



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica

**Diseño de iluminación de un local de juegos mecánicos
en el distrito de San Miguel en el año 2019**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista

AUTOR

Miguel Humberto ALARCÓN DE LA CRUZ

ASESOR

Dr. Walter Alejandro GUZMAN ESTREMADOYRO

Lima, Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Alarcón, M. (2024). *Diseño de iluminación de un local de juegos mecánicos en el distrito de San Miguel en el año 2019*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Miguel Humberto Alarcón de la Cruz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73122443
URL de ORCID	No Aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Walter Alejandro Guzman Estremadoyro
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	21143307
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-7550-0371
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Edy Alberto Román Ccorahua
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06767696
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	José Luis Mejia Olivas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10053479
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Luis Mark Rudy Ponce Martínez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08117818
Datos de investigación	
Línea de investigación	No Aplica
Grupo de investigación	No Aplica

Agencia de financiamiento	No Aplica
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Centro Comercial Plaza San Miguel País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: San Miguel Urbanización: Pando Calle: Av. La Marina 2000 Latitud: -12.076394 Longitud: -77.084035
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2019 – Noviembre 2019
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería Eléctrica, Ingeniería electrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
Teléfono 619-7000 Anexo 4226
Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1 – Perú



**ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE SUFICIENCIA
PROFESIONAL**

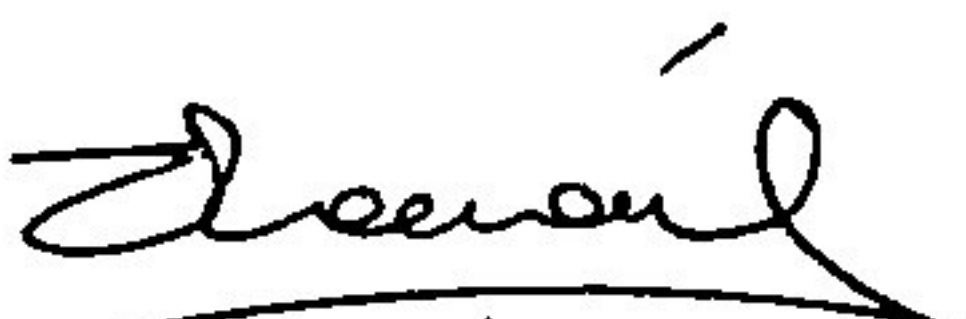
ACTA N°076/FIEE-CTGT/2024

Los suscritos Miembros del Jurado, docentes permanentes de las Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha 27 de noviembre del 2024, como presidente de Jurado el **MG. EDY ALBERTO ROMÁN CCORAHUA**, integrado por el Miembro de Jurado el **MG. JOSE LUIS MEJIA OLIVAS**, el Miembro de Jurado **DR. LUIS MARK RUDY PONCE MARTÍNEZ** y Miembro Asesor el **DR. WALTER ALEJANDRO GUZMAN ESTREMADOYRO**.

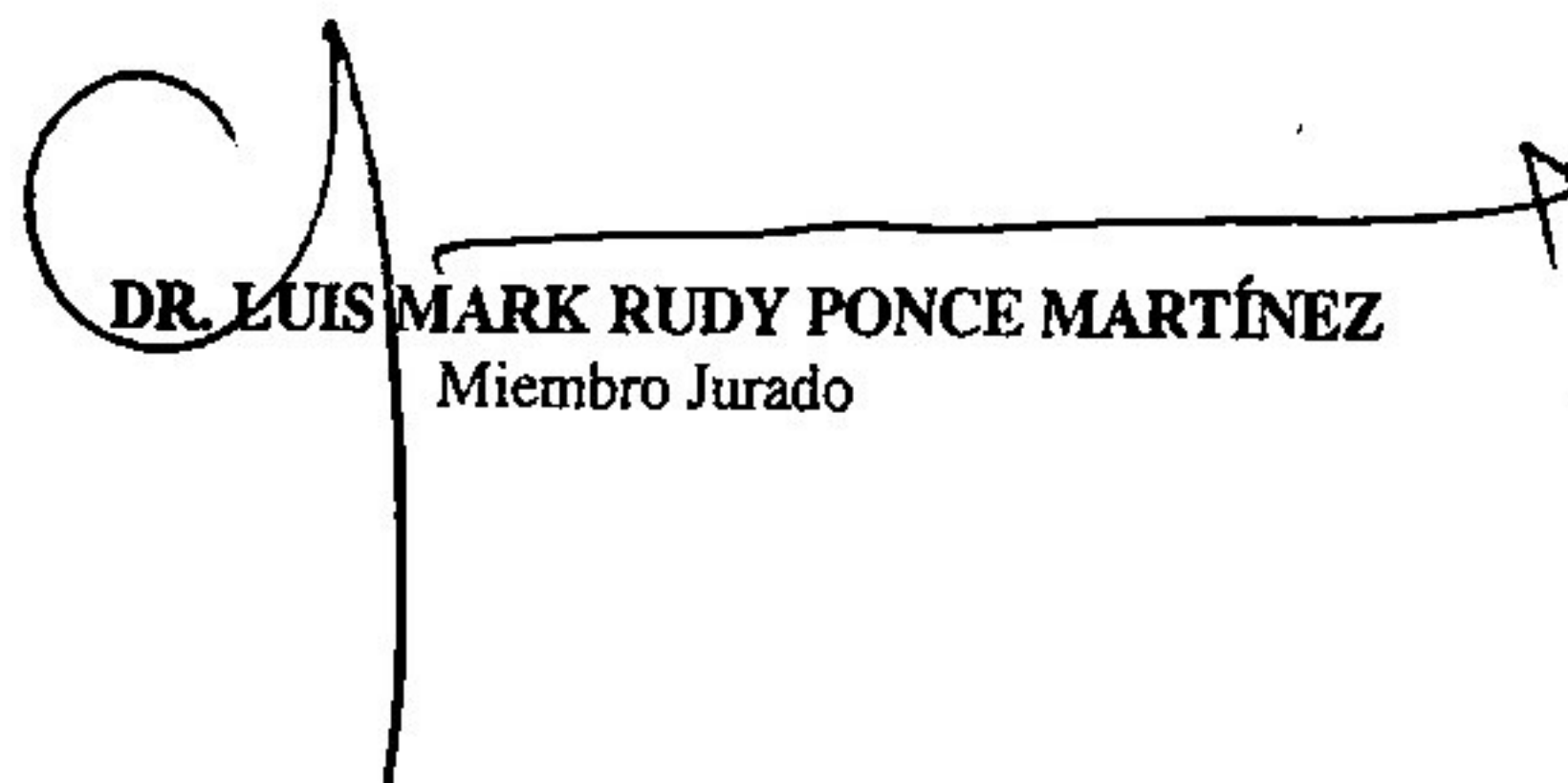
Después de escuchar la Sustentación Presencial del Trabajo de Suficiencia Profesional del Bachiller **MIGUEL HUMBERTO ALARCÓN DE LA CRUZ** código N° 14190191 que para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional **DISEÑO DE ILUMINACIÓN DE UN LOCAL DE JUEGOS MECÁNICOS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL EN EL AÑO 2019**.

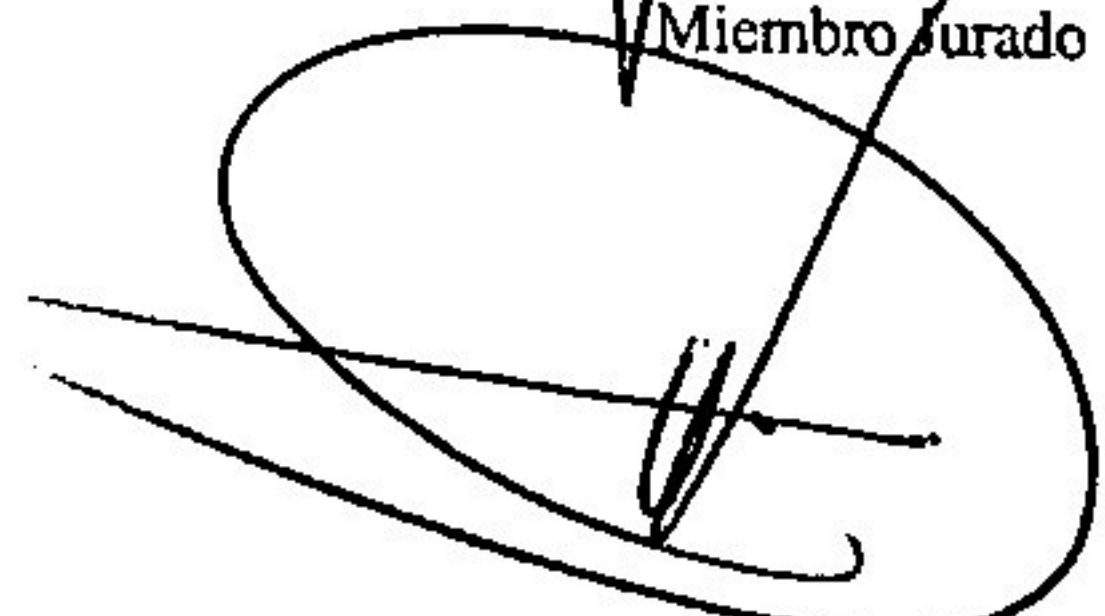
El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió otorgarle el calificativo de **DIECISIETE (17)**.....

Ciudad Universitaria, 27 de noviembre del 2024


MG. EDY ALBERTO ROMÁN CCORAHUA
Presidente Jurado


MG. JOSE LUIS MEJIA OLIVAS
Miembro Jurado


DR. LUIS MARK RUDY PONCE MARTÍNEZ
Miembro Jurado


DR. WALTER ALEJANDRO GUZMAN ESTREMADOYRO
Miembro Asesor



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú - Decana de América

Vicerrectorado de Investigación y Posgrado



CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo **WALTER ALEJANDRO GUZMAN ESTREMADOYRO** mi condición de asesor acreditado con el Acta de Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional **DISEÑO DE ILUMINACIÓN DE UN LOCAL DE JUEGOS MECÁNICOS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL EN EL AÑO 2019**, presentado por el bachiller **MIGUEL HUMBERTO ALARCÓN DE LA CRUZ**, para optar al título profesional de **Ingeniero Electricista**. CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de **17%** de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**. Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado correspondiente.

Firma del Asesor

DNI: 21143307

Nombres y apellidos del asesor:

Dr. Walter Alejandro Guzman Estremadoyro

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres, Maximiliano y Demetria, por su amor y dedicación brindada a sus hijos, y porque, a pesar de no haber tenido la oportunidad de acceder a la educación, siempre nos inculcaron la importancia de los estudios en la vida.

A mi hermano Luis, por su apoyo incondicional y ser un modelo a seguir, además de inculcarme el valor de los libros.

A mi hermano Manuel, por enseñarme lecciones de vida que no se encuentran en los libros.

Un especial agradecimiento a mi asesor, Dr. Walter Guzmán Estremadoyro, por su ayuda y paciencia para la realización de este trabajo.

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional presenta la solución a un problema acontecido durante la ejecución de instalaciones electromecánicas de baja tensión en un local de juegos mecánicos en el distrito de San Miguel ejecutado durante el año 2019.

La empresa contratista estuvo encargada de la ejecución de las instalaciones electromecánicas garantizando la calidad de las mismas, a medida que se desarrollaba el proyecto e ir mostrando los avances de obra surge la insatisfacción por parte del cliente referente al nivel de iluminación.

A raíz de este problema surge la necesidad de hacer un diseño de iluminación adecuado para el local y así tener un modelo para futuros proyectos evitando así la pérdida de horas-hombre, aplazamiento de fechas del cronograma de obra y lo más importante evitar el posible riesgo de accidentes por parte de los trabajadores.

Para el diseño se usó software de ingeniería como Dialux lo cual conlleva a modelar todo el local en el programa y poder hacer la comparativa entre el nivel de iluminación idóneo y con el que se cuenta en el local.

Palabras Clave: Diseño, instalaciones eléctricas, nivel de iluminación, Dialux, fotometría.

ABSTRACT

The present work of professional sufficiency seeks to solve a problem presented during the execution of low-voltage electromechanical installations in an amusement park in the district of San Miguel executed during the year 2019.

The contracting company was in charge of the execution of the electromechanical installations, guaranteeing their quality, as the project developed and showing the progress of the work or the dissatisfaction on the part of the client regarding the level of lighting.

As a result of this problem, the idea of this work arises to be able to make the appropriate lighting design for the premises and thus have a model for future projects, thus avoiding the loss of man-hours, postponement of work schedule dates and, most importantly avoid the possible risk of accidents by workers.

For the design, engineering software such as Dialux will be used, which entails modeling the entire premises in the program and being able to make a comparison between the ideal lighting level and the one available in the premises.

Keywords: Design, electrical installations, lighting level, Dialux, photometry.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii
TABLA DE CONTENIDO	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABLAS	viii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD	3
2.1 Institución – Actividad que desarrolla	3
2.2 Período de duración de la actividad	3
2.3 Finalidad y objetivos de la entidad	3
2.4 Razón social	4
2.5 Dirección postal	4
2.6 Correo electrónico del profesional a cargo	4
CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	5
3.1 Organización de la actividad	5
3.2 Finalidad y objetivos de la Actividad	6
3.2.1 Finalidad	6
3.2.2 Objetivos	7
3.2.2.1 Objetivo General	7
3.2.2.2 Objetivos Específicos	7
3.3 Problemática	7
3.3.1 Problema General	7
3.3.2 Problemas Específicos	7
3.3.3 Justificación e importancia de la investigación	8
3.4 Metodología	8
3.4.1 Bases teóricas	8

3.4.1.1	Internacional	8
3.4.1.2	Nacional	11
3.4.2	Marco conceptual	13
3.4.2.1	Luz	13
3.4.2.1.1.	Fenómeno Físico	13
3.4.2.1.2.	Naturaleza	13
3.4.2.1.3.	Espectro Electromagnético y color de luz	14
3.4.2.1.4.	Temperatura de color	16
3.4.2.1.5.	Índice de reproducción cromática (IRC)	16
3.4.2.1.6.	Visión Humana	17
3.4.2.2	Iluminación	17
3.4.2.2.1.	Fuentes de Iluminación	17
3.4.2.2.2.	Sistemas de iluminación	20
3.4.2.3	Luminotecnia	21
3.4.2.3.1.	Métodos para cálculo de iluminación	23
3.4.2.3.2.	Parámetros necesarios para diseño	24
3.4.2.4	Fotometría	28
3.4.2.4.1.	Tipos de curvas	28
3.4.2.5	Herramientas Digitales de cálculo	31
3.4.2.6	Normativa	32
3.4.2.6.1.	Normativa Internacional	32
3.4.2.6.2.	Normativa Nacional	34
3.5	Procedimientos	35
3.5.1	Sistema de Iluminación Actual	35
3.5.1.1	Identificación de áreas y cantidad de luminarias	36
3.5.1.2	Cargas de luminarias actuales	37
3.5.1.3	Niveles de iluminación según R.N.E.	38
3.5.1.4	Medición niveles iluminación de local	39
3.5.2	Sistema de Iluminación Proyectado	46
3.5.2.1	Luminarias a usar en sistema de iluminación proyectado	47
3.5.2.2	Potencia de luminarias proyectado	47
3.5.2.3	Simulación de sistema de iluminación proyectado en Dialux	48
3.6	Resultado de la actividad	49
CAPITULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS		52
4.1	Descripción de la implementación	52

4.2	Presentación de Resultados y evaluación económica	52
4.2.1	Evaluación económica	57
CAPITULO V:	CONCLUSIONES	59
CAPITULO VI:	RECOMENDACIONES	61
CAPITULO VII:	BIBLIOGRAFIA	63
CAPITULO VIII:	ANEXOS	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	<i>Ubicación del lugar de trabajo</i>	6
Figura 2	<i>Relación longitud de onda - frecuencia</i>	14
Figura 3	<i>Relación Índice refracción - Longitud de onda</i>	15
Figura 4	<i>Fuentes de Iluminación</i>	18
Figura 5	<i>Tipos de Iluminación</i>	21
Figura 6	<i>Diferencia entre unidades de iluminación</i>	23
Figura 7	<i>Sólido fotométrico producido por luminaria</i>	29
Figura 8	<i>Curvas Isolux producidas por luminaria</i>	30
Figura 9	<i>Plano Vista en Planta Distribución de Luminarias</i>	35
Figura 10	<i>Luminarias instaladas en campo</i>	39
Figura 11	<i>Medición de iluminación P15, P27, P77, P192</i>	46
Figura 12	<i>Fotografía de luminaria Highbay marca RZB</i>	47
Figura 13	<i>Simulación en Dialux del local de juegos mecánicos</i>	49
Figura 14	<i>Curvas isolux en el local en 2D y 3D</i>	51
Figura 15	<i>Comparación nivel medido - nivel proyectado</i>	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	<i>Clasificación del IRC según su grado y apariencia</i>	16
Tabla 2	<i>Factores de reflexión según color y material</i>	25
Tabla 3	<i>Valores de índices de local</i>	26
Tabla 4	<i>Normas CIE relacionadas a iluminación</i>	33
Tabla 5	<i>Requisitos mínimos de iluminación</i>	34
Tabla 6	<i>Cantidad de luminarias existentes en local por áreas</i>	36
Tabla 7	<i>Carga de luminarias del local</i>	37
Tabla 8	<i>Nivel de Iluminación recomendado de acuerdo al R.N.E.</i>	38
Tabla 10	<i>Nivel Iluminación promedio por área de local</i>	45
Tabla 11	<i>Carga de Luminarias proyectados en local</i>	48
Tabla 12	<i>Nivel Iluminación promedio calculado en Dialux</i>	49
Tabla 13	<i>Comparación de valores medidos y calculado</i>	53
Tabla 14	<i>Áreas a replantear</i>	54
Tabla 15	<i>Comparación de valores medidos y calculados luego de replanteo</i>	55
Tabla 16	<i>Carga Luminarias proyectados del local luego del replanteo</i>	56
Tabla 17	<i>Costo de luminarias proyectadas del local luego del replanteo</i>	57

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

Desde el inicio, la humanidad tuvo la necesidad de poder observar su entorno para identificar los posibles peligros del lugar por donde se movilizaban. Sin embargo, debido a que solo se tenía la mitad del día con iluminación natural, esto aumentaba las posibilidades de ser atacado por algún depredador. Es debido a esa necesidad que la humanidad ha buscado maneras de iluminar ambientes y no solo en un horario diurno. A lo largo de los años, la humanidad paso de iluminarse por medio de antorchas o fogones a usar la electricidad como medio para poder iluminar ambientes.

