubrir el área de trabajo deseada para la proyección de luz.

El aspecto final del prototipo de la luminaria se presenta en la (*imagen 106*), en donde se aprecia el armado final para los tres ensambles, las piezas de unión que se destacan de todo el volumen por su color negro, las bases para el soporte de las pantallas, las lámparas LED, y las conexiones eléctricas utilizadas.



Imagen 106. Armado final del prototipo de la luminaria – perspectiva inferior
Fuente: fotografía tomada por el autor de la presente investigación

11.2. PRUEBA DE ILUMINACIÓN

Se realizaron pruebas de iluminación para comprobar que la cantidad de luz cumple con los requisitos; así como también que los efectos lumínicos que producen las lámparas utilizadas son los deseados. Una muestra de ello puede apreciarse en la (*imagen 107*).



Imagen 107. Prototipo de luminaria para el control del síndrome icterico en periodo neonatal
Fuente: fotografía tomada por el autor de la presente investigación