

INSPECCIÓN LUMÍNICA EN EL TERCER (3) PISO DEL BLOQUE H DE LA  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

BRAINER FLOREZ BETANCOURTH  
ESTEBAN JARAMILLO CABRERA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA  
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA  
PEREIRA  
2016

INSPECCIÓN LUMÍNICA EN EL TERCER (3) PISO DEL BLOQUE H DE LA  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

BRAINER FLOREZ BETANCOURTH  
ESTEBAN JARAMILLO CABRERA

Trabajo de grado

DIRECTOR:  
Ingeniero Santiago Gomez E.  
Docente Programa De Tecnología Eléctrica

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS  
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA  
PEREIRA  
2016

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios primero que todo por darnos la vida*

*Agradecemos a nuestros padres, familiares y amigos por la motivación y el apoyo brindado durante este proceso.*

*A nuestros profesores por compartir y brindarnos sus conocimientos y experiencias.*

*A nuestro director de proyecto Ingeniero SANTIAGO GOMEZ por su dedicación y tiempo brindado para llevar a cabo este proceso.*

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
1. INTRODUCCIÓN	14
2. OBJETIVO	16
2.1. OBJETIVO GENERAL	16
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. CONCEPTOS DE ILUMINACIÓN	17
3.1. ILUMINACIÓN	17
3.1.1. SISTEMA DE ILUMINACIÓN	17
3.1.1.1. Iluminación eficiente.	17
3.1.2. DISEÑO DE ILUMINACIÓN.	18
3.1.2.1. Datos previos a tener en cuenta en el diseño de iluminación.	18
3.1.2.2. Diseño detallado.	18
3.1.3. ESPECIFICACIONES DE ILUMINACIÓN EN EL ALUMBRADO INTERIOR.	19
3.1.3.1. Niveles de iluminancia y deslumbramiento.	19
3.1.4. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN.	21
3.1.5. REQUISITOS GENERALES DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN.	23
3.1.5.1. Reconocimiento del sitio y objetos a iluminar:	23
3.1.5.2. Requerimientos de iluminación.	23
3.1.5.3. Criterios de selección de fuentes luminosas y luminarias.	24
3.1.6. DEPRECIACIÓN DE FUENTES LUMINOSAS	24
3.1.6.1. Depreciación de bombillas incandescentes.	24
3.1.6.2. depreciación de bombillas ó lámparas fluorescentes.	24
3.1.6.3. Depreciación de bombillas de mercurio y de halogenuros metálicos.	25
3.1.6.4. Depreciación de bombillas de sodio alta presión.	25
3.1.7. RAZONES NECESARIAS PARA LA MEDICION DE ILUMINANCIA GENERAL	25

3.1.8.	ALUMBRADO EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS, SALAS DE LECTURA Y AUDITORIOS.	26
3.1.8.1.	Iluminación de aulas de clase.	26
3.1.8.2.	Iluminación de salas de lectura y auditorios.	27
3.2.	TÉCNICAS PARA LA MEDICIÓN DE ILUMINACIÓN	27
3.2.1.	MEDICIÓN DE ILUMINANCIA GENERAL DE UN SALÓN	27
3.2.2.	PUNTOS DE MEDICIÓN PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE LUMINARIAS	27
3.2.2.1.	Medición de iluminancia promedio, en áreas regulares con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas.	27
3.2.2.2.	Áreas regulares luminaria simple con localización simétrica.	28
3.2.3.	ÁREAS REGULARES CON LUMINARIAS INDIVIDUALES EN UNA SOLA FILA.	29
3.2.3.1.	Áreas regulares con luminarias de dos o más filas.	30
3.2.3.2.	Áreas regulares con fila continúa de luminarias individuales.	31
3.2.4.	FACTORES A TENER EN CUENTA EN LA MEDICIÓN	32
3.2.5.	FORMATOS	33
4.	INSPECCIÓN DE ILUMINACIÓN	37
4.1.	LÁMPARAS FLUORESCENTES TUBULARES	37
4.1.1.	EFICACIA LUMINOSA	37
4.1.2.	VIDA ÚTIL	37
4.1.3.	LUMINARIAS	38
4.1.3.1.	Requisitos del producto	38
4.1.3.2.	Requisitos eléctricos y mecánicos de las luminarias	39
4.1.3.3.	Requisitos de instalación	39
4.1.4.	BALASTOS	40
4.1.5.	MANTENIMIENTO	40
4.1.6.	DATOS ESPECIFICOS DE CADA AREA INSPECCIONADA	41
4.1.7.	ANALISIS DE RESULTADOS	70
4.1.7.1.	Datos del nivel de iluminancia promedio de cada área	70
4.1.7.2.	Datos del índice de deslumbramiento unificado de cada área inspeccionada	72
4.1.7.3.	Datos del valor de eficiencia energética de cada área inspeccionada	73

5.	CONCLUSIONES	76
6.	RECOMENDACIONES	77
7.	REFERENCIA	78

## LISTA DE FIGUAS

Pág.

Figura 1 Las aulas están sujetas a la misma necesidad de alumbrado que las oficinas. ....	26
Figura 2 Alumbrado adicional sobre el tablero. ....	26
Figura 3 Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas. ....	28
Figura 4 Puntos de medición de iluminancia de una luminaria en la cuadrícula de un local con una sola luminaria. ....	29
Figura 5 Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con luminarias individuales en una sola fila. ....	29
Figura 6 Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con dos o más filas de luminarias. ....	30
Figura 7 Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con una fila continua de luminarias. ....	31
Figura 8 Marcación lámpara PHILIPS y SYLVANIA .....	38
Figura 9 Luminarias salones, pasillos y baños. ....	39
Figura 10 Balastos. ....	40
Figura 11 Luminaria con tubo dañado .....	40
Figura 12 Vista previa de del salón H-301. ....	41
Figura 13 Distribución de las luminarias del salón H-301 .....	42
Figura 14 Vista previa de del salón H-302(1) .....	42
Figura 15 Vista previa de del salón H-302(2) .....	43
Figura 16 Distribución de las luminarias del salón H-302. ....	43
Figura 17 Vista previa de del salón H-303(1) .....	44
Figura 18 Vista previa de del salón H-303(2) .....	44
Figura 19 Distribución de las luminarias del salón H-303. ....	45
Figura 20 Vista previa de del H-304 Baños. ....	45
Figura 21 Distribución de las luminarias del baño H-304 .....	46
Figura 22 Vista previa de del salón H-305(1) .....	47
Figura 23 Vista previa de del salón H-305(2) .....	47
Figura 24 Vista previa de del salón H-305(3) .....	47
Figura 25 Distribución de las luminarias del salón H-305. ....	48
Figura 26 Vista previa de del salón H-306(1) .....	49
Figura 27 Vista previa de del salón H-306(2) .....	49
Figura 28 Distribución de las luminarias del salón H-306. ....	50
Figura 29 Vista previa de del salón H-307. ....	50
Figura 30 Distribución de las luminarias del salón H-307. ....	51
Figura 31 Vista previa de del salón H-308. ....	52
Figura 32 Distribución de las luminarias del salón H-308. ....	52
Figura 33 Vista previa de del salón H-309(1) .....	53
Figura 34 Vista previa de del salón H-309(2) .....	54