Durante el siglo XIX, se comenzó a usar la energía eléctrica con fines de iluminación. Sin embargo, como toda tecnología emergente, no lograba tener una buena eficiencia y gran parte de la energía se perdía en forma de calor.

En la actualidad, gracias a los avances tecnológicos del siglo XX con el descubrimiento de los semiconductores, la iluminación paso de iluminarse por medio de lámparas incandescentes a iluminación por LED (diodos emisores de luz). Adicionalmente, gracias a esos avances, los desarrollos arquitectónicos también cambiaron desde el punto de vista de la iluminación, ya que comenzaron a aparecer distintos tipos de iluminación. A causa del aumento de proyectos donde el nivel de iluminación juega un papel importante, es que surgen programas informáticos para cálculo de niveles de iluminación y modelamiento de ambientes. Gracias a estos tipos de software, es que los cálculos ya no son tan tediosos, permitiendo a su vez la reducción de tiempos de entrega.

El presente trabajo de suficiencia profesional se desarrolló a raíz de un problema presentado en un lugar de juegos mecánicos durante la ejecución

de instalaciones electromecánicas de baja tensión en el distrito de San Miguel, en el cual no se había realizado un diseño de ingeniería de la iluminación que satisfaga estándares mínimos requeridos por el propietario, lo cual provocó que al momento de hacer las pruebas de iluminación, el nivel de iluminación del ambiente se viera deficiente, generando la insatisfacción de parte de los clientes. A su vez, estos inconvenientes generaron retrasos en la ejecución de trabajos, dado que se tuvo que recalcular las horas hombre para intervenir ambientes donde ya se habían realizado trabajos.

Al presentarse una deficiente iluminación, surge la necesidad de tomar acciones correctivas, lo cual se estará presentando en los siguientes capítulos del presente trabajo.

CAPITULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

2.1 Institución – Actividad que desarrolla

La empresa donde se desarrolló el presente trabajo de suficiencia profesional fue en la empresa COPRACSA ACONDICIONAMIENTO INTEGRAL DE OFICINAS S.A.C.

2.2 Período de duración de la actividad

Las actividades del presente trabajo se desarrollaron entre los meses de agosto del 2019 a noviembre del 2019.

2.3 Finalidad y objetivos de la entidad

A. Finalidad

La empresa COPRACSA es una empresa contratista dedicada a las labores de diseño, construcción, implementación y supervisión de proyectos de locales, oficinas, viviendas y edificios en el Perú.

La finalidad del presente trabajo es la de poder mejorar el nivel de iluminación en el local de juegos mecánicos ubicado en el distrito de San Miguel.

B. Objetivo

- Reducir la pérdida de horas hombre utilizados en replantear en campo la capacidad de los circuitos de iluminación.
- Cumplir el cronograma de obra sin perjudicar a otras especialidades.
- Reducir el riesgo para el trabajador encargado de la instalación mediante un óptimo diseño.

2.4 Razón social

La razón social de la empresa en donde se realizó el presente trabajo es COPRACSA ACONDICIONAMIENTO INTEGRAL DE OFICINAS S.A.C.

2.5 Dirección postal

Dirección Legal: Av. Javier Prado Este Nro.5920 Dpto. 402 urb. La Fontana, distrito de la Molina, provincia y departamento de Lima.

2.6 Correo electrónico del profesional a cargo

Gerente de Operaciones: Amer Regalado Vargas.

Correo: aregalado.copracsa@gmail.com.pe

CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1 Organización de la actividad

El grupo COPRACSA es una empresa peruana con más de 20 años de experiencia ejecutando proyectos de infraestructura, oficinas y locales comerciales realizándolos de acuerdo a la normativa técnica vigente del Perú.

El grupo se divide en tres empresas las cuales son las siguientes:

- Copracsa A.I.O: Empresa dedicada a la planificación y control de distintos proyectos comerciales e industriales creando espacios funcionales e innovadores.
- Copracsa S.I: Empresa dedicada al diseño y ejecución de proyectos de sistemas eléctricos de baja tensión e instalaciones especiales.
- Maracorp: Empresa dedicada a desarrollar proyectos en carpintería y drywall.

Respecto al presente trabajo este se realizó a partir de los trabajos ejecutados con la empresa Copracsa S.I. durante la implementación de instalaciones eléctricas de baja tensión para el local de juegos mecánicos ubicado en el distrito de San Miguel. En la siguiente figura se muestra la ubicación donde se ejecutó el proyecto de instalaciones:

Figura 1

Ubicación del lugar de trabajo



Nota. En la imagen se muestra el local donde se proyectará el nuevo sistema de iluminación. Extraído de Google Earth.

3.2 Finalidad y objetivos de la Actividad

3.2.1 Finalidad

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene la finalidad de mejorar el nivel de iluminación en el local de juegos mecánicos ubicado en el distrito de San Miguel garantizando así el confort visual del cliente, además, la correcta

iluminación en estos tipos de locales ayuda a prevenir posibles accidentes tanto de los mismos trabajadores como de los clientes.

3.2.2 Objetivos

3.2.2.1 Objetivo General

Mejorar el nivel de iluminación en el local de juegos mecánicos ubicado en el distrito de San Miguel.

3.2.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar un estudio para mejorar el nivel de iluminación del local.
- Determinar si un bajo nivel de iluminación afecta en el cumplimiento del cronograma de obra perjudicando la ejecución de otras especialidades.
- Apoyar con un profesional del área al responsable del proyecto para un adecuado diseño e instalación

3.3 Problemática

3.3.1 Problema General

¿De qué manera realizar un diseño para lograr un nivel de iluminación satisfactorio en el local de juegos mecánicos ubicado en el distrito de San Miguel?

3.3.2 Problemas Específicos

- ¿De qué manera se podría hacer un estudio de iluminación riguroso previo a la iluminación del local?
- ¿De qué manera se podría reducir la presión por acortar tiempos de parte del cliente a los proyectistas?
- ¿De qué manera resolver el problema de la falta de un profesional especialista de ingeniería eléctrica?

3.3.3 Justificación e importancia de la investigación

La importancia de este trabajo radica en dar solución a un problema presentado durante la ejecución de instalaciones electromecánicas de baja tensión en el local de juegos mecánicos del distrito de San Miguel. El diseño del mismo, al no haber sido ejecutado por un profesional del área eléctrica, presentó una deficiente iluminación en el local al momento de hacer las pruebas respectivas, lo cual generó la insatisfacción del cliente y la necesidad de tomar acciones correctivas.

A raíz de ese problema presentado en campo, es que surge la idea de poder hacer un estudio de iluminación y hacer una comparativa entre lo que se tiene en campo y el modelo con la iluminación idónea utilizando software de ingeniería como Dialux.

3.4 Metodología

3.4.1 Bases teóricas

3.4.1.1 Internacional

- A) (Acosta y Moreno, 2009) Realizaron la tesis “Diseño de iluminación inteligente para una tienda comercial”. Plantean que el diseño de iluminación de un local comercial debe garantizar el confort del usuario,

siendo placentera y cómoda sin dejar de lado la eficiencia energética. Además, la iluminación debe garantizar que los productos ofrecidos resalten de la competencia. Para ello, el diseño debe basarse en el concepto de la iluminación eficiente, con lo cual implica el uso de elementos como lámparas ahorradoras, sensores, microcontroladores, etc. Del trabajo presentado por los autores llegaron a las siguientes conclusiones:

- “Al utilizar de una manera óptima sensores, lámparas ahorradoras de energía eléctrica se logra un mejor aprovechamiento de la energía. Esto se logra debido a que las lámparas ahorradoras aprovechan más la energía en dar energía lumínica y reduciendo las pérdidas por efecto Joule.” (Acosta y Moreno, 2009)
- “Si se combinan sensores, lámparas ahorradoras y un equipo electrónico que ayude a la administración de la energía, el ahorro de la misma será aún mayor, característica con la cual cuenta el presente proyecto, por lo cual es recomendable para disminuir el consumo de energía eléctrica y a su vez lograr un aprovechamiento más eficiente de la misma.” (Acosta y Moreno, 2009)
- “El ahorro de energía eléctrica logrado en un sistema de iluminación de esta envergadura, implica una menor demanda de energía eléctrica y en consecuencia se contribuye a disminuir la necesidad de generación de la misma.” (Acosta y Moreno, 2009)

B) (Oliveira, 2014) Realizó el trabajo de grado “Propuestas de iluminación para diversas instalaciones deportivas de la Universidad de los Andes”. Con el fin de reducir tiempos al momento de diseñar sistemas de iluminación, los softwares de cálculo como Dialux son de gran importancia, ya que permiten realizar simulaciones para cada

propuesta, así como también los ajustes necesarios para obtener los resultados deseados. Del trabajo presentado por el autor se llegó a las siguientes conclusiones:

- “Al realizar simulaciones en Dialux nos permite obtener distintos escenarios facilitándonos la variación de valores obtenidos al cambiar ciertos parámetros como tipo de luminarias, ubicación entre otros.” (Oliveira, 2014)
- “Los resultados de simulaciones realizadas en Dialux no significa que lo simulado en el software se vea reflejado en campo, es muy probable que se tengan que realizar ajustes cuando se haga el montaje físico para obtener y/o mejorar los niveles de iluminación. (Oliveira, 2014)

C) (Jiménez, 2012) Realizó el trabajo de grado “Estudio de prefactibilidad para el mejoramiento de la iluminación del edificio T-3 aplicando tecnología LED”. En el trabajo de investigación, el autor realiza un estudio técnico-económico del nivel de iluminación del edificio T-3. El trabajo parte desde la medición del nivel de iluminación actual del edificio y, a partir de allí, busca la forma de mejorar dicho nivel de iluminación usando tecnología LED debido a la ventaja que ofrece este tipo de tecnología. Del trabajo presentado por el autor se llegó a las siguientes conclusiones:

- “Con la implementación de luminarias LED se mejora la iluminación de las distintas áreas del edificio T-3, logrando llegar a los niveles recomendados por las normas IES (Sociedad de ingenieros eléctricos de Norte América).” (Jiménez, 2012)
- “Las lámparas LED se destacan de las fluorescentes, porque son más direccionales y con una eficiencia del sistema mayor que las fluorescentes.” (Jiménez, 2012)

- “El implementar tecnología LED sustituyendo a la fluorescente beneficiaría económicamente ya que habría un ahorro de energía eléctrica.” (Jiménez, 2012)

3.4.1.2 Nacional

A) (Urrutia, 2019) Realizó la tesis “Diseño de iluminación LED con control domótico para el ahorro de energía eléctrica y su implementación en las oficinas corporativas del edificio torre Begonias”. El autor plantea que utilizando la tecnología LED en reemplazo de fluorescentes se puede optimizar el nivel de iluminación aminorando el costo de mantenimiento y la factibilidad de recuperar la inversión debido al cambio de tecnología. En el trabajo presentado el autor llegó a las siguientes conclusiones:

- “Se comprobó que es posible optimizar el sistema de iluminación de alumbrado de oficinas corporativas reemplazando las lámparas fluorescentes por lámparas LED con control domótico.” (Urrutia, 2019)
- “Se verificó que las lamparas LED con control domótico como nueva tecnologia para el alumbrado de interiores, generan beneficios ambinentales, pues, al tener menor consumo de energía eléctrica disminuye notablenmete a 51.9%, la generación de gases provocados por el efecto invernadero.” (Urrutia, 2019)
- “Las lámparas LED con control domótico al ser de material de silicio a comparación de las lámparas fluorescentes, es mas eficiente en un 52%.” (Urrutia, 2019)

B) (Juárez, 2021) Realizó el trabajo de suficiencia profesional “Implementación con luminarias no convencionales para el sistema de

iluminación exterior en la subestación GIS Sauces de 230 KV". El autor presenta una propuesta de análisis técnico y económico que justificaría el cambiar luminarias existentes de tipo convencionales HPS por otras de tecnología LED en subestaciones tipo GIS. En el trabajo presentado el autor llegó a las siguientes conclusiones:

- "La tecnología LED tiene un rendimiento en vida útil de 50000 horas y una reposición sugería cada 15 años frente a la tecnología convencional que cuenta con 16000 horas de vida útil y una reposición sugería de tan solo 5 años." (Juárez, 2021)
- "Los niveles de iluminación mostrados, la tecnología LED supera entre un 2% y 50% a los niveles mostrados por la opción convencional. También se debe contemplar que las tecnologías convencionales HPS contribuyen al proceso de calentamiento global." (Juárez, 2021)

C) (Laurente, 2021) Realizó el trabajo de suficiencia profesional "Diseño domótico del sistema de iluminación del pabellón B de la facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica de la UNMSM". El autor propone un diseño domótico del sistema de iluminación del pabellón "B" de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica considerando los valores que la normativa exige en términos de niveles de iluminación y brindando una alternativa para el mejor manejo de los recursos energéticos. En el trabajo presentado el autor llegó a las siguientes conclusiones:

- "La elección de luminarias LED en este proyecto es debido a sus múltiples ventajas frente a los otros tipos de luminarias, destacando en su bajo consumo energético permitiendo ahorros, la poca emisión de calor que generan, la luz nítida y brillante que producen y sobre todo su mayor duración de vida útil frente a las otras luminarias convencionales." (Laurente, 2021)

- El software Dialux evo es un poderoso instrumento de diseño que brinda las herramientas necesarias para poder realizar un óptimo diseño de escenarios de luz, brinda desde curvas de isolíneas hasta graficas de colores falsos.” (Laurente, 2021)

3.4.2 Marco conceptual

Para poder continuar con el presente trabajo de suficiencia profesional, es necesario desarrollar la base teórica en la cual se sustentará el trabajo, a fin de estar correctamente fundamentado.

3.4.2.1 Luz

3.4.2.1.1. Fenómeno Físico

La luz, básicamente, es la radiación electromagnética que se genera cuando un electrón pasa de un nivel de alta energía a otro de baja energía, liberando partículas conocidas como fotones con velocidades cercanas a la velocidad de la luz. Estas partículas son captadas por las células que tenemos en los ojos e interpretadas por nuestro cerebro.

3.4.2.1.2. Naturaleza

Si bien es cierto que, a lo largo de los años, los científicos presentaron diversas teorías referentes a la naturaleza de la luz, es a mediados del siglo XVII que se toma con la rigurosidad del caso. Actualmente, la teoría más aceptada es que la luz tiene una naturaleza dual, las cuales son:

- **Naturaleza Corpuscular de la luz:** La cual postula que la luz se comporta como partículas de energía llamadas fotones. Esta teoría fue iniciada por Isaac Newton.

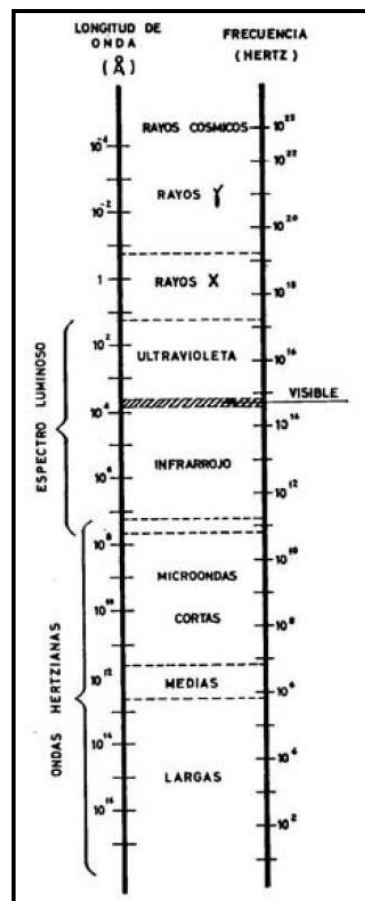
Naturaleza ondulatoria de la luz: La cual postula que la luz tiene un comportamiento igual al de una onda electromagnética. Esta teoría fue iniciada por Christiaan Huygens.

3.4.2.1.3. Espectro Electromagnético y color de luz

“Las ondas luminosas forman una pequeña zona dentro de la amplia gama de ondas electromagnéticas”. (Garcia, 1983, p.683)

Figura 2

Relación longitud de onda - frecuencia



Nota. El grafico se puede observar los diferentes tipos de longitudes de onda con su respectiva frecuencia. Tomado de FISICA GENERAL (p.683), por J. Garcia, 1983, PARANINFO

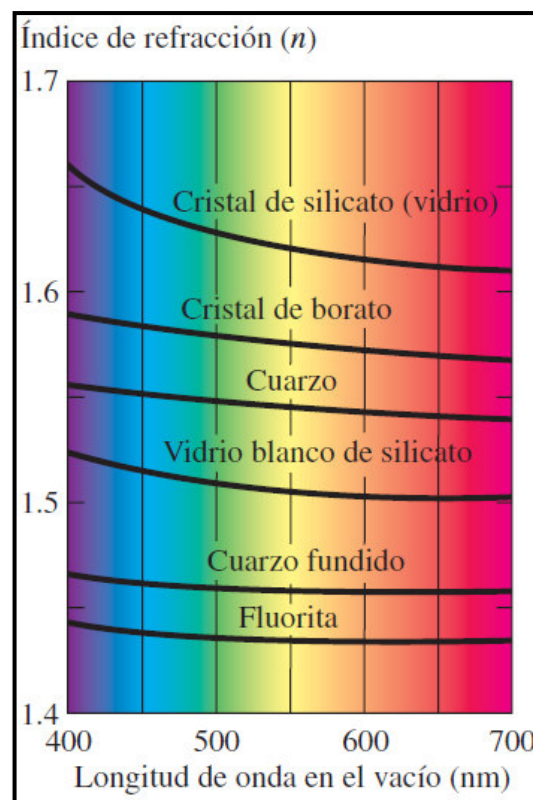
Como se puede apreciar en la imagen anterior, del total del espectro electromagnético, nuestros ojos solo son capaces de percibir una pequeña parte del total, la cual corresponde a lo que se conoce como espectro visible.

