



Universidad Autónoma de Querétaro San Juan del Río
Facultad de Ingeniería
Licenciatura en Arquitectura

ESTUDIO Y PROPUESTA DE ILUMINACIÓN PARA TALLERES DE
ELECTROMECAÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el título de Licenciada en
Arquitectura con línea terminal en Estética del Espacio

Presenta

Cynthia Carol Estrada Monroy

Dirigido por:

Dr. Juan Primo Benítez Rangel

SINODALES

Dr. Juan Primo Benítez Rangel
Director

Firma

M. en C. Adelina Silva Musiera
Asesor

Firma

LDIA. Miriam Villagómez Moreno
Asesor

Firma

M. en Arq. Héctor Olaf González Pérez
Asesor

Firma

Dr. Manuel Toledano Ayala
Director de la Facultad de Ingeniería

M. en Arq. Joel Valencia Camacho
Coordinador de Lic. En Arquitectura SJR

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Marzo 2020

RESUMEN

El presente trabajo muestra una propuesta lumínica en los talleres de electromecánica de la Universidad Autónoma de Querétaro, San Juan del Río; el cual carece de iluminación adecuada que cumpla con la NOM-025-STPS-2008 de “Condiciones de iluminación en los centros de trabajo”.

Se tomaron en cuenta consideraciones técnicas como antecedentes en tipos de luminarias, deslumbramiento, luz natural y luz artificial, energía eléctrica, con el fin de dar propuestas documentadas que permitan mejorar la seguridad visual en los talleres y un ahorro energético.

Se realizaron encuestas y análisis in situ, que permitieron obtener los datos necesarios para realizar tres propuestas: una normativa, de ahorro de energía y arquitectónica, donde a través de softwares se mostraron mejoras para las condiciones visuales de los usuarios en los talleres.

Palabras clave: (Propuesta lumínica, iluminación, ahorro de energía, arquitectura, seguridad visual).

DEDICATORIAS

Especialmente a mi mamá María Paz que me ha enseñado con su ejemplo el valor de la constancia, la dedicación y el esfuerzo. Mi mayor admiración.

A mis abuelitos, Justina que ha sido mi mejor amiga en cada uno de los momentos desde los cotidianos hasta los extraordinarios y ha estado impulsándome a seguir día a día y a Rafael que en silencio se enorgullecía de que finalizara este proceso.

A mis amigos Rafa, Romario, Liz y Karen que estuvieron en este proceso y me alentaron en todo momento, a Sergio que creyó en mí y tuvo la mejor actitud y disposición siempre con una sonrisa enorme. A Míriam porque más que una maestra fuiste una amiga en el proceso.

AGRADECIMIENTOS

A mi director Dr. Juan Primo Benítez Rangel por su tiempo y disposición en cada una de las revisiones, siempre haciendo parecer la tesis un trabajo sencillo, permitiéndome concluir este reto.

A M. en C. Adelina Silva Musiera por su paciencia, apoyo y recomendaciones en cada una de estas páginas.

A LDIA. Míriam Villagómez Moreno por su disposición desde el principio de este proyecto, sus aportes y correcciones minuciosas, por sus enseñanzas e inducción al mundo de la iluminación.

A M. en Arq. Héctor Olaf González Pérez por sus adecuadas sugerencias para mejorar este proyecto.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1 Antecedentes
 - 1.1.1 Iluminación artificial a través del tiempo
- 1.2 Descripción del problema
- 1.3 Objetivo general
 - 1.3.1 Objetivos particulares
- 1.4 Hipótesis
- 1.5 Marco teórico
- 1.6 Justificación

CAPÍTULO 2

2. ESTADO DEL ARTE

- 2.1 Ojo humano
- 2.2 Iluminación y visión
- 2.3 Importancia de la luz
- 2.4 Iluminación y desempeño escolar y laboral
- 2.5 Iluminación y electricidad
- 2.6 Consideraciones técnicas
 - 2.6.1 Conceptos de iluminación
 - 2.6.2 Color y temperatura de la luz
 - 2.6.3 Deslumbramiento
 - 2.6.4 Luz natural y artificial
- 2.7 Normatividad
- 2.8 Principios de iluminación
 - 2.8.1 Tipos de luminarias

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

- 3.1 Obtención de datos del lugar
- 3.2 Análisis de datos
- 3.3 Propuestas

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS

- 4.1 Hallazgos
- 4.2 Resultados software
- 4.3 Comparativa de resultados

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES

6. Referencias y bibliografía

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Lámpara de aceite de la antigüedad.
Figura 2. Lámpara de gas.
Figura 3. Lámpara incandescente.
Figura 4. Lámpara fluorescente.
Figura 5. Partes del ojo.
Figura 6. Función de adaptación a la oscuridad.
Figura 7. Niveles específicos de iluminación por actividad.
Figura 8. Gráfica del crecimiento anual del consumo total por sector.
Figura 9. Precios de electricidad por sectores OCDE
Figura 10. Esfera de Ulbricht
Figura 11. Representación de la intensidad luminosa
Figura 12. Representación de Iluminancia
Figura 13. Temperatura del color escala Kelvin.
Figura 14. Iluminación directa.
Figura 15. Iluminación indirecta.
Figura 16. Iluminación difusa.
Figura 17. Iluminación de efecto.
Figura 18. Iluminación destacada.
Figura 19. Iluminación bañada en muro.
Figura 20. Luminaria tipo Downlight
Figura 21. Luminaria tipo Uplight
Figura 22. Luminaria tipo retícula.
Figura 23. Bañador a techo
Figura 24. Proyectores en rieles
Figura 25. Croquis de la UAQ, San Juan del Río.
Figura 26. Áreas del taller y en amarillo área designada al prototipo.
Figura 27. Niveles de iluminación existentes en almacén.
Figura 28. Niveles de iluminación existentes en las distintas áreas del taller, con numeración en maquinaria.
Figura 29. Niveles de iluminación existentes en área de remodelación y pasillo.
Figura 30. Plano de luminarias existentes en el área de taller y almacén.
Figura 31. Taller con vista a almacén actual. (Fotografía tomada a las 11:35am, octubre)
Figura 32. Área de maquinado, vista general del taller (Fotografía tomada a las 11:35 am, octubre)
Figura 33. Taller con vista al área de maquinado y a la estructura del nuevo almacén. (Fotografía tomada a las 11:35am aprox. Octubre)
Figura 34. Vista exterior del acceso principal a los talleres de electromecánica. (Fotografía tomada a las 11:35am, octubre).
Figura 35. Análisis de iluminación natural exterior (realizado con Revit 2017, insight)
Figura 36. Encuesta tipo realizada a alumnos.
Figura 37. Gráfica de las principales actividades realizadas en el taller
Figura 38. Gráfica de maquinaria más usada en el taller.
Figura 39. Gráfica de horas por semana en el taller.
Figura 40. Gráfica de horario en el taller.
Figura 41. Gráfica de vista cansada en el taller.
Figura 42. Gráfica de percepción iluminación inadecuada en el taller.

Figura 43. Gráfica de postura inadecuada
Figura 44. Gráfica de percepción de iluminación en el taller.
Figura 45. Gráfica de percepción de deslumbramiento en el taller.
Figura 46. Gráfica de percepción de deslumbramiento en el taller.
Figura 47. Gráfica de accidentes en el taller.
Figura 48. Muestra de perspectiva en software de la iluminación actual mediante isolíneas (muestra ejecutada en Dialux 4.13)
Figura 49. Muestra de colores según la NOM- 025 (muestra ejecutada en Dialux 4.13)
Figura 50. Muestra de colores según la NOM- 025 (muestra ejecutada en Dialux 4.13)
Figura 51. Muestra en planta en software de la iluminación actual mediante isolíneas (muestra ejecutada en Dialux 4.13)
Figura 52. Muestra en planta en software de la iluminación actual mediante isolíneas (muestra ejecutada en Dialux 4.13)
Figura 53. Comprobante de CFE del área de talleres de ingeniería UAQ SJR.
Figura 54. Luminaria LED ejemplo.
Figura 55. Muestra en planta de esquema por colores de niveles de iluminación adecuado a la NOM-025.
Figura 56. Muestra de ubicación de luminarias propuesta NOM-025 (muestra ejecutada en Dialux 4.13)
Figura 57. Escena de luz propuesta NOM-025 (muestra ejecutada en Dialux 4.13)
Figura 58. Muestra en planta en software de la iluminación actual mediante isolíneas Propuesta NOM-025. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)
Figura 59. Rendering de colores falsos propuesta NOM-025. (Muestra ejecutada en Dialux 4.13)
Figura 60. Vista lateral de alturas propuesta NOM-025. (Muestra ejecutada en Dialux 4.13)
Figura 61. Propuesta de planta de luminarias actual para ahorro de energía.
Figura 62. Muestra en planta de esquema por colores de niveles de iluminación para ahorro de energía.
Figura 63. Planta de módulos sobre plano existente para ahorro de energía.
Figura 64. Muestra de ubicación de luminarias propuesta Ahorro de energía (muestra ejecutada en Dialux 4.13)
Figura 65. Escena de luz propuesta ahorro de energía (muestra ejecutada en Dialux 4.13)
Figura 66. Muestra en planta en software de la iluminación actual mediante isolíneas Propuesta ahorro de energía. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)
Figura 67. Rendering de colores falsos propuesta ahorro de energía. (Muestra ejecutada en Dialux 4.13)
Figura 68. Vista lateral de alturas propuesta Ahorro de energía. (Muestra ejecutada en Dialux 4.13)
Figura 69. Muestra de isolíneas módulo 1 con iluminación general. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)
Figura 70. Muestra de isolíneas módulo 2 con iluminación general propuesta ahorro de energía. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)
Figura 71. Muestra de isolíneas módulo 3 con iluminación general propuesta ahorro de energía. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

Figura 72. Muestra de isolíneas módulo 4 con iluminación general propuesta ahorro de energía. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

Figura 73. Muestra en planta de esquema por colores de niveles de iluminación adecuado a la arquitectura.

Figura 74. Muestra en planta de esquema por módulos de niveles de iluminación adecuado a la arquitectura.

Figura 75. Ubicación de luminarias en propuesta arquitectónica (muestra ejecutada en

Figura 76. Escena de luz propuesta arquitectónica (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

Figura 77. Muestra en planta en software de la iluminación actual mediante isolíneas Propuesta arquitectónica. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

Figura 78. Rendering de colores falsos propuesta arquitectónica. (Muestra ejecutada en Dialux 4.13)

Figura 79. Vista lateral de alturas propuesta arquitectura. (Muestra ejecutada en Dialux 4.13)

Figura 80. Muestra de isolíneas módulo 1 con iluminación general propuesta arquitectónica. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

Figura 81. Muestra de isolíneas módulo 2 con iluminación general propuesta arquitectónica. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

Figura 82. Muestra de isolíneas módulo 3 con iluminación general propuesta arquitectónica. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

Figura 83. Muestra de isolíneas módulo 4 con iluminación general propuesta arquitectónica. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

Figura 84. Muestra de isolíneas módulo 5 con iluminación general propuesta arquitectónica. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

Figura 85. Muestra de isolíneas módulo 6 con iluminación general propuesta arquitectónica. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

Figura 86. Muestra de isolíneas módulo 7 con iluminación general propuesta arquitectónica. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Niveles de iluminación general en aulas recomendados por 20 países.
Tabla 2. Niveles recomendados de iluminancia horizontal (lux) para diferentes actividades en edificios no residenciales destinados a oficinas, escuelas, hospitales e industria.
Tabla 3. Niveles de iluminación en áreas de trabajo
Tabla 4. Niveles actuales de iluminación en taller de electromecánica.
Tabla 5. Descripción de luminarias existentes
Tabla 6. Descripción de tareas visuales en áreas de trabajo
Tabla 7. Costo aproximado de luminarias de propuesta NOM-025 (2019).
Tabla 8. Costo aproximado de luminarias de propuesta Ahorro de energía (2019).
Tabla 9. Costo aproximado de luminarias de propuesta Arquitectura (2019).

Dirección General de Bibliotecas UAQ

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Los talleres dedicados al aprendizaje de mecanismos industriales en espacios educativos en México no cuentan con una normativa, por lo que se asume que se deben regir bajo la normativa de iluminación industrial para favorecer las actividades que se realizan en los talleres así como la seguridad de los usuarios.

Según Guido y Panzeta, en un artículo publicado en el 2008, lo que se percibe a través de nuestros ojos se debe a estímulos nerviosos de nuestro cuerpo al reaccionar con la luz, el ojo humano es capaz de procesar 24 imágenes por segundo, el cerebro se encarga de analizar y comprender los estímulos recibidos generando la percepción adecuada del medio ambiente que le circunda, los cambios lumínicos a su alrededor y los contrastes del día y la noche; por lo que en espacios donde se realizan actividades de alta precisión visual, es necesario contar con la iluminación adecuada y uniforme para que el usuario se pueda desempeñar de forma segura.

De acuerdo con la ANFA (Academia de neurociencia de arquitectura) existen tres factores para crear mejores espacios, la primera es la continuidad espacio tiempo que son los aspectos físico-arquitectónicos que permiten al usuario memorizar un lugar a través de recorrer sus límites; la segunda es percepción espacial que ayuda al usuario a identificarse y crear mapas mentales de los lugares y la tercera es la luz que influye en el estado anímico del usuario. Aplicándolo a los talleres educativos de tipo industrial el primer factor son los muros, columnas, cubiertas y piso como sus aspectos físicos; el segundo factor es la disposición del orden de los objetos y muebles que están en el espacio; y el tercer factor es la iluminación tanto la iluminación natural que incide en el espacio como la artificial que se diseña para las tareas específicas.

En la actualidad, en muchos ambientes interiores de trabajo se ha buscado que predomine la iluminación natural, a través de elementos arquitectónicos como grandes ventanales o domos acristalados, pero la radiación solar y la irregular incidencia de luz aportan una gran cantidad de calor radiante al interior por lo

que puede afectar el rendimiento de los usuarios o incrementar el consumo de electricidad para enfriar los interiores (Bisquert J., 2006). Por lo que se opta por una alternativa de iluminación artificial que, aunque por años había representado un gasto económico deficiente en el ahorro de energía de las lámparas eléctricas, hoy en día gracias a tecnologías como luces LED, OLED o IES (Iluminación en estado sólido) que permiten el confort visual y espacial de manera constante y fácil de regular, posibilitan alcanzar los niveles de iluminación recomendados para cada una de las áreas de trabajo en condiciones visuales óptimas, de manera accesible.

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 ILUMINACIÓN ARTIFICIAL A TRAVÉS DEL TIEMPO

Las primeras formas de iluminación artificial surgieron debido a fenómenos naturales como el fuego causado por rayos de tormentas naturales, este descubrimiento data de aproximadamente 1 600 000 mil años atrás, aunque tardó 800 000 años en dominarlo.

Con el dominio del fuego pudo desarrollarse el primer alumbrado público a base de antorchas.

Aproximadamente 7000 – 8000 años A.C llegaron las lámparas de aceites con mechas vegetales, que se usaban tanto para uso doméstico como urbano (Figura 1). Con el descubrimiento del petróleo se pudo hacer eficiente el uso de estas lámparas.



Figura 1. Lámpara de aceite de la antigüedad

Durante el siglo XVI y XVII las velas pasaron a formar parte de la iluminación interior de los edificios, pero no llegaron a destituir el uso de las lámparas de aceite.

De forma primitiva los chinos fueron los primeros en inventar las lámparas de gas (véase en la Figura 2), pero en 1784 en Inglaterra William Murdock perfeccionó el sistema y fue el primero en integrar a un almacén un sistema de ductos por los que corría el gas e iluminaba el lugar. (A001 et al, 2019).



Figura 2. Lámpara de gas

En 1840 Robert Grove fue el inventor de la lámpara incandescente (Figura 3) que tenía una vida de 1200 horas. Edison fue el primer empresario en producirlas de forma masiva permitiendo llevarlas a cada hogar a un costo accesible para así promover y distribuir su empresa: la electricidad. (E. Solíveres, 2018)



Figura 3. Lámpara incandescente

En 1850 Heinrich Gleisser inventó la lámpara de neón que funcionaba a través de la liberación de gases nobles, está destacaba a la vista gracias a sus colores brillantes (véase en la Figura 4). Trajo consigo la invención de la lámpara fluorescente que fue usada principalmente para el alumbrado público.



Figura 4. Lámpara fluorescente

En 1962 General Electric obtuvo la patente del LED, que es la tecnología que se emplea actualmente en el mundo.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, campus San Juan del Río, cuenta con talleres abiertos de 7:30am a 10:00pm donde los estudiantes realizan tareas de precisión manual y visual que requieren mucha atención. Debido a la escasa incidencia de luz natural, los talleres por lo general son iluminados de forma artificial con lámparas altas de luz fría, por lo que en ocasiones cuando los estudiantes están realizando ejercicios en el taller, su propia sombra cubre su área de trabajo, teniendo que trabajar en penumbra, el lugar está ambientado por los colores naturales de los materiales (muros de concreto, columnas de metal, techos de lámina) que absorben la escasa iluminación. En horario diurno la iluminación interior se ve escasa y al salir de los talleres los usuarios experimentan un contraste significativo de iluminación.

En la materia de iluminación y acústica se realizó una medición con fluxómetros simples donde se encontró que el principal inconveniente en los talleres de electromecánica es que la iluminación está por debajo de los niveles recomendados por la Sociedad Mexicana de Ingenieros en Iluminación (SMII).

Cabe mencionar que las situaciones antes descritas en estos lugares son una base de lo que se encontrarán los estudiantes al insertarse al mundo laboral, por lo que se deben tomar en cuenta las normas de seguridad y las condiciones de iluminación óptimas y promover soluciones que no generen a la escuela un gasto económico mayor.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la iluminación actual en los talleres y generar una propuesta prototipo que cumpla con la “NOM-025-STPS-2008 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo” y propicie las condiciones de seguridad y ahorro de energía óptimos para los usuarios.

1.3.1 OBJETIVOS PARTICULARES

- Identificar las actividades realizadas en el taller, su nivel de precisión y riesgo.
- Comprender la influencia de la luz en el espacio, así como sus requerimientos funcionales, sociales, psicológicos, económicos según la NOM-025.
- Desarrollar una propuesta que mejore el entorno de trabajo de acuerdo con las normas industriales y escolares existentes que eficiente el ahorro de energía.
- Minimizar el deslumbramiento de velo en las mesas de trabajo, así como el contraste visual a la salida de los talleres.
- Generar una propuesta de iluminación para futuras mejoras en talleres.

1.4 HIPÓTESIS

Los niveles de iluminación adecuados según la NOM-025 para espacios industriales y educativos tienen la capacidad de mejorar la seguridad visual de los usuarios, mejorar la eficiencia energética y prevenir accidentes en los talleres de ingeniería.

1.5 MARCO TEÓRICO

Del libro CÓMO PLANIFICAR CON LUZ, de Rüdiger Ganslandt y Harald Hofmann, edición ERCO; se han considerado los tipos de luminarias y disposiciones de luminarias que permitan armonía arquitectónica en el ambiente,

también se han tomado en cuenta los consejos para la elección de luminarias de acuerdo con las necesidades de los usuarios.

En febrero del 2019, la L.D.I. Tania Elisa Mondragón Sánchez (2019). Se expone un diseño de iluminación para la casa sustentable desarrollada por la UAQ que cumpla con los requisitos de ahorro energético, función, diseño modular y flexibilidad en dimensión y acomodo. Justifica su proyecto de manera digital, probando a través de softwares como Ecotec y Dialux el comportamiento de la luz en los materiales y en los interiores de su proyecto.

En De Luis-Villagómez J.C. (2011). Se muestra una alternativa de intervención para la falta de iluminación en un espacio exterior de la UAQ, para darle mayor afluencia nocturna. Realiza sus pruebas a través de softwares de iluminación y determina como la luz cambiaría el comportamiento social de los usuarios.

En Serrano-Tierz A. et al (2015). Se hace una comparación luminosa entre lámparas incandescentes o halógenas vs lámparas LED y demuestran que la eficacia luminosa lm/W es notoriamente mayor, luminosidad uniforme, reducción de emisiones de CO_2 y la eliminación de residuos tóxicos como el mercurio, presente en otro tipo de lámparas.

En la tesis doctoral de Muros-i-Alcojor A. (2019) Se hace un recuento cronológico de la luz a través del arte, y muestra las formas estéticas y funcionales en que las luminarias pueden ir acomodadas y el significado que el autor puede dar a un lugar a través de la iluminación.

En la tesina de Trejo-Mendoza E. M. (2019). Se hace un análisis porcentual de las pequeñas y medianas empresas que existen en México, y se enfoca en las empresas pequeñas de manufactura y con sus condiciones lumínicas actuales. Se elabora un diagnóstico energético a través de softwares y se propone un sistema de iluminación alterno para generar ahorro de energía.

En la tesis de Flores et al. (2017) Se busca generar una buena iluminación para una empresa laborando en turno nocturno, enfocándose en el rendimiento del personal, hacen un análisis de las actividades que se realizan en las áreas de trabajo y de los riesgos laborales a causa de una escasez en la iluminación y a través de cálculos dan una propuesta lumínica.

En la tesis de Ortiz-Ávila A. (2015). Se propone una metodología para el lighting design a través de la arquitectura (función y necesidades de cada proyecto y usuario) y da a conocer qué influencia psicológica tiene sobre el ser humano algunas formas y colores de luz, así como también propone el uso de iluminación con diseño IES para ambientar lugares.

En la tesis de Jáquez et al. (2014). Se demuestra de forma matemática el proceso de cómo hacen los cálculos de la iluminación actual de los talleres que van a evaluar, y de acuerdo con las normas hacen la propuesta de iluminación óptima para los talleres, así como también hacen propuestas y el diseño del proyecto eléctrico de cómo se daría solución a las nuevas luminarias propuestas.

Algunas de estas fuentes tocan proyectos de iluminación en espacios educativos y tienen similitudes como parámetros de iluminación, fuentes relacionadas con la arquitectura y la psicología, o el ahorro económico-energético, pero tienen en común la falta de información en proyectos de iluminación industrial en espacios educativos que es de vital importancia en facultades como ingeniería.

La contribución de esta tesis es el análisis de la combinación de espacios educativos industriales que permitan el desarrollo de un prototipo lumínico arquitectónico, para un escenario ya existente en los talleres de electromecánica en la facultad de ingeniería de la UAQ San Juan del Río.

1.6 JUSTIFICACIÓN

La principal motivación para el desarrollo de este estudio y propuesta de iluminación es mejorar las condiciones visuales para los alumnos que utilizan los talleres de electromecánica, lo que conlleva a hacer un análisis lumínico que detecte las zonas más oscuras sobre las áreas de trabajo para adquirir datos y formular estrategias para mejoras posteriores.

El aporte principal de este trabajo es la creación de una zona prototipo donde la iluminación sea óptima dentro del taller, así como la propuesta digital general de iluminación que sirva para escalar este trabajo para futuras mejoras.

CAPÍTULO 2

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 OJO HUMANO

El ojo humano cuenta con células fotorreceptoras que mandan estímulos cuando entran en contacto con la luz para que los nervios a través de impulsos eléctricos los conduzcan al cerebro y sea capaz de interpretarlos.

Los ojos tienen una apertura de 150° cada ojo, pero debido a su forma convexa, el ángulo de visión abarcado entre los dos ojos es de 164°.

Los ojos necesitan periodos de adaptación para pasar de escenarios luminosos a intensidades menores, este periodo se encuentra en relación con la retina que es la encargada de captar la luz. (Hernández Alarcón, 2018)

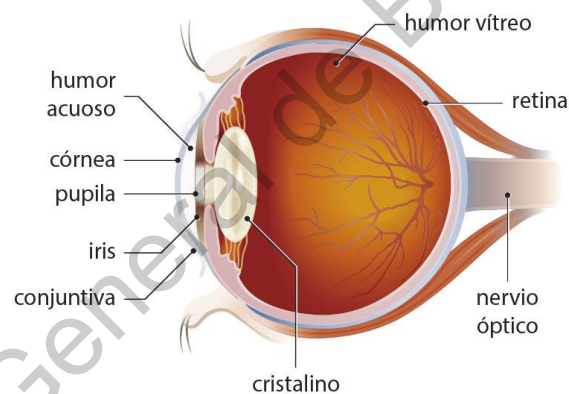


Figura 5. Partes del ojo

Para conseguir un buen efecto y la captación del movimiento, los ojos tienen un cristalino y el músculo ciliar que es el encargado de optimizar el cristalino hasta que la imagen quede perfectamente enfocada en la estructura de la retina. Cuando la imagen está perfectamente enfocada, la retina manda la imagen al cerebro a través del nervio óptico para tener una imagen clara y precisa.

La córnea (véase en la Figura 5) es una membrana resistente y transparente que se encuentra en la superficie ocular y se encarga de hacer entrar la luz a la retina. El humor acuoso separa la córnea del cristalino y contribuye a mantener una presión intraocular normal. El iris se encuentra entre la córnea y el cristalino, es una estructura pigmentada con una abertura circular en el centro denominada

pupila cuyo diámetro depende de un músculo que rodea los bordes de iris y controla la cantidad de luz que entra en ella al contraerse.

El cristalino es un lente natural cuya misión es enfocar las imágenes en la retina, cambia de tamaño según la distancia a la que se encuentre lo que observemos

El humor vítreo que es transparente y gelatinoso permite que el ojo se mantenga firme y elástico todo el tiempo

La retina, se considera como una extensión del cerebro, está compuesta por millones de células nerviosas, las células receptoras sensibles a la luz se encuentran en su superficie superior y se denominan según su forma y función: conos y bastones. (Decarett, F. 2019)

Cuando la luz llega hasta el nervio óptico se convierte en impulsos nerviosos que provienen de los 100 millones de bastones que reconocen el color negro y sus matices, mientras que 3 millones de conos reconocen el resto de los colores.

2.2 ILUMINACIÓN Y VISIÓN

Según el área de prevención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la seguridad social de Mutua de Freamap España, el sentido de la visión se trata de la capacidad del ojo para recibir y transmitir la luz a través del nervio óptico al cerebro, permitiendo:

- La adquisición de información visual
- Apreciación de las características de los objetos
- Identificación de señales
- Captación e interpretación de movimientos y otros cambios físicos en el ambiente.
- Orientación y creación de imágenes espaciales. (Freamap, volante no.61. 2018)

Algunos de los factores más importantes de la visión son:

La acomodación visual que es el cambio en el cristalino del ojo para tener la capacidad de enfocar a diferentes distancias.

La adaptación visual que es el proceso de adaptación del ojo a distintos niveles de luminosidad. (Veáse Figura 6). Es más rápida de niveles de iluminación bajos a altos que viceversa. Esto se debe a que en la oscuridad se destruye el pigmento visual de los conos y se regeneran los de los bastones, generando que a los 20-30 minutos de oscuridad, se alcance la sensibilidad máxima de los bastones; mientras que en lugares iluminados ocurre lo opuesto, es decir el pigmento visual de los bastones se destruye y se regeneran los de los conos en un tiempo menor a 10 minutos. (Universitat de Barcelona. 2019).

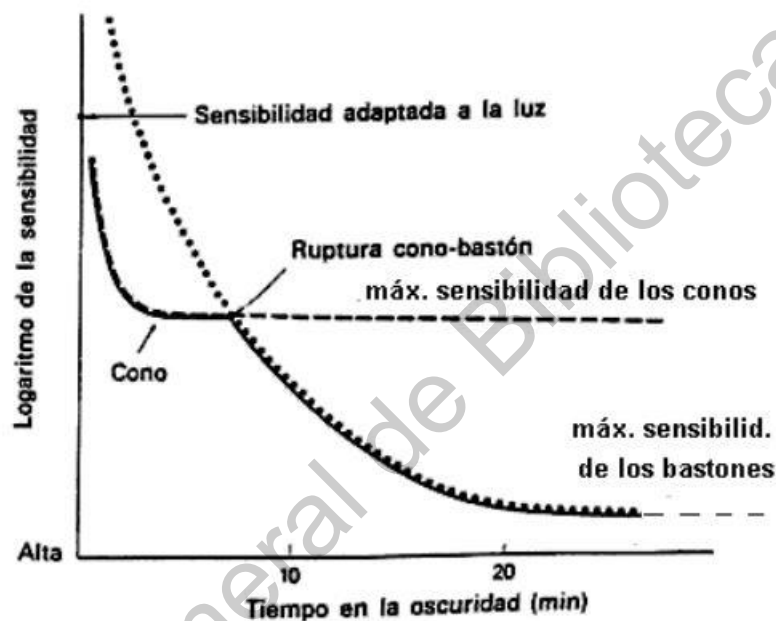


Figura 6. Función de adaptación a la oscuridad.

La agudeza visual que es la capacidad de percibir y discriminar visualmente los detalles más pequeños a una distancia determinada, cuyo principal factor es una buena iluminación y es de vital importancia al momento de llevar a cabo tareas de precisión.

2.3 IMPORTANCIA DE LA LUZ

Realizar trabajos en condiciones inadecuadas de iluminación puede generar fatiga visual como resultante de interpretar señales poco claras. La disminución de la eficacia visual puede aumentar el número de errores o accidentes durante

la ejecución de tareas, así como producir accidentes en lugares donde se realizan actividades de alta precisión.

Según el Real decreto de 1995/1978 del cuadro de enfermedades profesionales de la seguridad social de Valencia, España. La falta de una buena iluminación puede obligar a adoptar posturas inadecuadas desde un punto de vista ergonómico.