Figura 35 Vista previa de del salón H-309(3).....	54
Figura 36 Distribución de las luminarias del salón H-309.....	55
Figura 37 Vista previa de del Baño H-310.....	56
Figura 38 Distribución de las luminarias del salón H-310.....	56
Figura 39 Vista previa de del Salón H-311 .....	57
Figura 40 Distribución de las luminarias del salón H-311 .....	57
Figura 41 Vista previa de del Salón H-312.....	58
Figura 42 Distribución de las luminarias del salón H-312.....	59
Figura 43 Vista previa de del salón H-313.....	59
Figura 44 Distribución de las luminarias del salón H-313.....	60
Figura 45 Vista previa de del salón H-314.....	60
Figura 46 Distribución de las luminarias del salón H-314.....	61
Figura 47 Vista previa de del salón H-315.....	61
Figura 48 Distribución de las luminarias del salón H-315.....	62
Figura 49 Figura 46 Vista previa de del salón Vestier.....	62
Figura 50 Distribución de las luminarias del Vestier.....	63
Figura 51 Vista previa de del pasillo principal (1).....	63
Figura 52 Vista previa de del pasillo principal (2).....	64
Figura 53 Vista previa de del pasillo principal (3).....	64
Figura 54 Vista previa de del pasillo principal (4).....	65
Figura 55 Vista previa de del pasillo principal (5).....	65
Figura 56 Distribución de las luminarias del pasillo principal .....	66
Figura 57 Vista previa de del Pasillo Música (1).....	67
Figura 58 Vista previa de del Pasillo Música (1).....	67
Figura 59 Distribución de las luminarias del Pasillo Música.....	68
Figura 60 Vista previa de del salón H-339.....	68
Figura 61 Distribución de las luminarias del salón H-339.....	69
Figura 62 Vista previa de del salón H-340.....	69
Figura 63 Distribución de las luminarias del salón H-340.....	70
Figura 64 Iluminancia promedio de los salones.....	74
Figura 65 UGR de la totalidad de los salones .....	74
Figura 66 Valor de Eficiencia Energética de los salones.....	75

## LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Índice UGR máximo y niveles de iluminancia exigibles para diferentes áreas y actividades.....	20
Tabla 2 Valores límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI) .....	21
Tabla 3 Formato1. Inspección general del área o puesto de trabajo.....	33
Tabla 4. Formato 2. Medición de la iluminancia promedio general de un salón.....	34
Tabla 5 Formato 3. Medición de la iluminancia en el puesto de trabajo. ....	35
Tabla 6. Formato 4. Especificación de la instalación alumbrado.....	36
Tabla 7 Valores mínimos de eficacia lumínica en lámparas fluorescentes T8 .....	37
Tabla 8 Resultados del Salón H-301 .....	42
Tabla 9 Resultados del Salón H-302 .....	44
Tabla 10 Resultados del Salón H-303 .....	45
Tabla 11 Resultados del baño H-304 .....	46
Tabla 12 Resultados del Salón H-305 .....	48
Tabla 13 Resultados del Salón H-306 .....	50
Tabla 14 Resultados del Salón H-307 .....	51
Tabla 15 Resultados del Salón H-308 .....	53
Tabla 16 Resultados del Salón H-309 .....	55
Tabla 17 Resultados del Baño H-310.....	57
Tabla 18 Resultados del Salón H-311 .....	58
Tabla 19 Resultados del Salón H-312 .....	59
Tabla 20 Resultados del Salón H-313 .....	60
Tabla 21 Resultados del Salón H-314 .....	61
Tabla 22 Resultados del Salón H-315 .....	62
Tabla 23 Resultados del Vestier.....	63
Tabla 24 Resultados del pasillo principal .....	66
Tabla 25 Resultados del Pasillo Música.....	68
Tabla 26 Resultados del Salón H-339 .....	69
Tabla 27 Resultados del Salón H-340 .....	70
Tabla 28 Niveles de iluminancia promedio .....	71
Tabla 29 Índice de deslumbramiento unificado UGR.....	72
Tabla 30 Valor de eficiencia energética de la instalación.....	73

## GLOSARIO

**ÁREA DE TRABAJO:** es el lugar del centro de trabajo, donde normalmente un trabajador desarrolla sus actividades.

**BRILLO:** es la intensidad luminosa de una superficie en una dirección dada, por unidad de área proyectada de la misma.

**CARGA:** la potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.

**CAPACIDAD DE CORRIENTE:** corriente máxima que puede transportar continuamente un conductor en las condiciones de uso, sin superar la temperatura nominal de servicio.

**CIRCUITO:** lazo cerrado formado por un conjunto de elementos, dispositivos y equipos eléctricos, alimentados por la misma fuente de energía y con las mismas protecciones contra sobretensiones y sobre corrientes. No se toman los cableados internos de equipos como circuitos. [1]

**CONFIABILIDAD:** capacidad de un dispositivo, equipo o sistema para cumplir una función requerida, en unas condiciones y tiempo dados. Equivale a fiabilidad.

**DESLUMBRAMIENTO:** es cualquier brillo que produce molestia, interferencia con la visión o fatiga visual. [2]

**ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA:** es el conductor o conjunto de conductores enterrados que sirven para establecer una conexión con el suelo. [2]

**EQUIPOTENCIALIZAR:** es el proceso, práctica o acción de conectar partes conductivas de las instalaciones, equipos o sistemas entre sí a un sistema de puesta a tierra, mediante una baja impedancia, para que la diferencia de potencial sea mínima entre los puntos interconectados. [1]

**FLUJO LUMINOSO:** energía luminosa emitida por una fuente de luz durante una unidad de tiempo. [2]

**ILUMINACION:** es la relación de flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área, expresada en lux. [2]

**ILUMINACIÓN COMPLEMENTARIA:** es un alumbrado diseñado para aumentar el nivel de iluminación en el área determinada. [2]

**ILUMINACIÓN LOCALIZADA:** es un alumbrado diseñado para proporcionar un aumento de iluminación en el plano de trabajo. [2]

**ILUMINANCIA PROMEDIO HORIZONTAL MANTENIDA (EPROM):** Valor por debajo del cual no debe descender la iluminancia promedio en el área especificada. Es la iluminancia promedio en el período en el que debe ser realizado el mantenimiento. También se le conoce como Iluminancia media mantenida. [2]

**INDICE DE DESLUMBRAMIENTO UNIFICADO (UGR):** Es el índice de deslumbramiento molesto procedente directamente de las luminarias de una instalación de iluminación interior, definido en la publicación CIE (Comisión Internacional de Iluminación) N° 117.

**INSPECCIÓN:** conjunto de actividades tales como medir, examinar, ensayar o comparar con requisitos establecidos, una o varias características de un producto o instalación eléctrica, para determinar su conformidad. [1]

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA:** conjunto de aparatos eléctricos y de circuitos asociados, previstos para un fin particular: generación, transmisión, transformación, rectificación, conversión, distribución o utilización de la energía eléctrica. [2]

**INTENSIDAD LUMINOSA:** flujo luminoso emitido en una dirección determinada por una luz que no tiene una distribución uniforme. [2]

**LUMEN:** es la unidad del Sistema Internacional de Medidas para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa percibida. [2]

**LUMINARIA:** equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una lámpara o lámparas y el cual incluye todos los accesorios necesarios para fijar, proteger y operar esas lámparas y los necesarios para conectarse al circuito de utilización eléctrica. [3]

**LUX:** es la unidad derivada del Sistema Internacional de Medidas para la iluminancia o nivel de iluminación. [1]

**NIVEL DE ILUMINACION:** nivel de iluminación de una superficie de un metro cuadrado. [2]

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC):** norma técnica aprobada o adoptada como tal por el organismo nacional de normalización. [2]

**ORGANISMO DE INSPECCIÓN:** entidad que ejecuta actividades de medición, ensayo o comparación con un patrón o documento de referencia de un proceso, un producto, una instalación o una organización y confrontar los resultados con unos requisitos especificados.