“La luz blanca ordinaria es una superposición de ondas con longitudes que se extienden a través de todo el espectro visible”. (Young-Freedman, 2009, p.1132)

En la siguiente imagen se muestra la descomposición de la luz blanca de acuerdo a la variación del índice de refracción y la longitud de onda.

Figura 3

Relación Índice refracción - Longitud de onda.



Nota. Tomado de FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA vol. 2 (p.1132), por H. Young – R. Freedman, 2009, PEARSON

3.4.2.1.4. *Temperatura de color*

“La temperatura de color se basa en el cambio de temperatura cuando emiten luz los objetos y es medida por la apariencia cromática de estos. El color de la luz cambia dependiendo del incremento de la temperatura, expresada en grados Kelvin”. (Oliveira, 2014, p.13)

3.4.2.1.5. *Índice de reproducción cromática (IRC)*

Es un indicador utilizado para poder hacer la comparativa entre una fuente de luz artificial con la fuente de luz natural (el sol), es decir, al incidir un haz de luz en un objeto, ¿qué tanto se puede acercar la emisión de color del objeto cuando le incide luz artificial a como si le incidiera luz solar? En el siguiente cuadro se muestra los rangos de valores entre los que varía el IRC, considerando que un IRC de 100 es la que tendría una fuente de luz como el sol.

Tabla 1

Clasificación del IRC según su grado y apariencia.

Grado del IRC	IRC	Apariencia
1	$IRC \geq 85$	Cálido
2	$75 \leq IRC \leq 85$	Cálido
3	$40 \leq IRC \leq 75$	Intermedio
4	$IRC \leq 40$	Frío

Nota: Tomado de “PROPUESTAS DE ILUMINACION PARA DIVERSAS INSTALACIONES DEPORTIVAS DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES” (p.13), por V. Oliveira, 2014, Trabajo de grado, Universidad de los Andes. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/390736547/Iluminacion-de-estadios-deportivos-Dialux>

3.4.2.1.6. Visión Humana

A lo largo de los años, el ojo humano ha evolucionado de tal manera que ha permitido el poder percibir los colores, como ya hemos visto en párrafos anteriores, lo que el humano conoce como colores solo es una fracción de la luz visible que dependiendo de la longitud de onda que posea emitirá cierto color.

En el interior del ojo humano existen una variedad de células, las cuales han evolucionado para poder captar las longitudes de onda emitidas por la luz. De entre esa variedad de células, las siguientes dos son las principales encargadas de percibir las longitudes de onda emitidas por la luz:

- **Conos:** Son las células encargadas de percibir la luz brillante, es decir, gracias a ellos es que podemos percibir los distintos colores.
- **Bastones:** Son las células encargadas de percibir la luz tenue, es decir, gracias a ellos es que podemos percibir la visión en blanco y negro.

Si bien es cierto las células mencionadas son importantes para poder percibir la luz, también es necesario la función del nervio óptico, la cual es la encargada de transmitir la información captada al cerebro y poder procesarla.

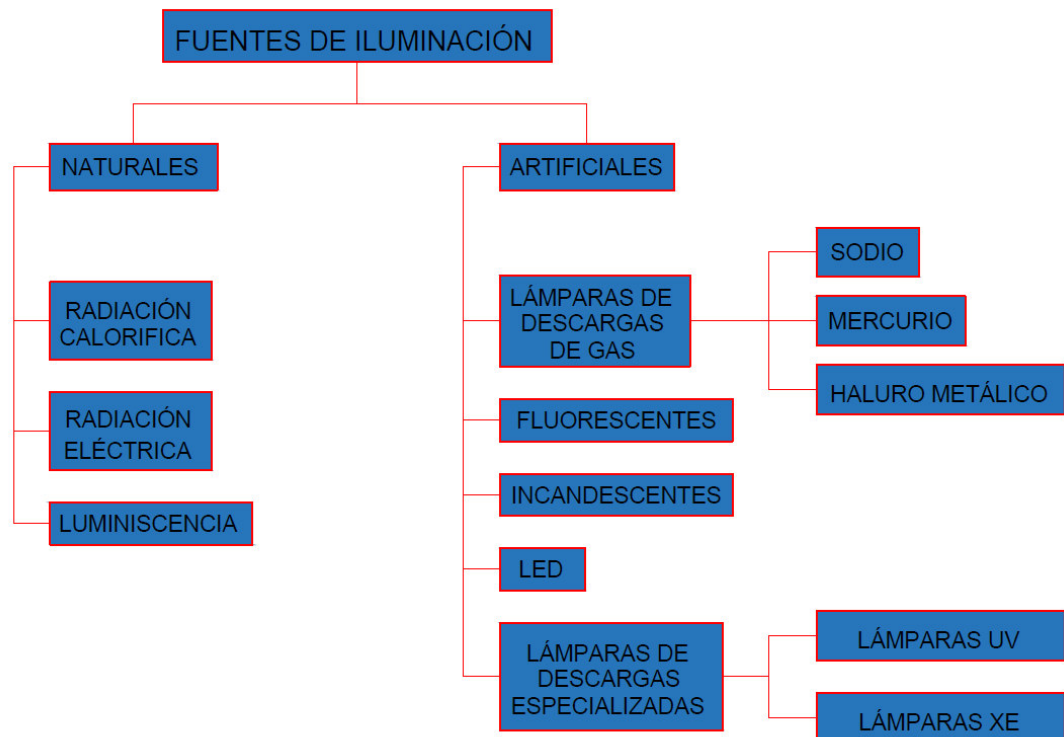
3.4.2.2 Iluminación

3.4.2.2.1. Fuentes de Iluminación

Las fuentes de iluminación son las que se muestran a continuación:

Figura 4

Fuentes de Iluminación.



Nota. En la figura se muestra el mapa semántico de las fuentes de iluminación.

De acuerdo a la figura mostrada, se hace la distinción entre fuentes naturales y artificiales siendo las fuentes naturales las siguientes:

- ***Radiación Calorífica:*** Es la radiación producida por la reacción nuclear en el sol. A causa de la fisión nuclear es que el hidrogeno pasa a convertirse en helio produciendo el brillo característico del sol.
- ***Radiación Eléctrica:*** Es la iluminación producida por la descarga eléctrica a tierra proveniente de las nubes cuando se vence el aislamiento dieléctrico del aire.
- ***Luminiscencia:*** En la naturaleza, existen ciertas especies de animales que emiten de forma natural una luz propia. La luminiscencia hace

referencia a ese tipo de iluminación la cual es de forma orgánica como por ejemplo las luciérnagas o el pez linterna.

Las fuentes de iluminación artificiales a continuación:

- **Lámparas de descargas de gas:** Son las fuentes de iluminación que cuentan con cierta cantidad de gas en su interior. Este gas al estar en contacto con la energía eléctrica se ioniza emitiendo luz, la tonalidad que pueda tener esta luz variara dependiendo del gas que este dentro de la lámpara.
- **Incandescentes:** Son las fuentes de iluminación que se caracterizan debido a que la energía eléctrica fluye por un pequeño filamento, generalmente de tungsteno, produciendo luz y calor.
- **Fluorescentes:** Tienen cierta similitud a las lámparas de descarga de gas pero estas tienen gas a baja presión, su diferencia radica en que cuenta con un elemento adicional llamado balastro, este elemento tiene la función de elevar la tensión inicial para poder producir un arco eléctrico dentro del tubo generando la ionización del gas logrando emitir luz ultravioleta la cual es no visible al ojo humano, sin embargo, los tubos están recubiertos con fosforo fluorescente haciendo que la luz ultravioleta pase a ser una luz que sea visible al ojo humano.
- **LED:** Son las luminarias catalogadas como lámparas en estado sólido, su principio de funcionamiento no radica en la ionización de un gas o el calentamiento de filamento, sino, debido al paso de la corriente eléctrica a través de un semiconductor este emitirá luz. El color que puede producir dependerá de la composición del semiconductor con el que ha sido construido.
- **Lámparas de descargas especializadas:** Son lámparas que no necesariamente emiten luz blanca o amarilla. Dependiendo de la necesidad pueden variar la tonalidad de luz como por ejemplo los dentistas para sus tratamientos de blanqueamiento de dientes usan luz

ultravioleta o también en el caso de las luces forenses que se usan investigadores y personal que revela fotografías.

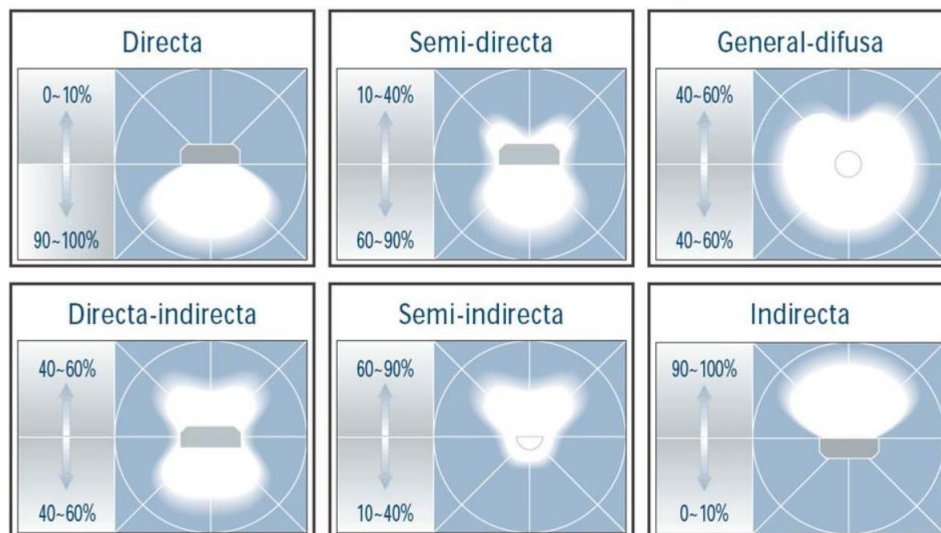
3.4.2.2.2. *Sistemas de iluminación*

Desde que se comenzó a usar la energía eléctrica para el uso de iluminación de ambientes en el siglo XIX hasta la actualidad con el crecimiento de ciudades y desarrollo de distintas arquitecturas, los sistemas de iluminación también cambiaron en su forma de iluminar ambientes.

Es debido al desarrollo de distintas arquitecturas que se comenzó a distribuir las luminarias ya no solo desde un nivel superior o de una forma directa, los distintos sistemas de iluminación se realizan y están sujetos a las necesidades que la arquitectura requiera.

“Los distintos tipos de iluminación se pueden clasificar de acuerdo a la distribución del flujo luminoso” (Rodríguez, 2009, párrafo primero).

- **Iluminación Directa:** El flujo luminoso es directo hacia abajo.
- **Iluminación Semi – Directa:** El flujo luminoso es directo en gran parte hacia abajo (60-90%) y hacia arriba (10-40%).
- **Iluminación General Difusa:** El flujo luminoso está distribuido hacia abajo (40-60%) y hacia arriba (40-60%).
- **Iluminación Directa – Indirecta:** El flujo luminoso está distribuido uniformemente hacia abajo (40-60%) y hacia arriba (40-60%).
- **Iluminación Semi – Indirecta:** El flujo luminoso es prevalente hacia la parte superior (60-90%).
- **Iluminación Indirecta:** El rendimiento es bajo y la visión poco nítida por la falta del efecto de sombra. Hacia arriba (90-100%).

Figura 5*Tipos de Iluminación.*

Nota. En la imagen se muestra los distintos tipos de iluminación. Tomado de Tipos de Iluminación, por Luis Rodríguez, abril 2009, extraído de <https://iluminaciondeinteriores.blogspot.com/2009/04/tipos-de-iluminacion.html>

3.4.2.3 Luminotecnia

La luminotecnia es el área encargada de analizar las diferentes formas de iluminar áreas específicas. En el análisis se incluye los parámetros necesarios para realizar el cálculo de flujos, luminarias, intensidades y finalmente el control de encendido de luminarias.

Es necesario también saber la diferencia entre los siguientes conceptos:

A. Lumen: “Es la cantidad de luz que emite una fuente en un segundo en todas las direcciones” (Oliveira, 2014).

Matemáticamente es la siguiente relación:

$$\Phi = \frac{Q}{t}$$

- Φ : Flujo luminoso en lúmenes.
- Q : Cantidad de luz emitida por segundos.
- t : Tiempo en segundos.

B. Candela: Es la intensidad luminosa emitida por una fuente que se emite en una dirección específica, en forma práctica se podría hacer una similitud a un haz de luz, matemáticamente se expresa por la siguiente relación:

$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$

- Φ : Flujo luminoso en lúmenes.
- ω : Angulo sólido.
- I : Intensidad luminosa.

C. Lux: Es la cantidad de luz emitida que incide en una superficie en específico, matemáticamente se representa por la siguiente relación:

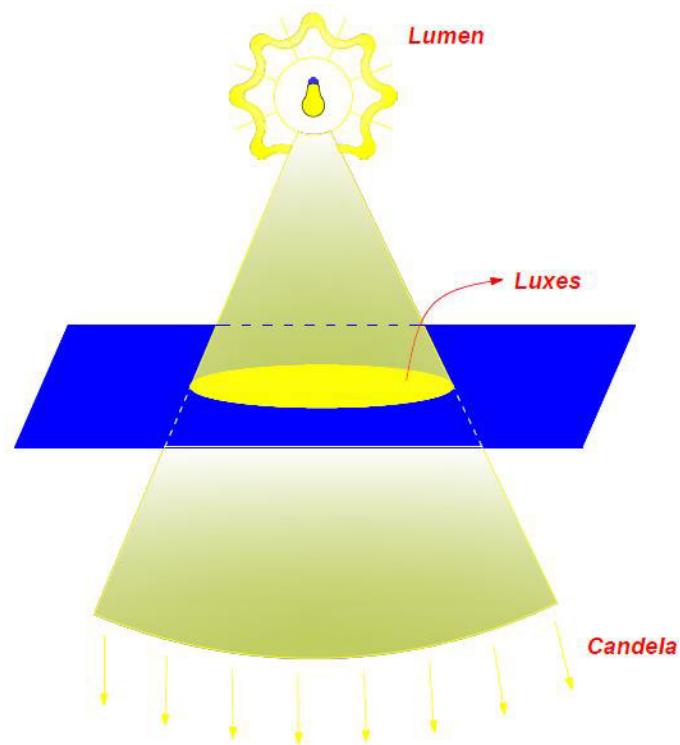
$$E = \frac{\Phi}{A}$$

- E : Iluminancia.
- Φ : Flujo luminoso en lúmenes.
- A : Área en metros cuadrados.

Para un mejor entendimiento se muestra en la siguiente imagen la diferencia de conceptos usados en la iluminación.

Figura 6

Diferencia entre unidades de iluminación.



Nota. El gráfico representa las distintas magnitudes usadas en iluminación y la forma de diferenciarlos.

3.4.2.3.1. Métodos para cálculo de iluminación

Entre los métodos usados para el cálculo de iluminación en interiores se tienen los siguientes métodos:

- A. Método Punto por punto:** Es el método usado para calcular valores en puntos específicos del lugar a iluminar. Adicionalmente, este se usa para fuentes de luz compactas (lámparas incandescentes o de descarga), mas no con luminarias de tubos fluorescentes.

B. Método de lúmenes: Es el método usado para calcular la iluminación media del lugar a iluminar.

3.4.2.3.2. *Parámetros necesarios para diseño*

Al momento de realizar un estudio de iluminación, es necesario contar con los siguientes datos numéricos medibles, con los cuales poder realizar una iluminación optima garantizando el confort del cliente.

A. Dimensiones: Antes de empezar un diseño de iluminación, es necesario conocer las dimensiones longitudinales del local a iluminar las cuales son el largo, ancho y altura del local.

B. Ubicación del plano de trabajo: La ubicación del plano de trabajo es el plano imaginario en donde incidirá los luxes requeridos. Por lo general, se ubica a una altura de entre 0.80 a 0.85m desde el nivel del piso terminado (N.P.T.).

C. Nivel de iluminación: El nivel de iluminación a considerar siempre dependerá de las normativas técnicas que maneja el territorio donde se ejecutará el estudio de iluminación. Para el caso del Perú, la normativa que maneja es la norma EM.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

D. Tipo de lámpara: La elección del tipo de lámpara a usar será de acuerdo a las necesidades que requiera la arquitectura del local. Se consideran los lúmenes, potencia, temperatura de luz, tipo de iluminación y la tecnología que usa.