El constante ir y venir por zonas sin iluminación uniforme causa fatiga ocular que puede dar lugar a una reducción del campo visual.

Los deslumbramientos constantes y sucesivos también producen fatiga visual, dolores de cabeza, insatisfacción y alteraciones del ánimo.

2.4 ILUMINACIÓN Y DESEMPEÑO ESCOLAR Y LABORAL

El objetivo de la correcta iluminación es brindar al usuario confort visual y resaltar los elementos del ambiente. En lugares como aulas y oficinas que se requiere gran concentración y rendimiento efectuando diversas actividades, es importante tener una propuesta estratégica de iluminación que permita la adaptación a micro cambios de color, temperatura, intensidad que requieren los usuarios para incrementar su rendimiento a distintas horas del día y en sus múltiples demandas que requieren sus actividades. Existen distintos parámetros acerca de qué nivel de iluminación es adecuada en cada lugar o actividad, de acuerdo con Andrea Pattini, en su estudio sobre "Iluminación en espacios de trabajo" realizado en edificios no residenciales en 20 países, se muestran los niveles de iluminación propuestos tanto en aulas como en industrias y las variaciones son significativas. (Véase en la tabla 1 y 2). (Pattini, A. 2019)

COMPARACION DE NIVELES DE ILUMINACION RECOMENDADOS POR DISTINTOS PAISES PARA AULAS

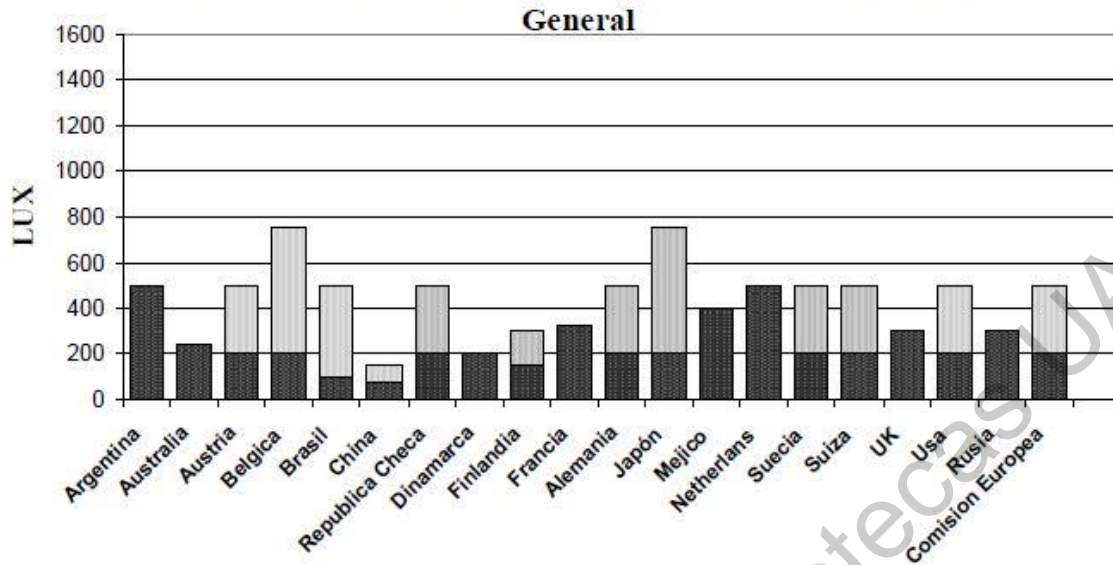


Tabla1. Niveles de iluminación general en aulas recomendados por 20 países.

	Argentina	Australia	Austria	Bélgica	Brasil	China	República Checa	Dinamarca	Finlandia	Francia
local										
OFICINAS	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux
general	200	160	500	300-750	750-1000	100-150-200	200-500	50-100	150-300	425
PC	750	160	160	500		150-200-300	300-500	200-500	150-300	250-425
plano de trabajo	300-750	320	320	500-1000		150	300-500		500-1000	425
lectura		320	320	500-1000	200-500	75-100-150	500	500	500-1000	425
dibujo	1000	600	600	1000	3000	200-300-500	750	1000	1000-2000	850
AULAS										
general	500	240	300-500	300-750	200-500	75-150	200-500	200	150-300	325
pizarrón	1000	240	300-500	750-1500	300-750		500	500	300-750	425
HOSPITALES										
áreas comunes	100	240	200		75-150	50-200	50-100	200		100
habitaciones con pacientes	100	-	100		100-300	150	100-200	50-200	50-100	50-100
sala de operaciones	700	500	1000		300-750		1000-2000		1000-2000	300-1000
mesa de operaciones	15000	-	20000-100000		10000-20000		10000-20000		30000-75000	20000-100000
INDUSTRIAS										
textil	400-700	800-1200	2000	1000-2000	750-1500	50-500	1000-2000	500-1000		850
electrónicas, test	1000-2000	600	1500	1000-2000	3000-5000	200	1000-2000	500-1000		625-1750

Tabla 2. Niveles recomendados de iluminancia horizontal (lux) para diferentes actividades en edificios no residenciales destinados a oficinas, escuelas, hospitales e industria.

local	Alemania	Japón	Méjico	Holanda	Suecia	Suiza	UK	USA	URSS	CE
OFICINAS	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux
general	500	300-750	200	100-200	100	500	500	200-300-500	300	500
pantalla de video	500	300-750		500	300-500	300-500	300-500	300	200	500
plano de trabajo	500	300-750	600	400-500	300	300	500	200-300-500	300	500
lectura		300-750	900	400	500	500	300	200-300-500	300	500
dibujo	750	750-1000	1100	1600	1500	1000	750	1000-1500-2000	500	750
AULAS										
general	300-500	200-750	400	500	300-500	300-500	300	200-300-500	300	300-500
pizarrón	300-500	300-1500	900	500	500	300-500	300	500-750-1000	500	500
HOSPITALES										
áreas comunes	300-500	300-1500	900	500	500	300-500	300	500-750-1000	500	500
habitaciones con pacientes	200	150-300	60	200	150	300	30-50	100-150-200	150	200
sala de operaciones	100-300	100-200	60-200	150	150	100-300	30-50	50-75-100	300	100
mesa de operaciones	1000	750-1500	600	2000	750	1000	400-500	1000-1500-2000	400	1000
INDUSTRIAS										
textil	20000-100000	20000	14000	100000		10000	10000-50000		10000-50000	10000-100000
electrónicas, test	750	750-1500	600-1100	500	750-1000	750-1000		1000-1500-2000	1500	1500

Tabla 2. Niveles recomendados de iluminancia horizontal (lux) para diferentes actividades en edificios no residenciales destinados a oficinas, escuelas, hospitales e industria.

Para la prevención de riesgos, el Comité Técnico 169 del Comité Europeo Normalizador (CENTC 169) establece que cada tarea necesita un nivel específico de iluminación de acuerdo con su complejidad. (Ver Figura 7)

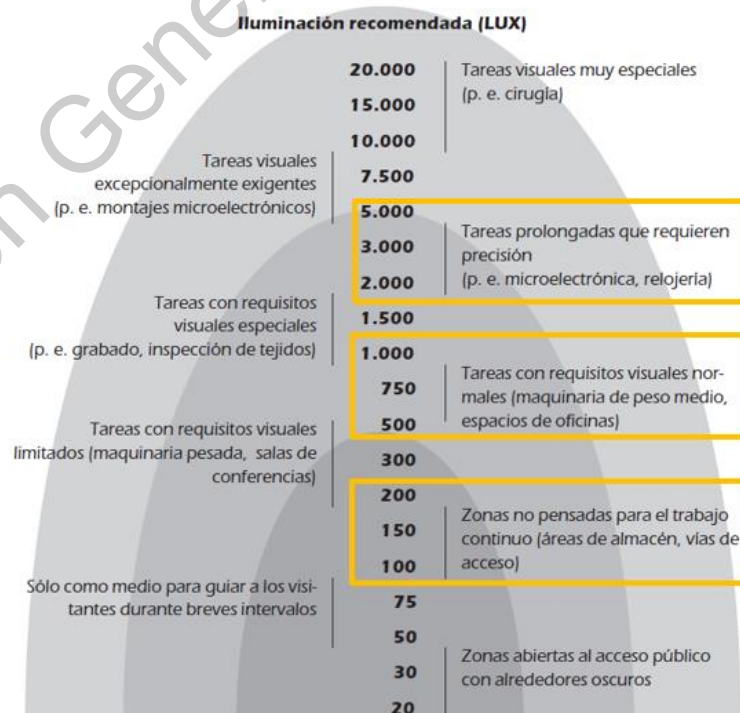


Figura 7. Niveles específicos de iluminación por actividad.

2.5 ILUMINACIÓN Y ELECTRICIDAD

De acuerdo con la Secretaría de Energía (SENER), el consumo de energía eléctrica ha incrementado en un 18% en México, del consumo total, el 34% se destina a iluminación (Figura 8). (Decreto del Programa Nacional para el aprovechamiento sustentable de la energía, Diario Oficial. 2009-2012)

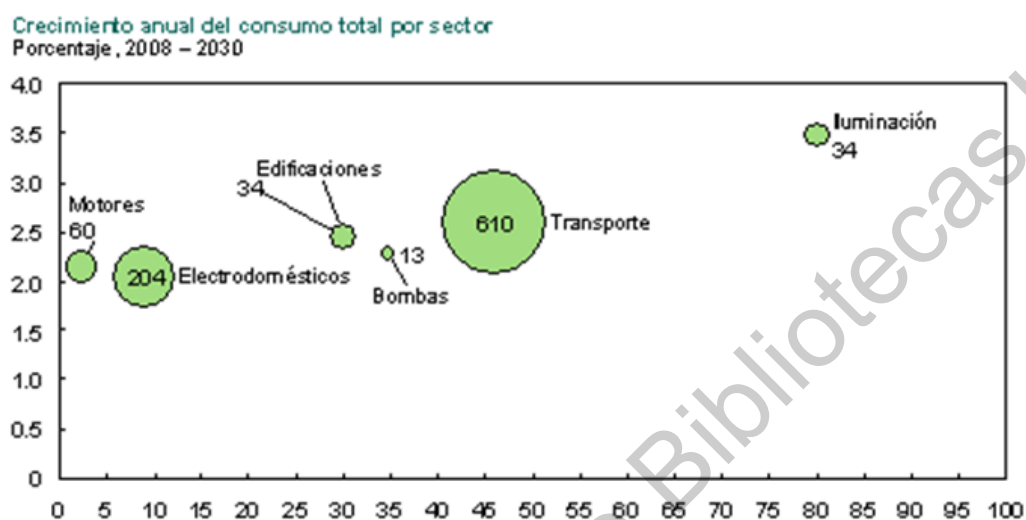


Figura 8. Gráfica del crecimiento anual del consumo total por sector.

La Agencia Internacional de Energía (AIE) dentro de la prospectiva eléctrica 2013-2017 estima que del 2000-2010 el consumo mundial de energía eléctrica creció un 3.5% debido al consumo de energía por parte de países en vías de desarrollo como México por lo que se predice que la demanda de energía continuará creciendo si no se buscan energías alternas.

El consumo de energía se traduce claramente en dinero, de acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico los precios de la electricidad en el 2012 para la industria en México fueron de 114.74US/MWh, situando al país en el lugar décimo séptimo con precios más altos del conjunto de 33 miembros de la OCDE (Figura 9). Mientras que los precios de la electricidad para los hogares fueron de 90.19US/MWh posicionando a México en el final de la lista.

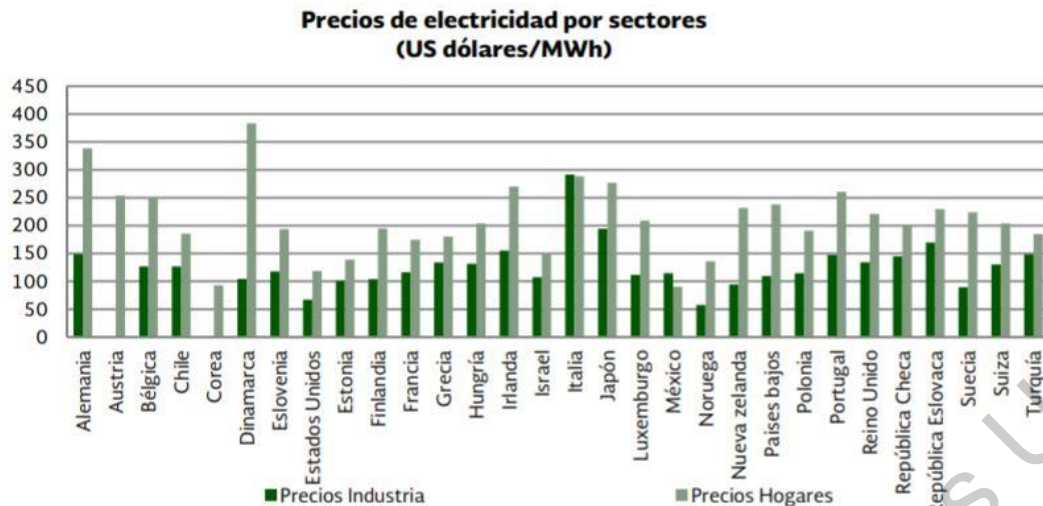


Figura 9. Precios de electricidad por sectores OCDE. (Estrada, Javier. Perspectiva del sector eléctrico 2013-2017. 2013)

2.6 CONSIDERACIONES TÉCNICAS

Desde el punto de vista fotométrico y lumínico se consideran las siguientes definiciones:

Flujo luminoso: toda fuente de luz es un dispositivo para transformar energía de un estado a otro. Esta transformación de energía no es muy eficiente. La mayor parte de la energía se transforma en infrarrojo, cercano y lejano, con lo que solo una pequeña parte de la emisión es visible. Es la cantidad de luz emitida o radiada por una fuente de luz en un segundo en todas las direcciones

Símbolo: Φ

Unidad de medida: Lumen (lm)

La medida del flujo luminoso de una fuente de luz se realiza en una “Esfera integradora o Esfera de Ulbricht” (véase en la Figura 10)



Figura 10. Esfera de Ulbricht

Intensidad luminosa: es el flujo luminoso por unidad de ángulo sólido, que es emitido por una fuente puntual en una determinada dirección (véase en la Figura 11). Corresponde al flujo de luz emitido dentro de un cono cuyo vértice es la fuente de luz.

Símbolo: I

Unidad de medida: Candela (cd) = Lumen/estereorradián.

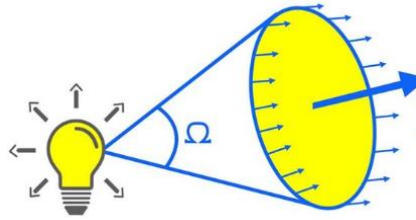


Figura 11. Representación de la intensidad luminosa

Iluminancia: cantidad de flujo luminoso que recibe una superficie por unidad de área de dicha superficie, supuesta uniformemente iluminada. (Véase en la Figura 12).

Símbolo: E

Unidad: Lux (lx) = Lumen/m²

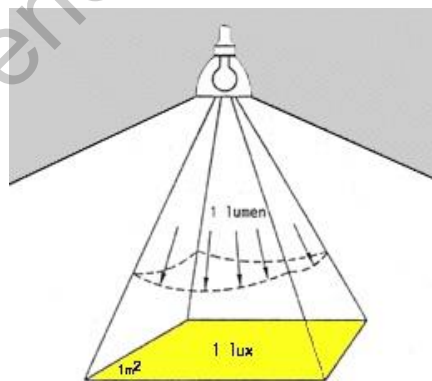


Figura 12. Representación de Iluminancia

2.6.1 CONCEPTOS DE ILUMINACIÓN

Área de trabajo: Es el lugar del centro de trabajo donde normalmente un trabajador desarrolla sus actividades

Brillo: Es la intensidad luminosa que una superficie proyecta en una dirección dada, por unidad de área. Se recomienda que la relación de brillos en áreas industriales no sea mayor de 3:1 en el puesto de trabajo y en cualquier parte del campo visual no mayor de 10:1.

Centro de trabajo: Todos aquellos lugares tales como edificios, locales, instalaciones y áreas en los que se realicen actividades de producción, comercialización, transporte y almacenamiento o prestación de servicios o en el que laboren personas que están sujetas a una relación de trabajo.

Condición crítica de iluminación: Deficiencia de iluminación en el sitio de trabajo o niveles muy altos que bien pueden requerir un esfuerzo visual adicional del trabajador o provocar deslumbramiento.

Deslumbramiento: Es cualquier brillo que produce molestia y que provoca interferencia a la visión o fatiga visual.

Iluminación complementaria: Es aquella proporcionada por un alumbrado adicional al considerado en la iluminación general, para aumentar el nivel de iluminación en un área determinada o plano de trabajo.

Iluminación especial: Es la cantidad de luz específica requerida para la actividad que conforme a la naturaleza de la misma tenga una exigencia visual elevada mayor de 1000 luxes, para la velocidad de funcionamiento del ojo (tamaño, distancia y colores de la tarea visual) y la exactitud con que se lleva a cabo la actividad).

Iluminación Iluminancia: Es la relación del flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área, expresado en luxes.

Luminaria: Equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una lámpara que incluye todos los accesorios para fijar, proteger y operar esas lámparas y los necesarios para conectarse al circuito de utilización eléctrica.

Luxómetro: Medidor de luminancia. Es un instrumento diseñado y utilizado para medir los niveles de iluminación o luminancia en luxes.

Nivel de iluminación: Cantidad de flujo luminoso por unidad de área medida en un plano de trabajo donde se desarrollan actividades, expresada en luxes.

Plano de trabajo: Es la superficie horizontal, vertical u oblicua, en la cual generalmente los trabajadores desarrollan su trabajo, con niveles de iluminación específicos.

Tarea visual: Actividad que se desarrolla con determinadas condiciones de iluminación.

2.6.2 COLOR Y TEMPERATURA DE LA LUZ

La temperatura de la luz se mide en grados Kelvin, y se refiere a la idea de un elemento calentándose a fuego, primero emana un brillo rojizo, y cuando se va calentando pasa por el color blanco hasta llegar a un brillo azulado. Por lo que la temperatura de la luz podría definirse como la sensación que percibe el ojo humano ante la luz. Por lo que se llamará luz fría al tono azul que se encuentra en una temperatura de color entre 4100K y 6500K, mientras que la luz cálida con tono rojizo naranja, se encuentra en una temperatura entre los 1000K y los 4000K. Ver Figura 13. (Larson Electronics, 2015)

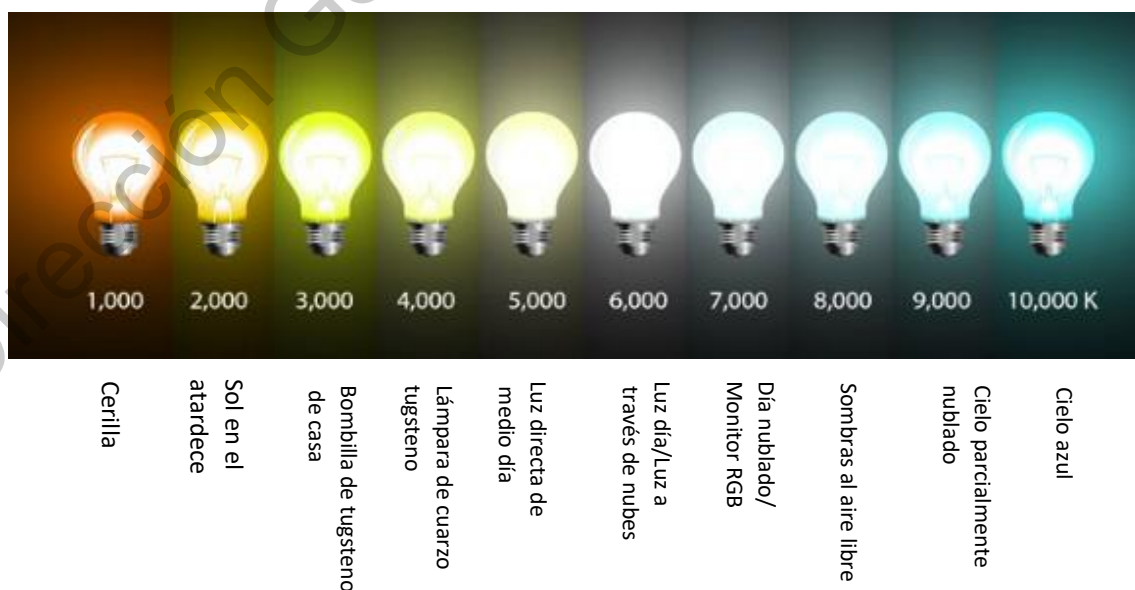


Figura 13. Temperatura del color en escala Kelvin

Según la revista SketchIN de arquitectura y diseño de la UAQ la relación de color y temperatura y actividades es la siguiente: (UAQ SketchIN 4, 2018)

Luz ambar: de 1500K a 2900K. Es para estados de ánimo de relajación e incita al sueño y al descanso.

Luz blanco cálido: de 2900K a 3000K. Es para ambientes de descanso y esparcimiento con un tono que tranquiliza.

Luz blanco neutro: de 3900K a 5500K. Es para áreas de trabajo, su tono aumenta la productividad y realza los colores de los objetos.

Luz blanco frío. De 5500K a 7000K. Es recomendado para áreas de trabajo, su tono aumenta la productividad y logra más nitidez y entrega más luxes por watts que la luz cálida.

De acuerdo con un estudio efectuado por OSRAM en colaboración con Airbus, DIEHL Aerospace, la Universidad Bergisch y el centro Fraunhofer en Alemania, se determinó que la luz a 6000 kelvin (luz fría) favorece a la reflexión y al esfuerzo cognitivo, mientras que la luz a 3000 kelvin favorece a la calma y la relajación. Así también se dieron cuenta de que la luz azulada ofrece mejores resultados estimulando facultades mentales, en cambio cuando la luz tiene tonos rojizos, ayuda al descanso y favorece la relajación.

En otro estudio realizado por los investigadores Dr. Steven Lockey y Dr. George Brainard para la NASA se demostraba que los astronautas que volaron en el transbordador a la estación espacial entre 2001 y 2011 dormían considerablemente menos en el espacio que en la Tierra, por lo que se buscó resolver el problema con luz. De modo que en su estudio "Lighting Effects study" realizan un protocolo de una remodelación de iluminación en la estación espacial, con luces LED; donde el Dr. Lockey explica que la luz tiene efectos sobre el sueño y el ritmo circadiano, es un estimulante natural y mejora el estado de alerta y el rendimiento, por lo que se busca que a través de tratamientos en luz se podría manejar en la Tierra beneficios para mejorar los patrones de sueño de los trabajadores que trabajan en distintos turnos o desarrollar tratamientos para trastornos del sueño como el jet lag. (UAQ, SketchIN 4. 2018)

2.6.3 DESLUMBRAMIENTO

Se denomina deslumbramiento tanto a la disminución de actuación visual como a la alteración de los altos contrastes visuales.

La disminución de la actuación visual representa un deslumbramiento fisiológico, lo que significa que en el ojo se empeora su perceptibilidad; esto ocurre cuando se superponen sobre en la tarea visual la fuente de luz. Este fenómeno aumenta con la edad por lo que la sensibilidad es mayor para las personas mayores. El deslumbramiento fisiológico perturbador se produce cuando existen luminancias superiores a 10^4cd/m^2 que equivale a mirar directamente al sol o a fuentes artificiales; este tipo de deslumbramiento no se puede eliminar con el aumento del nivel de luz.

Existe también el deslumbramiento psicológico que es la distracción involuntaria por la variación en los niveles de iluminación en un espacio. La mirada se dirige siempre al área con la iluminación más deslumbrante a cambio de obtener información, la fuente de luz produce ruido óptico que atrae la atención y perturba la percepción. Este tipo de deslumbramiento produce una enorme incomodidad y reducción en el rendimiento del trabajo, pero dependiendo de la situación puede estar o no presente todo el tiempo, es decir que solo puede estar presente cuando aparece en alguna tarea o actividad en la que se esté poniendo atención como en los reflejos sobre el papel cuché brillante, o un techo luminoso; mientras que el deslumbramiento fisiológico está presente en todas las actividades que se realizan y que involucran cambios de luz.

Existen dos formas de clasificar el deslumbramiento psicológico y fisiológico; la primera es deslumbramiento directo y esta se da cuando la fuente de luz está presente en el entorno de la tarea visual. La segunda forma es deslumbramiento por reflexión y esta se da cuando la luz está reflejada sobre la tarea visual o su entorno y depende de factores como el brillo o el material del entorno.

El deslumbramiento por reflexión se produce sobre todo en luminarias en el techo, debido a que estas emiten luz directamente de manera vertical sobre la superficie de trabajo.

La disminución del contraste o de los efectos deslumbrantes se consigue mediante el aumento de luminancia del entorno o la reducción de la fuente de luz deslumbrante. También se puede evitar por la disposición de las luminarias así, en su colocación se pueden disponer de forma que permanezcan en la misma dirección de la visual y no en sentido diagonal, o ya sea mediante reflectores que permitan difuminar los haces de luz entre una luminaria y otra. (Ganslandt R., et al. 2009)

2.6.4 LUZ NATURAL Y ARTIFICIAL

La humanidad solo ha dispuesto de dos fuentes de luz, la luz diurna a cuyas propiedades se ha adaptado el ojo, y la artificial, que ha llegado con la creación del fuego y la necesidad de protección en la oscuridad.

Cuando se habla de arquitectura con luz diurna, por lo general se atribuye a la luz natural en el edificio a través de superficies y ventilaciones naturales. Pero también se debe tener en cuenta aspectos estéticos y de percepción psicológica, como los juegos de luz y sombra, de luz fría y luz cálida que pueden superponer la idea de luz diurna en distintos climas o distintas horas del día.

De acuerdo con la norma española UNE-EN 15193 del 2007 la luz natural o diurna puede proporcionar la totalidad de la iluminación para tareas visuales, pero esta debe ser óptima, cuando no lo cumpla, se usará iluminación artificial o ya sea en uso nocturno.

Si bien la luz natural es considerada la luz de día, la luz artificial se consideraría la luz de emergencia. Joachim Teichmüller el fundador del primer instituto alemán de luminotecnia definió la luz artificial como la “iluminación arquitectónica” afirmando que esta puede superar la luz diurna o natural si se utilizan conscientemente sus posibilidades.

Es así como la luz artificial amplía las posibilidades de iluminar personalizando los espacios interiores y exteriores y formar parte controlable de la arquitectura bien definida por Le courbusier “La arquitectura es el sabio, adecuado y

maravilloso juego de los cuerpos en la luz” adaptándolo a la modernidad de la iluminación artificial”.

2.7 NORMATIVIDAD

De acuerdo con el reglamento de construcción de San Juan del Río del año 2013 los niveles de iluminación mínimos requeridos por el municipio para áreas industriales es de 300 luxes, (ver Tabla 3) pero el reglamento pide ajustarse a las NOMs correspondientes.

Tipo	Local	Niveles de Iluminación
I. Habitación	Circulaciones Horizontales y Verticales	50
	Locales habitables y de servicio	75
II. Servicios		
II.1. Oficinas	Área y locales de trabajo	250
II.2. Comercios		
Comercios	En general	250
Abastos	Naves de mercado	75
Gasolinera	Almacenes	75
	Áreas de Servicio	100
	Áreas de bombas	200
II.3. De salud	Salas de espera	125
Oficinas y Hospitales	Consultorios y salas de curación	300
	Salas de encamados	75
II.4 Educación y cultura	Aulas	250
Instalaciones para la información	Talleres de Laboratorios	75
	Naves de Templos	250
	Sala de Lecturas	300
	Sala de computo	1
II.5. Recreación	Sala durante la función	5
Entretenimiento	Iluminación de Emergencia	50
	Sala durante Intermedios	150
	Vestíbulos	75
II.6 Alojamiento	Habitaciones	300
II.7 Comunicaciones y transportes	Área de trabajo	
III. Industria		
Industrias	Área de trabajo	300
Almacenes y Bodegas	Área de almacenamiento	50

Tabla 3. Niveles mínimos de iluminación requerida por parte del municipio de San Juan del Río.

De acuerdo con la NOM-025- STPS-2008 de las condiciones de iluminación en los centros de trabajo, los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo para cada tarea visual o área de trabajo son:

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Area de Trabajo	Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: <ul style="list-style-type: none"> • de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; • exactas y muy prolongadas, y • muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño. 	2,000

Tabla 4. Niveles de iluminación en áreas de trabajo

2.8 PRINCIPIOS DE ILUMINACIÓN

Iluminación general: es la iluminación uniforme de un espacio completo sin tener especialmente en cuenta determinadas tareas visuales.

Iluminación complementaria: es la iluminación que complementa la iluminación natural evitando deslumbramientos debido al aumento de contraste.

Iluminación acentuada: es la acentuación de determinadas zonas en el espacio, por encima de la iluminación general.

Iluminación del puesto de trabajo: esta va generalmente regulada por las normas y va más allá de la iluminación general.

2.3.1 DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA

Iluminación directa: es aquella en la que el flujo luminoso incide de forma directa sobre una superficie, permitiendo que no haya pérdidas porcentuales lumínicas por absorción de las paredes o revestimientos. (Véase en la Figura 14). Este tipo de iluminación puede volverse visualmente agotadora puesto que tiende a crear sombras definidas y no es adecuado para posicionarse sobre superficies que emiten brillo o reflejo como espejos o vidrios.