**PLANO DE TRABAJO:** es la superficie horizontal, vertical u oblicua, en la cual el trabajo es usualmente realizado, y cuyos niveles de iluminación deben ser especificados y medidos. [2]

**PUESTA A TIERRA:** grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados. [1]

**REFLEXIÓN:** es la luz reflejada por la superficie del cuerpo. [2]

**REGLAMENTO TÉCNICO:** documento en el que se establecen las características de un producto, servicio o los procesos y métodos de producción, con inclusión de las disposiciones administrativas aplicables y cuya observancia es obligatoria. [2]

**RETIE O Retie:** acrónimo del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas adoptado por Colombia. [1]

**RIESGO:** condición ambiental o humana cuya presencia o modificación puede producir un accidente o una enfermedad ocupacional. Posibilidad de consecuencias nocivas o perjudiciales vinculadas a exposiciones reales o potenciales.

**RIESGO DE ELECTROCUCIÓN:** posibilidad de circulación de una corriente eléctrica a través de un ser vivo.

**SISTEMA DE ILUMINACIÓN:** es el conjunto de luminarias destinadas a proporcionar un nivel de iluminación para la realización de actividades específicas. [2]

**SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (SPT):** conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones ni fusibles, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa

metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de cables que normalmente no conducen corriente. [2]

**SOBRECARGA:** funcionamiento de un elemento excediendo su capacidad nominal. [1]

**SOBRETENSIÓN:** tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior a la tensión máxima de operación normal de un dispositivo, equipo o sistema. [1]

**TENSIÓN DE CONTACTO:** diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro. Esta distancia horizontal es equivalente a la máxima que se puede alcanzar al extender un brazo. [1]

**TENSIÓN DE PASO:** diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por una distancia de un paso (aproximadamente un metro). [1]

**TIERRA (Ground o earth):** para sistemas eléctricos, es una expresión que generaliza todo lo referente a conexiones con tierra. En temas eléctricos se asocia a suelo, terreno, tierra, masa, chasis, carcasa, armazón, estructura ó tubería de agua. El término “masa” sólo debe utilizarse para aquellos casos en que no es el suelo, como en los aviones, los barcos y los carros.

**VIDA ÚTIL:** tiempo durante el cual un bien cumple la función para la que fue concebido. [2]

## 1. INTRODUCCIÓN

La iluminación artificial es un aspecto muy importante para la vida diaria de las personas, ya que es indispensable cuando la iluminación natural desaparece, debido a que esta no es permanente y no es posible tenerla siempre que se necesite. Por otro lado, la iluminación artificial si es posible tenerla siempre por ello El propósito principal de un adecuado diseño lumínico es crear ambientes bien iluminados donde sea factible el buen desarrollo visual sin fatiga de la vista. La importancia de estas consideraciones depende asimismo de la función o tarea visual que se vaya a desarrollar en el espacio diseñado; también se busca que con un adecuado diseño La iluminación ocupe un rol protagónico en la decoración. El buen equilibrio entre tipo y cantidad de luz que recibe un espacio permite transformar el modo en que éste se percibe, realzar o atenuar efectos decorativos y hasta intensificar el valor de muebles y objetos.

Iluminar es algo más que proporcionar luz a un espacio o un lugar determinado. Iluminar los ambientes adecuadamente es sinónimo de vida, potenciando el color y los motivos decorativos elegidos en cada caso.

Actualmente con el surgimiento del RETILAP en Colombia, el cual tiene como objetivo establecer los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público para garantizar los niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente, se ha visto necesario realizar la inspección adecuada en los establecimientos educativos, para identificar los posibles incumplimientos con el reglamento nombrado anteriormente y de esta manera poder corregirlos en un futuro.

La presente tesis, que se realiza con el fin de optar por el título de Tecnólogo en Electricidad por la Universidad Tecnológica de Pereira trata, a través de una inspección, evaluar los niveles de iluminación en el tercer piso del bloque de Bellas Artes (H) de la Universidad Tecnológica de Pereira, y verificar que estos sean los adecuados para un edificio educativo, basándose en lo estipulado en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP).

La inspección se realizará ya que es importante conocer hasta qué punto, las instalaciones eléctricas de la universidad están cumpliendo con el RETILAP, ya que todas las instalaciones objeto del reglamento deben demostrar su cumplimiento mediante certificado de conformidad. Es decir, en toda instalación de iluminación construida, ampliada o remodelada después de la aceptación del reglamento, la persona calificada responsable de su construcción, deberá suscribir una declaración de cumplimiento del reglamento en los formatos definidos en el anexo general. Adicionalmente, algunas instalaciones de iluminación y alumbrado público deberán contar con un dictamen de inspección que valide

la declaración de cumplimiento suscrita por el responsable de la construcción. Finalmente será una experiencia muy interesante para los tecnólogos en electricidad, tener un conocimiento de cómo realizar adecuadamente una inspección eléctrica y/o de iluminación.

Para la evaluación de los niveles lumínicos en el bloque nombrado, se realizarán las simulaciones correspondientes de cada una de las aulas, laboratorios, oficinas, pasillos, etc. El software empleado es el DIALUX, el cual es un programa de planificación de alumbrado disponible de forma gratuita en el mercado. Además de esto se realizaron las medidas del nivel de iluminación correspondiente en cada una de las aulas y demás, para así poder ser comparados estos resultados con los obtenidos en el software simulador, observando la precisión y porcentaje de error que puedan tener estos uno con respecto al otro. Dichas medidas fueron realizadas con el instrumento de medición apropiado para este tipo de mediciones (Luxómetro).

## 2. OBJETIVO

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la inspección a las instalaciones de iluminación en el tercer piso del edificio de Bellas Artes (bloque H) de la Universidad Tecnológica de Pereira con base en el RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas) y el RETILAP (Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público).

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el tipo de luminaria instalada en cada uno de los espacios concernientes a la inspección lumínica.
- Verificar que el tipo de luminaria utilizada cumpla los diferentes requisitos establecidos por RETILAP.
- Determinar el **Valor de Eficiencia Energética de la instalación** (VEEI) expresado en  $[W/m^2]$  tanto medido como simulado para cada área inspeccionada.
- Determinar la **iluminancia promedio horizontal mantenida** (Eprom) en el plano de trabajo, tanto medido como simulado para cada área inspeccionada.
- Determinar el **índice de deslumbramiento unificado** UGR para el observador tanto simulado como requerido para cada área inspeccionada.
- Verificar el cumplimiento de los requisitos de VEEI, Eprom, UGR
- Recopilar las memorias y datos obtenidos en la inspección y registrar en los formatos establecidos por el RETILAP para el dictamen de la inspección.

### **3. CONCEPTOS DE ILUMINACIÓN**

#### **3.1 ILUMINACIÓN**

La importancia de la iluminación va más allá de cualquier visión estrictamente conceptual. Iluminar es algo más que proporcionar luz, trascendiendo el concepto de la artificialidad por naturaleza. Diseñar, modelar, convertir, dirigir, manejar y aplicar la luz correctamente son los preceptos básicos de las técnicas iluminativas actuales, capaces de tratar tanto la luz natural como la artificial de la misma manera en la que se manipula un material tangible.