E. Factor de reflexión: Es la luz devuelta por las superficies del local. El factor depende del color que tienen estas superficies (paredes, piso y techo). Los valores se encuentran tabulados en la siguiente tabla:

Tabla 2*Factores de reflexión según color y material.*

Color	Factor de reflexión	Material	Factor de reflexión
Blanco	0.70 - 0.85	Mortero claro	0.35 - 0.55
Techo acústico blanco	0.50 - 0.65	Mortero oscuro	0.20 - 0.30
Gris claro	0.40 - 0.50	Hormigón claro	0.30 - 0.50
Gris oscuro	0.10 - 0.20	Hormigón oscuro	0.15 - 0.25
Negro	0.03 - 0.07	Arenisca clara	0.30 - 0.40
Crema, amarillo claro	0.50 - 0.75	Arenisca oscura	0.15 - 0.25
Marrón claro	0.30 - 0.40	Ladrillo claro	0.30 - 0.40
Marrón oscuro	0.10 - 0.20	Ladrillo oscuro	0.15 - 0.25
Rosa	0.45 - 0.55	Mármol blanco	0.60 - 0.70
Rojo claro	0.30 - 0.50	Granito	0.15 - 0.25
Rojo oscuro	0.10 - 0.20	Madera clara	0.30 - 0.50
Verde claro	0.45 - 0.65	Madera oscura	0.10 - 0.25
Verde oscuro	0.10 - 0.20	Espejo de vidrio plateado	0.80 - 0.90
Azul claro	0.40 - 0.55	Aluminio mate	0.55 - 0.60
Azul oscuro	0.05 - 0.15	Aluminio anodizado	0.80 - 0.85
		Acero pulido	0.55 - 0.65
		Cobre	0.48 - 0.50
		Cromo pulido	0.60 - 0.70
		Cromo mate	0.52 - 0.55
		Madera clara de abedul y arce	0.55 - 0.65
		Madera de roble, laqueada clara	0.40 - 0.50
		Madera de roble, laqueada oscura	0.15 - 0.40
		Madera de caoba o nogal	0.15 - 0.40

Nota. Tomado de Iluminación y Sistemas de Control Inteligente, por Luminotécnico, 2017, recuperado de <https://luminotecnico.blogspot.com/2017/10/factores-de-reflexion-de-colores-y.html>

F. Índice del local (k): Es el parámetro que determina la iluminación mínima en el local. El valor numérico del parámetro varía según el tipo de iluminación que tendrá en el local.

Cuando la iluminación sea del tipo directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa se usará la siguiente relación matemática:

$$k = \frac{a * b}{h * (a + b)}$$

Donde:

- a: Ancho del local.
- b: Largo del local.
- h: Altura desde el plano de luminarias hasta el plano de trabajo.

Cuando la iluminación sea del tipo indirecta o semi indirecta se usará la siguiente relación matemática:

$$k = \frac{3 * a * b}{2 * (h + 0.85) * (a + b)}$$

Donde:

- a: Ancho del local.
- b: Largo del local.
- h: Altura desde el plano de luminarias hasta el plano de trabajo.

De acuerdo a los valores obtenidos, estos se encuentran tabulados en una clasificación de diez grupos

Tabla 3

Valores de índices de local.

INDICE DEL LOCAL	RELACIÓN DEL LOCAL	PUNTO CENTRAL
------------------	--------------------	---------------

A	Menos de 0.7	0.6
B	0.7 a 0.9	0.8
C	0.9 a 1.12	1.0
D	1.12 a 1.38	1.25
E	1.38 a 1.75	1.50
F	1.75 a 2.25	2.00
G	2.25 a 2.75	2.50
H	2.75 a 3.50	3.00
I	3.50 a 4.50	4.00
J	4.50 a 5.00	5.00

Nota. Tomado de “DISEÑO DE ILUMINACIÓN INTELIGENTE PARA UNA TIENDA COMERCIAL” (p.46), por J. Acosta y J. Moreno, 2009, Tesis de grado, Instituto Politécnico Nacional. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/313837750/TESIS-Diseno-de-Iluminacion-Inteligente>

G. Coeficiente de utilización: El coeficiente indica la porción de flujo luminoso que incide sobre el plano de trabajo respecto al flujo total emitido por la fuente de iluminación. El valor numérico es suministrado por los distintos fabricantes de luminarias y depende del factor de reflexión y del índice de local.

H. Coeficiente de depreciación: Al igual que el coeficiente de utilización, también es suministrado por los fabricantes de luminarias. Numéricamente, indica la cantidad de flujo que la luminaria garantiza durante toda su vida útil.

I. Factor de mantenimiento: Es la reducción de iluminación de luminarias debido a la contaminación o polución del ambiente en donde están instalados las luminarias.

3.4.2.4 Fotometría

“El propósito de la fotometría es describir con exactitud el rendimiento de una luminaria para permitir al diseñador, seleccionar el equipo de iluminación y diseñar una distribución de luminarias que mejor cubra las necesidades del trabajo.” (Jimenez, 2012)

Lo que comenta el autor es que la fotometría es la forma gráfica de poder representar en un plano como se distribuye la luz en distintas direcciones.

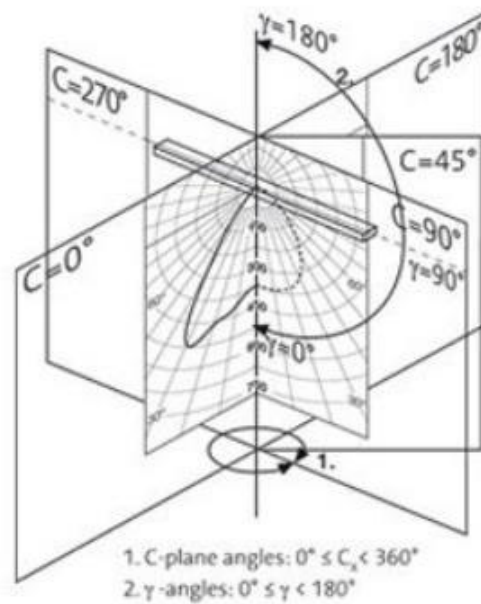
3.4.2.4.1. Tipos de curvas

Las curvas mencionadas con anterioridad podemos clasificarlas de la siguiente manera:

- A. Curvas Polares:** En los gráficos polares las curvas dibujadas muestran cómo se dispersa la luz en diferentes alturas y direcciones. Estas se obtienen al realizar un corte transversal sobre el espectro formado por el flujo luminoso emitido por la fuente. Se pueden diferenciar como curvas simétricas y curvas asimétricas:
- **Curvas Simétricas:** El flujo luminoso se reparte en forma simétrica respecto del eje
 - **Curvas Asimétricas:** El flujo luminoso se reparte de forma asimétrica respecto del eje, para poder observar la asimetría es necesario compararlos respecto de otras curvas del mismo plano. Es debido a eso que en estos gráficos se representan dos o más curvas fotométricas.

Figura 7

Sólido fotométrico producido por luminaria.



Nota. Tomado de Ventajas y desventajas de los principales softwares de iluminación, por iluminet revista de iluminación, 2017, recuperado de <https://iluminet.com/ventajas-y-desventajas-de-los-principales-softwares-de-iluminacion/>

- B. Curvas Isolux:** Las curvas isolux a diferencia de las curvas polares, estas sirven para ver el flujo lumínico en una superficie, es decir, se representan a través de curvas de nivel. En su mayoría de veces es usada para realizar estudios de iluminación de alumbrado público.

Figura 8

Curvas Isolux producidas por luminaria.



Nota. Tomado de “APLICACIÓN DE CRITERIOS DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA Y SEGURIDAD EN LA ILUMINACIÓN Y CONFORT, EN CALLES Y AVENIDAS”, por Corvalán y otros, en *Extensionismo, innovación y transferencia tecnológica - claves para el desarrollo*, volumen 5, (p.183), 2019.

La manera como se identifica estas curvas se realiza por medio del instrumento de medición llamado fotogoniómetro. El fotogoniómetro, a diferencia de un luxómetro, nos brinda información adicional y más precisa; información como los lúmenes, ángulos o color. Una vez realizada la medición por el fotogoniómetro, gracias a la ayuda de software, nos emitirá información la cual podrá ser procesada por ordenador y poder usarse en programas de cálculo de iluminación.

Los fabricantes actuales de luminarias, en su mayoría, ya ofrecen sus archivos digitales de los productos que ofrecen (luminarias). Entre la información compartida, se encuentran también las curvas fotométricas de las luminarias.

3.4.2.5 Herramientas Digitales de cálculo

En párrafos anteriores se mencionaron los métodos para el cálculo de iluminación que existen, además de las distintas pautas necesarias para un correcto diseño de iluminación. Pese a que los métodos son aplicables a cualquier local donde se necesite hacer un estudio de iluminación, a medida que los proyectos aumentan de tamaño y envergadura, resulta poco práctico realizar los cálculos manualmente, por lo que es necesario usar herramientas informáticas que ayuden a realizar los cálculos reduciendo tiempos.

Con el pasar de los años, distintas empresas informáticas han desarrollado programas para realizar cálculos de iluminación que facilitan el trabajo de profesionales del campo. En actualizaciones posteriores, los softwares de cálculo de iluminación permiten realizar modelamientos y renderizados en 3D. Adicionalmente, los fabricantes actuales de luminarias, con el fin de ser competitivos y destacarse de sus competidores en el mercado, también han desarrollado archivos digitales de cada luminaria que ofrecen con el fin de facilitar a los proyectistas encargados de hacer el estudio de iluminación. Estos archivos digitales incluyen las características técnicas de las luminarias, como temperatura, color, curvas fotométricas, etc.

Según la revista Iluminet, entre los principales softwares para cálculo de iluminación tenemos los siguientes programas de cálculo:

- **Dialux EVO:** Se ha consolidado como una herramienta poderosa para cálculos luminotécnicos. Ofrece la posibilidad de importar planos desde AutoCAD, facilitando el modelado en 3D.
- **AGI 32:** Destaca por su capacidad de realizar cálculos de iluminación precisos y por su rápido renderizado. Está diseñado especialmente para iluminación vial y exteriores, optimizado para modelar con precisión los efectos lumínicos en dichos contextos.

- **RELUX:** Permite incorporar catálogos de luminarias de diversos fabricantes, integrándolos en espacios virtuales diseñados para sistemas de iluminación. Además, facilita el cálculo del consumo energéticos de un diseño de iluminación.

Para el presente trabajo de suficiencia profesional se usará el software Dialux debido a la familiaridad con su uso y a la amigable e intuitiva interfaz con la que cuenta.

3.4.2.6 Normativa

Tanto el diseño de iluminación como la ejecución de instalaciones a realizar deben estar sustentadas en las normas técnicas vigentes del lugar donde se ejecutan los proyectos. En caso de que no existan las normas técnicas locales, se pueden sustentar los trabajos en normas internacionales, a continuación, se presentan las distintas normas vigentes tanto nacionales como internacionales.

3.4.2.6.1. Normativa Internacional

Análogamente al IEC y el IEEE, los temas relacionados a la iluminación de lugares, se tiene las siguientes entidades encargada de fijar estándares de calidad en temas de iluminación:

- A. **Comisión Internacional de Iluminación (CIE):** Es la entidad internacional sin fines de lucro encargada de desarrollar normas y procedimientos para trabajos relacionados al campo de la iluminación artificial.

De entre las normas emitidas por esta entidad las más usadas son las que se presentan a continuación:

Tabla 4

Normas CIE relacionadas a iluminación.

Código	Descripción
UNE -EN 12464-1	Iluminación de lugares de trabajo en interiores
UNE -EN 12464-1	Iluminación de lugares de trabajo en exteriores
UNE 72-502-84	Sistemas de iluminación. Clasificación General
UNE 72-153-85	Niveles de iluminación. Asignación a tareas visuales
UNE-EN 1838: 2000	Iluminación. Alumbrado de emergencia
UNE-EN 12665	Términos básicos y criterios para especificación de los requisitos de alumbrado.
UN-EN 12193:1999	Iluminación para instalaciones deportivas

Nota. Esta tabla muestra las normas internacionales CIE relacionadas a temas de iluminación.

En el presente trabajo, en caso que no existiesen normas peruanas sobre niveles de iluminación, se tomaría como base los niveles de iluminación en interiores mencionado en la norma UNE-EN 12464-1 los cuales se muestran en el anexo #1.

B. Illuminating Engineering Society (IES): Es la autoridad técnica en temas de iluminación sin fines de lucro. Entre sus funciones incluyen la promulgación y difusión de normas técnicas relacionadas al campo de la ingeniería lumínica.

A lo largo de los años, la IES ha creado normas, certificaciones y procedimientos que garanticen la eficiencia de sistemas de iluminación. Las normas emitidas por la IES no solo abarcan temas relacionados con la iluminación artificial, sino que también existen normas científicas que explican, desde un punto de vista físico, la naturaleza de la luz, el color, etc., incluyendo normas sobre fotobiología.

3.4.2.6.2. Normativa Nacional

En el Perú, los sistemas de iluminación se rigen a través de distintas normas técnicas emitidas por los ministerios de energía y minas y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. En estas normas se muestran los niveles mínimos de iluminación necesarios dependiendo la actividad productiva que se esté ejecutando.

Estos niveles mínimos de iluminación se pueden encontrar en el Código Nacional de Electricidad Suministro del año 2011 y en el Reglamento Nacional de Edificaciones promulgado en el año 2006. La norma técnica EM.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.), en su artículo 6, establece los requisitos de iluminación en la cual da las pautas para una correcta iluminación, garantizando el confort del ambiente y evitando la contaminación lumínica. En el anexo de la misma norma nos muestran los niveles mínimos de iluminación dependiendo de la tarea o actividad que vaya a realizar. Estas normas están basadas en las normas emitidas por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE).

Para el presente trabajo usaremos el anexo del R.N.E. mencionado en líneas anteriores, en específico el punto 5.5 el cual hace referencia al nivel de iluminación que deberían de tener lugares como ferias o pabellones de exposiciones. Adicionalmente en el anexo 2 se muestran los valores mínimos de iluminación en estaciones de suministro eléctrico.

Tabla 5

Requisitos mínimos de iluminación.

Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGRL	Uo	Ra	Requisitos específicos
5.5	Ferias, pabellones de exposiciones					
	Alumbrado general	300	22	0.4	80	

Nota. Esta tabla muestra el nivel de iluminación recomendado para un local como el que se muestra en el presente trabajo. Tomado de norma EM. 010, por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (p.18), 2006.

3.5 Procedimientos

El presente trabajo de suficiencia profesional se realizó a partir de un problema presentado durante la ejecución de trabajos electromecánicos de baja tensión en un local de juegos mecánicos en el distrito de San Miguel.

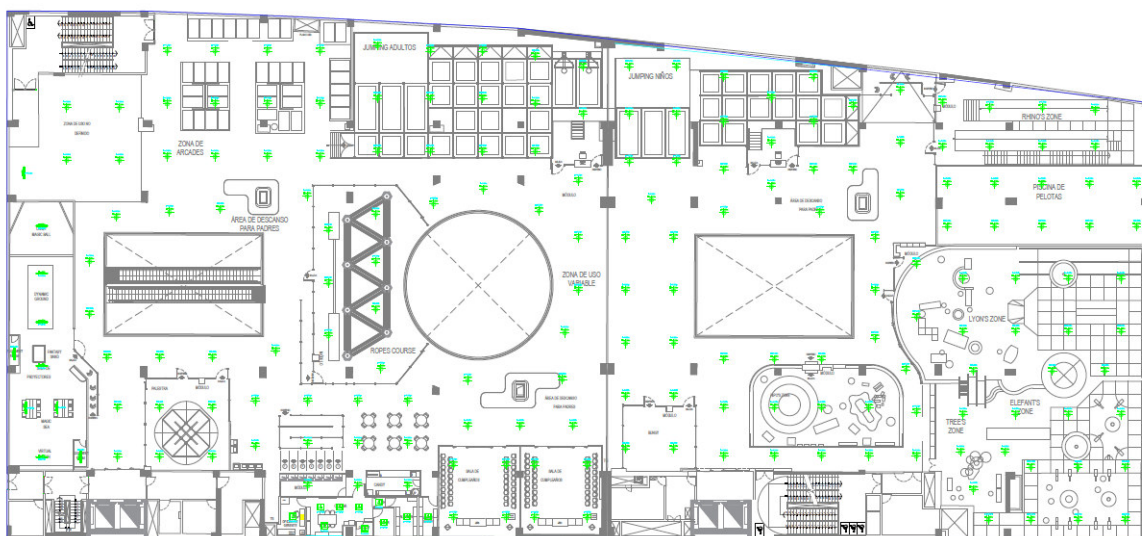
A continuación, se hará la comparativa entre el nivel de iluminación que se cuenta actualmente con el nivel de iluminación idóneo que debería tener el local. Para ello se usará el software Dialux que facilitará los cálculos lumínicos.

3.5.1 Sistema de Iluminación Actual

El local cuenta con un área total de aproximadamente 5000 m² ocupando el cuarto nivel del centro comercial plaza San Miguel. Las luminarias se encuentran distribuidas de una manera óptima que no interfiera u obstaculice las atracciones del lugar. Las luminarias usadas en el proyecto fueron de modelos Hi-Bay, panel cuadrado LED y del tipo fluorescente.

Figura 9

Plano Vista en Planta Distribución de Luminarias.



Nota. En el grafico se muestra la disposición física de las luminarias, en el local se cuenta con 199 luminarias.

3.5.1.1 Identificación de áreas y cantidad de luminarias

Como se puede observar en la figura 9, el local a iluminar cuenta con dieciocho áreas diferenciadas y además se observa que el local cuenta con una cantidad de 199 luminarias de distintos modelos, los cuales se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 6

Cantidad de luminarias existentes en local por áreas.