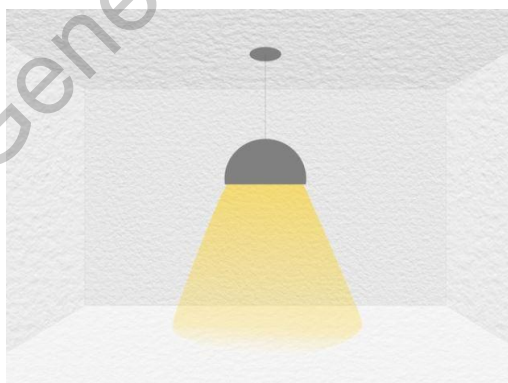


Figura 14. Iluminación directa

Iluminación indirecta: es cuando el flujo luminoso se dirige a una mampara, de modo que parte de la luz es absorbida y otra parte es reflejada en la dirección contraria (véase en Figura 15), produciendo una luz suave, degradada o dispersa sin grandes cargas lumínicas sobre la superficie, por lo tanto, se puede decir que la luz refleja en la superficie y solo después llega al ambiente deseado.

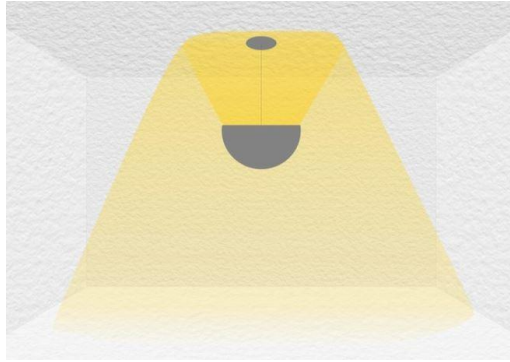


Figura 15. Iluminación indirecta

Iluminación difusa: el flujo lumínico de una fuente pasa por un elemento difusor siendo dirigido a todas direcciones (Figura 16). El sistema presenta pocas variaciones de zonas de sombra, y buena parte de la intensidad lumínica llega a la superficie por reflexión del techo y paredes por lo tanto provoca una iluminación homogénea.



Figura 16. Iluminación difusa.

Iluminación de efecto: la fuente lumínica se mantiene embutida en el revestimiento o en algún elemento arquitectónico (Figura 17), sirviendo para evidenciar solo la luz, conformando un efecto o patrón particular. Se utiliza frecuentemente en ambientes internos, molduras, paisajismo o fachadas.

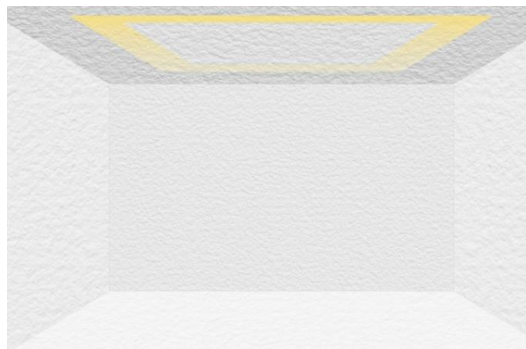


Figura 17. Iluminación de efecto.

Iluminación destacada: se utiliza para iluminar puntos o zonas de interés, este sistema lumínico presenta a la fuente de luz posicionada de modo directo sobre un objeto a destacar. Se utiliza sobre todo en ambientes decorativos o comerciales, tendiendo a elevar la temperatura en las piezas ocasionando resaltes visuales. (Véase en la Figura 18).

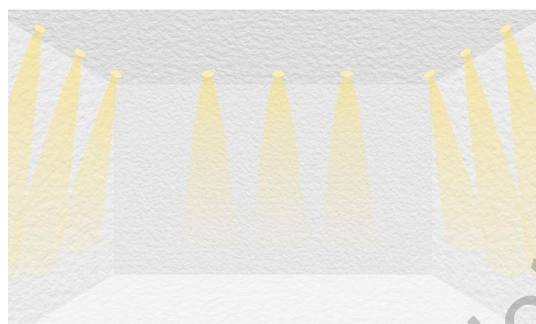


Figura 18. Iluminación de destaque.

Iluminación por bañado en muros: es un efecto escénico de iluminación en el que se emplean una serie de puntos de luz a modo seriado en el muro llamados “baños de luz” sobre la superficie (Figura 19), es ideal para destacar fachadas y resaltar la arquitectura. (Pereira, M. 2018).



Figura 19. Bañado en muro.

2.8.1 TIPOS DE LUMINARIAS

Las luminarias se pueden clasificar en cuatro tipos de acuerdo con su tipo de montaje:

1. Luminarias de instalación fija
2. Luminarias desplazables

1.- Luminarias de instalación fija: este tipo de luminarias se puede colocar en cualquier superficie, pero la dirección hacia donde irá su flujo luminoso generalmente está indicada. Algunos tipos de estas luminarias son:

- Downlights: este tipo de luminarias generalmente la dirección de su luz va de arriba abajo, suelen ser colocadas empotradas en techo o suspendidas, por su forma irradian un flujo luminoso vertical hacia abajo con formas parabólicas. (Véase en la Figura 20).

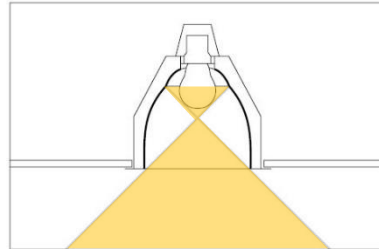


Figura 20. Luminaria tipo Downlight

- Uplights: este tipo de luminarias se aplican para iluminar el techo, y crear efectos de iluminación indirecta o reflejada, suelen instalarse en suelo o en la pared. (Véase en la Figura 21).

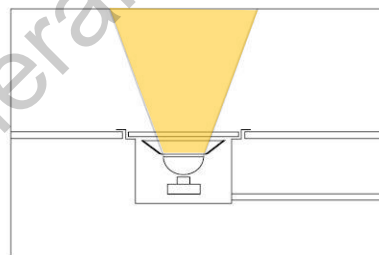


Figura 21. Luminaria tipo Uplight

- Luminarias de retícula: estas luminarias por lo general tienen forma rectangular alargada y reciben este nombre debido al recubrimiento que puede componerse de rejillas antideslumbrantes o de reflectores brillantes, su distribución de luz puede ser adaptada a cada exigencia, y son usadas generalmente en oficinas. (Véase en la Figura 22).

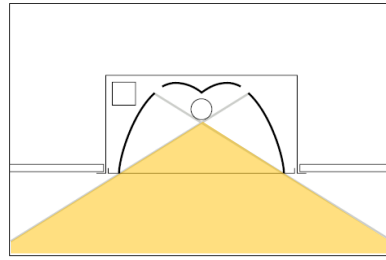


Figura 22. Luminaria tipo retícula.

- Bañadores: este tipo de luminarias sirve para la iluminación uniforme de techos, suelos y paredes, generalmente son empotradas a alguna superficie o techo. Su tipo de iluminación es indirecta y son usadas lámparas halógenas incandescentes. (Véase en la Figura 23).

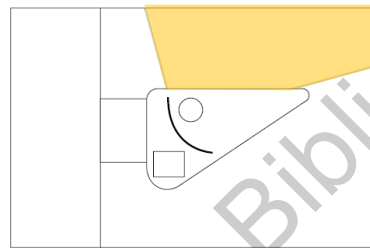


Figura 23. Bañador a techo

2. Luminarias desplazables: este tipo de luminarias se pueden montar en distintos lugares a través de rieles electrificados, por lo que tienen más posibilidades de dirigir su luz de una forma más libre. Algunos tipos son:

- Proyectores: debido a que su ángulo de apertura no es muy amplio sirven para iluminar un área limitada o de acentuación. (Véase en la Figura 24).

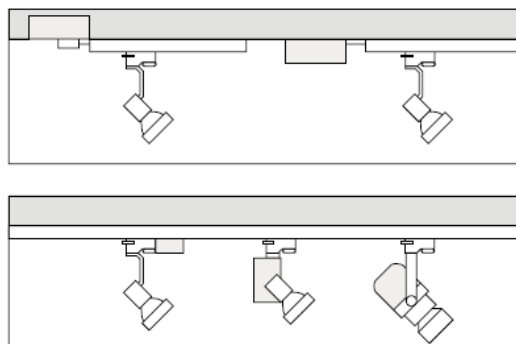
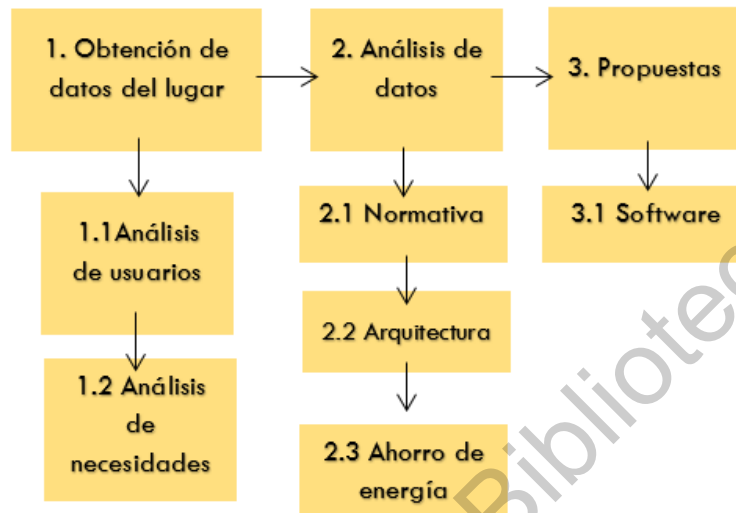


Figura 24. Proyectores en rieles

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el estudio planteado en los talleres de electromecánica se propone el siguiente método:



1. Obtención de datos del lugar

Se deben obtener las características del lugar y registrarse tales como las condiciones de iluminación sobre las áreas del trabajo, si existe iluminación deficiente o presente deslumbramiento:

- Distribución de áreas de trabajo y sistema de iluminación actual (número de luminarias, maquinaria y equipo de trabajo)
- Potencia de las lámparas.
- Descripción del área iluminada: colores, tipo de superficies del taller.
- Descripción de la iluminación natural incidente a distintas horas del día.

1.1 Análisis de los usuarios

Recabar información sobre la percepción de las condiciones de iluminación por parte de alumnos, maestros y personal del área.

1.2 Análisis de necesidades

Descripción de tareas visuales y de las áreas de trabajo.

2. Análisis de datos

Identificar las áreas de trabajo donde exista una iluminación deficiente.

2.1 Normativa

De acuerdo con la normativa, realizar una cuadrícula identificando los puntos donde la iluminación no es óptima.

3.2 Arquitectura

- Analizar qué iluminación bloquea la realización de actividades, o genera puntos oscuros o deslumbramiento visual.
- Ver la disposición homogénea de la iluminación
- Con los datos obtenidos realizar en software un reporte general de la iluminación actual.
- Verificar las alturas y disposiciones de las luminarias, así como sus ángulos de apertura.

3.3 Ahorro de energía

- Verificar en el mercado qué luminarias tienen un bajo consumo eléctrico y cumplan con la normatividad (costo-duración luminarias)

4. Propuestas

Elaborar una serie de propuestas que cumplan con los requisitos de normatividad, arquitectura y ahorro de energía.

3.1 OBTENCIÓN DE DATOS DEL LUGAR

En la Figura 25 se muestra la localización del taller de electromecánica de la facultad de ingeniería UAQ San Juan del Río.



Figura 25. Croquis de la UAQ, San Juan del Río.

El taller de electromecánica cuenta con sanitarios para mujeres y hombres, área de casilleros, aulas, una bodega, área de residuos, almacén de material y áreas de trabajo con equipo. En la Figura 26 se muestra un plano del interior del taller con área designada a prototipo.

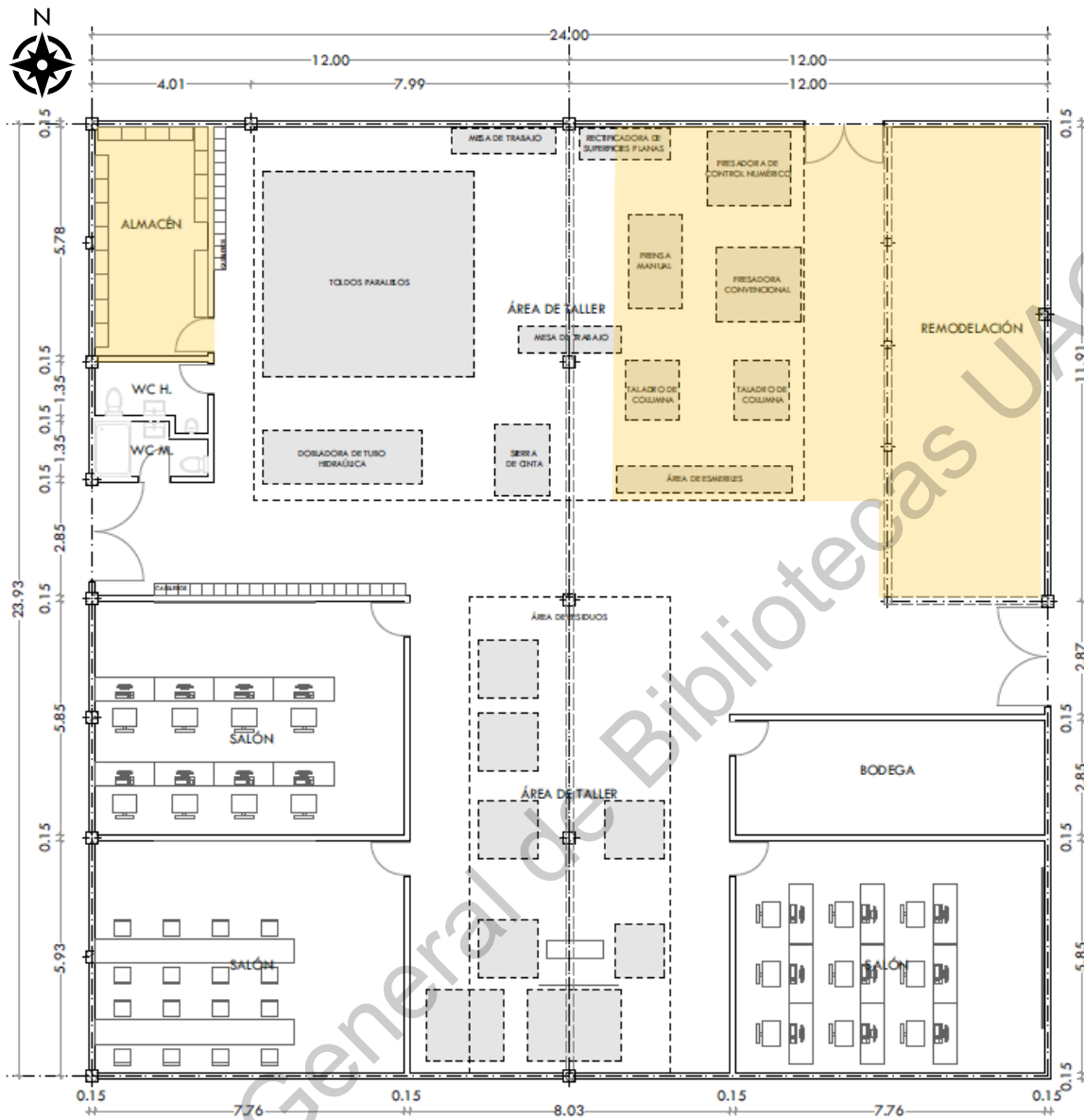


Figura 26. Áreas del taller y en amarillo área designada al prototipo.

Con un luxómetro digital portátil modelo UT383BT marca UNI-T, se obtuvieron los niveles de iluminación existentes sobre cada área de trabajo del área de taller (en luxes) que los alumnos ocupan a diario. (Véase en la Figura 27,28,29 y tabla 5)

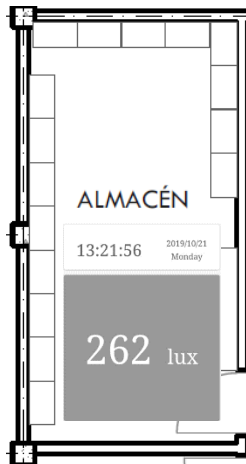


Figura 27. Niveles de iluminación existentes en almacén.

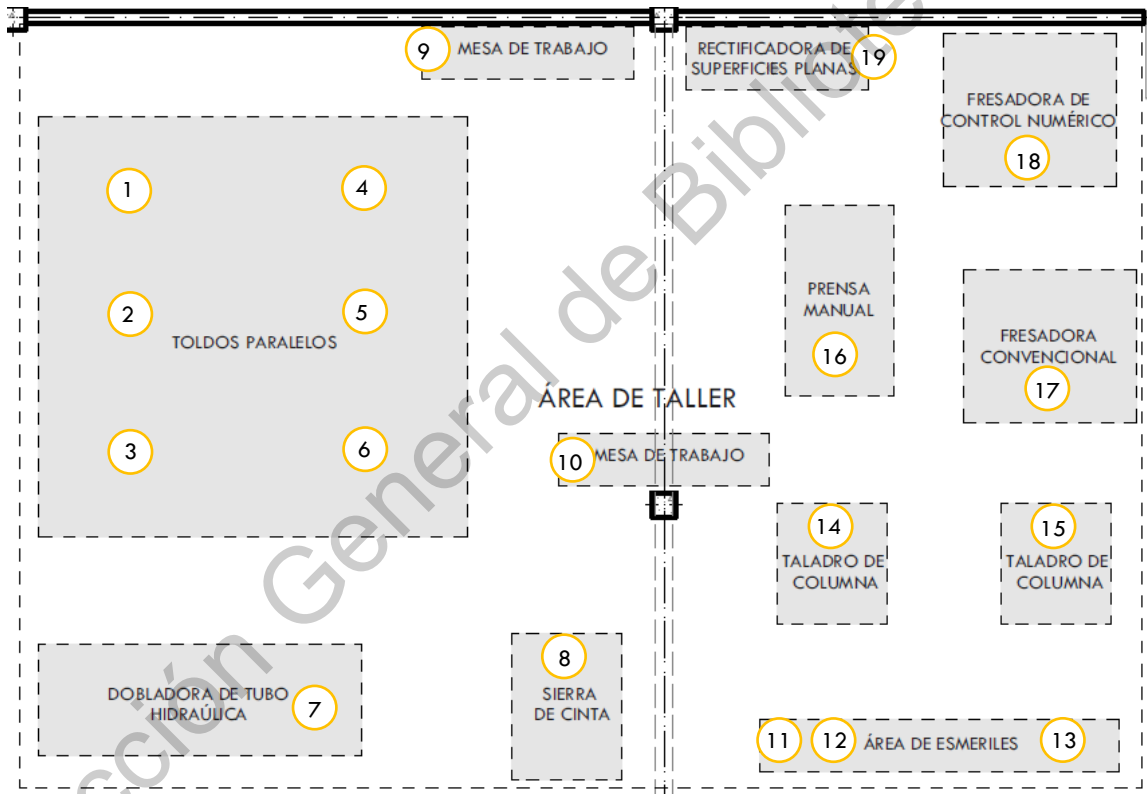


Figura 28. Niveles de iluminación existentes en las distintas áreas del taller, con numeración en maquinaria.

Número	Nombre	Altura en área de trabajo (m)	Luxes
1	Toldo paralelo	1.00	203
2	Toldo paralelo	1.00	253
3	Toldo paralelo	1.00	281
4	Toldo paralelo	1.00	345
5	Toldo paralelo	1.00	458
6	Toldo paralelo	1.00	444
7	Dobladora hidráulica	1.10	359
8	Sierra de cinta	1.10	297
9	Mesa de trabajo	0.77	165
10	Mesa de trabajo	0.77	232
11	Esmeril	1.05	211
12	Esmeril	1.07	242
13	Esmeril	1.07	224
14	Taladro de columna	0.95	281
15	Taladro de columna	0.93	180
16	Prensa manual	1.06	296
17	Fresadora convencional	1.06	241
18	Fresadora de control numérico	1.02	301

Tabla 5. Niveles actuales de iluminación en taller de electromecánica.

Tabla de descripción de luminarias existentes.

No.	Tipo de luminaria	Longitud	Altura	Potencia
L-1	2xT-8 industrial, luz blanca 4000K, factor 0.6, 3000 lm aprox.	1.20	3.00	60W
L-2	2xT-8 industrial, luz blanca 4000K, factor 0.6, 3000 lm aprox.	1.20	3.00	60W
L-3	2xT-8 industrial, luz blanca 4000K, factor 0.6, 3000 lm aprox.	1.20	3.00	60W
L-4	Highbay industrial, luz blanca 5000K, factor 0.6, 3000 lm aprox.	R=0.15	3.40	78W
L-5	Highbay industrial, luz blanca 5000K, factor 0.6, 3000 lm aprox.	R=0.15	3.40	78W
L-6	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W
L-7	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W
L-8	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W
L-9	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W
L-10	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W
L-11	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W
L-12	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W
L-13	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W
L-14	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W
L-15	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W
L-16	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W
L-17	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W
L-18	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W
L-19	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W

L-20	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W
L-21	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W
L-22	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W
L-23	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W
L-24	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W
L-25	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W
L-26	2xT-8 Construlita, luz blanca 4000K, factor 0.6, 2500 lm aprox.	2.40	3.40	68W

Tabla 6. Descripción de luminarias existentes

Descripción textual del lugar.

El taller de electromecánica cuenta con muros con acabado tipo repellido fino color blanco, con columnas grises con una altura de 4.50m; su cubierta está hecha a base de estructuras metálicas que soportan un techo de lámina gris. Su piso es de módulos de 3.00x4.00m de concreto rayado color gris, para delimitar las áreas de trabajo, existe una línea amarilla de 8cm aproximadamente de grosor. Sus luminarias se encuentran a una altura de 3.40. En el taller se encuentra maquinaria de trabajo industrial, como esmeriles, taladros de columna, prensas de banco, dobladora, entre otros.

Las áreas de trabajo cuentan con iluminación neutra de 4000K, con luminarias de diversos tipos, entre LEDs y lámparas fluorescentes, no todas las luminarias funcionan, lo que ocasiona áreas con iluminación deficiente.

Descripción fotográfica del lugar.



Figura 31. Taller con vista a almacén actual. (Fotografía tomada a las 11:35am, octubre)



Figura 32. Área de maquinado, vista general del taller (Fotografía tomada a las 11:35 am, octubre)



Figura 33. Taller con vista a área de maquinado y a la estructura del nuevo almacén. (Fotografía tomada a las 11:35am aprox. Octubre)



Figura 34. Vista exterior del acceso principal a los talleres de electromecánica. (Fotografía tomada a las 11:35am, octubre).

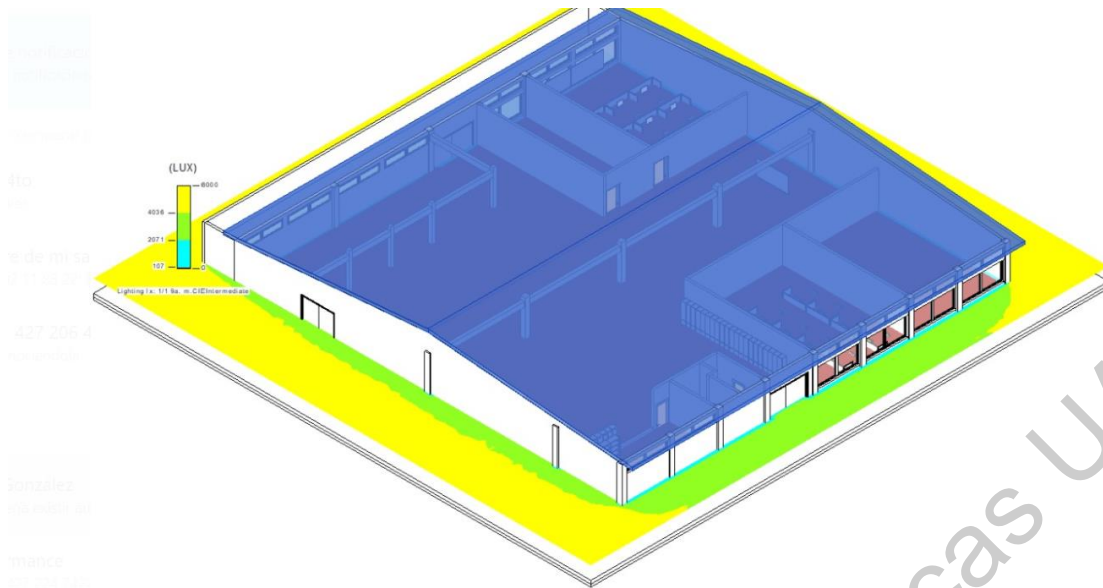


Figura 35. Análisis de iluminación natural exterior (realizado con Revit 2017, insight)

3.1.1 Análisis de los usuarios

Recabar información sobre la percepción de las condiciones de iluminación por parte de alumnos, maestros y personal del área.

Para recabar información, se realizó una encuesta a 30 alumnos de 19 a 25 años, de distintos semestres de ingeniería en electromecánica y en automotriz. Véase en la Figura 36.

ENCUESTA PARA TESIS EN ILUMINACIÓN EN TALLERES DE ELECTROMECAÁNICA



Nombre: _____ Carrera: _____
Grado y grupo: _____ Edad: _____ Uso de lentes: sí no

1. ¿Qué tipo de actividades realizas en el taller?
2. ¿Qué maquinaria es la que usas más frecuentemente?
3. ¿Cuántas horas a la semana pasas en los talleres?
4. ¿Normalmente en qué horario estás en los talleres?
5. ¿Tienes vista cansada o dolores de cabeza después de pasar varias horas en el taller?
6. ¿Consideras inadecuada la iluminación en el taller?
7. ¿Tienes que adoptar posturas inadecuadas o forzadas debido a la iluminación inadecuada?
8. ¿Consideras que la iluminación está uniformemente repartida?
9. Al salir de los talleres ¿sientes deslumbramiento visual?
10. ¿Existen puntos de trabajo donde las fuentes de luz produzcan intermitencias?
11. ¿Se han producido accidentes por iluminación inadecuada?

Figura 36. Encuesta tipo realizada a alumnos.

Dentro de las actividades mayormente realizada por los alumnos en el taller, están proyectos, prácticas y maquinado de piezas. Véase en la Figura 37.

- **Proyectos:** los alumnos destacaron que esta categoría se refiere a las actividades que ellos hacen fuera de horarios de clases en taller, para sus materias curriculares.
- **Prácticas:** se refiere a las actividades que se realizan en el taller, en los horarios de clase y supervisadas por un docente.

- Maquinado de piezas: se refiere a las actividades realizadas en el taller para una materia curricular, no curricular o actividades personales en el taller.

Principales actividades



Figura 37. Gráfica de las principales actividades realizadas en el taller

La maquinaria más usada en el taller, son los tornos, seguidos por herramientas del almacén (que son usadas mayormente en el área del taller), taladro de banco y fresadora, algunas otras que también son usadas son la cortadora y las sierras. Ver en Figura 38.

Maquinaria más usada en el taller

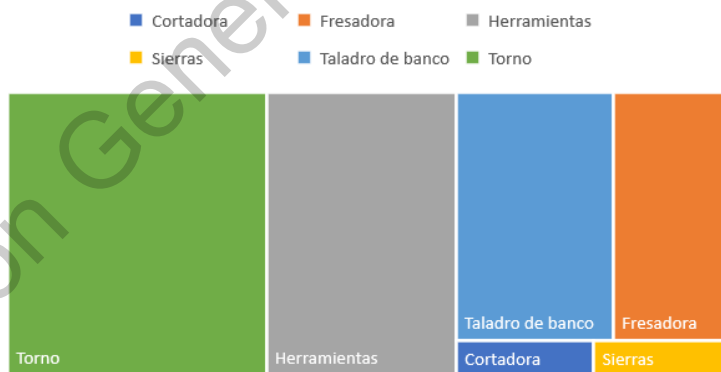


Figura 38. Gráfica de maquinaria más usada en el taller.

De acuerdo con los resultados de la encuesta, los alumnos ocupan los talleres aproximadamente 20 horas por semana, horario repartido de acuerdo con su horario escolar. Sin embargo, hay alumnos que llegan a pasar hasta 30 o 40 horas en el taller. Ver Figura 39.

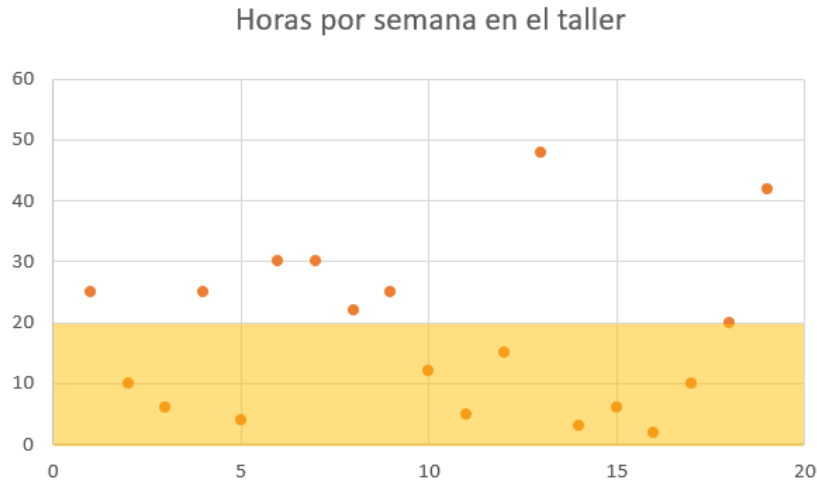


Figura 39. Gráfica de horas por semana en el taller.