El empleo de la vista de manera intensa y continua requiere una iluminación eficaz para conseguir un ambiente óptimo para reducir el esfuerzo visual. Por su parte, la creación de ese ambiente válido requiere la convergencia de los factores estéticos, material, textura, posición, color de los elementos lumínicos y funcionales, luz natural y artificial formalizada eficazmente, de manera que el bienestar del usuario se convierta en el eje sobre el que gire el diseño. Siendo así, la importancia del entorno alcanza su grado máximo y es la gestión del espacio y de la luz uno de los elementos modeladores del entorno eficiente, agradable, confortable, vital y estético.

La iluminación de espacios tiene alta relación con las instalaciones eléctricas, ya que la mayoría de las fuentes modernas de iluminación se basan en las propiedades de incandescencia y luminiscencia de materiales sometidos al paso de corriente eléctrica. Una buena iluminación, además de ser un factor de seguridad, productividad y de rendimiento en el trabajo, mejora el confort visual y hace más agradable y acogedora la vida. Si se tiene en cuenta que por lo menos una quinta parte de la vida del hombre transcurre bajo alumbrado artificial, se comprenderá el interés que hay en establecer los requisitos mínimos para realizar los proyectos de iluminación, los cuales se presentan a continuación. [4]

#### **3.1.1 SISTEMA DE ILUMINACIÓN**

Se considera como sistema de iluminación los circuitos eléctricos de alimentación, las fuentes luminosas, las luminarias y los dispositivos de control, soporte y fijación que se utilicen exclusivamente para la iluminación interior y exterior de bienes de uso público y privado. [5]

##### **3.1.1.1 Iluminación eficiente.**

En los proyectos de iluminación se deben aprovechar los desarrollos tecnológicos de las fuentes luminosas, las luminarias, los dispositivos ópticos y los sistemas de control, de tal forma que se tenga el mejor resultado lumínico con los menores requerimientos de energía posibles.

Un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales y crear ambientes saludables, seguros y confortables, posibilita a los usuarios disfrutar de atmósferas agradables, empleando apropiadamente los recursos tecnológicos y evaluando

todos los costos razonables que se incurren en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto de iluminación. [2]

### **3.1.2 DISEÑO DE ILUMINACIÓN.**

El diseñador de una instalación eléctrica de uso final deberá tener en cuenta los requerimientos de iluminación de acuerdo con el uso y el área o espacio a iluminar que tenga la edificación objeto de la instalación eléctrica, un diseño de iluminación debe comprender las siguientes condiciones esenciales:

- a) Suministrar una cantidad de luz suficiente para el tipo de actividad que se desarrolle.
- b) El método y los criterios de diseño y cálculo de la iluminación deben asegurar los valores de coeficiente de uniformidad adecuados a cada aplicación.
- c) Controlar las causas de deslumbramiento.
- d) Prever el tipo y cantidad de fuentes y luminarias apropiadas para cada caso particular teniendo en cuenta sus eficiencias lumínicas y su vida útil.
- e) Utilizar fuentes luminosas con la temperatura y reproducción del color adecuado a la necesidad.
- f) Propiciar el uso racional y eficiente de la energía eléctrica requerida para iluminación, utilizando fuentes de alta eficacia lumínica e iluminando los espacios que efectivamente requieran de iluminación.
- g) Atender los lineamientos del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP).
- h) Los sistemas de control de las lámparas, deben estar dispuestos de manera tal que se permita el uso racional y eficiente de la energía, para lo cual debe garantizarse alta selectividad de las áreas puntuales a iluminar y combinar con sistemas de iluminación general. [6]

#### **3.1.2.1 Datos previos a tener en cuenta en el diseño de iluminación.**

Para determinar el cálculo y las soluciones de iluminación interior, se deben tener en cuenta parámetros tales como:

- a) El uso de la zona a iluminar
- b) El tipo de tarea visual a realizar
- c) Las necesidades de luz y del usuario del local
- d) El índice K del local o dimensiones del espacio (longitud, anchura y altura útil)
- e) Las reflectancias de las paredes, techo y suelo de la sala
- f) Las características y tipo de techo
- g) Las condiciones de la luz natural
- h) El tipo de acabado, decoración y mobiliario previsto.

#### **3.1.2.2 Diseño detallado.**

En esta etapa, en función del perfil definido en la fase de planificación básica, se comienzan a resolver los aspectos específicos del proyecto, éstos comprenden: la selección de luminarias, el diseño geométrico y sistema de montaje, los sistemas de alimentación, comando y control eléctrico, la instalación de alumbrado de emergencia y seguridad. Además, se realiza el análisis económico, guion financiero y el presupuesto del proyecto, se confecciona la documentación técnica, (planos y memoria descriptiva) incluyendo una propuesta de esquemas funcionales para propiciar el uso racional de la energía y un programa adecuado de mantenimiento.

El propósito de esta etapa del proyecto es:

- Seleccionar los circuitos.
- Documentar los problemas detectados en las etapas de verificación, y las acciones de corrección correspondientes.
- Generar la documentación y las especificaciones que describan completamente el diseño, etc.

En esta etapa el diseñador debe presentar mínimo la siguiente documentación técnica:

- Planos de montaje y distribución de luminarias
- Memorias descriptivas y de cálculos fotométricos
- Cálculos eléctricos
- El esquema y programa de mantenimiento.
- Las especificaciones de los equipos recomendados. [7]

### **3.1.3 ESPECIFICACIONES DE ILUMINACIÓN EN EL ALUMBRADO INTERIOR.**

Para garantizar que la iluminación sea factor de seguridad, productividad, rendimiento en el trabajo, mejora del confort visual; debe garantizar el cumplimiento de los valores mínimos promedio mantenidos de iluminancia, requeridos para iluminación de acuerdo con el uso y el área o espacio a iluminar que tenga la edificación objeto de la instalación.

#### **3.1.3.1 Niveles de iluminancia y deslumbramiento.**

En lugares de trabajo se debe asegurar el cumplimiento de los niveles de iluminancia de la Tabla 440.1, del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP adaptados de la norma ISO 8995 “Principles of visual ergonomics -- Thelighting of indoorworksystems”.

El valor medio de iluminancia, relacionado en la citada tabla, debe considerarse como el objetivo de diseño.

En cualquier momento durante la vida útil del proyecto la medición de iluminancia promedio no podrá ser superior al valor máximo, ni inferior al valor mínimo establecido en esta Tabla.

A continuación se muestra parte de esta tabla para algunas áreas y actividades relacionadas con este proyecto. En esta misma se encuentran los valores máximos permitidos para el deslumbramiento (UGR). [2]

**Tabla 1 Índice UGR máximo y niveles de iluminancia exigibles para diferentes áreas y actividades**

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGRL	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mín	Medio	Máx
Áreas generales en las edificaciones				
Áreas de circulación, corredores	28	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	25	100	150	200
Vestidores, baños	25	100	150	200
Almacenes, bodegas	25	100	150	200
Talleres de pintura y casetas de rociado				
Inmersión, rociado basto	25	200	300	500
Pintura ordinaria, rociado y terminado	22	300	500	750
Pintura fina, rociado y terminado	19	500	750	1000
Retoque y balanceo de colores	16	750	1000	1500
Talleres de madera y fábricas de muebles				
Aserraderos	25	150	200	300
Trabajo en banco y montaje	25	200	300	500
Maquinado de madera	19	300	500	750
Terminado e inspección final	19	500	750	1000
Oficinas				
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	19	300	500	750
Oficinas abiertas	19	500	750	1000
Oficinas de dibujo	16	500	750	1000
Salas de conferencia	19	300	500	750
Colegios y centros educativos.				
<i>Salones de clase</i>				
Iluminación general	19	300	500	750
Tableros para emplear con tizas	19	300	500	750
Elaboración de planos	16	500	750	1000
<i>Salas de conferencias</i>				
Iluminación general	22	300	500	750
Tableros	19	500	750	1000
Bancos de demostración	19	500	750	1000
Laboratorios	19	300	500	750
Salas de arte	19	300	500	750
Talleres	19	300	500	750
Salas de asamblea	22	150	200	300

Fuente [2]

### 3.1.4 EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN.

La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se determinará mediante el valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m<sup>2</sup>) por cada 100 lux mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P * 100}{S * Em} \quad (1)$$

Donde:

- VEE Valor de eficiencia energética de la instalación.
- P Potencia total instalada en lámparas más equipos auxiliares (W)
- S Superficie iluminada (m<sup>2</sup>).
- Em Iluminancia media horizontal mantenida (lux).