ÁREA	MODELO	CANTIDAD	ALTURA	ÁREA	MODELO	CANTIDAD	ALTURA
Crazy Magic Ball	<i>Hi-Bay</i>	0	-	Sala de cumpleaños 1	<i>Hi-Bay</i>	4	4.5
	<i>Panel LED</i>	0	-		<i>Panel LED</i>	0	-
	<i>Fluorescente</i>	1	3.5		<i>Fluorescente</i>	0	-
Zona de uso no definido	<i>Hi-Bay</i>	4	7.2	Sala de cumpleaños 2	<i>Hi-Bay</i>	4	4.5
	<i>Panel LED</i>	0	7.2		<i>Panel LED</i>	0	-
	<i>Fluorescente</i>	1	2.4		<i>Fluorescente</i>	0	-
Sala Proyectores	<i>Hi-Bay</i>	0	-	Bungy	<i>Hi-Bay</i>	2	7.2
	<i>Panel LED</i>	0	-		<i>Panel LED</i>	0	-
	<i>Fluorescente</i>	8	3.5		<i>Fluorescente</i>	0	-
Palestra	<i>Hi-Bay</i>	4	8	Hipo's Zone	<i>Hi-Bay</i>	3	6.2
	<i>Panel LED</i>	0	-		<i>Panel LED</i>	0	-
	<i>Fluorescente</i>	0	-		<i>Fluorescente</i>	0	-
Zona de arcades	<i>Hi-Bay</i>	6	7.2	Rhino's zone	<i>Hi-Bay</i>	8	7.2
	<i>Panel LED</i>	0	-		<i>Panel LED</i>	0	-
	<i>Fluorescente</i>	0	-		<i>Fluorescente</i>	0	-
Jumpings adultos	<i>Hi-Bay</i>	14	7.2	Piscina de pelotas	<i>Hi-Bay</i>	10	7.2
	<i>Panel LED</i>	0	-		<i>Panel LED</i>	0	-
	<i>Fluorescente</i>	0	-		<i>Fluorescente</i>	0	-
Jumpings niños	<i>Hi-Bay</i>	14	7.2	Lyon's zone	<i>Hi-Bay</i>	13	7.2
	<i>Panel LED</i>	0	-		<i>Panel LED</i>	0	-
	<i>Fluorescente</i>	0	-		<i>Fluorescente</i>	0	-
Ropes Course	<i>Hi-Bay</i>	7	8	Elefants zone	<i>Hi-Bay</i>	14	6.2
	<i>Panel LED</i>	0	-		<i>Panel LED</i>	0	-
	<i>Fluorescente</i>	0	-		<i>Fluorescente</i>	0	-
Boletería	<i>Hi-Bay</i>	4	7.2	Zona común	<i>Hi-Bay</i>	68	7.2
	<i>Panel LED</i>	10	3		<i>Panel LED</i>	0	-
	<i>Fluorescente</i>	0	-		<i>Fluorescente</i>	0	-

Nota. Esta tabla muestra la cantidad total de luminarias por área del local, a partir de este metrado es que se podrá calcular la carga eléctrica y también nos ayudará para poder realizar la simulación en Dialux.

3.5.1.2 Cargas de luminarias actuales

La carga eléctrica del sistema de iluminación del local se detalla a continuación en el siguiente cuadro:

Tabla 7

Carga de luminarias del local.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UN.	CANT.	POT.UNIT. (W)	POT. TOTAL (W)
1	LUMINARIA HI-BAY LED 100 W, 6000K, 10500 Lm, CRI-80, DE 220V-240V 60HZ, DE 5000 HORAS, CUERPO DE ALUMINIO INYECTADO COLOR BLANCO	UN.	179	100	17900
2	PANEL LED 48W (0.60x0.60m) SMD LED, 6000K, 5000 HORAS, CUERPO DE ALUMINIO INYECTADO COLOR BLANCO	UN.	10	48	480
3	FLUORESCENTE LED ADOSABLE 18W, 65000K, 1800 LUM, CON KIT DE EMERGENCIA, 1.5 HORAS, CUERPO DE POLICARBONATO BLANCO Y PANTALLA HERMETICA TRANSPARENTE	UN.	10	18	180

Nota. Esta tabla muestra la carga eléctrica del sistema de iluminación del local, nos ayudara en poder hacer la comparativa entre el sistema actual y el proyectado.

3.5.1.3 Niveles de iluminación según R.N.E.

Como se menciona en párrafos anteriores, para el presente trabajo usaremos la normativa EM.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.). De acuerdo con la normativa, para las áreas específicas del local, el R.N.E. recomienda que debe de tener como mínimo los siguientes niveles de iluminación:

Tabla 8

Nivel de Iluminación recomendado de acuerdo al R.N.E.

ITEM	ÁREA	NIVEL DE ILUMINACION (LUX)
1	Crazy Magic Ball	200
2	Zona de uso no definido	300
3	Sala Proyectores	200
4	Palestra	300
5	Zona de arcades	200
6	Jumpings adultos	500
7	Jumpings niños	500
8	Ropes Course	300
9	Boletería	300
10	Sala de cumpleaños 1	500
11	Sala de cumpleaños 2	500
12	Bungy	300
13	Hipo's Zone	300
14	Rhino's zone	300
15	Piscina de pelotas	300
16	Lyon's zone	300
17	Elefants zone	300
18	Zona común	300

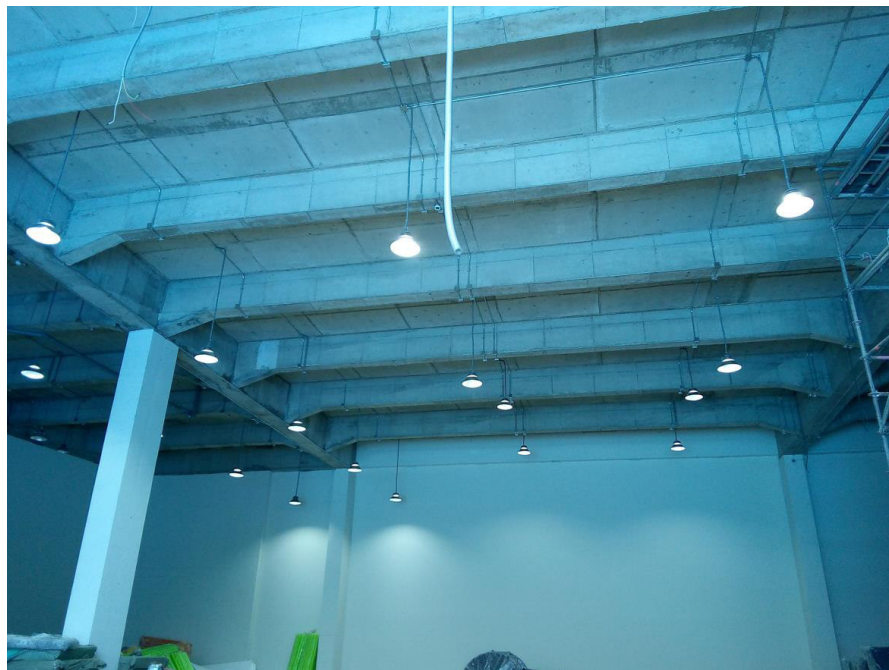
Nota. En la presente tabla se muestra el nivel de iluminación recomendado para las áreas del local.

3.5.1.4 Medición niveles iluminación de local

Se realizaron las mediciones de luxometría para cada luminaria del local, obteniéndose los datos que se presentan a continuación, teniendo un total de 199 unidades cuyos modelos son High-Bay, LED y fluorescentes. La medición se realizó con un luxómetro a una altura de 0.80m sobre el nivel del suelo. El luxómetro con el que se realizó las mediciones fue de la marca Benetech, modelo GM1010 cuyas características técnicas se muestran en el anexo 4 para mayor detalle.

Figura 10

Luminarias instaladas en campo.



Nota. En la imagen se muestra las luminarias, al ser encendidas se vio que el nivel de iluminación era bajo.

En el siguiente cuadro se muestra las mediciones que se pudieron realizar en el local:

Tabla 9

Medición de nivel de iluminación de luminaria realizado en el 2019.

ÁREA	PUNTO LUMINARIA	POTENCIA (W)	TIPO DE TECNOLOGIA	NIV. ILUMINACIÓN MEDIDO (LUX)	NIV. ILUMINACIÓN ESTIMADO NORMA
Crazy Magic Ball	P1	100W	LED	210	200
Zona de uso no definido	P2	100W	LED	181	300
Zona de uso no definido	P3	100W	LED	239	300
Zona de uso no definido	P4	2x18W	FLUORESCENTE	165	300
Zona de uso no definido	P5	100W	LED	303	300
Zona de uso no definido	P6	100W	LED	274	300
Sala Proyectoros	P7	2x18W	FLUORESCENTE	166	200
Sala Proyectoros	P8	2x18W	FLUORESCENTE	159	200
Sala Proyectoros	P9	2x18W	FLUORESCENTE	135	200
Sala Proyectoros	P10	2x18W	FLUORESCENTE	162	200
Sala Proyectoros	P11	2x18W	FLUORESCENTE	202	200
Sala Proyectoros	P12	2x18W	FLUORESCENTE	147	200
Sala Proyectoros	P13	2x18W	FLUORESCENTE	146	200
Sala Proyectoros	P14	2x18W	FLUORESCENTE	206	200
Palestra	P15	100W	LED	284	300
Palestra	P16	100W	LED	259	300
Palestra	P17	100W	LED	244	300
Palestra	P18	100W	LED	247	300
Zona de arcades	P19	100W	LED	188	200
Zona de arcades	P20	100W	LED	173	200
Zona de arcades	P21	100W	LED	161	200
Zona de arcades	P22	100W	LED	142	200
Zona de arcades	P23	100W	LED	127	200
Zona de arcades	P24	100W	LED	129	200
Jumpings adultos	P25	100W	LED	308	500
Jumpings adultos	P26	100W	LED	423	500
Jumpings adultos	P27	100W	LED	368	500
Jumpings adultos	P28	100W	LED	289	500
Jumpings adultos	P29	100W	LED	394	500
Jumpings adultos	P30	100W	LED	438	500
Jumpings adultos	P31	100W	LED	462	500
Jumpings adultos	P32	100W	LED	396	500
Jumpings adultos	P33	100W	LED	352	500
Jumpings adultos	P34	100W	LED	428	500

Jumpings adultos	P35	100W	LED	432	500
Jumpings adultos	P36	100W	LED	268	500
Jumpings adultos	P37	100W	LED	308	500
Jumpings adultos	P38	100W	LED	462	500
Jumpings niños	P39	100W	LED	384	500
Jumpings niños	P40	100W	LED	487	500
Jumpings niños	P41	100W	LED	415	500
Jumpings niños	P42	100W	LED	390	500
Jumpings niños	P43	100W	LED	439	500
Jumpings niños	P44	100W	LED	396	500
Jumpings niños	P45	100W	LED	414	500
Jumpings niños	P46	100W	LED	435	500
Jumpings niños	P47	100W	LED	401	500
Jumpings niños	P48	100W	LED	483	500
Jumpings niños	P49	100W	LED	397	500
Jumpings niños	P50	100W	LED	286	500
Jumpings niños	P51	100W	LED	409	500
Jumpings niños	P52	100W	LED	418	500
Ropes Course	P53	100W	LED	268	300
Ropes Course	P54	100W	LED	212	300
Ropes Course	P55	100W	LED	159	300
Ropes Course	P56	100W	LED	195	300
Ropes Course	P57	100W	LED	228	300
Ropes Course	P58	100W	LED	230	300
Ropes Course	P59	100W	LED	208	300
Boletería	P60	100W	LED	267	300
Boletería	P61	100W	LED	280	300
Boletería	P62	100W	LED	302	300
Boletería	P63	100W	LED	246	300
Boletería	P64	40W	LED	246	300
Boletería	P65	40W	LED	293	300
Boletería	P66	40W	LED	314	300
Boletería	P67	40W	LED	271	300
Boletería	P68	40W	LED	271	300
Boletería	P69	40W	LED	286	300
Boletería	P70	40W	LED	292	300
Boletería	P71	40W	LED	298	300
Boletería	P72	40W	LED	300	300
Boletería	P73	40W	LED	300	300
Sala Cumpleaños 1	P74	100W	LED	415	500
Sala Cumpleaños 1	P75	100W	LED	402	500
Sala Cumpleaños 1	P76	100W	LED	435	500
Sala Cumpleaños 1	P77	100W	LED	379	500
Sala Cumpleaños 2	P78	100W	LED	462	500

Sala Cumpleaños 2	P79	100W	LED	428	500
Sala Cumpleaños 2	P80	100W	LED	435	500
Sala Cumpleaños 2	P81	100W	LED	419	500
Bungy	P82	100W	LED	286	300
Bungy	P83	100W	LED	293	300
Hipo's Zone	P84	100W	LED	179	300
Hipo's Zone	P85	100W	LED	253	300
Hipo's Zone	P86	100W	LED	276	300
Rhino's zone	P87	100W	LED	304	300
Rhino's zone	P88	100W	LED	287	300
Rhino's zone	P89	100W	LED	248	300
Rhino's zone	P90	100W	LED	289	300
Rhino's zone	P91	100W	LED	220	300
Rhino's zone	P92	100W	LED	205	300
Rhino's zone	P93	100W	LED	246	300
Rhino's zone	P94	100W	LED	235	300
Piscina de Pelotas	P95	100W	LED	246	300
Piscina de Pelotas	P96	100W	LED	253	300
Piscina de Pelotas	P97	100W	LED	274	300
Piscina de Pelotas	P98	100W	LED	201	300
Piscina de Pelotas	P99	100W	LED	197	300
Piscina de Pelotas	P100	100W	LED	252	300
Piscina de Pelotas	P101	100W	LED	284	300
Piscina de Pelotas	P102	100W	LED	201	300
Piscina de Pelotas	P103	100W	LED	205	300
Piscina de Pelotas	P104	100W	LED	207	300
Lyon's zone	P105	100W	LED	207	300
Lyon's zone	P106	100W	LED	259	300
Lyon's zone	P107	100W	LED	315	300
Lyon's zone	P108	100W	LED	284	300
Lyon's zone	P109	100W	LED	203	300
Lyon's zone	P110	100W	LED	208	300
Lyon's zone	P111	100W	LED	215	300
Lyon's zone	P112	100W	LED	274	300
Lyon's zone	P113	100W	LED	271	300
Lyon's zone	P114	100W	LED	253	300
Lyon's zone	P115	100W	LED	187	300
Lyon's zone	P116	100W	LED	284	300
Lyon's zone	P117	100W	LED	223	300
Elefants zone	P118	100W	LED	305	300
Elefants zone	P119	100W	LED	274	300
Elefants zone	P120	100W	LED	298	300
Elefants zone	P121	100W	LED	230	300
Elefants zone	P122	100W	LED	189	300
Elefants zone	P123	100W	LED	273	300
Elefants zone	P124	100W	LED	296	300
Elefants zone	P125	100W	LED	231	300
Elefants zone	P126	100W	LED	217	300

Elefants zone	P127	100W	LED	297	300
Elefants zone	P128	100W	LED	262	300
Elefants zone	P129	100W	LED	253	300
Elefants zone	P130	100W	LED	281	300
Elefants zone	P131	100W	LED	200	300
Zona Común	P132	100W	LED	248	300
Zona Común	P133	100W	LED	304	300
Zona Común	P134	100W	LED	298	300
Zona Común	P135	100W	LED	201	300
Zona Común	P136	100W	LED	235	300
Zona Común	P137	100W	LED	156	300
Zona Común	P138	100W	LED	273	300
Zona Común	P139	100W	LED	241	300
Zona Común	P140	100W	LED	196	300
Zona Común	P141	100W	LED	275	300
Zona Común	P142	100W	LED	296	300
Zona Común	P143	100W	LED	289	300
Zona Común	P144	100W	LED	238	300
Zona Común	P145	100W	LED	214	300
Zona Común	P146	100W	LED	205	300
Zona Común	P147	100W	LED	247	300
Zona Común	P148	100W	LED	263	300
Zona Común	P149	100W	LED	206	300
Zona Común	P150	100W	LED	201	300
Zona Común	P151	100W	LED	189	300
Zona Común	P152	100W	LED	198	300
Zona Común	P153	100W	LED	178	300
Zona Común	P154	100W	LED	156	300
Zona Común	P155	100W	LED	298	300
Zona Común	P156	100W	LED	306	300
Zona Común	P157	100W	LED	302	300
Zona Común	P158	100W	LED	310	300
Zona Común	P159	100W	LED	268	300
Zona Común	P160	100W	LED	241	300
Zona Común	P161	100W	LED	235	300
Zona Común	P162	100W	LED	231	300
Zona Común	P163	100W	LED	226	300
Zona Común	P164	100W	LED	264	300
Zona Común	P165	100W	LED	256	300
Zona Común	P166	100W	LED	285	300
Zona Común	P167	100W	LED	286	300
Zona Común	P168	100W	LED	247	300
Zona Común	P169	100W	LED	176	300
Zona Común	P170	100W	LED	194	300
Zona Común	P171	100W	LED	268	300
Zona Común	P172	100W	LED	239	300
Zona Común	P173	100W	LED	242	300
Zona Común	P174	100W	LED	256	300

Zona Común	P175	100W	LED	283	300
Zona Común	P176	100W	LED	162	300
Zona Común	P177	100W	LED	275	300
Zona Común	P178	100W	LED	275	300
Zona Común	P179	100W	LED	275	300
Zona Común	P180	100W	LED	214	300
Zona Común	P181	100W	LED	209	300
Zona Común	P182	100W	LED	210	300
Zona Común	P183	100W	LED	284	300
Zona Común	P184	100W	LED	281	300
Zona Común	P185	100W	LED	236	300
Zona Común	P186	100W	LED	251	300
Zona Común	P187	100W	LED	178	300
Zona Común	P188	100W	LED	198	300
Zona Común	P189	100W	LED	184	300
Zona Común	P190	100W	LED	168	300
Zona Común	P191	100W	LED	245	300
Zona Común	P192	100W	LED	294	300
Zona Común	P193	100W	LED	241	300
Zona Común	P194	100W	LED	268	300
Zona Común	P195	100W	LED	235	300
Zona Común	P196	100W	LED	269	300
Zona Común	P197	100W	LED	204	300
Zona Común	P198	100W	LED	250	300
Zona Común	P199	100W	LED	243	300

Nota. En la tabla se muestra los niveles de iluminación medidos en el local con los cuales se puede observar que no alcanzan el nivel mínimo recomendado por norma.

Ya teniendo los datos medidos, se requiere poder hacer el promedio de estos datos con la finalidad de hacer la comparativa con los datos calculados por el software. El software calcula el nivel de iluminación promedio en cada área, es debido a eso que se hizo el promedio de las medidas presentadas en la tabla 9.

Tabla 10

Nivel Iluminación promedio por área de local.