El horario más usado en los talleres es todo el día, seguido por mañana y tarde, (ver Figura 40) este horario se ajusta a su horario escolar, cabe mencionar que los grupos que más ocupan los talleres todo el día son 7mo y 8avo.

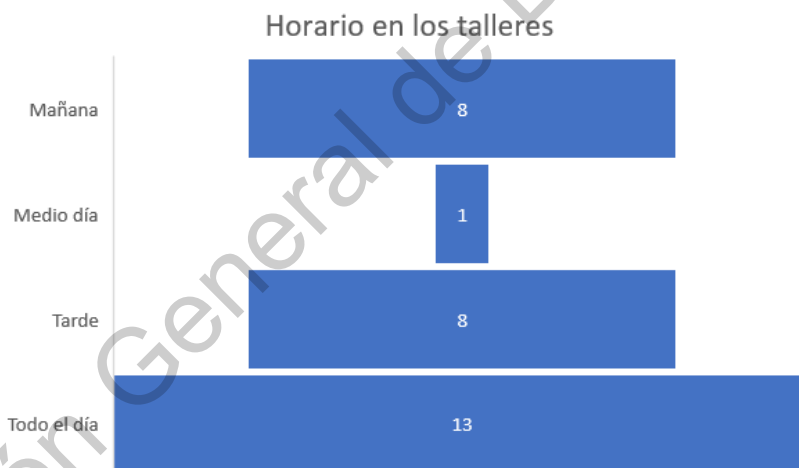


Figura 40. Gráfica de horario en el taller.

De acuerdo con los resultados de la encuesta, el 46% de los alumnos dijo no tener vista cansada al pasar tiempo en los talleres; mientras que el 33% afirmó tener vista cansada al pasar largos periodos en los talleres, quienes además dijeron que la vista cansada viene debido a que algunas áreas de los talleres tienen luminarias que parpadean; y el 20% de los alumnos dijo a veces tener vista cansada. Ver Figura 41.

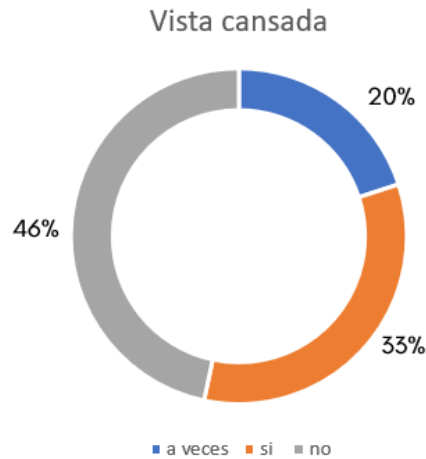


Figura 41. Gráfica de vista cansada en el taller.

De acuerdo con las encuestas, el 60% de los alumnos dijeron que la iluminación es inadecuada en el taller, el 30% dijo que la iluminación no les parece inadecuada para el taller, y el 10% dijo que solo es inadecuada en algunas zonas, mencionando aparte de zonas con baja iluminación en el taller, algunos otros lugares como laboratorio de cómputo, y salones adyacentes a los talleres. Ver Figura 42.

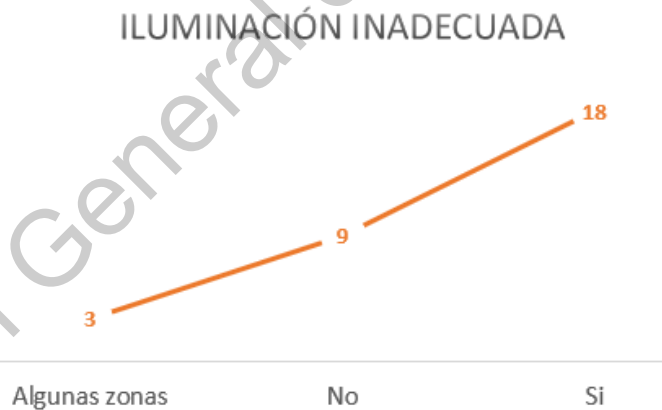


Figura 42. Gráfica de percepción de iluminación inadecuada en el taller.

Respecto a posturas inadecuadas en el taller al momento de realizar sus actividades, el 33% dijo a veces tener una postura inadecuada, el 17% dijo sí tener una postura inadecuada y el 50% dijo no tener una postura inadecuada al realizar sus actividades en el taller. Ver Figura 43.

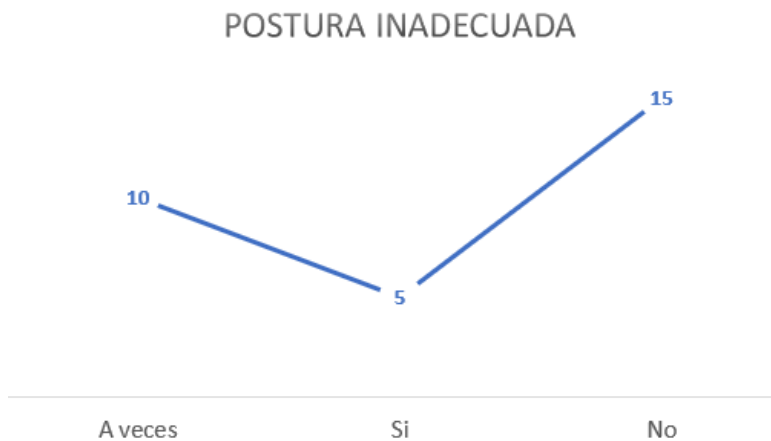


Figura 43. Gráfica de postura inadecuada

En la encuesta, los alumnos también demostraron, que el 66% piensan que la iluminación no es uniforme, el 27% piensan que sí lo es, y el 7% piensan que la iluminación está en algunas áreas bien repartida y en otras no. Ver Figura 44.

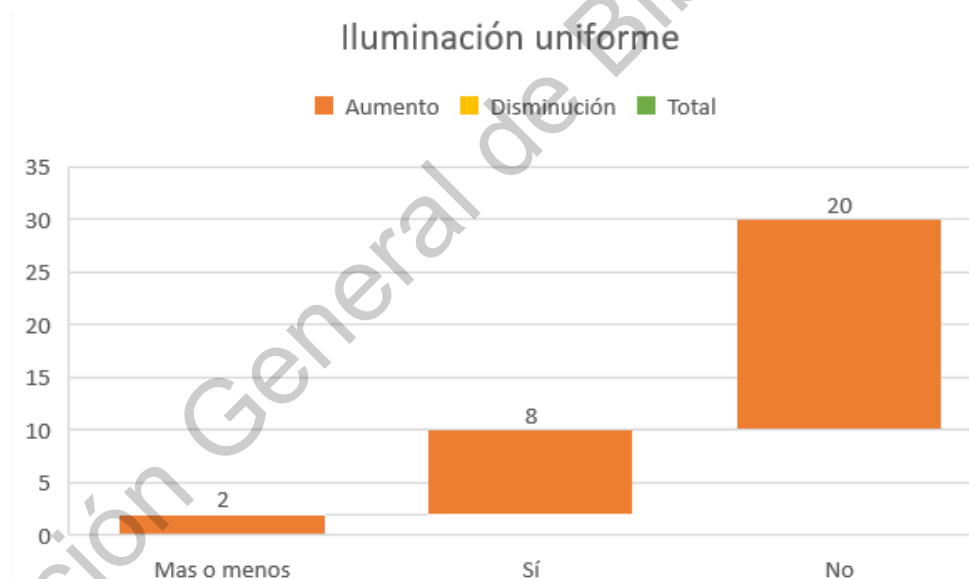


Figura 44. Gráfica de percepción de iluminación en el taller.

En la encuesta también se preguntó a los alumnos sobre el deslumbramiento en talleres, a lo que el 20% dijo a veces sentir deslumbramiento al salir de los talleres, el 40% dijo sí sentir deslumbramiento al salir de los talleres y el 40% dijo no notar algún deslumbramiento al salir de los talleres. Ver Figura 45. Cabe

mencionar que los alumnos comentaron sentir el deslumbramiento sobre todo a medio día, cuando deben salir a sus clases de idiomas (14:00 -16:00).

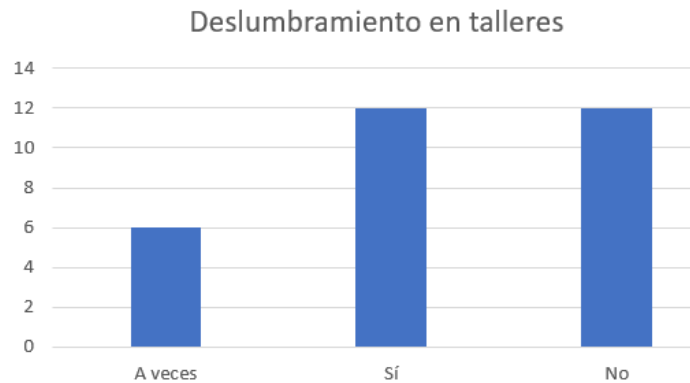


Figura 45. Gráfica de percepción de deslumbramiento en el taller.

Sobre la intermitencia en la iluminación, el 80% de los alumnos respondió que si hay intermitencia en la iluminación del taller, y que además también la hay en los laboratorios de cómputo y salones aledaños, el 10% respondió que no la hay y el 10% respondió que no sabía si había o no intermitencia en la iluminación del taller. Ver Figura 46.

Intermitencia en la iluminación

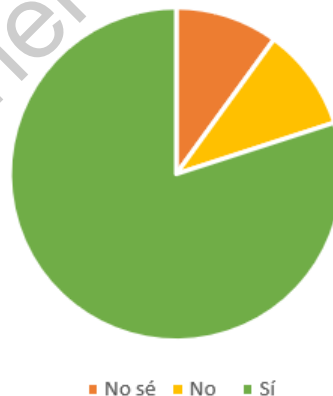


Figura 46. Gráfica de percepción de deslumbramiento en el taller.

Respecto a accidentes en el taller, el 63% de los alumnos respondió que no ha habido ningún percance en el taller debido a la iluminación, el 30% de los alumnos respondieron no saber si ha existido algún accidente en el taller, y el 7% respondió que han existido ligeros accidentes en el taller debido a la

iluminación de velo que producen sus cuerpos sobre las áreas de trabajo. Ver Figura 47.

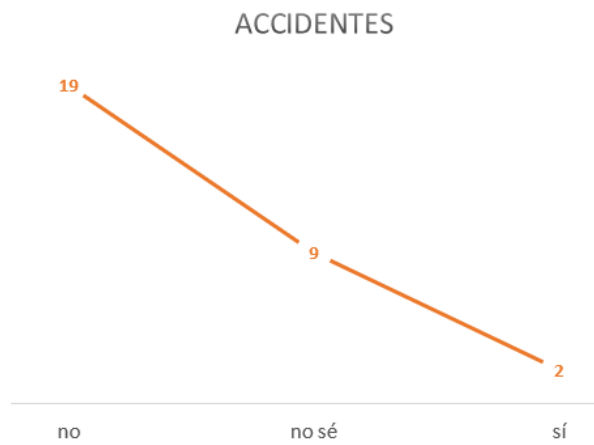


Figura 47. Gráfica de accidentes en el taller.

3.1.2 Análisis de necesidades

Descripción de tareas visuales y de las áreas de trabajo.

Área	Tarea	NOM-025
Almacén Actual	<ul style="list-style-type: none"> Revisar y registrar equipo Acomodar equipo Trabajos simples con herramientas. 	Requerimiento visual simple, inspección de piezas trabajo en banco. 200 lx
Prensa	<ul style="list-style-type: none"> Sujetar materiales a presión Cortar, golpear o interactuar en materiales sujetos. 	Distinción clara de detalles, maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil. 500 lx
Fresadora	<ul style="list-style-type: none"> Cortar materiales Dar forma a materiales Quitar viruta y rebabas en materiales 	Distinción fina de detalles, maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión. 750 lx
Taladro columna	<ul style="list-style-type: none"> Perforar materiales 	Distinción fina de detalles, maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión. 750 lx
Esmeriles	<ul style="list-style-type: none"> Pulir materiales Quitar viruta y rebabas en materiales 	Alta exactitud en la distinción de detalles,

		ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabados con pulidos finos. 1000 lx
Almacén nuevo	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar y registrar equipo • Acomodar equipo • Trabajos simples con herramientas. 	Requerimiento visual simple, inspección de piezas trabajo en banco. 200 lx

Tabla 7. Descripción de tareas visuales en áreas de trabajo

2.2 Análisis de datos

Identificar las áreas de trabajo donde exista una iluminación deficiente.

De acuerdo con iluminación medida de forma manual, se hizo un diagrama de distribución luminosa en el software Dialux 4.13, en el cual se pueden observar los puntos con más alta iluminación y los puntos con iluminación deficiente en su estado actual.

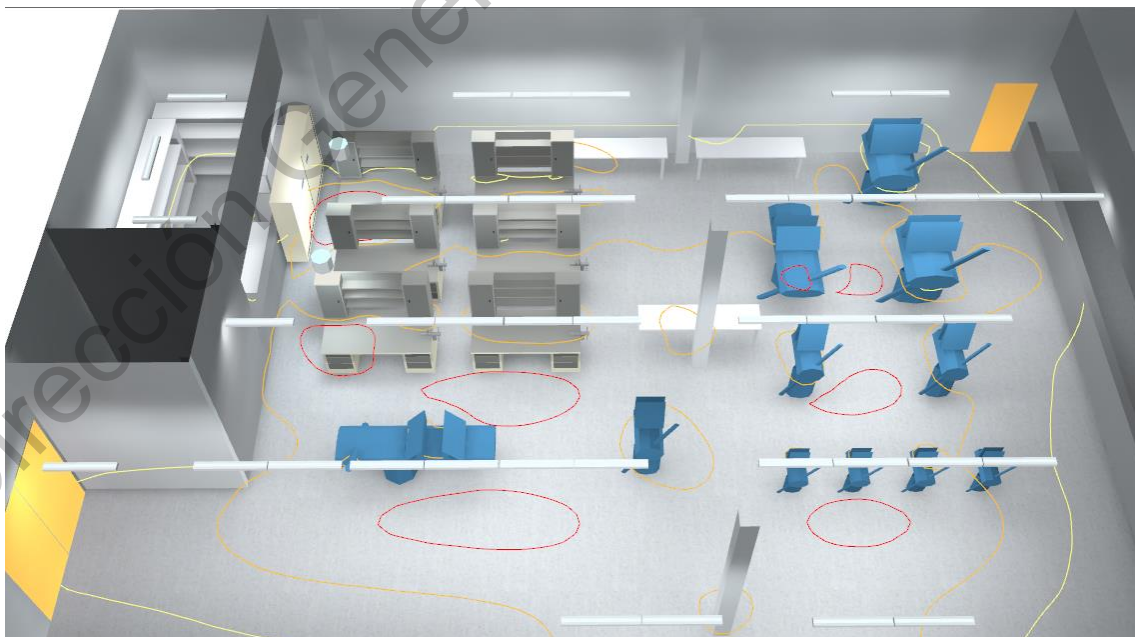


Figura 48. Muestra de perspectiva en software de la iluminación actual mediante isólinas (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

Es preciso mencionar que, en el estado actual, de las 26 luminarias enumeradas anteriormente, solo se encuentran 21 en funcionamiento real, ya que 5 de ellas están fundidas o parpadean, por lo que fueron retiradas parcial o completamente del cálculo en el software.

2.2.1 Normativa

De acuerdo con la normativa, realizar una cuadrícula identificando los puntos donde la iluminación no es óptima.

Por el tipo de actividades realizadas en el taller, la NOM-025 dice que la iluminación mínima debe estar en 500lx y la óptima para áreas donde se realizan actividades que requieren precisión visual es de 1000lx. Se realizó en el software Dialux 3.14 la representación con colores de la incidencia de luz artificial actual, pidiendo los parámetros de 100 a 500 luxes para ver qué áreas cumplen con la norma.

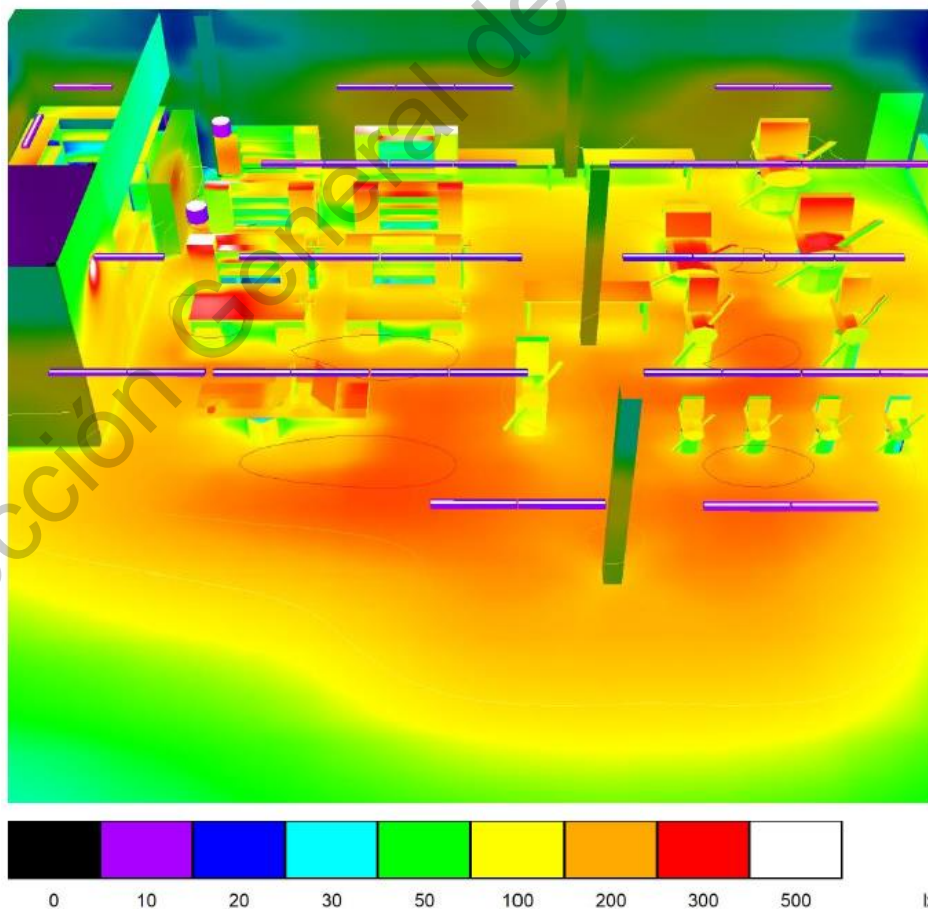


Figura 49. Muestra de colores según la NOM- 025 (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

2.2.2 Arquitectura

- Analizar qué iluminación bloquea la realización de actividades, o genera puntos oscuros o deslumbramiento visual.

Los principales bloqueos visuales surgen debido a la separación entre luminarias, la luz de velo se proyecta sobre las áreas de trabajo porque la incidencia de la luz evita que los usuarios aprovechen la iluminación.

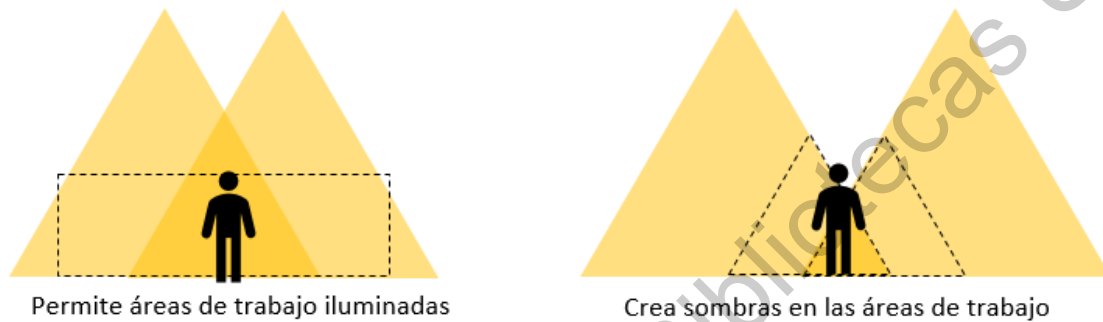


Figura 50. Muestra de colores según la NOM- 025 (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

- Ver la disposición homogénea de la iluminación

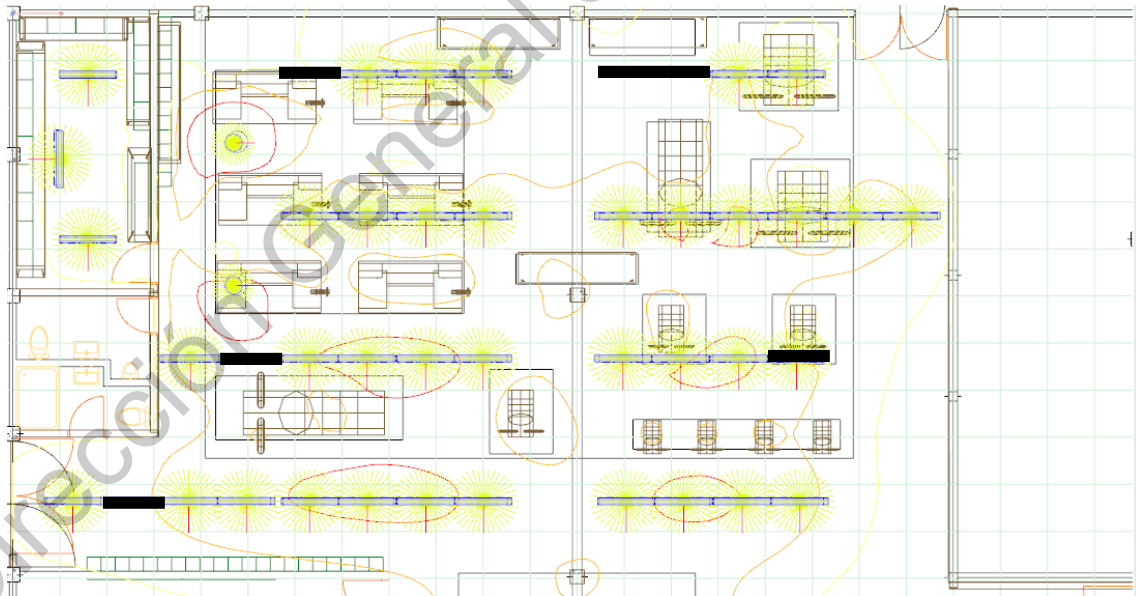


Figura 51. Muestra en planta en software de la iluminación actual mediante isóneas (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

- Verificar las alturas y disposiciones de las luminarias, así como sus ángulos de apertura

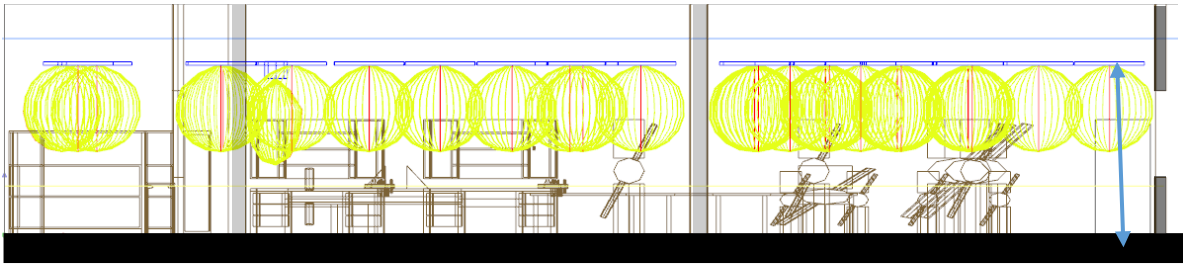


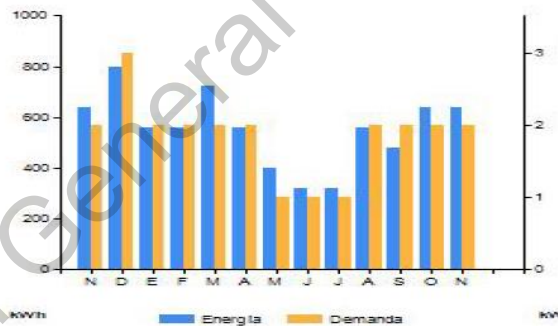
Figura 52. Muestra en planta en software de la iluminación actual mediante isólinas (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

De acuerdo con los datos medidos en el taller, las luminarias se encuentran a una altura de 3.40m con una separación entre ellas de aproximadamente de 3.00m, su ángulo de apertura varía entre aproximadamente 120° y 170°.

2.2.3 Ahorro de energía

- Verificar en el mercado qué luminarias tienen un bajo consumo eléctrico y cumplan con la normatividad (costo-duración luminarias)

En la actualidad en los talleres este es el consumo de energía promedio.



Periodo	Demanda máxima kW	Consumo total kWh	Factor potencia %	Factor carga %	Precio medio (MXN)
NOV 18	2	640	99.99	15	3.6999
DIC 18	3	800	99.99	16	3.7309
ENE 19	2	560	99.99	10	3.6618
FEB 19	2	560	99.99	11	3.4353
MAR 19	2	720	99.99	15	3.0354
ABR 19	2	560	99.99	11	3.4463
MAY 19	1	400	99.99	7	3.6564
JUN 19	1	320	99.99	8	3.8036
JUL 19	1	320	99.99	6	4.0998
AGO 19	2	560	99.99	12	3.7752
SEP 19	2	480	99.99	10	3.9044
OCT 19	2	640	99.23	12	3.4415
NOV 19	2	640	99.99	12	3.3828

Figura 53. Comprobante de CFE del área de talleres de ingeniería UAQ SJR.

Las luminarias actuales del taller no son homogéneas, la mayoría son tubos fluorescentes de aproximadamente 78watts, tomando en cuenta que cada luminaria contiene dos tubos, el gasto aproximado de electricidad es de 3276 watts por las 21 luminarias de tubo.

En la actualidad existen en el mercado tubos LED con las mismas características (t8, 2.40m, empotrables al gabinete con salida tipo G13, 4000-6000K) con un consumo de 40watts lo que generaría un gasto de: 1680 watts por las 21 luminarias.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Modelo:	T8 240 Alto Flujo
Watts	40 W
Flujo luminoso	6,000 lm
Medidas	ø 30 X 2,367 mm
Base	G 13
Voltaje	80 - 260 VCA
Temperatura	3,000K / 4,100K / 6,000K
Horas de vida	50,000 hrs
Garantía	3 años
Unidades por caja	20 piezas
Ángulo y óptica	120°
Factor de potencia	> 0,9
Índice de protección	IP20
Atenuable	Disponible



Figura 54. Luminaria LED ejemplo.

El uso de tubos ahorradores de energía permitiría un ahorro de casi el 50% en el gasto actual en iluminación de áreas de trabajo en los talleres.

3.3 Propuestas

A continuación, se muestran una serie de propuestas que cumplan con los requisitos de normatividad, ahorro de energía y arquitectura.

3.3.1 Normativa

La norma dice que las áreas de almacén deberían estar en 200 luxes, las áreas de trabajo en 750 luxes y las áreas de trabajo especializado en 1000 luxes por lo que sería conveniente tener la iluminación focalizada de acuerdo con las tareas que se deben realizar.

3.3.2 Ahorro de energía

La propuesta en ahorro de energía se trata de una mejor distribución de las luminarias, a una distancia uniforme para que se utilicen de manera óptima.

Debido a su distribución, esas luminarias generan iluminación en áreas innecesarias, o sombras en áreas de trabajo y no se ajustan a ningún patrón de acomodo.

Cabe mencionar que la propuesta se basa en las luminarias existentes que responden al patrón de distribución si se mantienen todas a 40W y con un flujo luminoso de 6000lm el resultado sería el siguiente (Figura 57).

3.3.3 Arquitectura

Lo ideal arquitectónicamente sería dividir la iluminación en:

- Iluminación general: para pasillos y almacenes 200 lx
- Iluminación de trabajo: para todas las áreas del taller 750 lx
- Iluminación localizada: para las áreas especializadas ya sean tornos, taladros o esmeriles 1000 lx.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS

4.1 HALLAZGOS

De acuerdo con las encuestas realizadas en los talleres a alumnos, se supo que ellos se consideran más activos en talleres con mejor iluminación como el taller nuevo de automotriz, donde se tienen en un área pequeña 36 luminarias tipo LED, a una altura óptima de 2.50m, con luz fría 4000-6000K uniforme.

4.2 RESULTADOS SOFTWARE

Con base en las propuestas 3.3.1 de normativa, este es el diagrama de niveles de iluminación óptima por tarea de acuerdo con la NOM-025. (Ver Figura 55).