Con el fin de establecer los correspondientes valores de eficiencia energética límite, las instalaciones de iluminación se identificarán, según el uso de la zona, dentro de uno de los 2 grupos siguientes:

Grupo 1: Zonas de baja importancia lumínica o espacios en los que el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminación, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.

Grupo 2: Zonas de alta importancia lumínica o espacios donde el criterio de diseño, imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética. [2]

Los valores de eficiencia energética límite en recintos interiores de un edificio se establecen en la Tabla 2.

**Tabla 2 Valores límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI)**

GRUPO	ZONAS DE ACTIVIDAD DIFERENCIADA	LIMITE VEEI
Zonas de baja importancia lumínica	Administrativo en general	3,5
	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	Zonas comunes <b>(1)</b>	4,5
	Aparcamientos	5
	Aulas y laboratorios <b>(2)</b>	4
	Andenes estaciones de transporte	3,5
	Habitaciones de hospital <b>(3)</b>	4,5
	Salas de diagnóstico <b>(4)</b>	3,5
	Espacios deportivos <b>(5)</b>	5
	Pabellones de exposición o ferias	3,5
	Recintos interiores asimilables a Grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5

GRUPO	ZONAS DE ACTIVIDAD DIFERENCIADA	LIMITE VEEI
Zonas de alta importancia lumínica	Administrativo en general	6
	Estaciones de transporte <b>(6)</b>	6
	Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	Bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	Zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	Centros comerciales (excluidas tiendas) <b>(9)</b>	8
	Hostelería y restauración <b>(8)</b>	10
	Recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10
	Salones de reuniones, auditorios y salas de uso múltiple y convenciones, salas de ocio o espectáculo y salas de conferencias <b>(7)</b>	10
	Religioso en general	10
	Tiendas y pequeño comercio	10
	Zonas comunes <b>(1)</b>	10
	Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12

Fuente [2]

#### NOTAS

- 1) Espacios utilizados por cualquier persona o usuario, como recepción, vestíbulos, pasillos, escaleras, espacios de tránsito de personas, aseos públicos, etc.
- 2) Incluye la instalación de iluminación de aulas y las pizarras de las aulas de enseñanza, aulas con monitores de computador, música, laboratorios de idiomas, aulas de dibujo técnico, aulas de prácticas y laboratorios, manualidades, talleres de enseñanza y aulas de arte, aulas de preparación y talleres, aulas comunes de estudio y aulas de reunión, aulas clases nocturnas y educación de adultos, salas de lectura, guarderías, salas de juegos de guarderías y sala de manualidades.
- 3) Incluye la instalación de iluminación interior de la habitación y baño, formada por iluminación general, iluminación de lectura e iluminación para exámenes simples.
- 4) Incluye la instalación de iluminación general de salas como salas de examen general, salas de emergencia, salas de escáner y radiología, salas de examen ocular y auditivo y salas de tratamiento. Sin embargo quedan excluidos locales como las salas de operación, quirófanos, unidades de cuidados intensivos, dentista, salas de descontaminación, salas de autopsias y mortuorios y otras salas que por su actividad puedan considerarse como salas especiales.
- 5) Incluye las instalaciones de iluminación del terreno de juego y graderías de espacios deportivos, tanto para actividades de entrenamiento y competición, pero no se incluye las instalaciones de iluminación necesarias para las transmisiones de televisión. Las graderías son asimilables a zonas comunes del grupo 1.

- 6) Espacios destinados al tránsito de viajeros como recepción de terminales, salas de llegadas y salidas de pasajeros, salas de recogida de equipajes, áreas de conexión, de ascensores, áreas de ventanillas de taquillas, facturación e información, áreas de espera, salas de consigna, etc.
- 7) Incluye la instalación de iluminación general y direccionada. En el caso de cines, teatros, salas de conciertos, etc. se excluye la iluminación con fines de espectáculo, incluyendo la representación y el escenario.
- 8) Incluye los espacios destinados a las actividades propias del servicio al público como mostrador, recepción, restaurante, bar, comedor, auto-servicio o buffet, pasillos, escaleras, vestuarios, servicios, aseos, etc.
- 9) Incluye la instalación de iluminación general y localizada de mostrador, recepción, pasillos, escaleras, vestuarios y aseos de los centros comerciales.

### **3.1.5 REQUISITOS GENERALES DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN.**

#### **3.1.5.1 Reconocimiento del sitio y objetos a iluminar:**

Antes de proceder con un proyecto de iluminación se deben conocer las condiciones físicas y arquitectónicas del sitio o espacio a iluminar, sus condiciones ambientales y su entorno, dependiendo de tales condiciones se deben tomar decisiones que conduzcan a tener resultados acordes con los requerimientos del presente reglamento. Son determinantes en una buena iluminación conocer aspectos como el color de los objetos a iluminar, el contraste con el fondo cercano y circundante y el entorno, el tamaño y brillo del objeto. [8]

#### **3.1.5.2 Requerimientos de iluminación.**

En un proyecto de iluminación se deben conocer los requerimientos de luz para los usos que se pretendan, para lo cual se debe tener en cuenta los niveles óptimos de iluminación requeridos en la tarea a desarrollar, las condiciones visuales de quien las desarrolla, el tiempo de permanencia y los fines específicos que se pretendan con la iluminación. Igualmente, el proyecto debe considerar los aportes de luz de otras fuentes distintas a las que se pretenden instalar y el menor uso de energía sin deteriorar los requerimientos de iluminación. Otros aspectos a tener en cuenta para satisfacer los requerimientos de iluminación están relacionados con el tipo de luz.

En todo proyecto de iluminación o alumbrado público se debe estructurar un plan de mantenimiento del sistema que garantice atender los requerimientos de iluminación durante la vida útil del proyecto, garantizando los flujos luminosos dentro de los niveles permitidos (flujo luminoso mantenido). [2]

### **3.1.5.3 Criterios de selección de fuentes luminosas y luminarias.**

En todos los proyectos de iluminación, se deben elegir las fuentes luminosas teniendo en cuenta, la eficacia lumínica, flujo luminoso, características fotométricas, reproducción cromática, temperatura del color, duración y vida útil de la fuente, en función de las actividades y objetivos de uso de los espacios a iluminar; así como de consideraciones arquitectónicas y económicas. [2]

### **3.1.6 DEPRECIACIÓN DE FUENTES LUMINOSAS**

El tiempo de vida de una lámpara depende de un sin número de factores, por lo que solo es posible estimar un valor medio de vida sobre la base de una muestra representativa. Su valor depende de la cantidad de encendidos, de la posición de funcionamiento, de la tensión de alimentación y de factores ambientales como temperatura y vibraciones.