ÁREA	TIPO DE TECNOLOGIA	NIV. ILUM. MEDIDO (LUX)	NIV. ILUM. ESTIMADO POR NORMA
Crazy Magic Ball	LED	210	200
Zona de uso no definido	LED	232.4	300
Sala Proyectores	FLUORESCENTE	165.4	200
Palestra	LED	258.4	300
Zona de arcades	LED	153.3	200
Jumpings adultos	LED	380.6	500
Jumpings niños	LED	411	500
Ropes Course	LED	214.3	300
Boletería	LED	283.3	300
Sala Cumpleaños 1	LED	407.8	500
Sala Cumpleaños 2	LED	436	500
Bungy	LED	289.5	300
Hipo's Zone	LED	236	300
Rhino's zone	LED	254.3	300
Piscina de Pelotas	LED	232	300
Lyon's zone	LED	244.8	300
Elefants zone	LED	257.6	300
Zona Común	LED	240	300

Nota. Esta tabla son los promedios del nivel de iluminación por área del local, estos datos son el resumen de los datos presentados en la Tabla 9.

Como se puede apreciar en la Tabla 10, los valores promedio por área emitidos de las luminarias no alcanzan el nivel mínimo recomendado por la norma EM. 010 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Este problema de bajo nivel de iluminación se pudo identificar al momento de encender las luminarias en campo para verificar la calidad de las instalaciones eléctricas como se puede apreciar en la Figura 10. Es a raíz de este problema es que se plantea realizar en Dialux la simulación del sistema de iluminación y calcular los valores idóneos.

Figura 11

Medición de iluminación P15, P27, P77, P192.



Nota. En las fotografías mostradas de los algunos datos medidos en el local.

Adicionalmente en el anexo 5 se muestra el plano de vista en planta donde se muestran los puntos de luminarias del local y la distribución de las mismas.

3.5.2 Sistema de Iluminación Proyectado

Para el sistema de iluminación proyectado, se ha considerado solo cambiar las luminarias de tipo Hi-Bay por unas de mayor potencia debido a que se tiene un mayor de porcentaje de este tipo. Respecto a las ubicaciones de las luminarias dentro del local, se están colocando en la misma posición, debido a que en la posición que se encuentran actualmente la luminaria no interfiere con las atracciones.

3.5.2.1 Luminarias a usar en sistema de iluminación proyectado

Al realizar la búsqueda de opciones en todo el catálogo de la base de datos del programa Dialux, se ha seleccionado la luminaria tipo highbay de la marca RZB, modelo 921533.003, de una potencia de 110W. Se escogió esta luminaria debido a que guarda cierta similitud respecto al peso con las luminarias que se tienen en campo lo cual garantiza que, mecánicamente, el cable acerado que se instaló para la suspensión de las luminarias soporte esta nueva luminaria que se está proyectando. Para mayor detalle en el anexo 3 se muestra el catálogo de la luminaria extraído de la base de datos de Dialux.

Figura 12

Fotografía de luminaria Highbay marca RZB.



Nota. En la imagen mostrada se muestra la luminaria proyectada a usar en las simulaciones. Tomado de base de datos de Dialux evo Versión 12.1, 2023

3.5.2.2 Potencia de luminarias proyectado

La carga eléctrica del sistema de iluminación proyectado del local se detalla a continuación en el siguiente cuadro:

Tabla 11

Carga de Luminarias proyectados en local.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UN.	CANT.	POT.UNIT. (W)	POT. TOTAL (W)
1	LUMINARIA HIGH-BAY LED 110 W, 4000K, 17600 Lm, CRI-80, DE 220V-240V 60HZ, CUERPO DE ALUMINIO INYECTADO COLOR BLANCO	UN.	179	110	19690
2	PANEL LED 48W (0.60x0.60m) SMD LED, 6000K, 5000 HORAS, CUERPO DE ALUMINIO INYECTADO COLOR BLANCO	UN.	10	48	480
3	FLUORESCENTE LED ADOSABLE 18W, 65000K, 1800 LUM, CON KIT DE EMERGENCIA, 1.5 HORAS, CUERPO DE POLICARBONATO BLANCO Y PANTALLA HERMETICA TRANSPARENTE	UN.	10	18	180

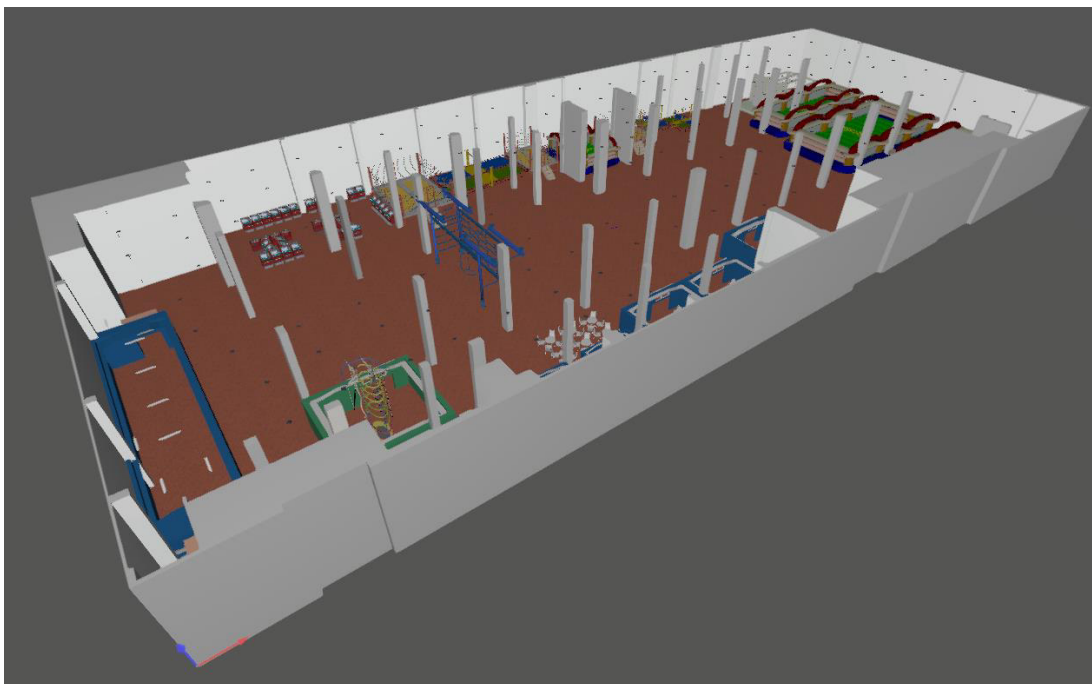
Nota. Esta tabla muestra la carga eléctrica del sistema de iluminación proyectado del local.

3.5.2.3 Simulación de sistema de iluminación proyectado en Dialux

Una de las ventajas del software de cálculo de iluminación Dialux es la posibilidad de importar planos CAD, y que permite calcular la iluminación directa como indirecta. Para la presente simulación de iluminación con fines de optimizar recursos se estará calculando solo la iluminación directa y se está descartando la iluminación por reflectancia. En la siguiente imagen se muestra la simulación realizada en Dialux y en el siguiente capítulo se verá los resultados obtenidos.

Figura 13

Simulación en Dialux del local de juegos mecánicos.



Nota. En la imagen se muestra la simulación la arquitectura del local lo cual servirá de base para realizar las simulaciones del nivel de iluminación.

3.6 Resultado de la actividad

Se procedió a realizar la simulación de las luminarias proyectadas Dialux y se obtuvo el siguiente cuadro con los niveles de iluminación por área:

Tabla 12

Nivel Iluminación promedio calculado en Dialux

ÁREA	TIPO DE TECNOLOGIA	NIV. ILUM. CALCULADO DIALUX	NIV. ILUM. ESTIMADO NORMA
Crazy Magic Ball	LED	163	200
Zona de uso no definido	LED	524	300

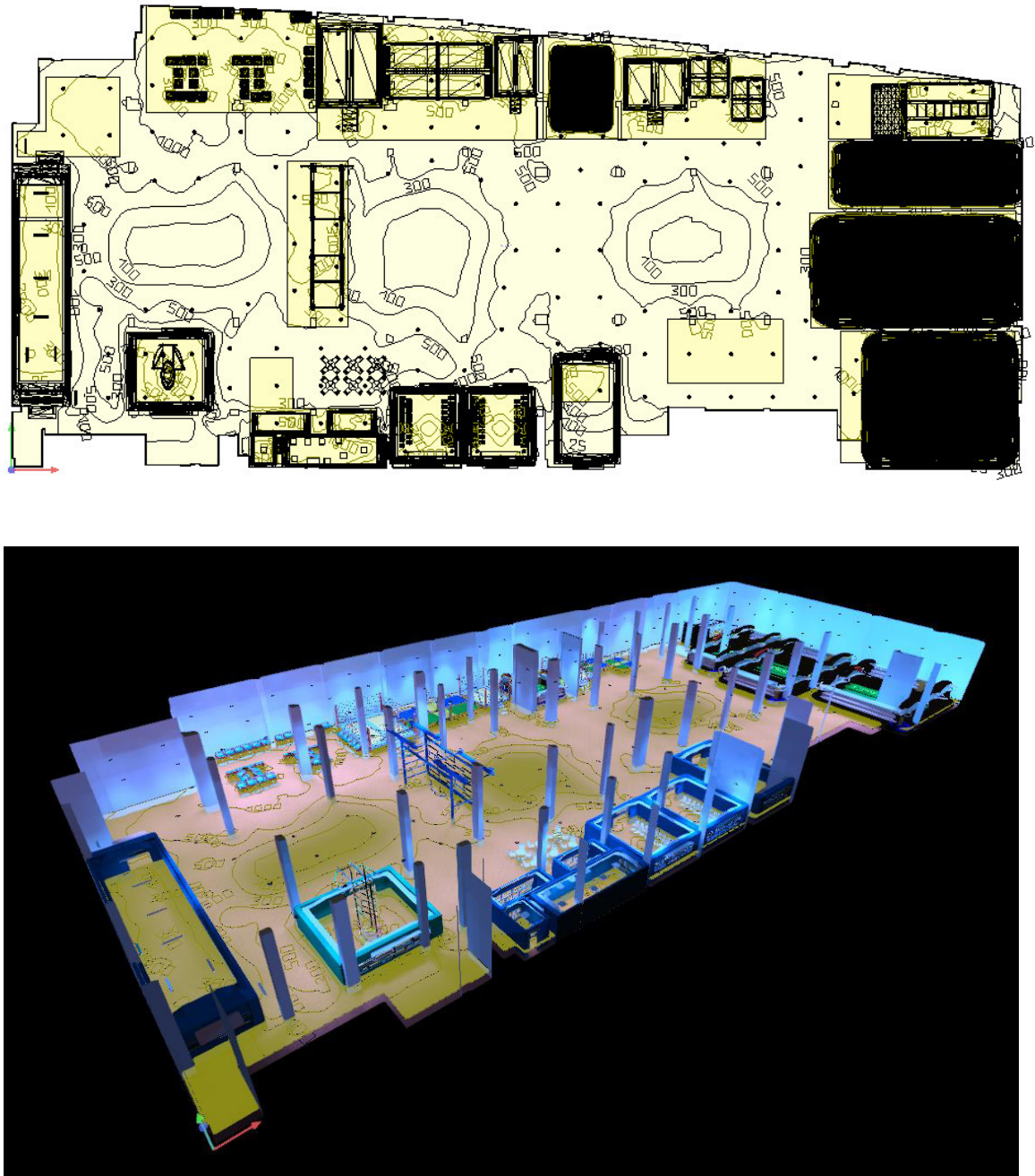
Sala Proyectores	FLUORESCENTE	208	200
Palestra	LED	485	300
Zona de arcades	LED	943	200
Jumpings adultos	LED	462	500
Jumpings niños	LED	501	500
Ropes Course	LED	509	300
Boletería	LED	477	300
Sala Cumpleaños 1	LED	700	500
Sala Cumpleaños 2	LED	702	500
Bungy	LED	407	300
Hipo's Zone	LED	718	300
Rhino's zone	LED	686	300
Piscina de Pelotas	LED	622	300
Lyon's zone	LED	518	300
Elefants zone	LED	579	300
Zona Común	LED	408	300

Nota. Esta tabla son los promedios del nivel de iluminación por área del local calculado por Dialux

En la siguiente figura se muestra se muestra las curvas isolux las cuales son creadas por el software de manera automática, donde gráficamente se ve la variación de los niveles de iluminación en toda el área del local. Adicionalmente en el anexo 6 se muestra la simulación realizada con los valores que se obtuvieron los cuales se han presentado en la tabla anterior.

Figura 14

Curvas isolux en el local en 2D y 3D.



Nota. En imagen se muestra las curvas isolux suministradas por Dialux. Gracias a esas curvas se puede observar la variación de los niveles de iluminación en el local.

CAPITULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Descripción de la implementación

La importancia de este trabajo radica en la solución a un problema presentado durante la ejecución de instalaciones electromecánicas de baja tensión en el local de juegos mecánicos del distrito de San Miguel. El diseño del mismo al no haber sido ejecutado por un profesional del área eléctrica, presentó una deficiente iluminación en el local al momento de hacer las pruebas respectivas, lo cual generó la insatisfacción del cliente y la necesidad de tomar acciones correctivas.

4.2 Presentación de Resultados y evaluación económica

Para el presente trabajo, se hicieron mediciones de iluminación en el local de juegos mecánicos, los cuales se promediaron y se mostraron en la Tabla 10. Luego de realizar la medición, se concluye que los niveles medidos no alcanzaban los niveles mínimos recomendados por el R.N.E. Es debido a eso que se hace la propuesta de cambiar la luminaria de tipo Highbay lo cual se comenta en el inciso 3.5.2. Este cambio se debe a que es la mayor cantidad de luminarias de este tipo instaladas en el local e influiría en el cálculo del nivel de iluminación promedio calculado en el software.

Al realizar la simulación con las nuevas luminarias, se obtuvieron nuevos niveles de iluminación, los cuales se mostraron en la Tabla 12. Al analizar estos nuevos valores, se observa que ya se logra superar el nivel mínimo de iluminación de acuerdo al área de trabajo, lo cual era el fin que se quería

lograr. Sin embargo, hay algunas áreas donde el nivel de iluminación se eleva demasiado, lo cual generaría la incomodidad del cliente debido a un tema de contaminación lumínica. En el siguiente cuadro se muestra la comparación entre los niveles medidos en campo y los niveles de iluminación calculados en software.

Tabla 13

Comparación de valores medidos y calculado.

ÁREA	TIPO DE TECNOLOGIA	NIVEL DE ILUMINACION POR NORMA	NIV. ILUM. MEDIDO	VARIACIÓN DE ACUERDO A NORMA	NIV. ILUM. CALCULADO DIALUX	VARIACIÓN DE ACUERDO A NORMA
Crazy Magic Ball	LED	200	210	5%	163	-19%
Zona de uso no definido	LED	300	232.4	-23%	524	75%
Sala Proyectores	FLUORESCENTE	200	165.4	-17%	208	4%
Palestra	LED	300	258.4	-14%	485	62%
Zona de arcades	LED	200	153.3	-23%	943	372%
Jumpings adultos	LED	500	380.6	-24%	462	-8%
Jumpings niños	LED	500	411	-18%	501	0%
Ropes Course	LED	300	214.3	-29%	509	70%
Boletería	LED	300	283.3	-6%	477	59%
Sala Cumpleaños 1	LED	500	407.8	-18%	700	40%
Sala Cumpleaños 2	LED	500	436	-13%	702	40%
Bungy	LED	300	289.5	-4%	407	36%
Hipo's Zone	LED	300	236	-21%	718	139%
Rhino's zone	LED	300	254.3	-15%	686	129%
Piscina de Pelotas	LED	300	232	-23%	622	107%
Lyon's zone	LED	300	244.8	-18%	518	73%
Elefants zone	LED	300	257.6	-14%	579	93%
Zona Común	LED	300	240	-20%	408	36%

Nota. En la tabla se muestra en cuanto está superando los niveles de iluminación recomendados por norma los valores obtenidos de Dialux.

Como se menciona en el párrafo anterior y se logra apreciar en la Tabla 13, se logra superar el nivel mínimo de iluminación de acuerdo a la norma del R.N.E. Sin embargo, en algunas áreas, aumenta demasiado el nivel de iluminación, lo cual tampoco es recomendable debido a que no garantiza un

confort de los usuarios. Se concluye que no solo se va a tener que cambiar la luminaria por una de mayor potencia, sino que también hay que cambiar la disposición de algunas luminarias y retirar otras para que el nivel de luminiscencia no supere el 50% del nivel mínimo recomendado por la norma.

Las áreas a replantear serían las siguientes:

Tabla 14

Áreas a replantear.

Áreas	Cantidad de Luminarias
Crazy Magic Ball	1
Zona de uso no definido	5
Palestra	4
Zona de arcades	6
Jumpings adultos	14
Ropes Course	7
Boletería	14
Hipo's Zone	3
Rhino's zone	8
Piscina de Pelotas	10
Lyon's zone	13
Elephants zone	14

Nota. En la tabla se muestra las áreas en donde el nivel de iluminación supera demasiado al nivel recomendado por norma.

Replantando la cantidad de luminarias y posiciones de las mismas, se necesitó eliminar algunas luminarias en las áreas mencionadas en la Tabla 14 para así poder cumplir con la norma EM. 010 y no saturar las áreas con intensidad lumínica. En el siguiente cuadro se muestra la comparación entre los niveles medidos en campo y los niveles de iluminación luego de hacer el replanteo. Adicionalmente en el anexo 7 se muestra el plano de la nueva disposición de luminarias luego de realizar el replanteo.

Tabla 15

Comparación de valores medidos y calculados luego de replanteo.