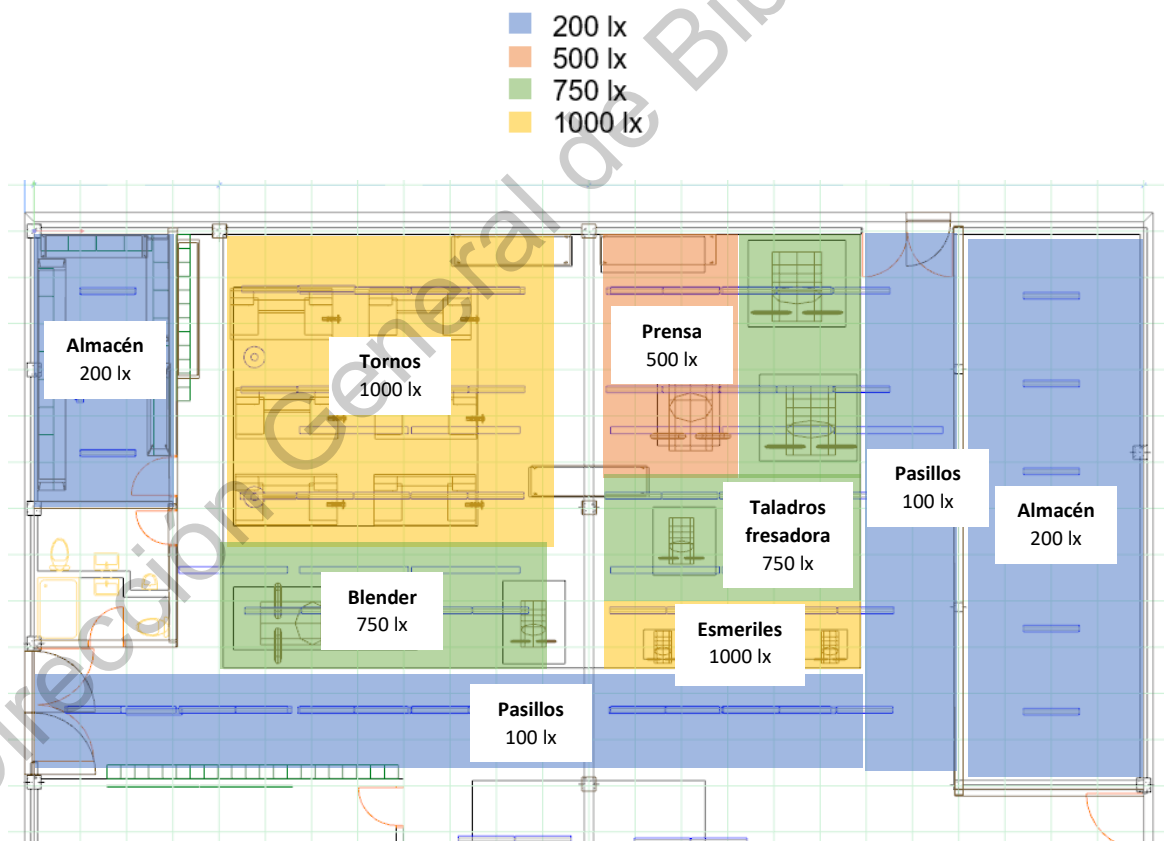
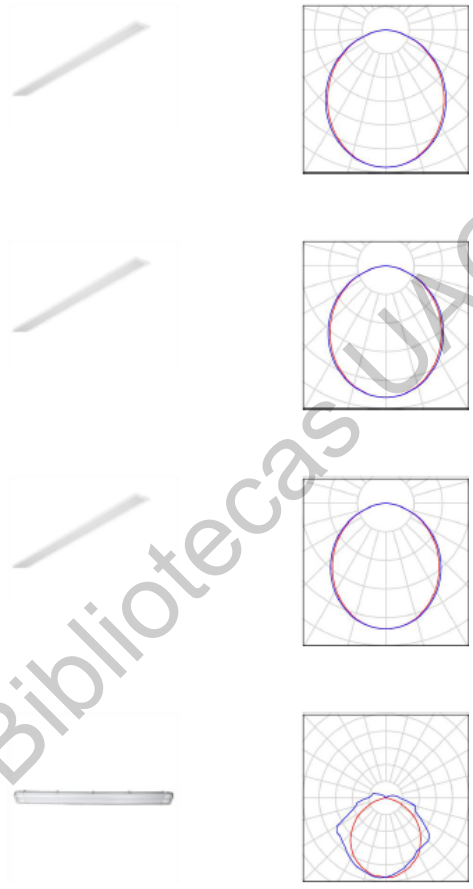


Figura 55. Muestra en planta de esquema por colores de niveles de iluminación adecuado a la NOM-025.

Se consideraron las siguientes luminarias para el análisis.

- 11 Pieza EATON LEAC20604KZ EATON - LEAT
 N° de artículo: LEAC20604KZ
 Flujo luminoso (Luminaria): 6033 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 6033 lm
 Potencia de las luminarias: 55.0 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 49 81 96 100 100
 Lámpara: 1 x LEAC20604KZ (Factor de corrección 1.000).
- 6 Pieza EATON LEAC30454KZ EATON - LEAT
 N° de artículo: LEAC30454KZ
 Flujo luminoso (Luminaria): 4809 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 4809 lm
 Potencia de las luminarias: 39.0 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 49 81 96 100 100
 Lámpara: 1 x LEAC30454KZ (Factor de corrección 1.000).
- 10 Pieza EATON LEAC30904KZ EATON - LEAT
 N° de artículo: LEAC30904KZ
 Flujo luminoso (Luminaria): 9208 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 9208 lm
 Potencia de las luminarias: 81.0 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 49 81 96 100 100
 Lámpara: 1 x LEAC30904KZ (Factor de corrección 1.000).
- 8 Pieza GRUPOCONSTRULITA ESTLED-40W/40 ONTUR
 N° de artículo: ESTLED-40W/40
 Flujo luminoso (Luminaria): 2400 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 2400 lm
 Potencia de las luminarias: 41.2 W
 Clasificación luminarias según CIE: 92
 Código CIE Flux: 42 73 91 92 100
 Lámpara: 1 x Integrado LED (Factor de corrección 1.000).



La ubicación configurada fue la siguiente (ver Figura 56).

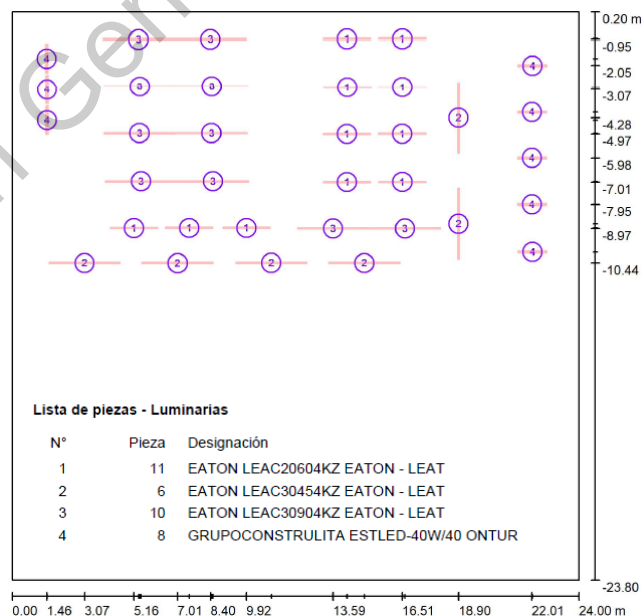


Figura 56. Muestra de ubicación de luminarias propuesta NOM-025 (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

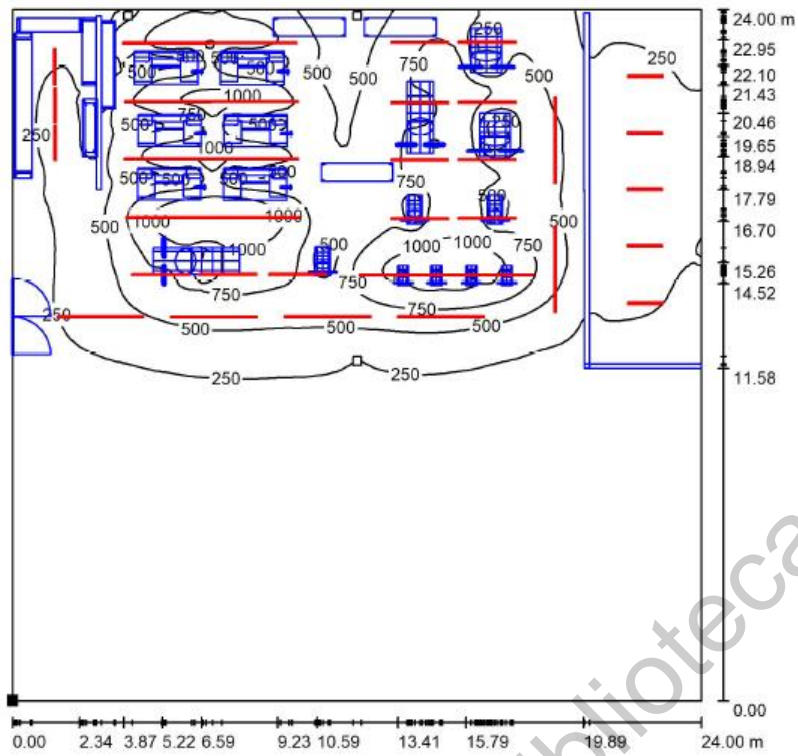


Figura 57. Escena de luz propuesta NOM-025 (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

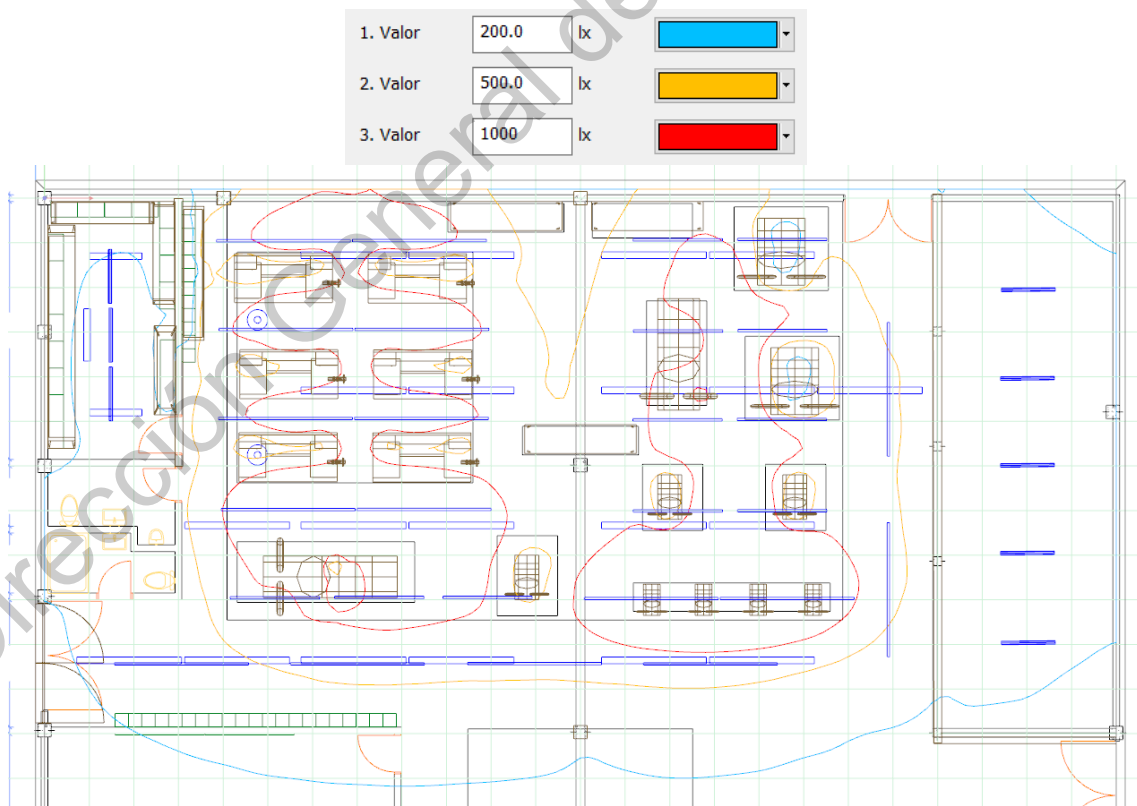


Figura 58. Muestra en planta en software de la iluminación actual mediante isolíneas Propuesta NOM-025. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

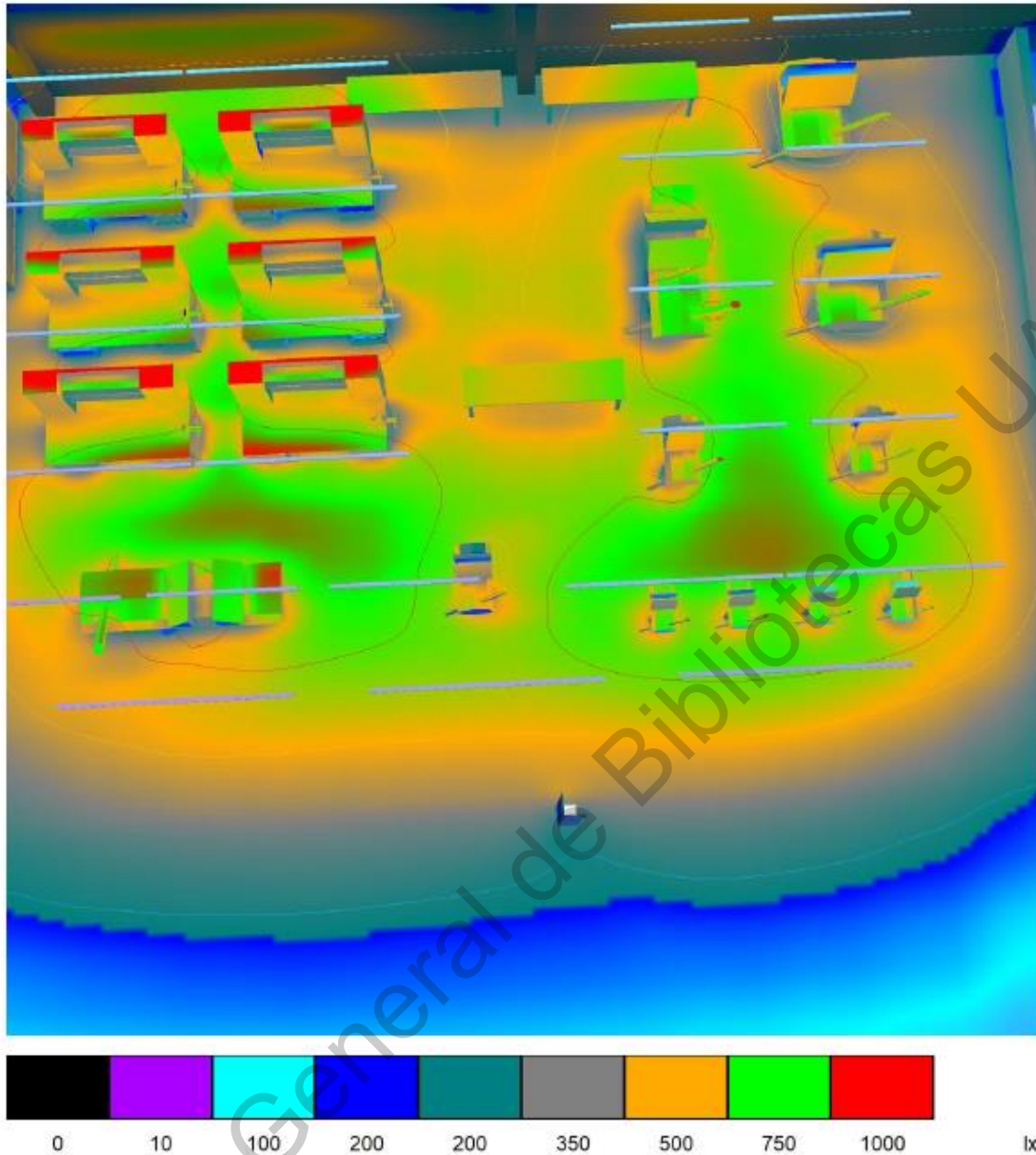


Figura 59. Rendering de colores falsos propuesta NOM-025. (Muestra ejecutada en Dialux 4.13)

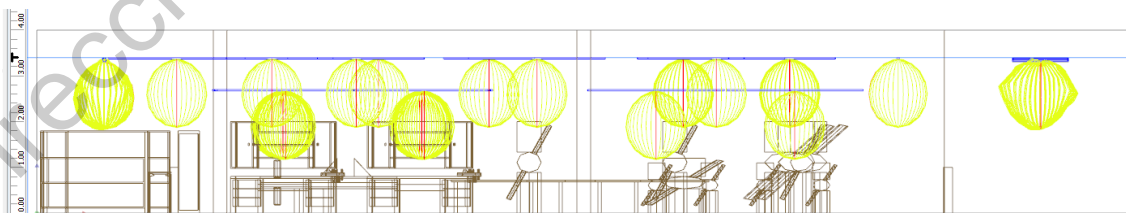


Figura 60. Vista lateral de alturas propuesta NOM-025. (Muestra ejecutada en Dialux 4.13)

Las luminarias se encuentran a una altura de 3.40mts exceptuando las luminarias tipo 2 (descritas en la Figura 56) que se encuentran a una altura de 2.80m.

La propuesta cumple efectivamente con la normativa requerida en sus áreas, pero se generan deslumbramientos interiores en áreas como pasillos o almacén al pasar a áreas de trabajo especializado debido a la diferencia de luxes que marca la norma (áreas con 1000 luxes y áreas con 200 luxes).

De este modo se comportaría la iluminación basándose específicamente en la normativa, creando en las áreas de esmeriles y taladros iluminación de 1000 luxes, en las áreas de trabajo iluminación de 750 luxes, en almacén y pasillos 200 luxes.

El costo de la propuesta lumínica con base en la NOM-025 es:

Luminaria	Cantidad	Watts	Costo unitario
Eaton LEAC20604KZ	11	55	2135
Eaton LEAC30454KZ	6	39	1700
Eaton LEAC30904KZ	10	81	1670
ConstrulitaESTLED-40w/40	8	41.2	1325
Total	35	1978 W	60 985

Tabla 8. Costo aproximado de luminarias de propuesta NOM-025 (2019).

Con base en la propuesta de ahorro de energía 3.3.2, se deben permitir módulos más centrados a mejores distancias de las ya existentes que permitan a los alumnos una visión óptima al realizar sus actividades. (Figura 61). Estos módulos deben estar diseñados para satisfacer las necesidades del taller y evitar que todas las luminarias estén prendidas cuando no todo el taller esté en uso, es decir, crear módulos seccionados en las áreas con equipos similares para evitar el uso innecesario de luminarias extra.

Dentro de la distribución existente de luminarias, se marcan las luminarias que son innecesarias o están fuera de lugar.

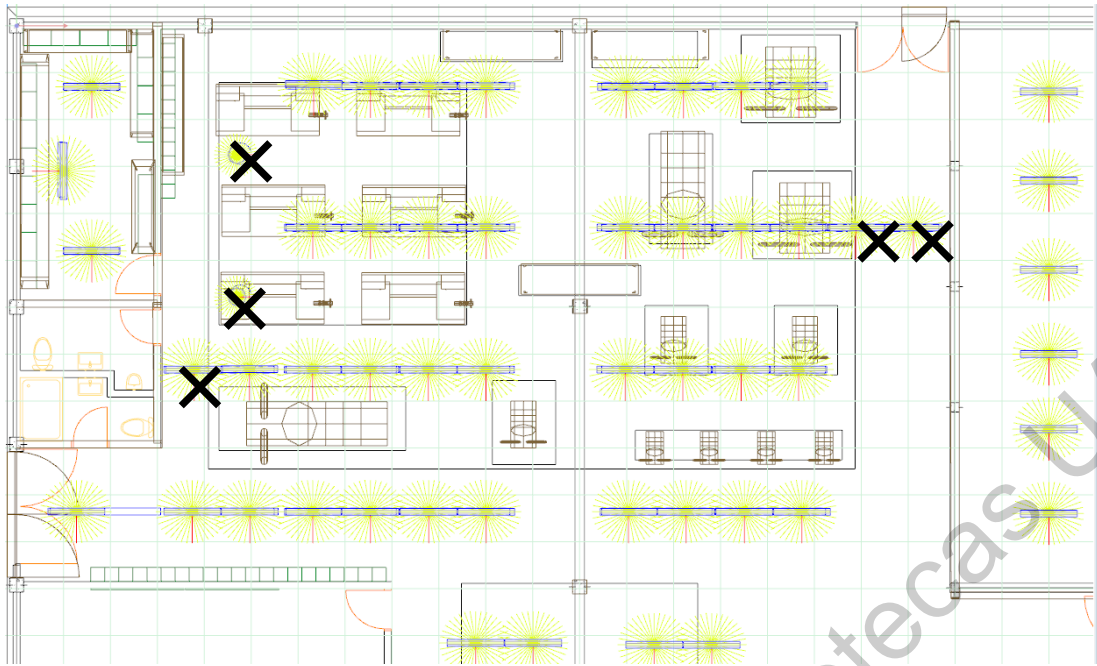


Figura 61. Propuesta de planta de luminarias actual para ahorro de energía.

Se seccionan luminarias de dos tipos, una de bajo flujo luminoso para pasillos y almacén, y otra de mayor flujo luminoso para crear módulos para las áreas de trabajo. (Ver Figura 62).

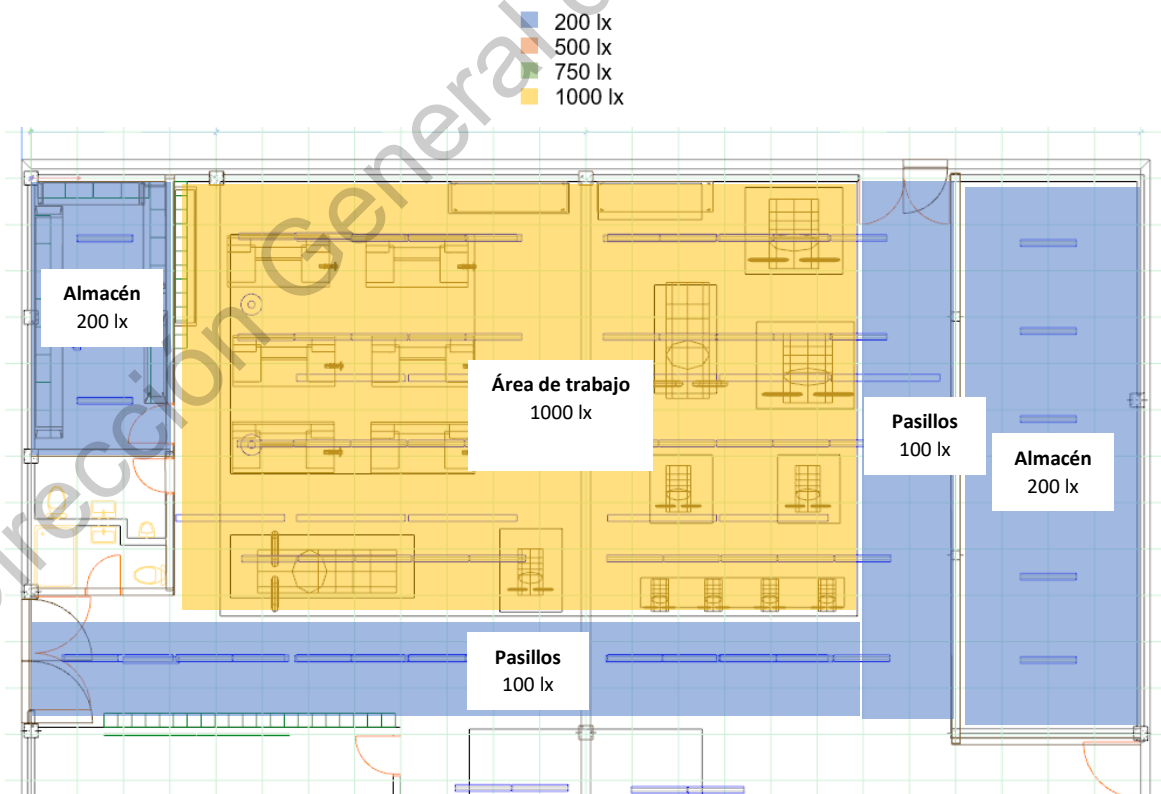


Figura 62. Muestra en planta de esquema por colores de niveles de iluminación para ahorro de energía.

Se contemplan cuatro módulos para el área de trabajo, donde en el primer módulo se tiene el área de tornos, en el segundo módulo se tiene el área de la dobladora, en el tercer módulo se tiene la prensa y fresadora, y en el cuarto módulo están los esmeriles y los taladros de columna. (Ver Figura 63)

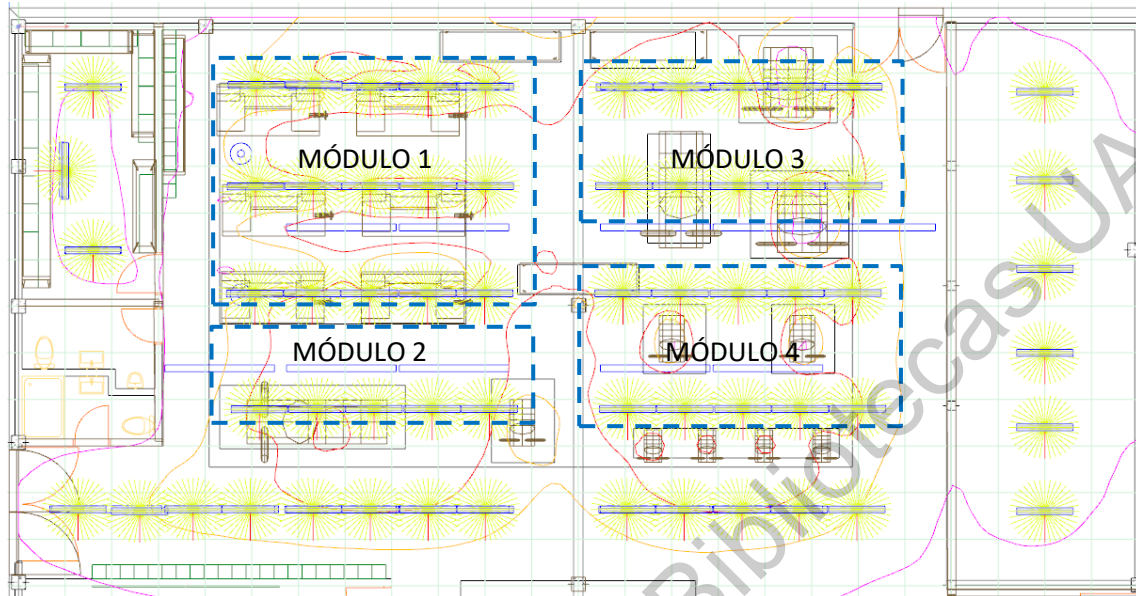
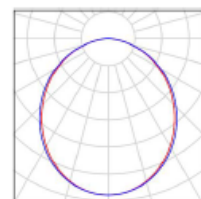


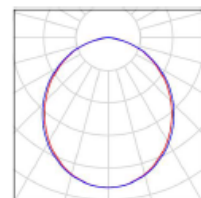
Figura 63. Planta de módulos sobre plano existente para ahorro de energía.

Con base en el diagrama, la propuesta lumínica se demuestra en la Figura 62, se consideraron las siguientes luminarias para el análisis.

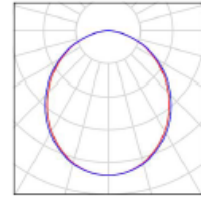
10 Pieza EATON LEAC20604KZ EATON - LEAT
 N° de artículo: LEAC20604KZ
 Flujo luminoso (Luminaria): 6033 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 6033 lm
 Potencia de las luminarias: 55.0 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 49 81 96 100 100
 Lámpara: 1 x LEAC20604KZ (Factor de corrección 1.000).



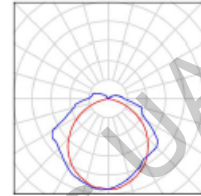
6 Pieza EATON LEAC30454KZ EATON - LEAT
 N° de artículo: LEAC30454KZ
 Flujo luminoso (Luminaria): 4809 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 4809 lm
 Potencia de las luminarias: 39.0 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 49 81 96 100 100
 Lámpara: 1 x LEAC30454KZ (Factor de corrección 1.000).



10 Pieza EATON LEAC30904KZ EATON - LEAT
 N° de artículo: LEAC30904KZ
 Flujo luminoso (Luminaria): 9208 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 9208 lm
 Potencia de las luminarias: 81.0 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 49 81 96 100 100
 Lámpara: 1 x LEAC30904KZ (Factor de corrección 1.000).



8 Pieza GRUPOCONSTRULITA ESTLED-40W/40
 ONTUR
 N° de artículo: ESTLED-40W/40
 Flujo luminoso (Luminaria): 2400 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 2400 lm
 Potencia de las luminarias: 41.2 W
 Clasificación luminarias según CIE: 92
 Código CIE Flux: 42 73 91 92 100
 Lámpara: 1 x Integrado LED (Factor de corrección 1.000).



La ubicación configurada fue la siguiente (ver Figura 64).