Las diferentes formas de definir la vida son:

- Vida individual: es el número de horas de encendido después del cual una lámpara queda inservible, bajo condiciones específicas.
- Vida promedio o nominal: tiempo transcurrido hasta que falla el 50% de las lámparas de la muestra bajo condiciones específicas.
- Vida útil o económica: valor basado en datos de depreciación, cambio de color, supervivencia como así también el costo de la lámpara, precio de energía que consume y costo de mantenimiento. Puede definirse como el número de horas durante el cual puede operar correctamente una lámpara hasta que se hace necesario su remplazo.
- Vida media: valor medio estadístico sobre la base de una muestra.

#### **3.1.6.1 Depreciación de bombillas incandescentes.**

La eficacia luminosa de una bombilla incandescente, disminuye a medida que transcurre el tiempo de funcionamiento de dicha bombilla, en razón a que el filamento, por estar sometido a la temperatura de incandescencia, sufre una evaporación gradual de partículas que se condensan en las paredes del bulbo, ennegreciéndolo, provocando una disminución del flujo luminoso. Las fluctuaciones de tensión, aunque sean pequeñas y de carácter regular, afectan sustancialmente la duración de la bombilla, así un incremento del 5% de la tensión puede disminuir hasta un 50% de la vida de la bombilla.

#### **3.1.6.2 Depreciación de bombillas o lámparas fluorescentes.**

Una bombilla fluorescente deja de funcionar, por el desgaste progresivo de los depósitos emisores de electrones situados en los electrodos. La variación del flujo luminoso, está ligada al gradual oscurecimiento del depósito de sustancia fluorescente, debido a la acción del mercurio y a una alteración de la sustancia fluorescente, causada por la radiación ultravioleta de la descarga. El final de la vida de los tubos fluorescentes, se alcanza cuando no queda material suficiente en ninguno de los dos cátodos para formar el arco. No obstante que los tubos fluorescentes no son tan sensibles a los cambios de tensión, como lo son las

bombillas incandescentes, tanto un mayor valor como uno menor de tensión nominal, tiende a reducir la duración y eficacia de la bombilla. Un efecto similar produce las bajas o altas temperaturas y la humedad, lo que reduce la emisión lumínica de los tubos fluorescentes. [8]

### **3.1.6.3 Depreciación de bombillas de mercurio y de halogenuros metálicos.**

La emisión lumínica de las bombillas de vapor de mercurio, disminuye gradualmente en el transcurso de su vida, principalmente como resultado del depósito de materiales de emisión de los electrodos, en las paredes del tubo de arco. En las primeras horas de funcionamiento esta reducción es superior a la que aparece luego hasta el final de la vida de la bombilla y por ello, el flujo luminoso nominal debe corresponder al obtenido a las 100 horas de funcionamiento. Para las bombillas de halogenuros metálicos, se observa un excelente y mayor mantenimiento luminoso durante toda la vida de las mismas, cuando éstas son instaladas en posición vertical.

La operación a sobretensión aumenta la emisión luminosa, sin embargo, los electrodos del tubo de arco están sometidos a temperaturas excesivas, que generan una disminución en el mantenimiento de lúmenes, acortando la vida de la bombilla. Los electrodos se deterioran a lo largo de su vida útil y más rápidamente en el período de arranque de la bombilla. La terminación de la vida de las bombillas de vapor de mercurio, es determinada por el envejecimiento de los extremos del tubo de arco y por deterioro del extremo de los electrodos, esto produce disminución del flujo luminoso de la bombilla y una luz tenue de color verdoso.

### **3.1.6.4 Depreciación de bombillas de sodio alta presión.**

El tiempo de encendido por arranque, afecta la vida útil de la bombilla de alta presión. Algunas, independientemente de la posición de operación, mantienen su eficacia y permiten con un solo tipo de bombilla, lograr múltiples aplicaciones. Un excesivo incremento en la tensión de alimentación de la bombilla causaría una reducción de su vida. Las bombillas de sodio, como característica, tienen una larga vida promedio, superior a las otras fuentes de descarga de alta intensidad. En el caso del valor de la vida útil de la bombilla, suministrada en los catálogos, no es necesario que esté certificada por un laboratorio debidamente acreditado, es suficiente con que esté auto certificado por el fabricante de la misma. [3]

## **3.1.7 RAZONES NECESARIAS PARA LA MEDICION DE ILUMINANCIA GENERAL**

La medición de iluminancia general (promedio) de un salón puede ser necesaria por cualquiera de las siguientes razones:

- a) Para verificar el valor calculado de una instalación nueva.
- b) Para determinar si hay acuerdo con una especificación o práctica recomendada.
- c) Para revelar la necesidad de mantenimiento, modificación o remplazo.

- d) Para verificar las condiciones de contraste de brillo en un puesto de trabajo
- e) Por comparación con el objeto de lograr una solución que sea recomendable desde los puntos de vista de calidad de luz y economía.

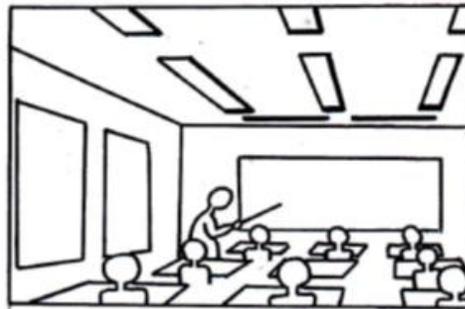
### **3.1.8 ALUMBRADO EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS, SALAS DE LECTURA Y AUDITORIOS.**

La iluminación de aulas de clase, salas de lectura, requiere especial cuidado y una gran responsabilidad por parte de diseñadores y constructores de sistemas de iluminación, una iluminación deficiente en estos lugares puede generar serias afectaciones visuales especialmente a niños y adolescentes, con graves consecuencias en algunos casos por las limitaciones visuales. [2]

#### **3.1.8.1 Iluminación de aulas de clase.**

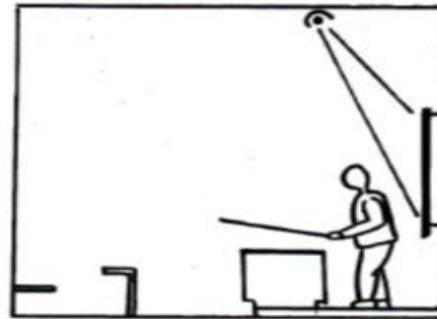
El alumbrado de un aula de enseñanza debe ser apropiado para actividades tales como escritura, lectura de libros y del tablero. Como estas actividades son parecidas a las de las oficinas, los requisitos generales de alumbrado de éstas pueden aplicarse al de escuelas. Es requisito que el diseño verifique la necesidad de proveer iluminación adicional en el tablero.

**Figura 1 Las aulas están sujetas a la misma necesidad de alumbrado que las oficinas.**



Fuente [1]

**Figura 2 Alumbrado adicional sobre el tablero.**



Fuente [1]

Iluminación de salas de lectura y auditorios.

En las salas de lectura y auditorios normalmente no hay luz diurna y sólo existe la artificial. En estos locales se debe tener en cuenta los siguientes requisitos:

- Niveles de iluminación requeridos para lectura y escritura según la tabla 1.
- Se debe tener especial cuidado en prevenir el deslumbramiento.
- Se debe disponer de un equipo especial de regulación de flujo luminoso para la proyección de películas y dispositivas.
- Se debe instalar un alumbrado localizado sobre la pizarra de la pared con una iluminancia vertical de 750 luxes.
- Se debe contar con un panel de control que permita encender y apagar los distintos grupos de luminarias, manejar el equipo de regulación de alumbrado y eventualmente controlar el sistema automático de proyección.
- En estos recintos se debe contar con instalación de un alumbrado de emergencia y de señalización de las salidas [2].