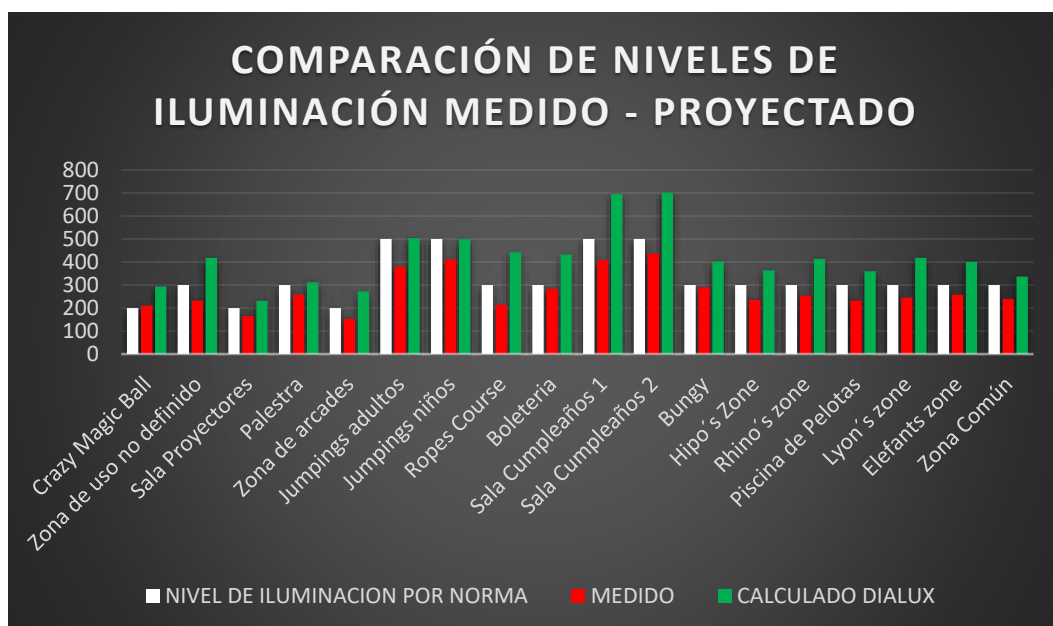
ÁREA	TIPO DE TECNOLOGIA	NIVEL DE ILUMINACION POR NORMA	NIV. ILUM. MEDIDO	VARIACIÓN DE ACUERDO A NORMA	NIV. ILUM. CALCULADO DIALUX	VARIACIÓN DE ACUERDO A NORMA
Crazy Magic Ball	LED	200	210	5%	294	47%
Zona de uso no definido	LED	300	232.4	-23%	418	39%
Sala Proyectores	FLUORESCENTE	200	165.4	-17%	231	16%
Palestra	LED	300	258.4	-14%	312	4%
Zona de arcades	LED	200	153.3	-23%	272	36%
Jumpings adultos	LED	500	380.6	-24%	504	1%
Jumpings niños	LED	500	411	-18%	499	0%
Ropes Course	LED	300	214.3	-29%	442	47%
Boletería	LED	300	283.3	-6%	433	44%
Sala Cumpleaños 1	LED	500	407.8	-18%	695	39%
Sala Cumpleaños 2	LED	500	436	-13%	702	40%
Bungy	LED	300	289.5	-4%	403	34%
Hipo's Zone	LED	300	236	-21%	364	21%
Rhino's zone	LED	300	254.3	-15%	413	38%
Piscina de Pelotas	LED	300	232	-23%	360	20%
Lyon's zone	LED	300	244.8	-18%	418	39%
Elefants zone	LED	300	257.6	-14%	401	34%
Zona Común	LED	300	240	-20%	337	12%

Nota. En la tabla se muestra los niveles de iluminación luego del replanteo de luminarias.

Luego de realizar el replanteo de luminarias, se logra superar el nivel de iluminación con el que se cuenta actualmente y no sobrepasa del 50% del nivel mínimo recomendado por la norma EM. 010 del R.N.E. Desde el punto de vista lumínico, la luminaria y disposición que estamos proyectando cumplen los requerimientos mínimos de iluminación, garantizando un confort para los usuarios. En el anexo 8 se muestra la simulación con el replanteo de luminarias.

Figura 15

Comparación nivel medido - nivel proyectado.



Nota. En la imagen se muestra de forma gráfica los resultados presentados en la Tabla 15.

Si bien es cierto ya está cumpliendo los requerimientos de iluminación, también es necesario analizar desde el punto de vista eléctrico, es decir, verificar si los conductores usados soportaran la carga eléctrica sin presentar deterioro.

De acuerdo a la disposición de luminarias, luego de replantear obtenemos las siguientes cantidades de luminarias:

Tabla 16

Carga Luminarias proyectados del local luego del replanteo.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UN. CANT.	POT.UNIT. (W)	POT. TOTAL (W)
------	-------------	-----------	------------------	----------------------

1	LUMINARIA HIGH-BAY LED 110 W, 4000K, 17600 Lm, CRI-80, DE 220V-240V 60HZ, CUERPO DE ALUMINIO INYECTADO COLOR BLANCO	UN.	150	110	16500
2	PANEL LED 48W (0.60x0.60m) SMD LED, 6000K, 5000 HORAS, CUERPO DE ALUMINIO INYECTADO COLOR BLANCO	UN.	10	48	480
3	FLUORESCENTE LED ADOSABLE 18W, 65000K, 1800 LUM, CON KIT DE EMERGENCIA, 1.5 HORAS, CUERPO DE POLICARBONATO BLANCO Y PANTALLA HERMETICA TRANSPARENTE	UN.	11	18	198

Nota. Esta tabla muestra la carga eléctrica del sistema de iluminación proyectado del local luego del replanteo.

Al realizar la comparativa entre la Tabla 16 y la Tabla 7, se observa que en la Tabla 7, inicialmente la carga total del sistema de iluminación era de 18.46 kW. Luego de realizar el replanteo del sistema de iluminación y garantizar los niveles mínimos de iluminación de acuerdo a la norma, se obtuvo una carga eléctrica de 17.19 kW, lo cual es una carga menor de la que se tenía inicialmente. Esto indica que eléctricamente los conductores de los circuitos si van a soportar la energía eléctrica sin presentar un deterioro por sobrecalentamiento. En resumen, el nuevo sistema de iluminación planteado presenta un mayor nivel de iluminación reduciendo el consumo eléctrico.

4.2.1 Evaluación económica

Dado que se ha comprobado que el nuevo sistema de iluminación planteado, con las nuevas luminarias y la cantidad propuesta, cumple con los niveles de iluminación, en el siguiente cuadro se muestra un resumen con los costos aproximados por la adquisición de las luminarias:

Tabla 17

Costo de luminarias proyectadas del local luego del replanteo.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
------	-------------	--------	----------	----------------	-------------

1	LUMINARIA HIGH-BAY LED 110 W, 4000K, 17600 Lm, CRI-80, DE 220V-240V 60HZ, CUERPO DE ALUMINIO INYECTADO COLOR BLANCO PANEL LED 48W (0.60x0.60m) SMD LED,	UN	150	\$470.00	\$70,500.00
2	6000K, 5000 HORAS, CUERPO DE ALUMINIO INYECTADO COLOR BLANCO FLUORESCENTE LED ADOSABLE 18W, 65000K, 1800 LUM, CON KIT DE EMERGENCIA, 1.5 HORAS,	UN	10	\$21.30	\$213.00
3	CUERPO DE POLICARBONATO BLANCO Y PANTALLA HERMETICA TRANSPARENTE	UN	11	\$1.92	\$21.12
					TOTAL USD \$70,734.12
					TOTAL SOLES S/ 262,380.25

Nota. Esta tabla muestra el costo de las luminarias proyectadas para el local.

El costo mostrado en la Tabla 17 solo se está considerando los costos por adquirir las luminarias planteadas en el diseño, mas no el costo por realizar la instalación, ya que se tendría que realizar un análisis de costos unitarios y se necesitaría unos datos adicionales como la cantidad de material a usar para hacer el canalizado considerando los accesorios y rendimiento de mano de obra, los cuales son datos que no cuento.

CAPITULO V: CONCLUSIONES

1. En este trabajo se mejoró el nivel de iluminación en el local de juegos mecánicos ubicado en el distrito de San Miguel, utilizando la herramienta informática Dialux. Con la ayuda del software, se logró modelar la arquitectura del establecimiento a partir de los planos de vista en planta, lo que posteriormente permitió diseñar un mejor sistema de iluminación garantizando el confort de los usuarios sin perjudicar los aspectos técnicos relacionados a la potencia consumida. Gracias a esta nueva configuración logramos que el nuevo sistema de iluminación planteado resulte ser más eficiente que el original, tanto desde el punto de vista lumínico como eléctrico ya que se mejoró el nivel de iluminación utilizando una menor cantidad de luminarias lo que a su vez permite un ahorro energético.
2. En este trabajo se realizó un estudio para mejorar el nivel de iluminación del local, a través de este estudio se pudo calcular el nivel de iluminación óptimo que debería de tener el establecimiento y que adicionalmente con los datos de iluminación medidos en campo se procedió a plantear la manera de reconfigurar la distribución y cantidad de luminarias para mejorar el nivel de iluminación deficiente que se tenía. Gracias a este estudio realizado se proporcionó el sustento técnico de la cantidad de puntos de salida que debería tener el establecimiento para mejorar el nivel de iluminación.
3. En este trabajo se determinó que un bajo nivel de iluminación afecta de manera negativa en el cumplimiento del cronograma de obra perjudicando la ejecución de otras especialidades. Esto se debe a que, al ejecutarse las instalaciones propuestas en los planos y la

identificación de un bajo nivel de iluminación por parte del cliente conduce a realizar replanteos en campo. Estos replanteos tendrían que coordinarse con otras especialidades a fin de evitar conflictos en la ejecución de sus trabajos esto a su vez termina aumentando el tiempo de ejecución del proyecto encareciendo así el costo del mismo.

4. En este trabajo se apoyó con un profesional del área al responsable del proyecto para un adecuado diseño e instalación de las instalaciones de baja tensión garantizando la calidad de las instalaciones de acuerdo al Código Nacional de Electricidad y además con ayuda del estudio realizado se logró mejorar el nivel de iluminación del local garantizando el confort del cliente.

CAPITULO VI: RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar la revisión y actualización periódica de los cálculos de luminosidad del establecimiento, con el fin de poder anticiparse a futuros problemas ocasionados por un bajo nivel de iluminación. Esto permitiría identificar las áreas en donde se estén perdiendo luminosidad y anticiparse al problema tomando medidas correctivas.
- Por parte de los entes regulatorios encargados de la emisión de normas, se deben de actualizar las normas vigentes que abarquen temas de iluminación, ya que a medida que avance la tecnología, irán apareciendo nuevos tipos de edificaciones y espacios que no están contemplados en la norma actual. Esta recomendación es importante para futuras investigaciones o proyectos similares relacionados al área de ingeniería de la iluminación.
- Se recomienda realizar mediciones periódicas y que estas sean parte de un plan de mantenimiento, esto con el fin de tener identificado las luminarias que estén perdiendo su eficiencia con el pasar del tiempo y evitar que estas lleguen hasta un nivel inferior de acuerdo a la norma peruana. Adicionalmente, al estar dentro de un plan de mantenimiento, no solo se dará importancia a la pérdida de eficiencia por el pasar del tiempo, sino que también se pueden identificar problemas de baja luminosidad debido al ambiente en donde estén las luminarias, como exceso de polución entre otros.
- Para casos en los que el nivel de iluminación sea bajo, se puede considerar el factor de reflectancia de superficies del espacio como

paredes, suelos o techos y que dependiendo del color puede ayudar a aumentar el nivel de iluminación. Adicionalmente, en luminarias de tipo Highbay cuentan con accesorios conocidos como “campanas” que cumplen la función de redirigir el flujo luminoso hacia el área deseada, aumentando así el nivel de iluminación.

- Se recomienda usar los catálogos digitales de los fabricantes de luminarias para poder facilitar las labores de cálculo de niveles de iluminación. Esto brindaría una mayor rapidez al momento de realizar estudios de iluminación, permitiendo identificar posibles áreas con bajo nivel de iluminación y anticiparse al problema tomando medidas correctivas. Adicionalmente, al usar catálogos digitales de un fabricante, garantiza que se pueda encontrar la luminaria deseada en el mercado.

CAPITULO VII: BIBLIOGRAFIA

- Acosta Ayala, J. L., & Moreno Ortiz, J. A. (2009). *DISEÑO DE ILUMINACIÓN INTELIGENTE PARA UNA TIENDA COMERCIAL*, [Tesis de grado, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica]. Repositorio digital. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/313837750/TESIS-Diseno-de-Iluminacion-Inteligente>
- Comité Técnico AEN/CTN 72 Iluminación y Color. (2012, octubre). *Norma UNE-EN 12464-1 Iluminación de los lugares de trabajo, Parte 1: Lugares de trabajo en interiores*. AENOR. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/665531187/Une-12464>
- Corvalán , R., Sanabria, N., Ferrari, E., Titiosky, V., Amarilla, A., Cuevas, A., . . . Fleitas, H. (19 de 06 de 2019). Aplicación de criterios de optimización energética y seguridad en la iluminación y confort, en calles y avenidas. *Extensionismo, innovación y transferencia tecnologica - Claves para el desarrollo*, Vol. 5, 177-186. doi:index.php/eitt/issue/view/444
- Dialux. (2023). *Luminaria RZB, tipo Highbay, modelo 921533.003*. (Dialux evo (Versión 12.1), & DIAL GmbH, Edits.) Obtenido de <https://www.dial.de/en/dialux/>
- Garcia Santesmases, J. (1983). *Fisica General* (9 ed.). Madrid: PARANINFO.
- Iluminación y Sistemas (I.Y.S.) de Control Inteligente. (17 de octubre de 2017). *Luminotécnico*. Recuperado el 02 de julio de 2024, de <https://luminotecnico.blogspot.com/2017/10/factores-de-reflexion-de-colores-y.html>
- Iluminet Revista de iluminación. (18 de agosto de 2017). *La utilidad de la curvas fotométricas*. Recuperado el 04 de julio de 2024, de Iluminet: <https://iluminet.com/curvas-fotometria-iluminacion/>
- Iluminet Revista de iluminación. (21 de agosto de 2023). *Ventajas y Desventajas de los principales softwares de iluminación*. Recuperado el 09 de julio de 2024, de Iluminet: <https://iluminet.com/ventajas-y-desventajas-de-los-principales-softwares-de-iluminacion/>

- Jimenez, M. (2012). *ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL MEJORAMIENTO DE LA ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO T-3 APLICANDO TECNOLOGIA LED*, [Tesis de grado académico, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería]. Repositorio Digital. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/475417340/Tesis-iluminacion-del-Edificio-T3-Jimenez-Oliva>
- Juárez Escudero, J. (2021). *Implementación con luminarias no convencionales para el sistema de iluminación exterior en la subestación GIS Sauces de 230 KV* [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/17141>
- Laurente Romero, A. M. (2021). *Diseño domótico del sistema de iluminación del pabellón B de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica de la UNMSM*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/17452>
- Ministerio de Energia y Minas. (2011). CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD (SUMINISTRO 2011). Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Mayo/05/RM-214-2011-MEM-DM.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma Técnica EM.010*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Recuperado el 11 de julio de 2024, de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366690/62%20EM.010%20INSTALACIONES%20EL%C3%89CTRICAS%20INTERIORES%20-%20RM%20N%C2%B0%20083-2019-VIVIENDA.pdf?v=1677250657>
- Oliveira A., V. M. (2014). *PROPUESTA DE ILUMINACIÓN PARA DIVERSAS INSTALACIONES DEPORTIVAS DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES* [Trabajo de grado académico, Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Eléctrica]. Repositorio Digital. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/390736547/Iluminacion-de-estadios-deportivos-Dialux>
- Rodriguez, L. (abril de 2009). *TIPOS DE ILUMINACIÓN*. Recuperado el 27 de junio de 2024, de Iluminación de interiores:

<https://iluminaciondeinteriores.blogspot.com/2009/04/tipos-de-iluminacion.html>

Urrutia Bones, J. (2019). *Diseño de iluminación led con control domótico para el ahorro de energía eléctrica y su complementación en las oficinas corporativas del edificio Torre Begonias* [Tesis de grado, Universidad Tecnológica del Perú, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Eléctrica y de Potencia]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12867/2468>

Young, H. D., & Freedman, R. A. (2009). *Física Universitaria con Física Moderna* (12 ed., Vol. 2). PEARSON.

CAPITULO VIII: ANEXOS

Anexo A: Norma UNE-EN 12464-1: Iluminación de lugares de trabajo en interiores.