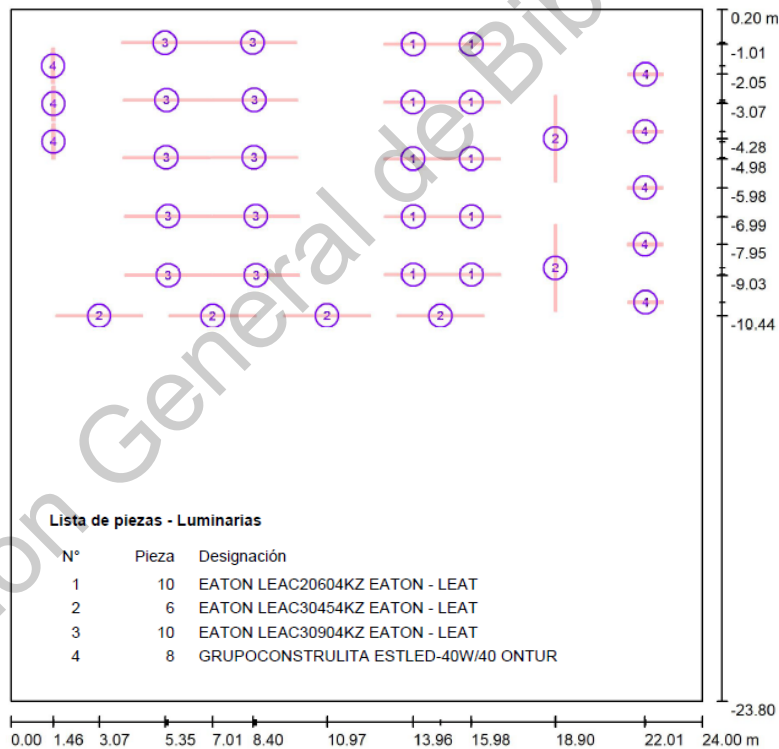


Figura 64. Muestra de ubicación de luminarias propuesta Ahorro de energía (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

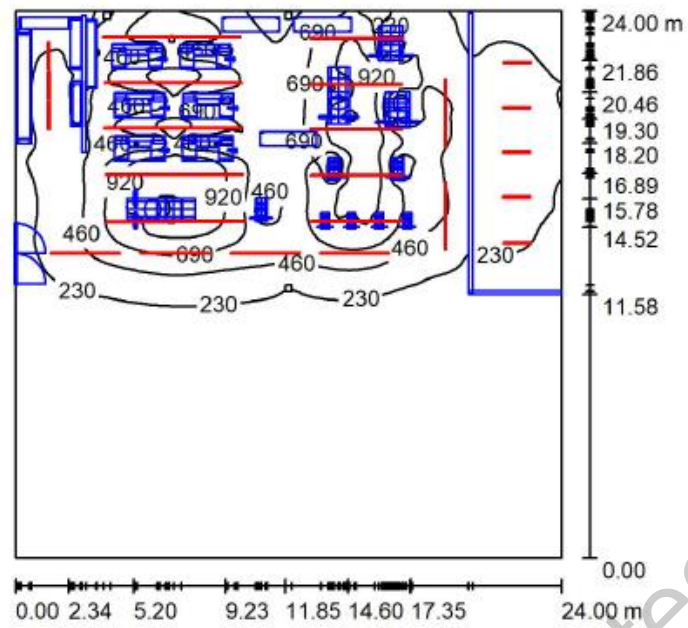


Figura 65. Escena de luz propuesta ahorro de energía (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

1. Valor	200.0 lx	
2. Valor	500.0 lx	
3. Valor	1000 lx	

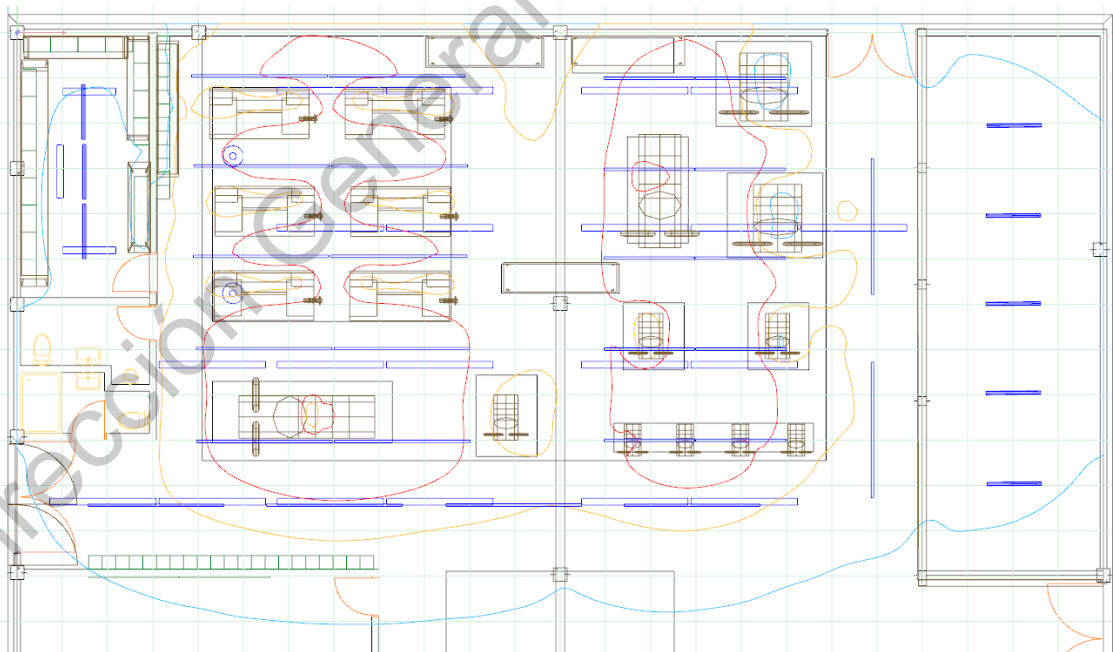


Figura 66. Muestra en planta en software de la iluminación actual mediante isolíneas Propuesta ahorro de energía. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

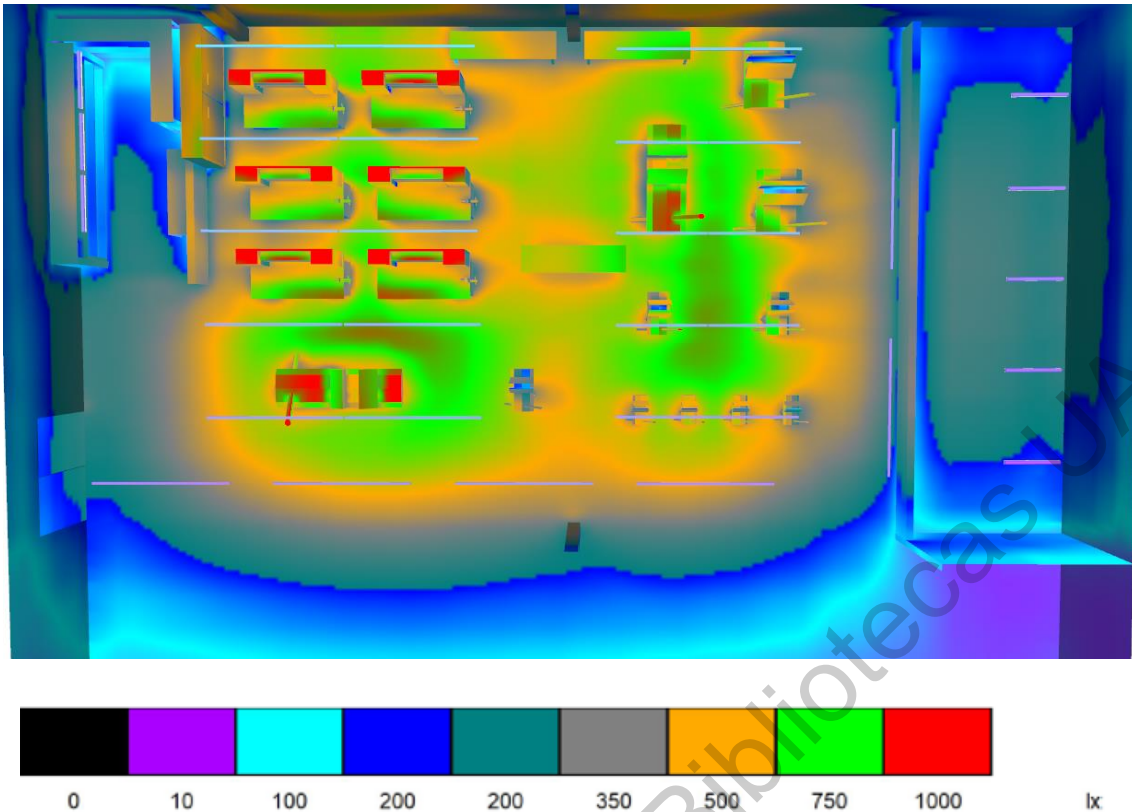


Figura 67. Rendering de colores falsos propuesta ahorro de energía. (Muestra ejecutada en Dialux 4.13)

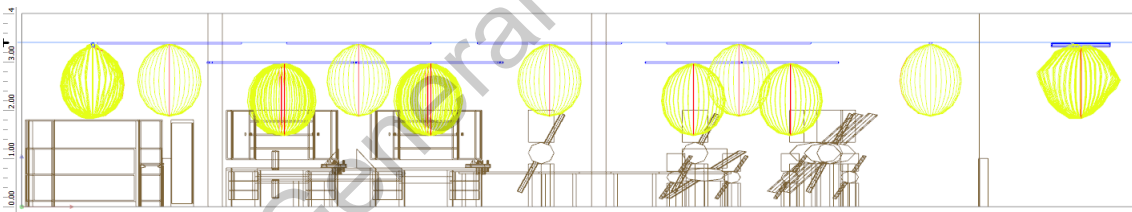


Figura 68. Vista lateral de alturas propuesta Ahorro de energía. (Muestra ejecutada en Dialux 4.13)

Las luminarias generales de pasillos y almacenes se encuentran a una altura de 3.40mts y las luminarias del área de trabajo se encuentran a una altura de 3.00m.

Dentro de la propuesta, el comportamiento de los módulos es el mostrado en las Figuras 69, 70, 71 y 72 , teniendo en cuenta la iluminación general y de almacenes.

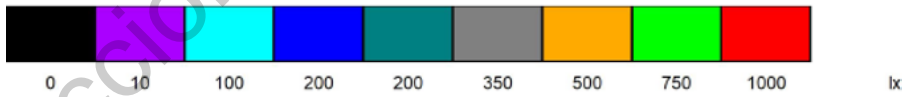
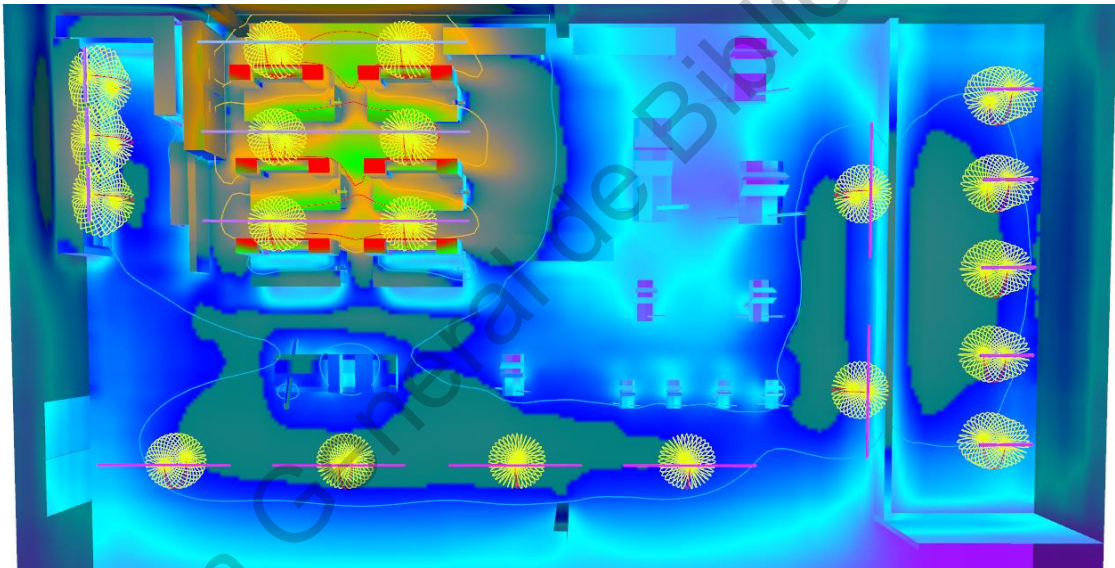
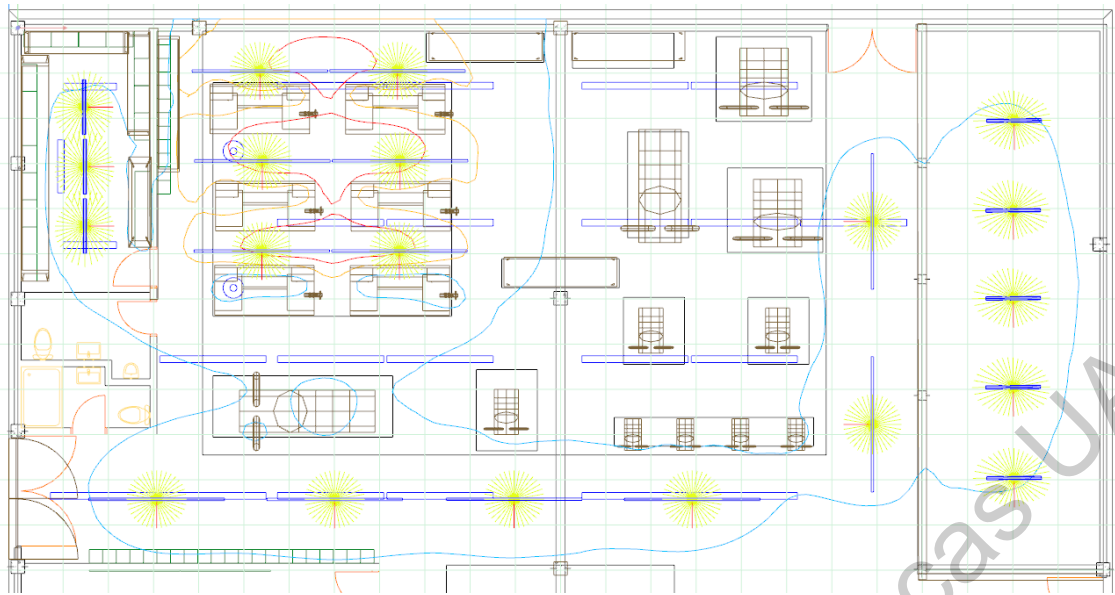


Figura 69. Muestra de isólinas módulo 1 con iluminación general. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

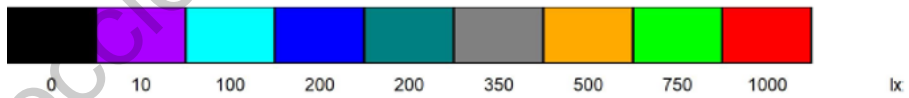
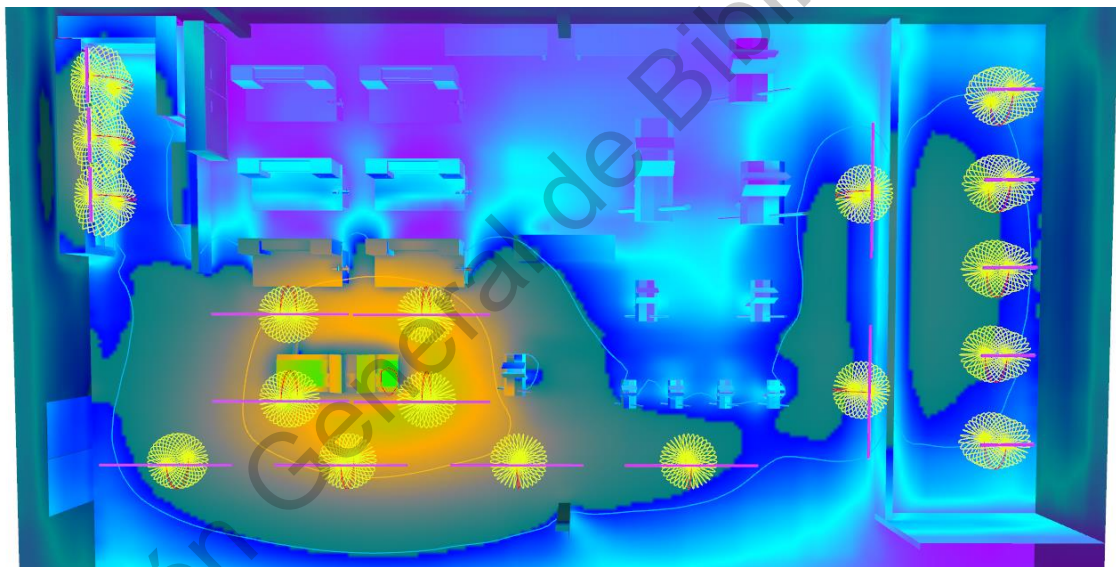
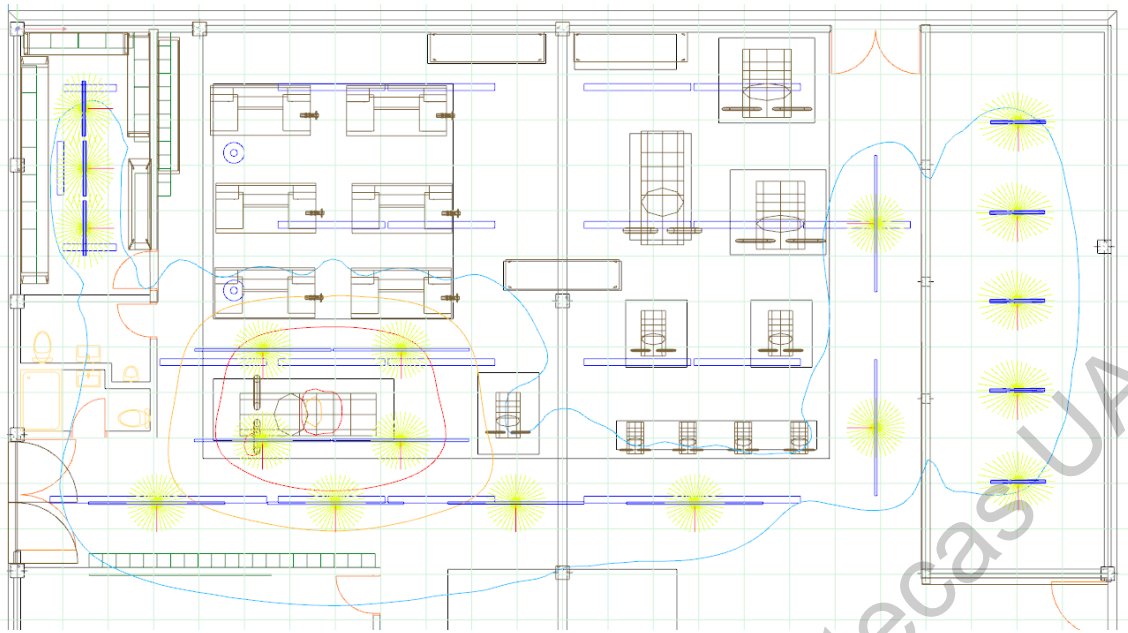


Figura 70. Muestra de isolíneas módulo 2 con iluminación general. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

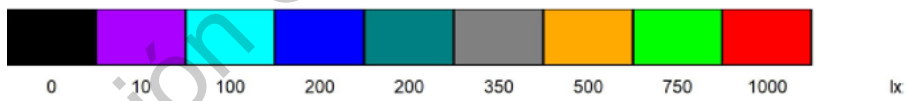
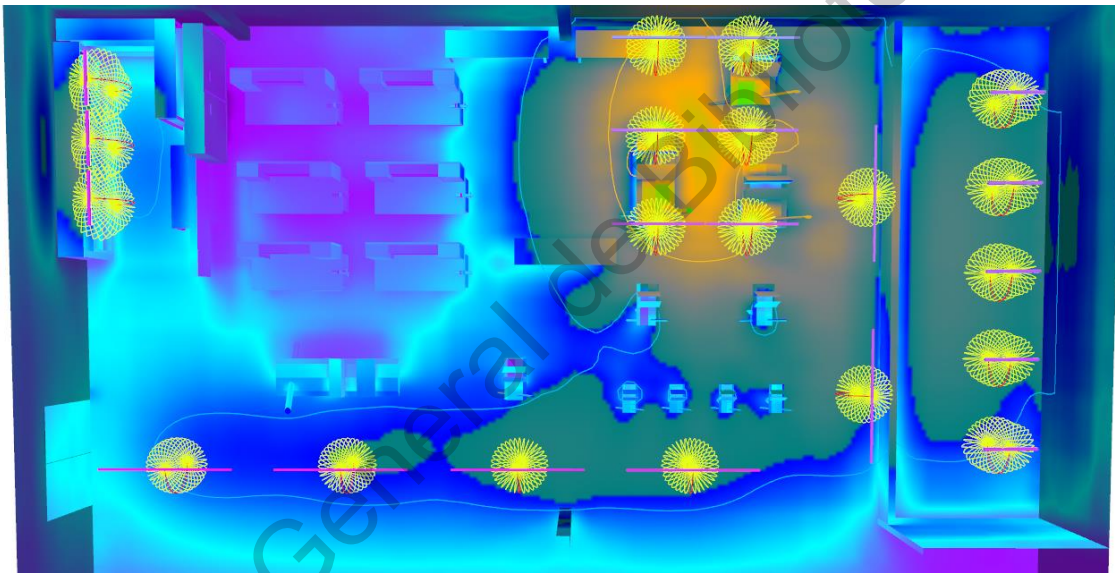
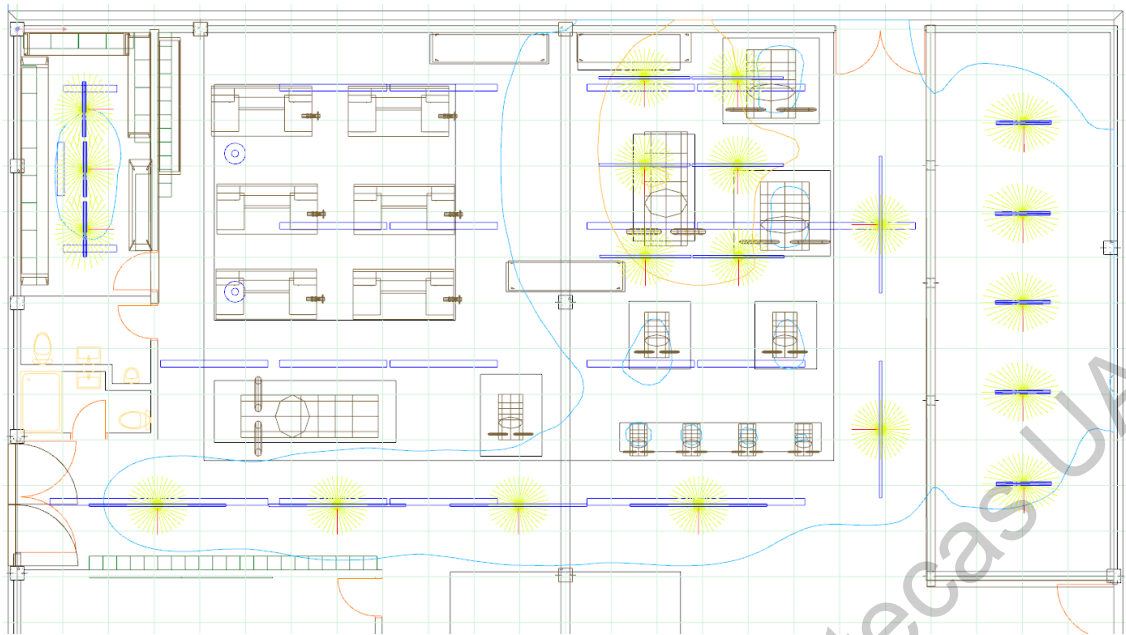


Figura 71. Muestra de isolíneas módulo 3 con iluminación general. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

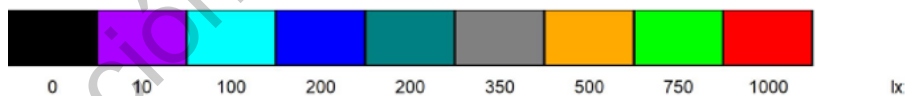
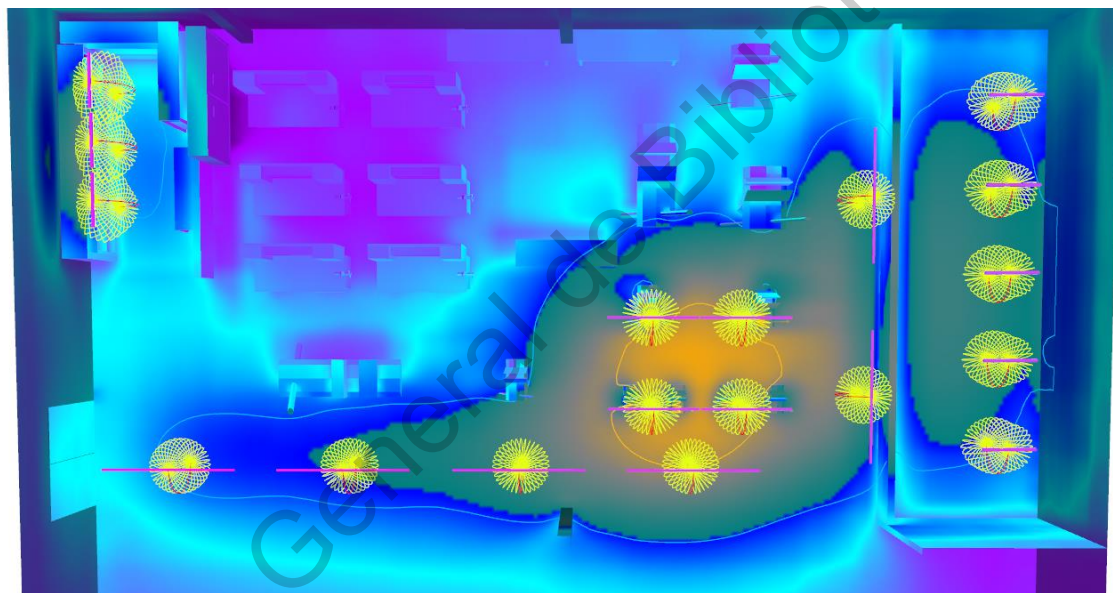
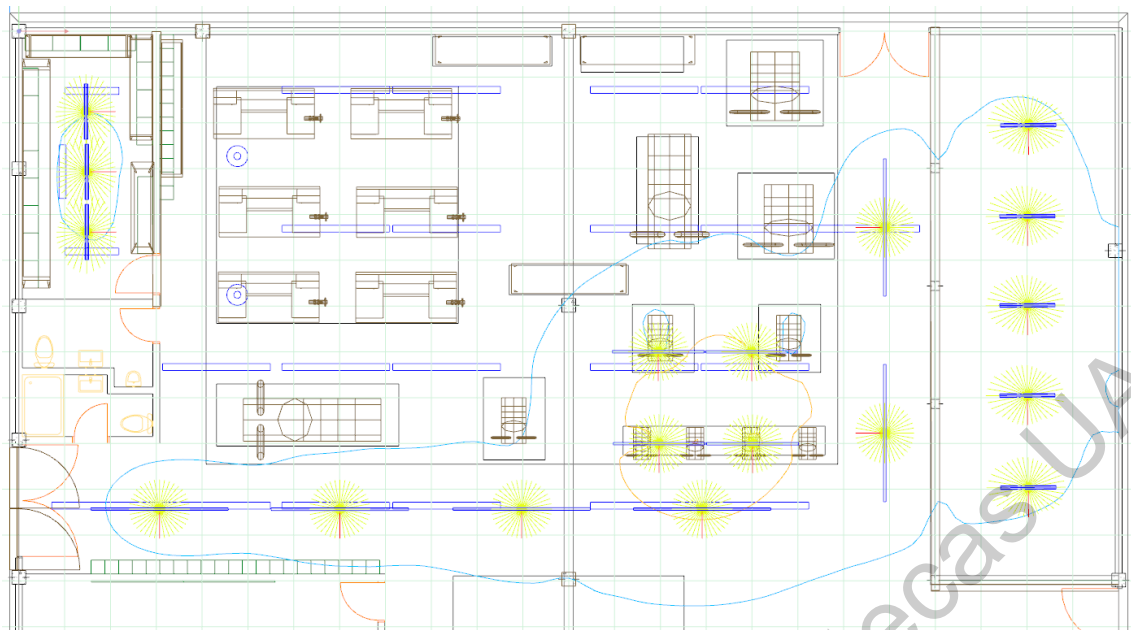


Figura 72. Muestra de isolíneas módulo 4 con iluminación general propuesta ahorro de energía. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

Realizando una comparativa con el plano de luminarias existentes, en la actualidad se cuenta con 26 luminarias de distintos tipos (Figura 30) que de acuerdo con la tabla 4 el consumo energético es de: 3276W que oscilan entre los 200 y 350 luxes en promedio, es decir están a un tercio de la norma requerida, la propuesta de ahorro de energía cumple efectivamente con la normativa

requerida en sus áreas, consta con 34 luminarias que abarcan también el área de la remodelación del almacén, el consumo energético es de 1923W que distribuido en sus cuatro módulos, con iluminación general (563W) cada módulo estaría ocupando:

Módulo 1 - 1049 W

Módulo 2 – 887 W

Módulo 3 – 893 W

Módulo 4 – 783 W

Por lo que el consumo energético se basaría en el uso de los espacios por actividad, y no en un uso general como lo es actualmente, y se podría ahorrar hasta el 70% de la energía actualmente usada.