### **3.2 TÉCNICAS PARA LA MEDICIÓN DE ILUMINACIÓN**

#### **3.2.1 MEDICIÓN DE ILUMINANCIA GENERAL DE UN SALÓN**

Para mediciones de precisión el área debe ser dividida en cuadrados y la iluminancia se mide en el centro de cada cuadrado y a la altura del plano de trabajo.

La iluminancia promedio del área total se puede obtener al promediar todas las mediciones. Para tomar las lecturas el sensor del luxómetro se debe colocar en el plano de trabajo, si no se especifica este parámetro, se considera un plano imaginario de trabajo de 0,75 m, sobre el nivel del suelo para trabajar sentados y de 0,85 m para trabajos de pie. Esto se puede lograr por medio de un soporte portátil sobre el cual se coloca el sensor.

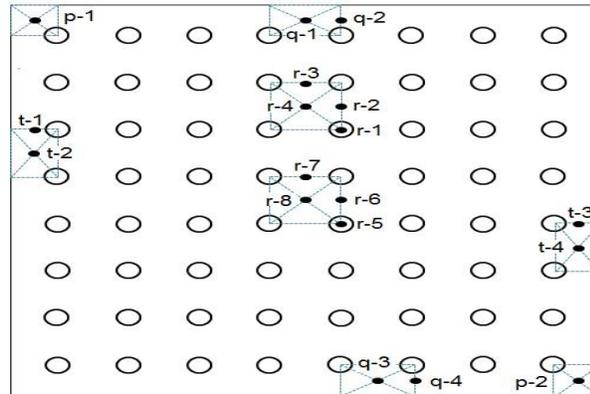
La luz día se puede excluir de las lecturas, ya sea tomándolas en la noche o mediante persianas, superficies opacas que no permiten la penetración de la luz día. El área se debe dividir en pequeños cuadrados, tomando lecturas en cada cuadrado y calculando la media aritmética. Una cuadrícula de 0,6 metros es apropiada para muchos espacios. [2]

#### **3.2.2 PUNTOS DE MEDICIÓN PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE LUMINARIAS**

##### **3.2.2.1 Medición de iluminancia promedio, en áreas regulares con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas.**

Para hacer medición de Iluminancia Promedio en una zona o área con esta disposición, el diseñador, planificador o encargado de la medida, reparte los puntos de medición con base en la Figura 3. Para hallar la Eprom, aplica la ecuación (2).

**Figura 3 Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas.**



Fuente [3]

$$E_{prom} = \frac{R(N-1)(M-1) + Q(N-1) + T(M-1) + P}{NM} \quad (2)$$

Donde:

$E_{prom}$  Iluminancia promedio

N Número de luminarias por fila.

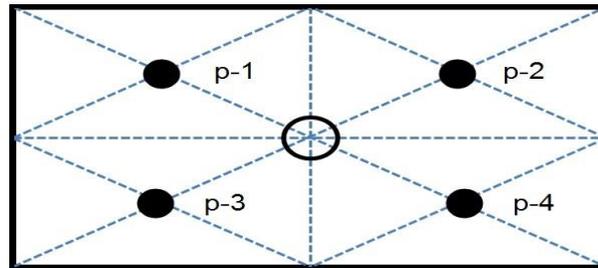
M Número de filas.

1. Se toman lecturas en los puntos r-1, r-2, r-3 y r-4 para una cuadrícula típica interior. Se repite a los puntos r-5, r-6, r-7 y r-8 para una cuadrícula típica central, promedie las 8 lecturas. Este es el valor R de la ecuación de la iluminancia promedio.
2. Se toman lecturas en los puntos q-1, q-2, q-3, y q-4, en dos cuadrículas típicas de cada lado del salón. El promedio de estas cuatro lecturas es el valor Q de la ecuación de la iluminancia promedio.
3. Se toman lecturas en los puntos t-1, t-2, t-3, y t-4 en dos cuadrículas típicas de cada final del salón, se promedian las cuatro lecturas. Este es el valor T de la ecuación de la iluminancia promedio.
4. Se toman lecturas en los puntos p-1, p-2, en dos cuadrículas típicas de las esquinas, se promedia las dos lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio.
5. Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la ecuación de  $E_{prom}$ .

### 3.2.2.2 Áreas regulares luminaria simple con localización simétrica.

Para hacer medición de Iluminancia Promedio en una zona o área con esta disposición, el diseñador, planificador o encargado de la medida, reparte los puntos de medición con base en la Figura 4 Para hallar la Eprom, aplica la ecuación (3).

**Figura 4 Puntos de medición de iluminancia de una luminaria en la cuadrícula de un local con una sola luminaria.**



Fuente [6]

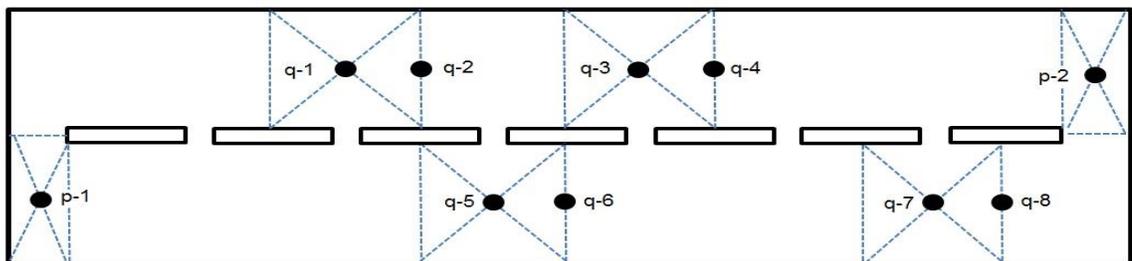
Se toman lecturas en los puntos p 1, p 2, p 3, y p 4, en las cuatro cuadrículas, se promedian las cuatro lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio del área de la Figura 4.

$$P = \frac{P1 + P2 + P3 + P4}{4} \quad (3)$$

### 3.2.3 ÁREAS REGULARES CON LUMINARIAS INDIVIDUALES EN UNA SOLA FILA.

Para hacer medición de Iluminancia Promedio en una zona o área con esta disposición, el diseñador, planificador o encargado de la medida, reparte los puntos de medición con base en la Figura 5 Para hallar la Eprom, aplica la ecuación (4).

**Figura 5 Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con luminarias individuales en una sola fila.**



Fuente [2]

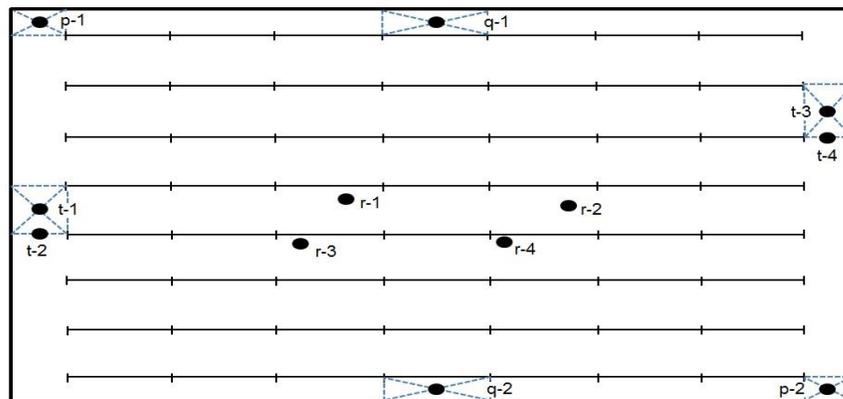
$$E_{prom} = \frac{Q(N - 1) + P}{N} \quad (4)$$

1. Se toman lecturas en los puntos q-1, hasta q-8, en cuatro cuadrículas típicas, localizadas dos en cada lado del área. Se promedian las 8 lecturas. Este es el valor de Q de la ecuación de la iluminancia promedio.
2. Se toman lecturas en los puntos p-1, y p-2, para dos cuadrículas típicas de las esquinas. Se promedian las 2 lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio.
3. Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la ecuación de E<sub>prom</sub>.