Tabla 5.30 – Lugares de pública concurrencia –
Teatros, salas de conciertos, salas de cine, lugares de entretenimiento

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	$\bar{E}_m$ lx	UGR_L –	U_o –	R_a –	Requisitos específicos
5.30.1	Salas de ensayos	300	22	0,60	80	
5.30.2	Camerinos	300	22	0,60	90	La iluminación de espejos para maquillaje debe estar libre de deslumbramientos. El deslumbramiento perturbador debería evitarse en los espejos para maquillaje
5.30.3	Áreas de asientos – mantenimiento, limpieza	200	22	0,50	80	Iluminación a nivel del suelo
5.30.4	Área del escenario – jarcias	300	25	0,40	80	Iluminación a nivel del suelo

Tabla 5.31 – Lugares de pública concurrencia – Ferias, pabellones de exposiciones

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	$\bar{E}_m$ lx	UGR_L –	U_o –	R_a –	Requisitos específicos
5.31.1	Alumbrado general	300	22	0,40	80	

Tabla 5.32 – Lugares de pública concurrencia – Museos

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	$\bar{E}_m$ lx	UGR_L –	U_o –	R_a –	Requisitos específicos
5.32.1	Obras exhibidas insensibles a la luz					La iluminación se determina por los requisitos de presentación
5.32.2	Obras exhibidas sensibles a la luz					1. La iluminación se determina por los requisitos de presentación 2. Es imprescindible la protección contra la radiación dañina

Tabla 5.33 – Lugares de pública concurrencia – Bibliotecas

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	$\bar{E}_m$ lx	UGR_L –	U_o –	R_a –	Requisitos específicos
5.33.1	Estanterías	200	19	0,40	80	
5.33.2	Área de lectura	500	19	0,60	80	
5.33.3	Mostrador	500	19	0,60	80	

Fuente: Comité Técnico AEN/CTN 72 Iluminación y Color, 2012, octubre, (pág. 36)

Anexo B: Valores mínimos de niveles de iluminación Código Nacional de Electricidad (Suministro 2011)

Valores Mínimos de Niveles de Iluminación

Ubicación	lux
Central Eléctrica	
Equipo de aire acondicionado, precalentador de aire y ventilador de piso, ducto de evacuación de cenizas	55
Accesorios, áreas de batería, bombas de alimentación de calderas, tanques, compresoras, área de medición	110
Sala de cables, equipo de circulación de agua o compartimiento de la bomba	55
Plataformas de calderas	55
Plataformas de quemadores	110
Laboratorio químico	270
Transportador de carbón, trituradora, alimentador, área de balanza, pulverizador, área de ventiladores, torre de transferencia	55
Condensadores, piso de desaeración, piso de evaporadores, pisos de calentadores	55
Salas de control	
Frente vertical de los tableros	
Simplex o sección del operador en dúplex:	
Tipo A - Sala amplia de control centralizado 1,68 m sobre el nivel del piso.	270
Tipo B - Sala de control común 1,68 m sobre el nivel del piso.	180
Sección del dúplex, frente del operador	180
Tableros de banco (nivel horizontal)	270
Área dentro de los tableros dúplex	55
Parte posterior de todos los tableros (vertical)	55
Tableros de despacho	
Plano horizontal (nivel de escritorio)	270
Frente vertical del tablero (1.22 m sobre el nivel del piso, frente al operador):	
Sala de despacho de la carga del sistema	270
Sala de despacho secundaria	180
Área del distribuidor de bióxido de carbono e hidrógeno	110
Precipitadores	55
Habitación de pantallas y filtros	110
Plataforma de sopladora de hollín o escoria	55
Colectores y válvulas de admisión de vapor	55
Tablero de interruptores de potencia	110
Sala de equipo telefónico	110
Túneles o galerías, tuberías	55
Sub-basamento del compartimiento de la turbina	110
Sala de turbinas	180
Galería para visitantes	110
Área de tratamiento del agua	110
Central Eléctrica (Exterior)	
Pasillos	22
Depósitos de cenizas	2,2
Área de almacenamiento de carbón	
Descarga de carbón	
Desembarcadero (zona de carga y descarga)	55
Área de almacenamiento de barcas	5,5
Vaciadero	5,5
Vertedero	55
Transportadores	22
Entradas	
Edificación de equipos de servicio o de generación	
Principal	110
Secundario	22
Caseta de compuertas	
Entrada para peatones	110
Entrada para transportador	55
Cerco	2,2
Colector de dispensador de aceite combustible	55
Tanques de almacenamiento de aceite combustible	11
Patio abierto	2,2
Plataformas de caldera, plataforma de turbinas	55
Calzada	
Entre o a lo largo de las edificaciones	11
Sin edificaciones en los bordes	5,5
Subestación	
Horizontal general	22
Vertical específico (en interruptores o seccionadores)	22

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (pág. 48)

Anexo C: Hoja de datos de luminaria marca RZB extraído de la base de datos de Dialux.

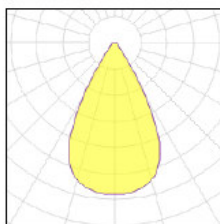
Hoja de dato de productos

INDUSTRIAL HALL
921533.003
RZB



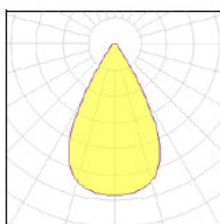
Series: INDUSTRIAL HALL. Round highbay luminaire for chain or cable suspension. Housing made of special plastic-graphite compound for optimum thermal management. Specially matched 2-component polycarbonate optical system. Maximum efficiency and glare-free lighting up to UGR < 19. Easy to install thanks to 1-point suspension. Suitable for chain or steel cable suspension (to be provided on site). MultiLumen: 3 steps adjustable luminous flux. Factory setting is the highest luminous flux. Integrable movement sensor as an accessory. Luminaires with limited surface temperature in accordance with EN 60598-2-24 for use in environments in which a deposit of conductive dust on the luminaire can be expected. Qualified for use in the food and drink industry. Colour: black Diameter: 380 mm Height: 150 mm Lamp: LED Socket: without socket Colour temperature: 4000K Colour rendering index (CRI): 80 System power: 151 W Rated luminous flux: 23200 lm Luminous efficiency: 154 lm/W System power 2: 76 W Rated luminous flux 2: 12200 lm Luminous efficiency 2: 161 lm/W System power 3: 110 W Rated luminous flux 3: 17600 lm Luminous efficiency 3: 160 lm/W Control gear: Regulated power supply Protection class: I Type of protection: IP65

Emisión de luz 1



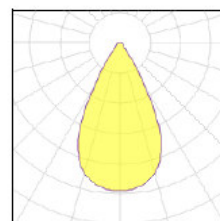
1 x LED

Potencia nominal de lámpara	110 W	LOR	100 %
Flujo de lámpara	17600 lm	Flujo total	17600 lm
Eficiencia luminosa	160 lm/W	Potencia total	110 W
CCT	4000 K		
CRI	80		



1 x LED

Potencia nominal de lámpara	76 W	LOR	100 %
Flujo de lámpara	12200 lm	Flujo total	12200 lm
Eficiencia luminosa	161 lm/W	Potencia total	76 W
CCT	4000 K		
CRI	80		



1 x LED

Potencia nominal de lámpara	151 W	LOR	100 %
Flujo de lámpara	23200 lm	Flujo total	23200 lm
Eficiencia luminosa	154 lm/W	Potencia total	151 W
CCT	4000 K		
CRI	80		

Tipo de Montaje

Pendular

Forma y medidas

Altura ajustable: 150 mm

Diámetro: 380 mm

Ajustabilidad

Fijo

Eléctrico

Potencia: 76-151 W

Protección

IP: 65

IK: 05

Fuente: Dialux (2023)

Anexo D: Especificaciones técnicas de luxómetro usado para mediciones en local



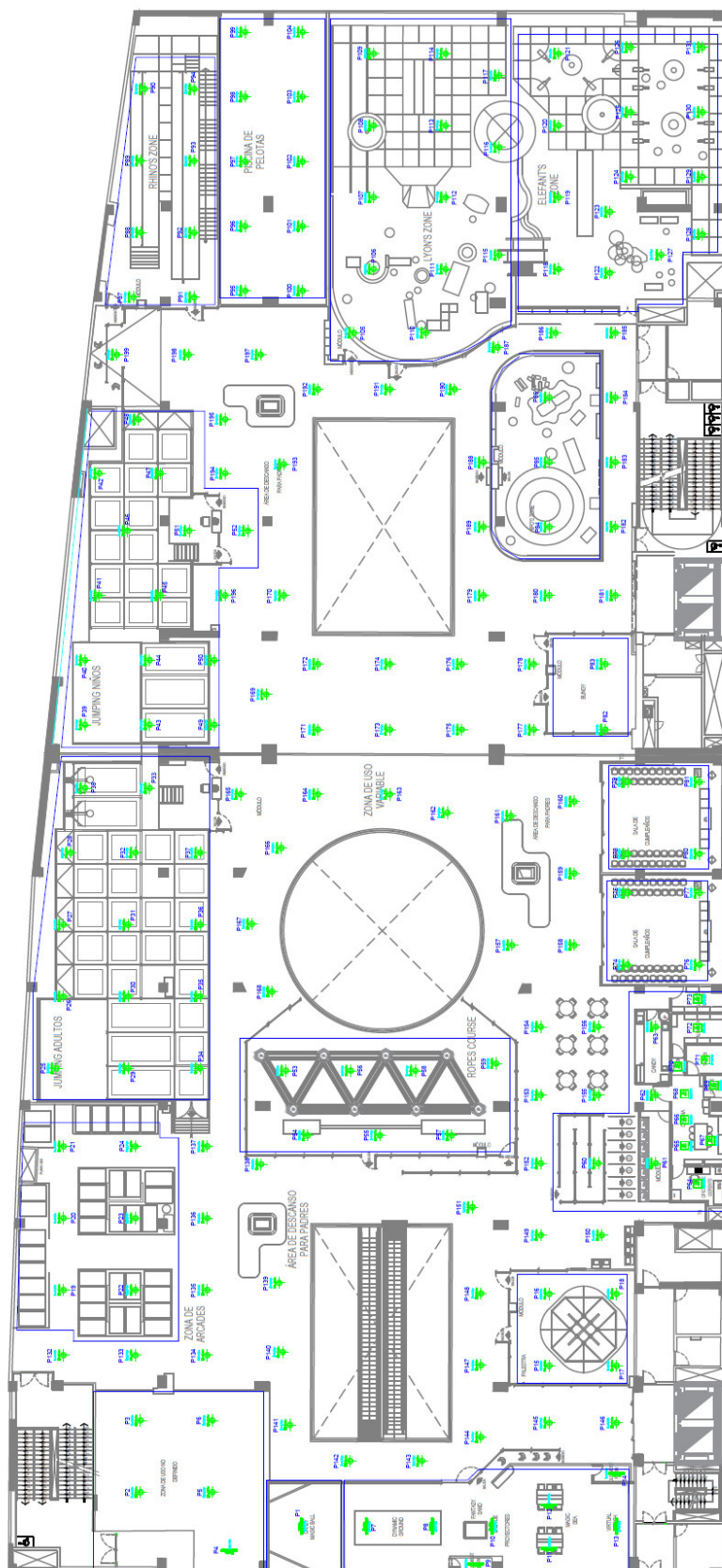
Descripción

Luxómetro digital GM1010 fabricado por Benetech. El propósito principal de este luxómetro es **medir** el nivel de **iluminación**. Las características del GM1010 son: pequeño tamaño del dispositivo, alta sensibilidad del sensor de foto y bajo consumo (hasta 60 horas). Un fotodiodo de silicio altamente sensible proporciona un funcionamiento confiable del luxómetro como un sensor de nivel de iluminación.

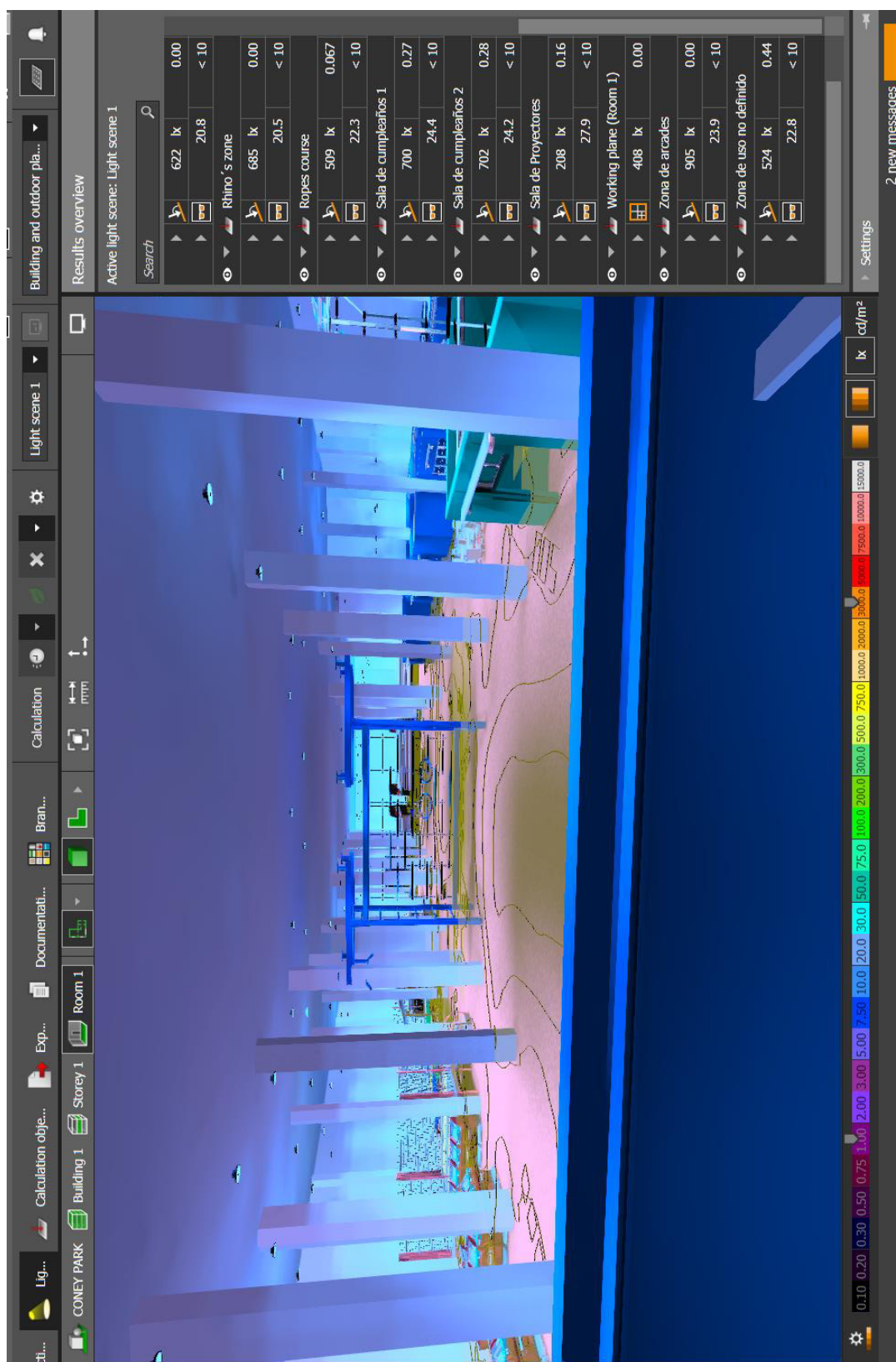
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Rango de medición de la iluminación: de 0 a 200,000 Lux
- Error de medición de la iluminación: $\pm 3\%$ (hasta 10000 Lux)
- Elección de unidades de medida Lux / Fc
- Apagado automático: 5 min. inactividad
- Trabaja con una batería de 9V - NO INCLUIDO
- Peso: 115 gr
- Rango de temperatura de funcionamiento: 0 a 40 °C 90% RH
- Entregamos boleta o factura

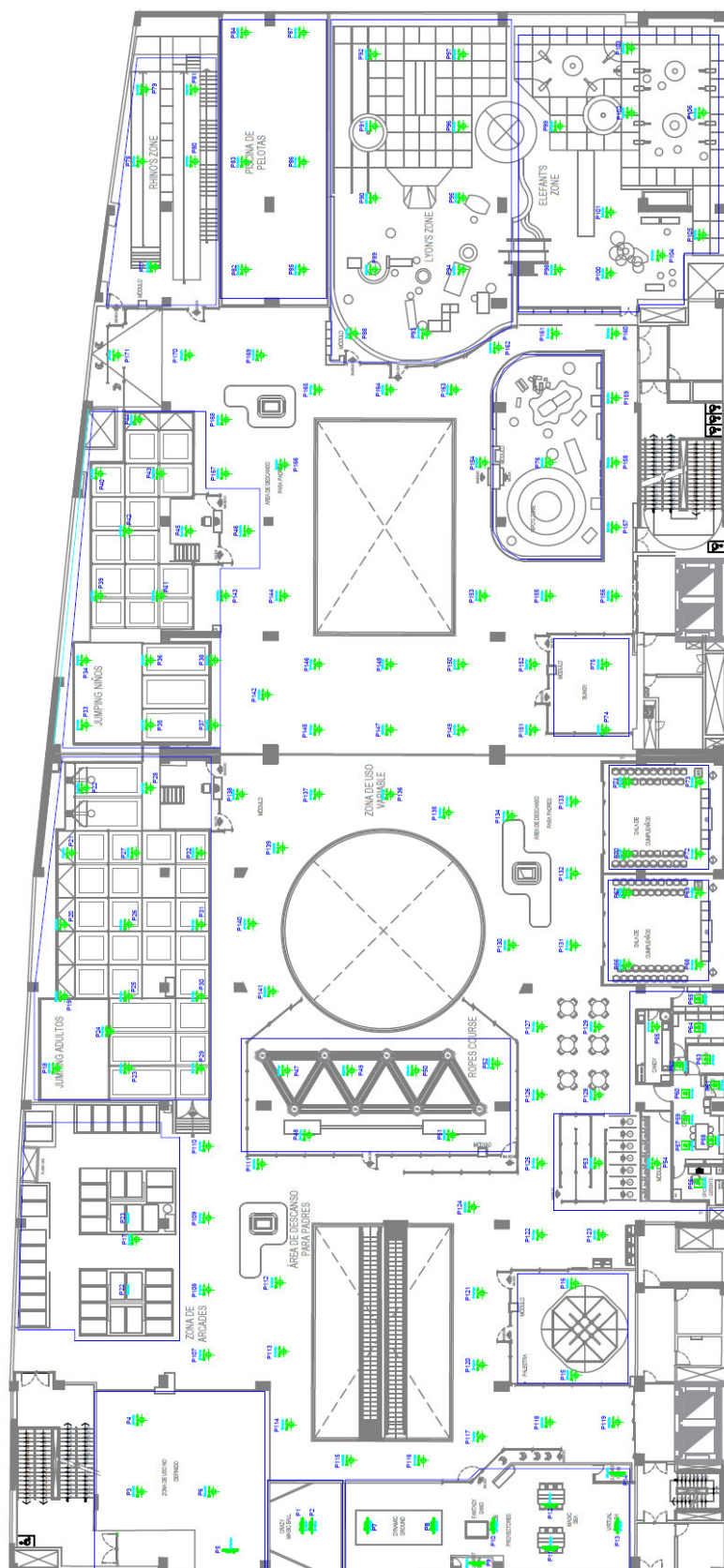
Anexo E: Plano de vista en planta de distribución de luminarias de local.



Anexo F: Simulación sistema de iluminación presentado en la Tabla 12.



Anexo G: Plano de vista en planta del replanteo de la distribución de luminarias del local.



Anexo H: Simulación del sistema de iluminación luego del replanteo presentado en la Tabla 15.