El costo de la propuesta lumínica con base en el ahorro energético aproximadamente es:

Luminaria	Cantidad	Watts	Costo unitario
Eaton LEAC20604KZ	10	55	2135
Eaton LEAC30454KZ	6	39	1700
Eaton LEAC30904KZ	10	81	1670
ConstrulitaESTLED-40w/40	8	41.2	1325
Total	35	1978 W	58 850

Tabla 9. Costo aproximado de luminarias de propuesta Ahorro de energía (2019).

Con base en las propuestas 3.3.3 de arquitectura, se deben crear módulos de acuerdo con el tipo de tarea, donde se pueda tener iluminación localizada sobre la maquinaria que necesita mayor flujo luminoso de acuerdo con la norma, iluminación de trabajo para las áreas que no necesitan atención precisa, e iluminación general para las áreas como pasillos y almacenes. Así también dividirse en módulos por tipo de área de trabajo para favorecer el ahorro de energía. (Ver Figura 73).

- 200 lx
- 500 lx
- 750 lx
- 1000 lx

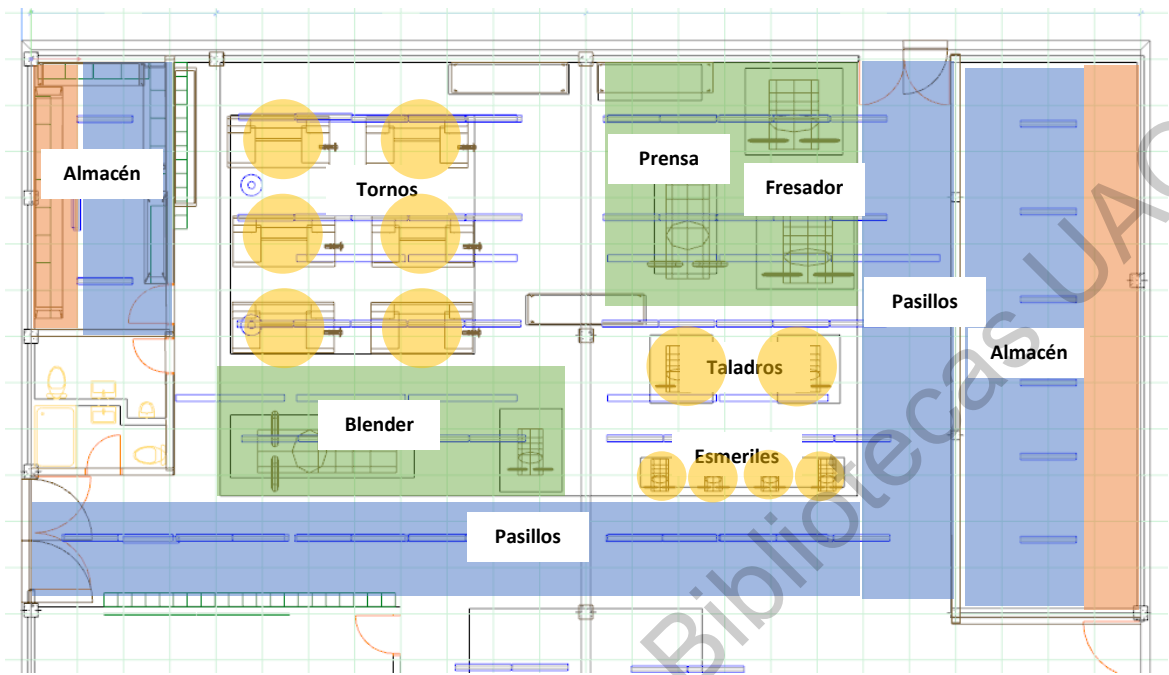


Figura 73. Muestra en planta de esquema por colores de niveles de iluminación adecuado a la arquitectura.

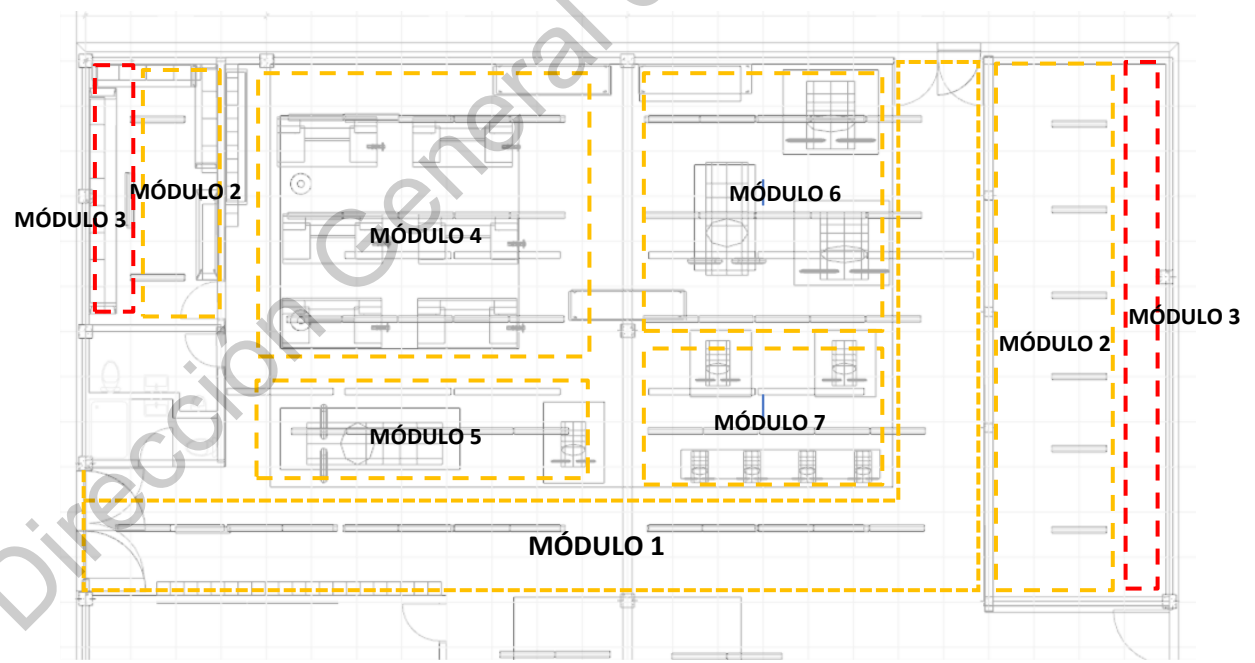


Figura 74. Muestra en planta de esquema por módulos de niveles de iluminación adecuado a la arquitectura.

Se contemplan nueve módulos distribuidos de la siguiente manera:

Módulo 1: Iluminación general de pasillos.

Módulo 2: Iluminación general almacén.

Módulo 3: Iluminación localizada almacén.

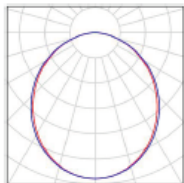
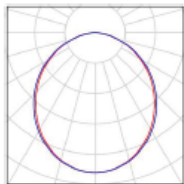

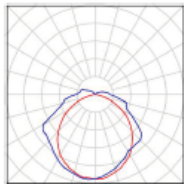

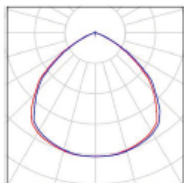
Módulo 4: Área de trabajo de tornos.

Módulo 5: Área de trabajo dobladora.

Módulo 6: Área de trabajo de prensa y fresadores.

Módulo 7: Área de trabajo de taladros y esmeriles.

Con base en el diagrama, la propuesta lumínica se demuestra en la Figura 74, se consideraron las siguientes luminarias para el análisis.

6 Pieza	<p>EATON LEAC20604KZ EATON - LEAT N° de artículo: LEAC20604KZ Flujo luminoso (Luminaria): 6033 lm Flujo luminoso (Lámparas): 6033 lm Potencia de las luminarias: 55.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 49 81 96 100 100 Lámpara: 1 x LEAC20604KZ (Factor de corrección 1.000).</p>		
11 Pieza	<p>EATON LEAC30454KZ EATON - LEAT N° de artículo: LEAC30454KZ Flujo luminoso (Luminaria): 4809 lm Flujo luminoso (Lámparas): 4809 lm Potencia de las luminarias: 39.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 49 81 96 100 100 Lámpara: 1 x LEAC30454KZ (Factor de corrección 1.000).</p>		
7 Pieza	<p>GRUPOCONSTRULITA ESTLED-40W/40 ONTUR N° de artículo: ESTLED-40W/40 Flujo luminoso (Luminaria): 2400 lm Flujo luminoso (Lámparas): 2400 lm Potencia de las luminarias: 41.2 W Clasificación luminarias según CIE: 92 Código CIE Flux: 42 73 91 92 100 Lámpara: 1 x Integrado LED (Factor de corrección 1.000).</p>		
11 Pieza	<p>TECNOLITE 100LHBLED65MV120 N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 9730 lm Flujo luminoso (Lámparas): 9725 lm Potencia de las luminarias: 101.7 W Clasificación luminarias según CIE: 99 Código CIE Flux: 59 92 99 99 100 Lámpara: 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).</p>		

La ubicación configurada fue la siguiente (ver Figura 75).

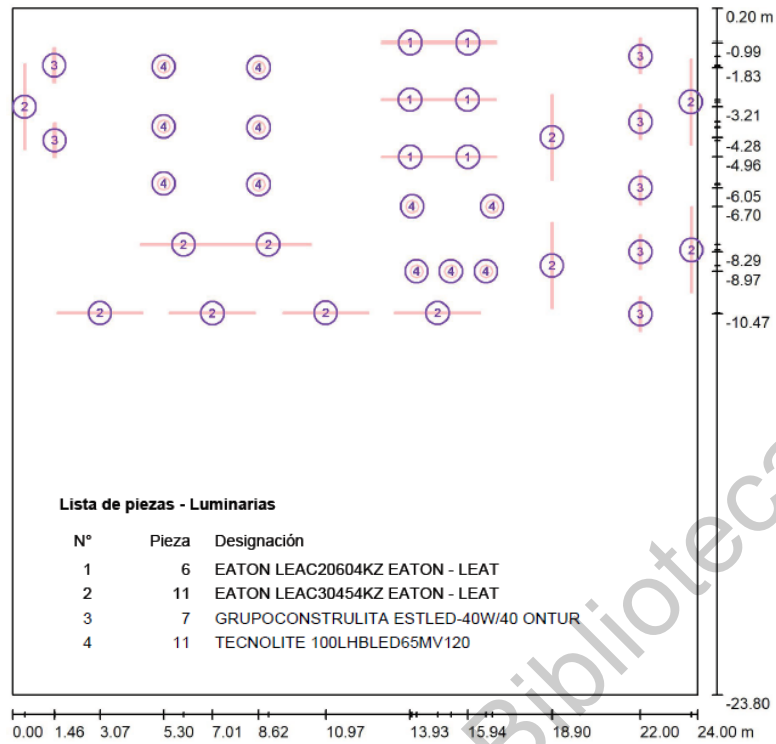


Figura 75. Ubicación de luminarias en propuesta arquitectónica (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

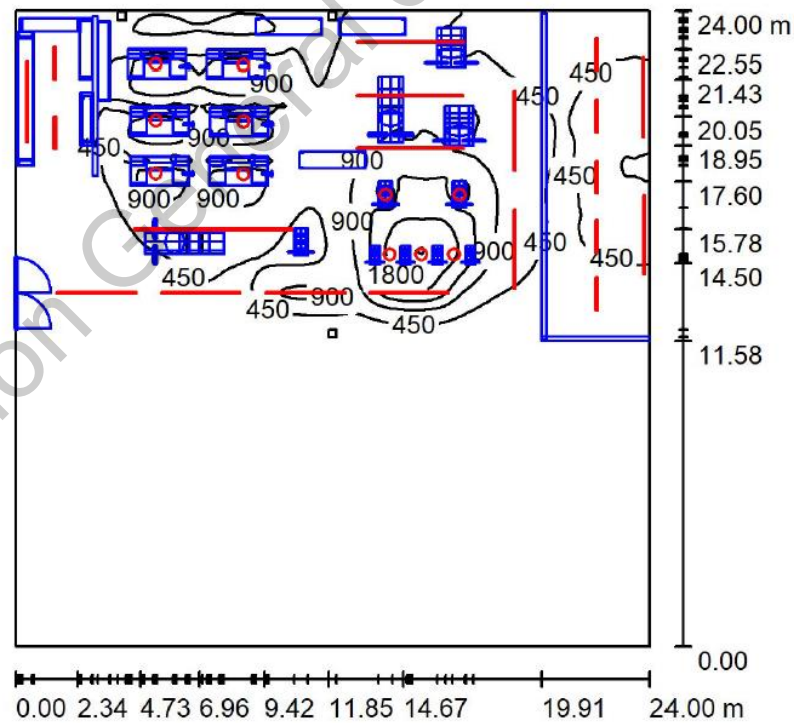


Figura 76. Escena de luz propuesta arquitectónica (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	325	26	2268	0.079
Suelo	49	254	20	1474	0.080
Techo	70	129	25	316	0.194
Paredes (4)	88	139	29	1195	/

Plano útil:

Altura: 1.100 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	EATON LEAC20604KZ EATON - LEAT (1.000)	6033	6033	55.0
2	11	EATON LEAC30454KZ EATON - LEAT (1.000)	4809	4809	39.0
3	7	GRUPOCONSTRULITA ESTLED-40W/40 ONTUR (1.000)	2400	2400	41.2
4	11	TECNOLITE 100LHLED65MV120 (1.000)	9730	9725	101.7
			Total: 212925	Total: 212869	2165.9

Valor de eficiencia energética: $3.76 \text{ W/m}^2 = 1.16 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 576.00 m^2)

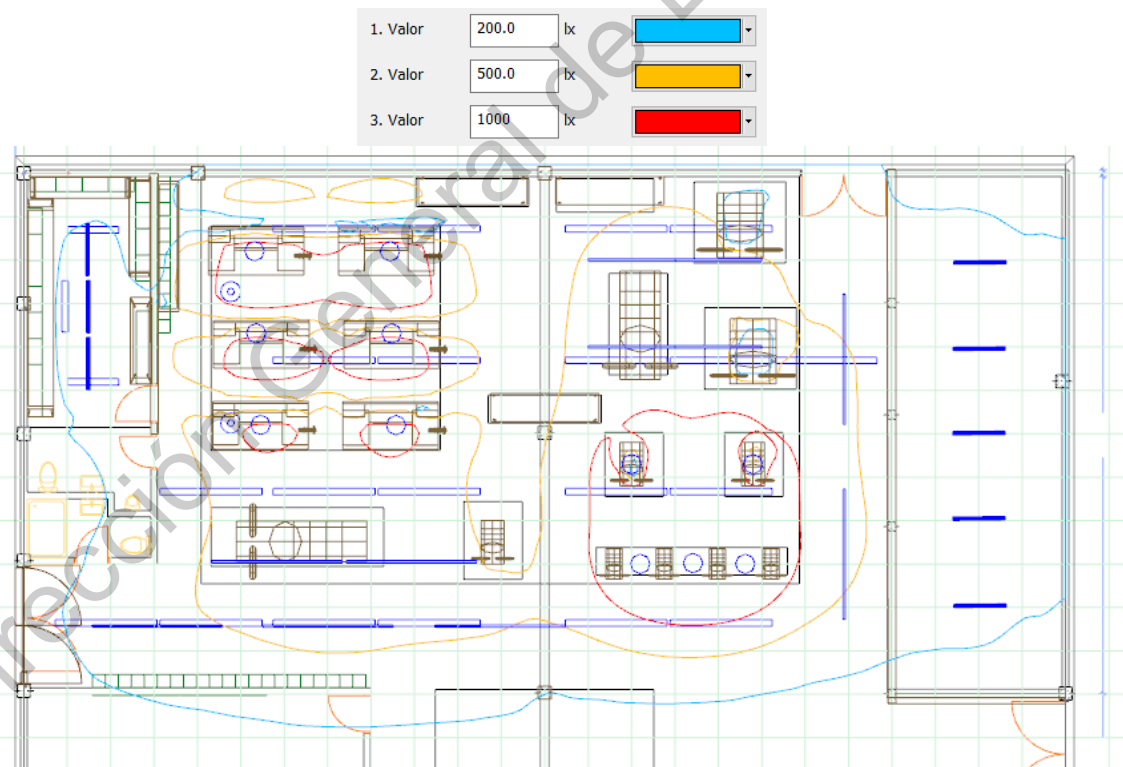


Figura 77. Muestra en planta en software de la iluminación actual mediante isocúpsulas Propuesta arquitectónica. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

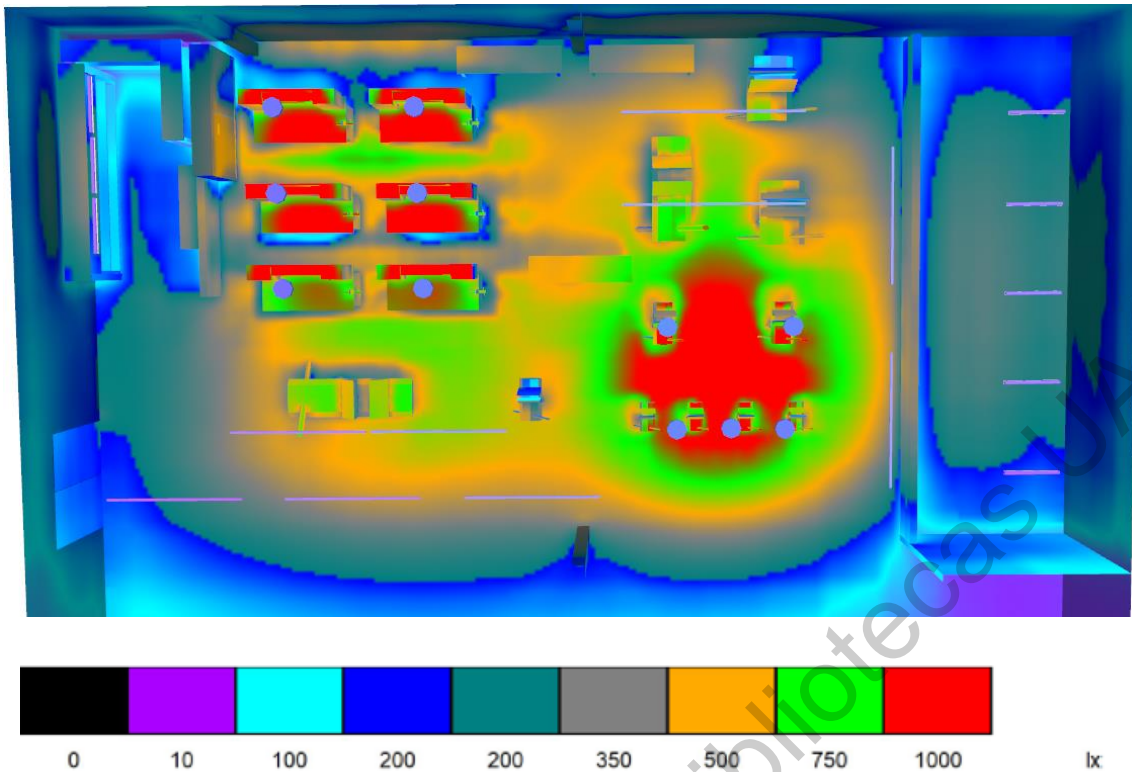


Figura 78. Rendering de colores falsos propuesta arquitectónica. (Muestra ejecutada en Dialux 4.13)

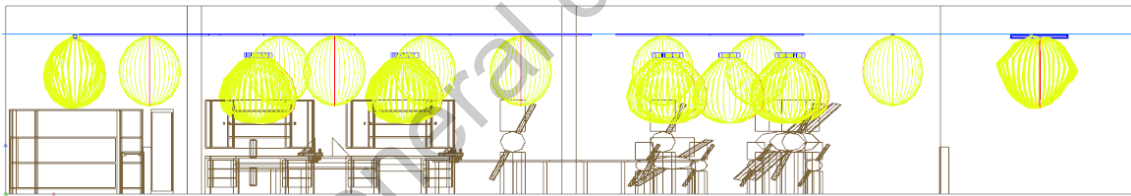


Figura 79. Vista lateral de alturas propuesta arquitectura. (Muestra ejecutada en Dialux 4.13)

Las luminarias generales de pasillos y almacenes se encuentran a una altura de 3.40mts y las luminarias del área de trabajo se encuentran a una altura de 3.00m.

Dentro de la propuesta, el comportamiento de los módulos es el mostrado en las Figuras 80, 81, 82, 83, 84, 85 y 86 teniendo en cuenta la iluminación general y de almacenes.

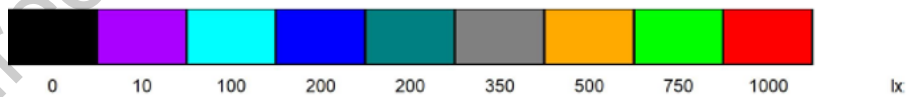
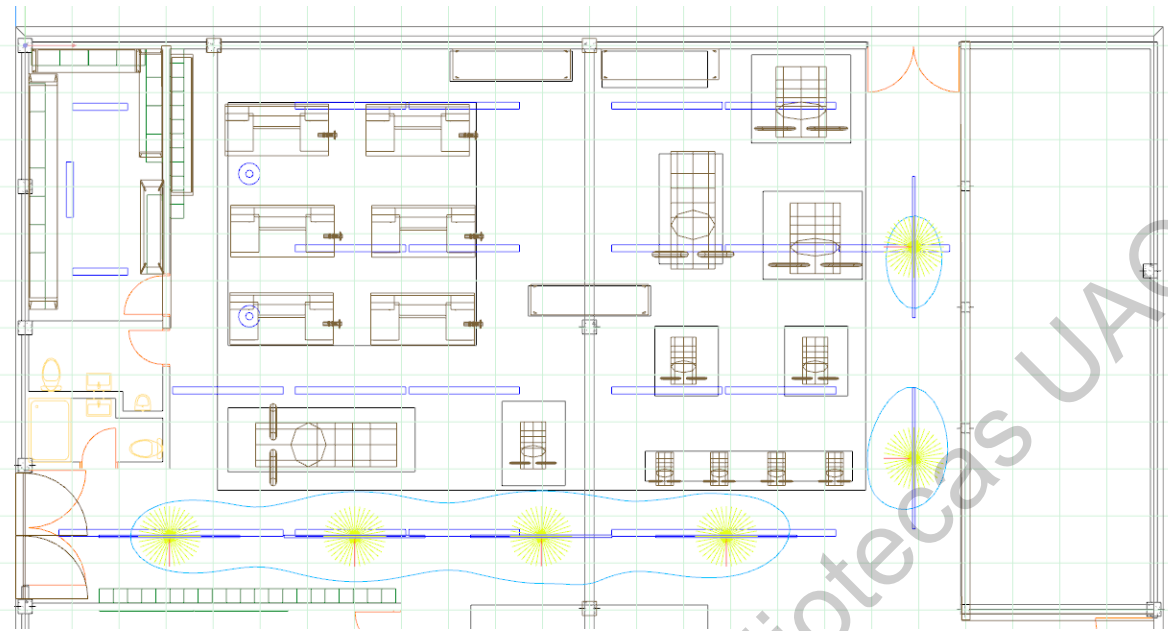


Figura 80. Muestra de isóneas módulo 1 con iluminación general propuesta arquitectónica. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

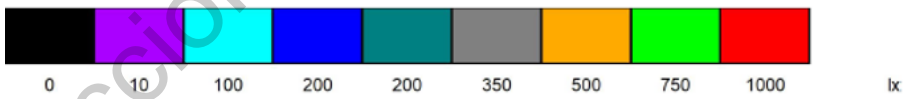
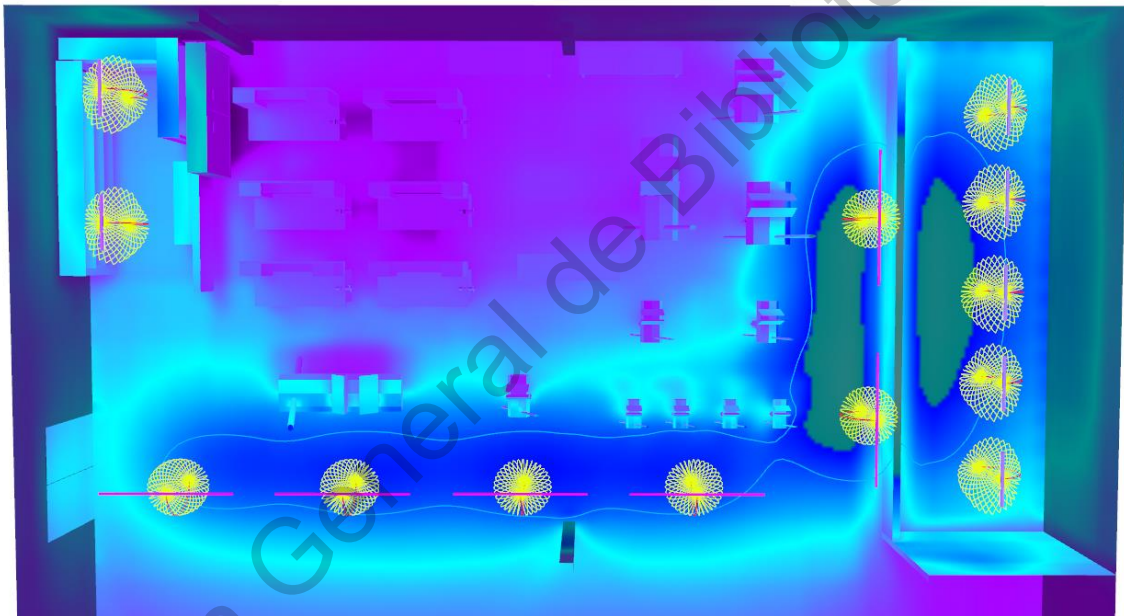
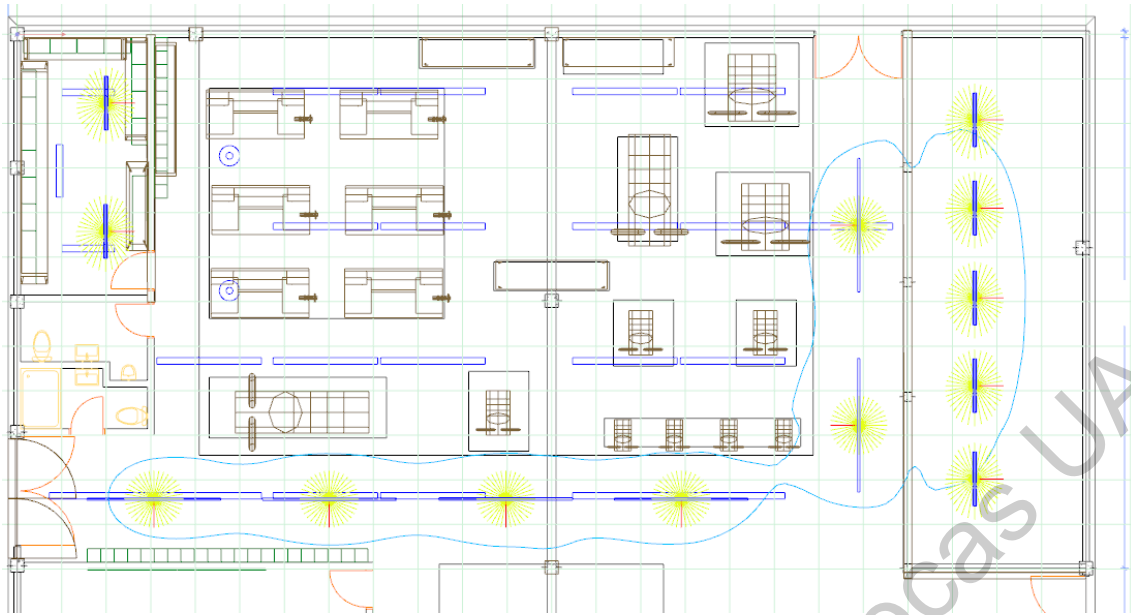


Figura 81. Muestra de isóneas módulo 2 con iluminación general propuesta arquitectónica. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

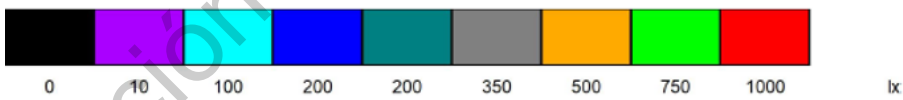
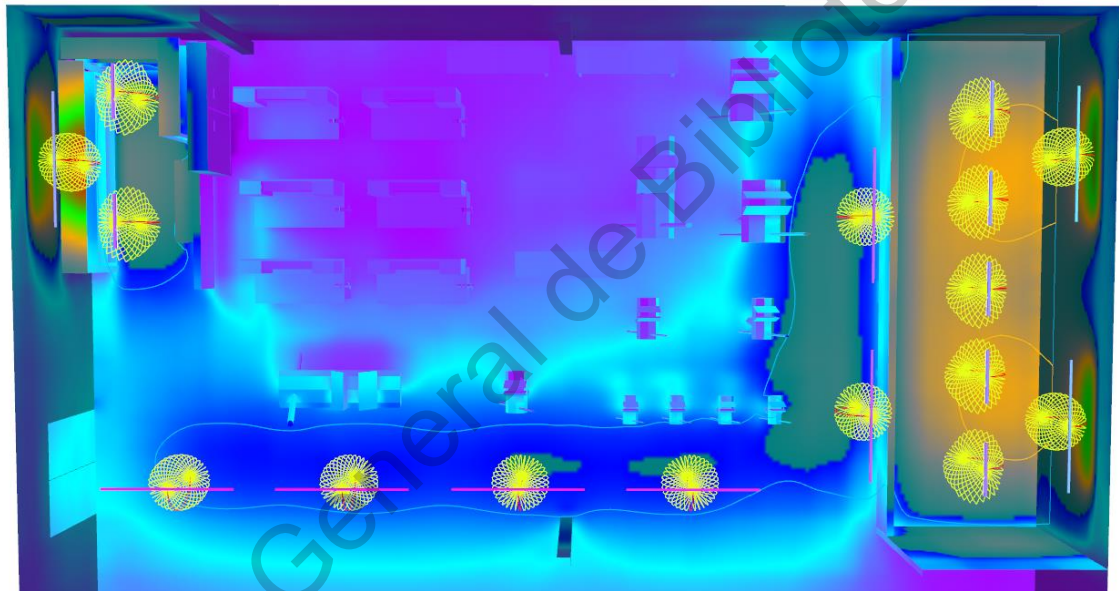
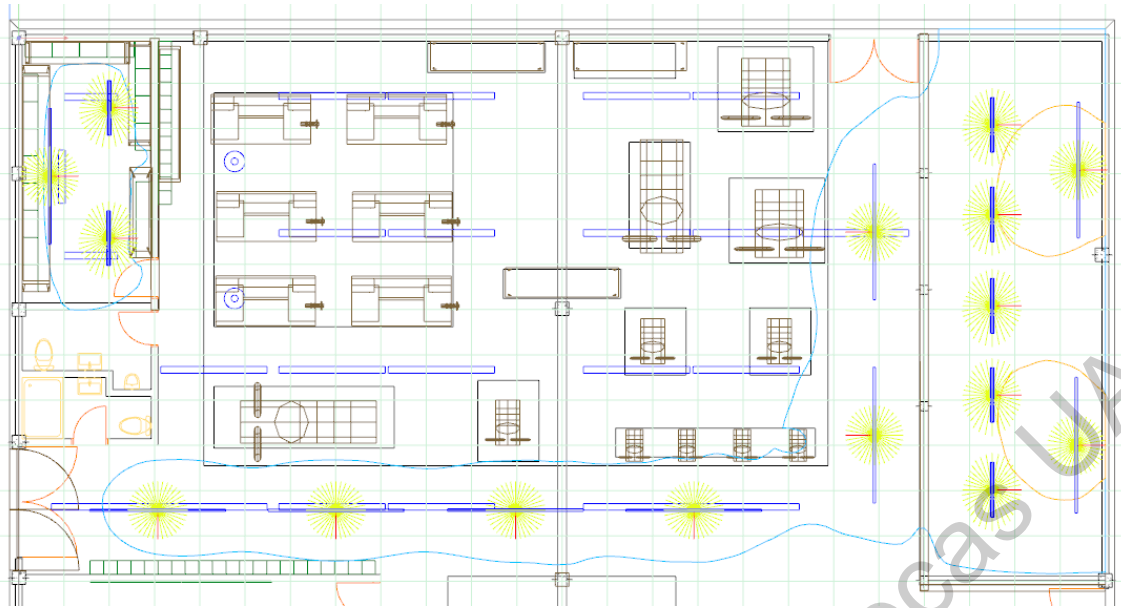


Figura 82. Muestra de isóneas módulo 3 con iluminación general propuesta arquitectónica. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

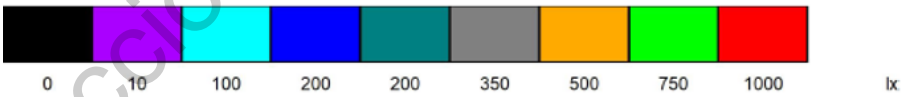
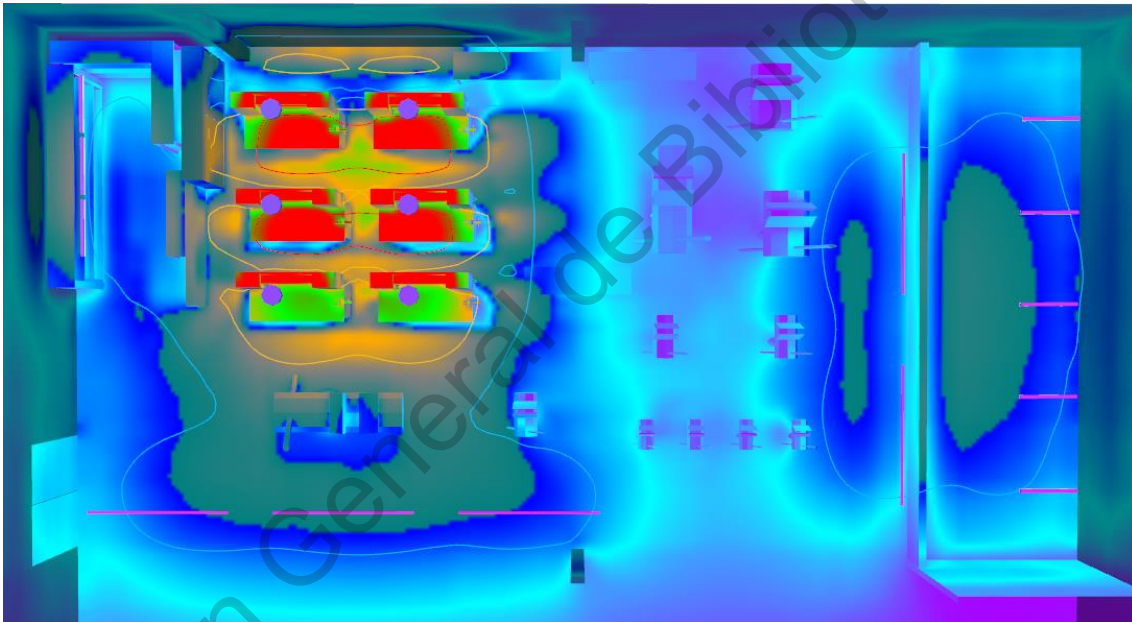
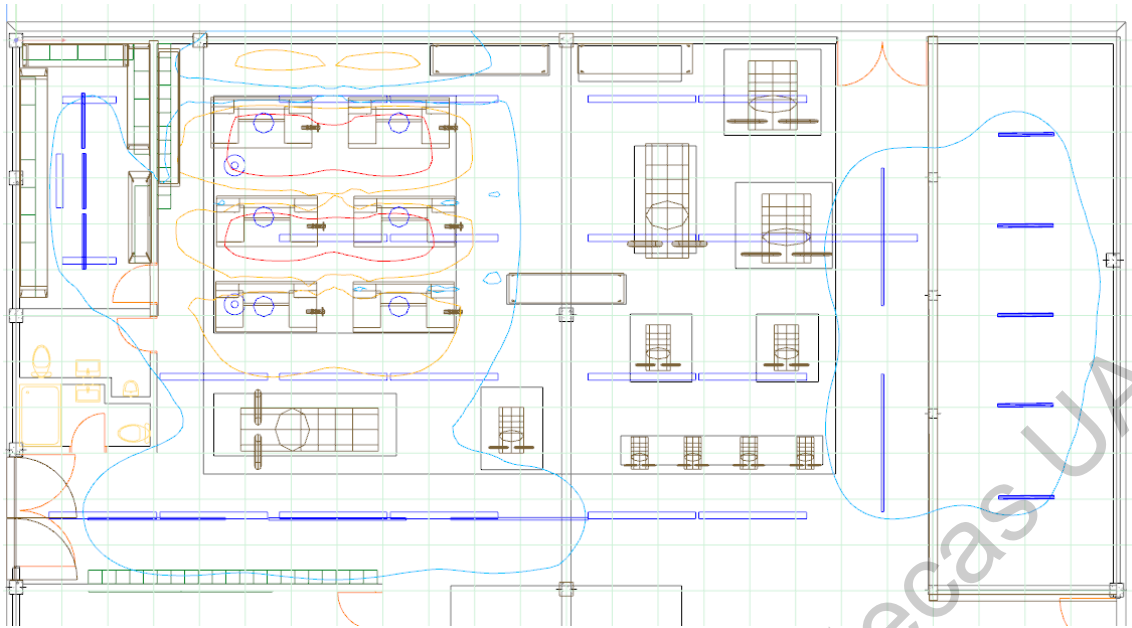


Figura 83. Muestra de isolíneas módulo 4 con iluminación general propuesta arquitectónica. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

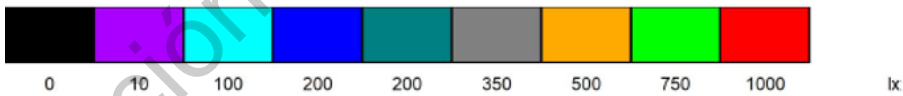
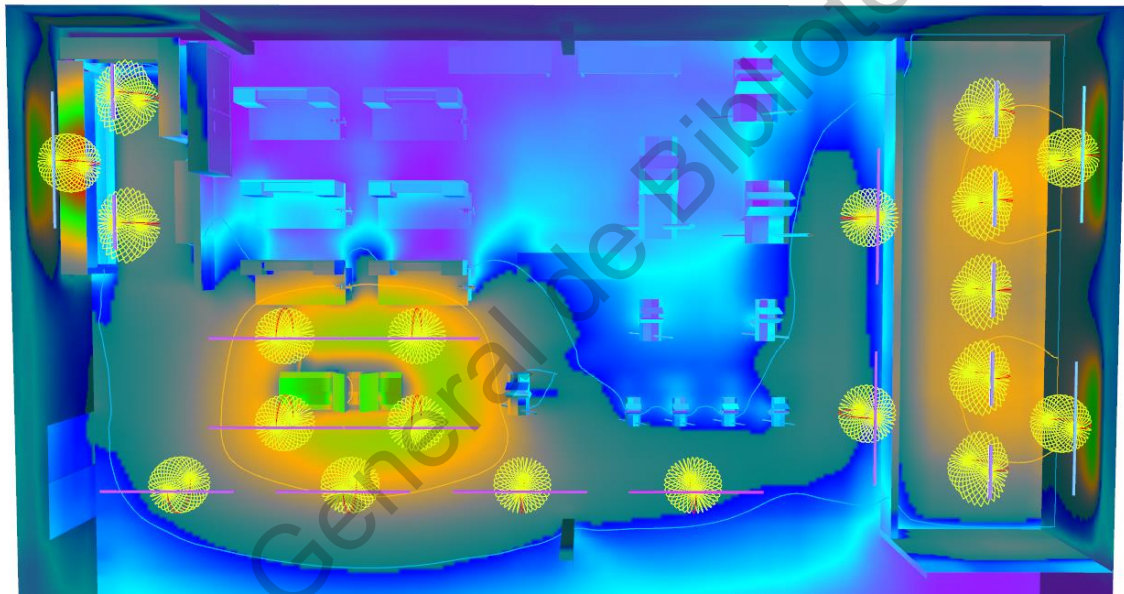
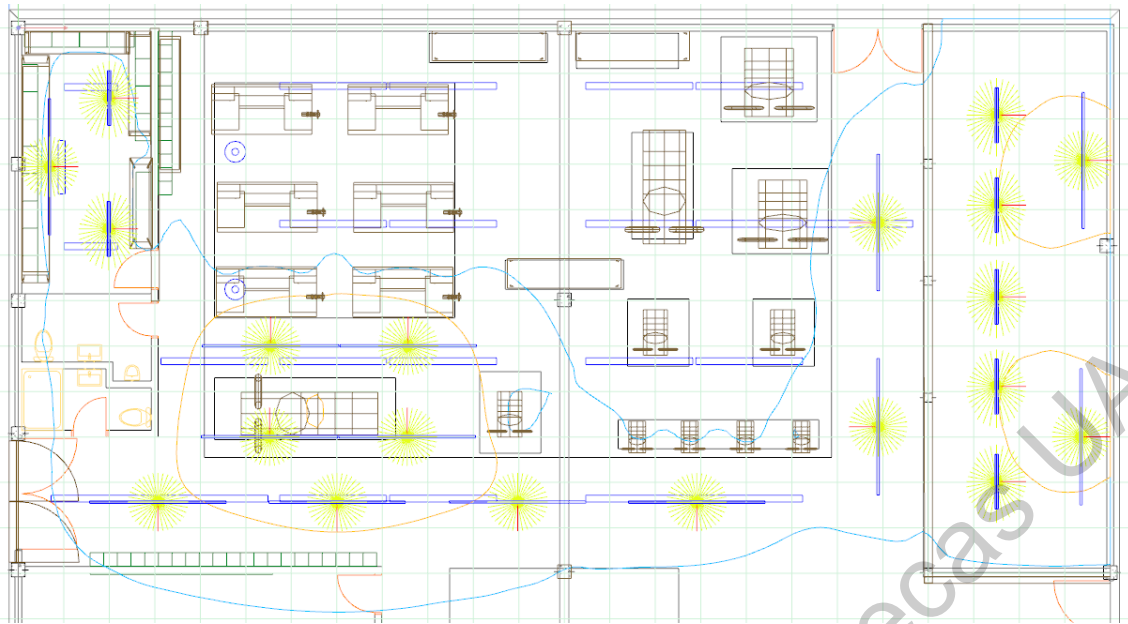


Figura 84. Muestra de isóneas módulo 5 con iluminación general propuesta arquitectónica. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

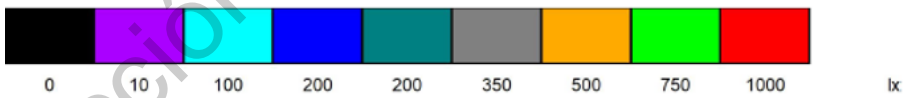
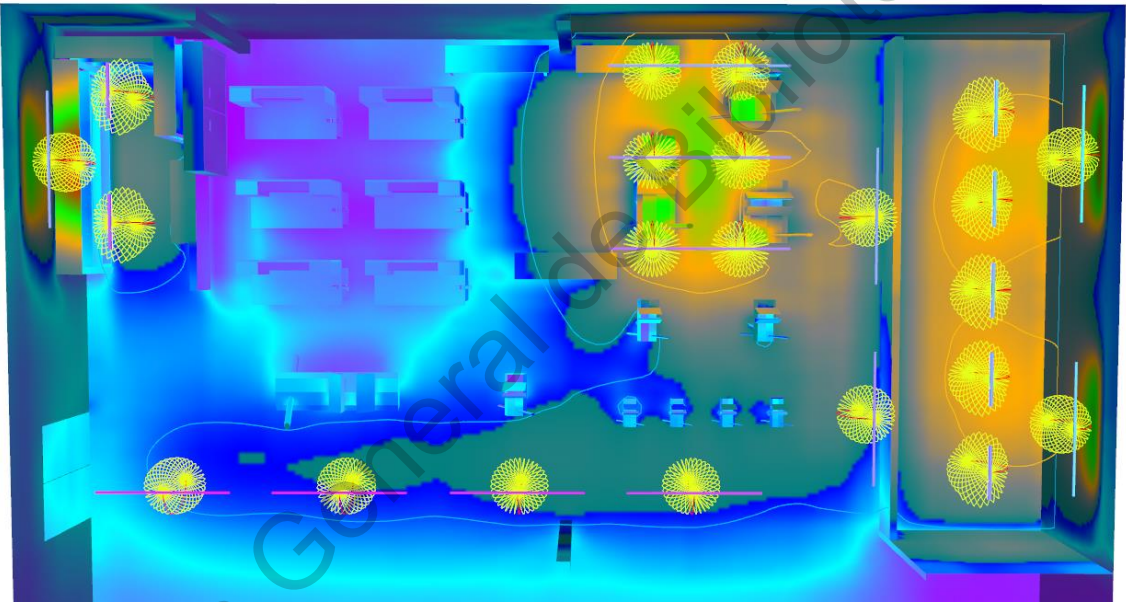
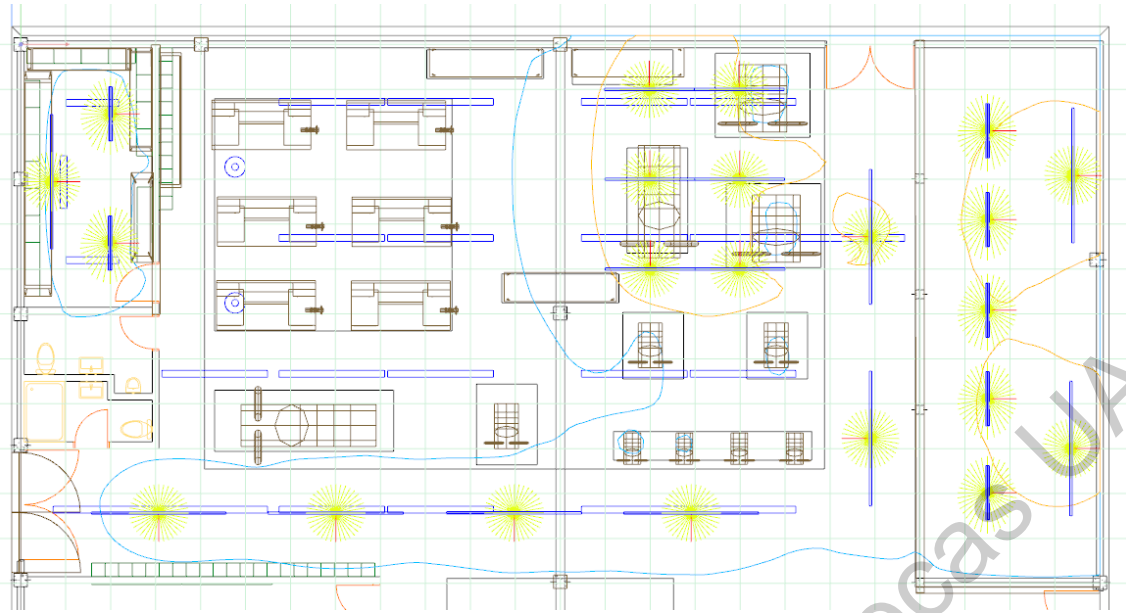


Figura 85. Muestra de isólinas módulo 6 con iluminación general propuesta arquitectónica. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

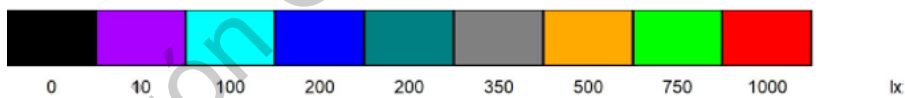
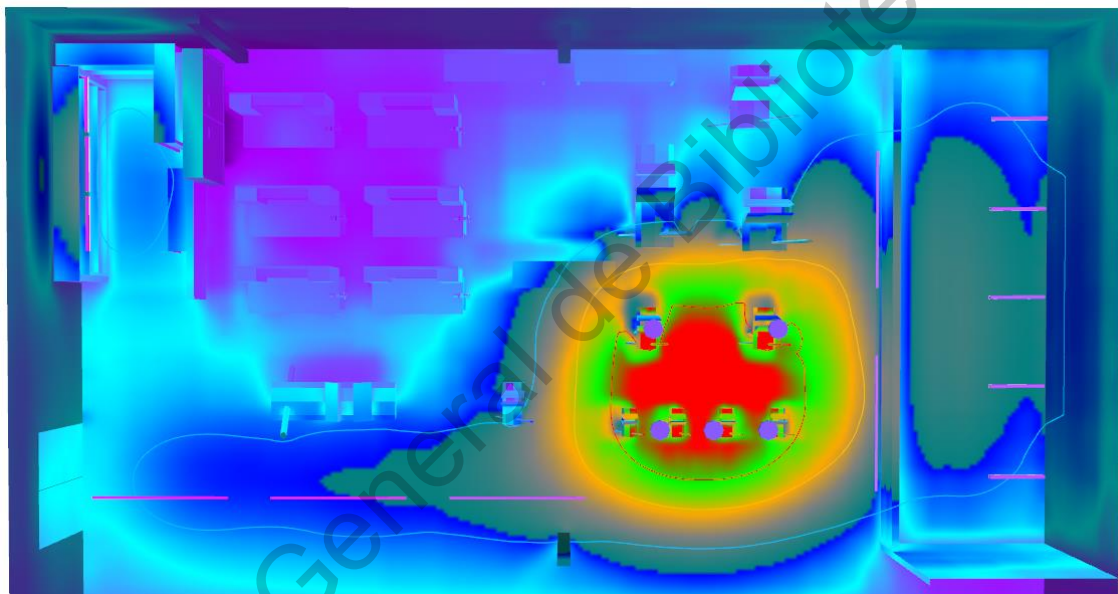
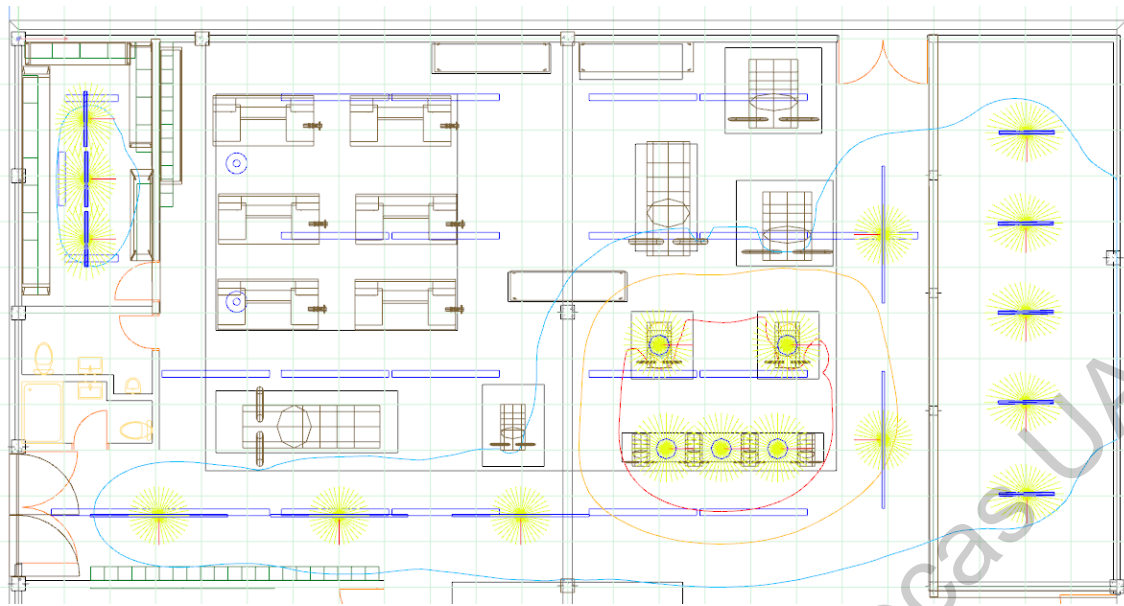


Figura 86. Muestra de isolíneas módulo 9 con iluminación general propuesta arquitectónica. (muestra ejecutada en Dialux 4.13)

La propuesta consta de 48 luminarias distribuidas en 9 módulos que cumplen debidamente con la NOM-025 en sus niveles de iluminación, para cada módulo su consumo es:

Módulo 1 - 234 W

Módulo 2 – 288.4 W

Módulo 3 – 117 W

Módulo 4 – 610.2W

Módulo 5 - 78 W

Módulo 6 – 330 W

Módulo 7 – 508.5 W

El consumo total sería de 2166 W, pero se estima que, debido a la disposición de los módulos, generalmente se esté ocupando alrededor de un 70% por lo que su consumo sería de 844.20 desempeñando actividades.

El costo de la propuesta lumínica con base en arquitectura aproximadamente es:

Luminaria	Cantidad	Watts	Costo unitario
Eaton LEAC20604KZ	6	55	2135
Eaton LEAC30454KZ	11	39	1700
ConstrulitaESTLED-40w/40	7	41.2	1325
Tecnolite 100HBLED65MV120	11	101.7	1003
Total	35	2166 W	51 818

Tabla 10. Costo aproximado de luminarias de propuesta Arquitectura (2019).

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Esta tesis se centro en generar una propuesta prototipo que cumpliera con la NOM-025 en materia de iluminación, que mejorara las condiciones de seguridad de los usuarios y que generara un ahorro de energía demostrable en el taller de ingeniería de la UAQ, San Juan del Río.

A través de encuestas a los usuarios reales, maestros, alumnos y empleados del taller, se pudieron identificar las actividades realizadas en el taller, determinar la precisión y el riesgo en cada una de las maquinarias e identificar estas actividades dentro de la NOM-025 para adecuarlas a los niveles óptimos requeridos.

Partir con base en la percepción de los usuarios, permitió también entender los aciertos y deficiencias en la iluminación actual y descubrir aspectos que nutrieron el desarrollo de este trabajo como la necesidad de iluminación enfocada no solo para las actividades que se realizan cotidianamente en los talleres, como el debido uso de la maquinaria, sino también tener presentes las actividades tecnológicas que poco a poco los alumnos van desempeñando en el lugar y requieren niveles de iluminación mayores para efectuarse.

Se realizó un estudio de la situación lumínica actual del lugar en software para tener una visión más amplia de los puntos donde era mas necesaria el incremento o decremento de iluminación, y partiendo del estado actual en el taller se crearon tres propuestas lumínicas que se basan en módulos que mejoran gradualmente, como primer etapa se busca que la iluminación cumpla con la normativa, como segunda etapa se busca que la iluminación también asegure un ahorro en el consumo energético y como tercera etapa se busca que la iluminación favorezca una disposición arquitectónica y contenga principios de orden y capas de iluminación que mejore no sólo el confort visual y estético sino también la función del sitio evitando el deslumbramiento de velo en las mesas de

trabajo con actividades que requieren precisión visual así como disminuyendo el contraste visual en la salida de los talleres.

Las tres propuestas expuestas en la tesis como propuesta normativa, propuesta de ahorro de energía y propuesta arquitectónica, fueron pensadas de esa forma gradual para que en algún futuro se tenga el parteaguas para mejorar la iluminación de los talleres poco a poco.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

REFERENCIAS & BIBLIOGRAFÍA

A001 et al. (2019). "Breve historia de la iluminación/Campaña de iluminación AMX". Arquitectosmx.com

Bisquert, J. (2006). "Eficiencia y ahorro energético en iluminación natural y artificial". Premios de investigación sobre energías renovables. Caja España.

De Luis-Villagómez J.C. (2011) "La incidencia de la iluminación en el espacio público: Propuesta de intervención en el jardín principal de la Facultad de Ingeniería, UAQ". Repositorio UAQ. Tesis publicada.

E. Soliveres C. (2019). "Análisis de un objeto inteligente: lámpara eléctrica incandescente". ECyT-ar.

Flores-Juárez Suzel Libertad, et al (2017) "Estudio y selección de la iluminación para mejorar el desempeño laboral en el área de manufactura".

Ganslandt R. y Hofmann H. (2009). Manual - Cómo planificar con luz. ERCO Edición.

Guido, Mario Eduardo, Panzetta, Pedro. (2008). "Evolución de los ojos y fotorreceptores". Oftalmológica clínica y experimental, volumen II.

Herranz D., Ollé-Martorell J. M., Jáuregui Sora Fernando "Iluminación con led y el problema de la contaminación lumínica". Astronomía II Época/ N° 144.

Jáquez-García D., Lara-Navarrete I. (2014). "Propuesta de iluminación eficiente y ahorro de energía (Edificio 3 de la facultad de medicina veterinaria y zootecnia).

Martínez-Torrez Hernán. (2010) "Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público". Retilap

Mondragón-Sánchez, T. E. (2019) "Desarrollo de un sistema modular de iluminación versátil y de fácil montaje para casa solar experimental, replicable a casa habitación.Repositorio UAQ.

Montano, J. (2019). "Descubrimiento del Fuego: Historia y Fechas, Consecuencias". Lifeder.com

Muros-i-Alcojor A. (2019). "La luz: de herramienta a lenguaje. Una nueva metodología de iluminación artificial en el proyecto arquitectónico". Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I. Universidad Politécnica de Cataluña.

Ortiz-Ávila A. (2015) "Eficiencia energética en los sistemas eléctricos de iluminación arquitectónica. UNAM Posgrados.

Pattini A., et al (2012) "Iluminación en espacios de trabajo. Propuestas al protocolo de medición del factor iluminación de la superintendencia de riesgos de trabajo". Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 16.

Pereira, M. (Julio, 2018) "Las posibilidades de iluminación artificial para mejorar la arquitectura". ArchDaily. Obtenido de <https://www.archdaily.mx/mx/898137/las-posibilidades-de-la-iluminacion-artificial-para-mejorar-o-empeorar-la-arquitectura>

Serrano-Tierz A., Martínez-Iturbe A., Guarddon-Muñoz O., y Santolaya-Sáenz, J. L. (2015). "Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso". [fecha de Consulta 28 de septiembre de 2019]. ISSN: 0012-7353. Disponible <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496/49639089029>

Trejo-Mendoza E. M. (2019). "Análisis y propuesta de un sistema de iluminación para una Pyme". UNAM posgrados.

Universitat de Barcelona, Unidad de docencia. (2019). "Psicología de la percepción". Recuperado de: <http://www.ub.edu/pa1/node/adaptacion>.