### 3.2.3.1 Áreas regulares con luminarias de dos o más filas.

Para hacer medición de Iluminancia Promedio en una zona o área con esta disposición, el diseñador, planificador o encargado de la medida, reparte los puntos de medición con base en la Figura 6 Para hallar la E<sub>prom</sub>, aplica la ecuación (5).

**Figura 6 Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con dos o más filas de luminarias.**



Fuente [6]

$$E_{prom} = \frac{RN(M - 1) + QN + T(M - 1) + P}{M(N - 1)} \quad (5)$$

Donde:

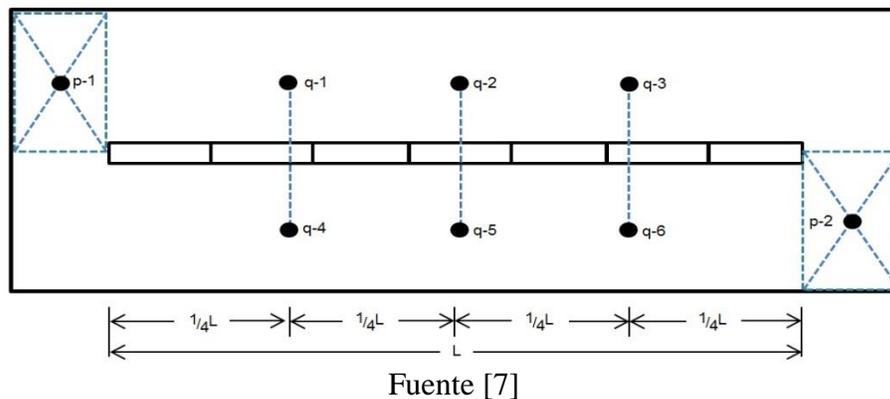
E<sub>prom</sub> Iluminancia promedio  
 N Número de luminarias por fila.  
 M Número de filas.

1. Se toman lecturas en los puntos r 1, r 2, r 3 y r 4 localizados en el centro del área y se promedian las 4 lecturas. Este es el valor R de la ecuación de la iluminancia promedio.
2. Se toman lecturas en los puntos q 1, y q 2, localizadas en la mitad de cada lado del salón y entre la fila de luminarias más externa y la pared. El promedio de estas dos lecturas es el valor Q de la ecuación de la iluminancia promedio.
3. Se toman lecturas en los puntos t 1, t 2, t 3, y t 4 en cada final del salón. Se promedian las cuatro lecturas. Este es el valor T de la ecuación de la iluminancia promedio.
4. Se toman lecturas en los puntos p 1, p 2, en dos cuadrículas típicas de las esquinas. Se promedian las dos lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio.
5. Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la ecuación de Eprom.

### 3.2.3.2 Áreas regulares con fila continua de luminarias individuales.

Para hacer medición de Iluminancia Promedio en una zona o área con esta disposición, el diseñador, planificador o encargado de la medida, reparte los puntos de medición con base en la Figura 7. Para hallar la Eprom, aplica la ecuación (6).

**Figura 7 Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con una fila continua de luminarias.**



$$E_{prom} = \frac{QN + P}{N + 1} \quad (6)$$

Donde:  
 Eprom           luminancia promedio.  
 N                Número de luminarias.

1. Se toman lecturas en los puntos q 1, hasta q 6. Se promedian las 6 lecturas. Este es el valor Q de la ecuación de la iluminancia promedio.

2. Se toman lecturas en los puntos p 1 y p 2, para dos cuadrículas típicas de las esquinas. Se promedian las 2 lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio.
3. Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la ecuación de Eprom. [3]

### **3.2.4 FACTORES A TENER EN CUENTA EN LA MEDICIÓN**

Es muy importante registrar una descripción detallada del área de la medición, junto con todos los otros factores que pueden afectar los resultados, tales como:

- a) Tipo de bombilla y su tiempo de utilización.
- b) Tipo de luminaria y balasto.
- c) Medida de la tensión de alimentación.
- d) Reflectancia de la superficie interior.
- e) Estado de mantenimiento, último día de limpieza.
- f) Instrumento de medición usado en la medición.

Antes de tomar las lecturas, la fotocelda del luxómetro debe ser previamente expuesta hasta que las lecturas se estabilicen, que usualmente requiere de 5 a 15 minutos. Se debe tener cuidado de que ninguna sombra se ubique sobre la fotocelda cuando se realizan las lecturas. Una vez estabilizado el equipo, la lectura a tomar para el análisis es el valor promedio indicado en la pantalla. Normalmente los equipos actuales suministran los valores Máximo, Mínimo y Promedio siendo este valor promedio el que se utiliza para establecer las condiciones de trabajo. La medición de iluminancia de un sistema de iluminación artificial se debe realizar en la noche o con ausencia de luz día.

Antes de realizar las mediciones, las bombillas se deben encender y permitir que la cantidad de luz que emiten se estabilice. Si se utilizan bombillas de descarga, se debe permitir al menos que transcurran 20 minutos antes de tomar las lecturas. Cuando el montaje es de lámparas fluorescentes totalmente encerradas, el proceso de estabilización puede tomar mayor tiempo.

Si se encuentran instalaciones con lámparas fluorescentes o de descarga nuevas, se debe esperar al menos 100 horas de operación antes de tomar las mediciones. Si el área contiene maquinaria alta o estantes altos, generalmente se obtiene un promedio de iluminancia de baja calidad o de resultado sospechoso. Por consiguiente la iluminancia debe medirse sólo en las zonas o lugares donde es necesario para la actividad que se quiere realizar.

Durante la medición, los valores de incidencia de la luz no deben ser influenciados por la persona que lleva a cabo la medición ni por los objetos que se encuentren en la posición que les corresponde (debido a que generan sombras o reflexiones).

Por lo general, la medición de la iluminancia promedio horizontal se realiza en recintos vacíos o en recintos o zonas libres de muebles cuya altura total sea superior a la del plano de medición. [1]

### 3.2.5 FORMATOS

**Tabla 3 Formato1. Inspección general del área o puesto de trabajo**

**INSPECCIÓN GENERAL DEL ÁREA O PUESTO DE TRABAJO**

EMPRESA: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_ DIA: \_\_\_\_\_ NOCHE: \_\_\_\_\_

**1. CONDICIONES DEL ÁREA:**

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA:

---



---

DIMENSIONES:

LONGITUD: \_\_\_\_\_ ANCHO: \_\_\_\_\_ ALTURA: \_\_\_\_\_

PLANO DEL ÁREA CON DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS:

**2. DESCRIPCIÓN DE PAREDES, PISOS Y TECHOS**

DESCRIPCIÓN	CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE					
	MATERIAL	COLO	TEXTURA	LIMPI	MEDI	SUCI
Paredes						
Techo						
Piso						
Superficie de trabajo						
Equipo o Máquina						

**3. CONDICIONES GENERALES:**

Clasificación del equipo				
Luminarias, tipo				
Especificación de las bombillas				
bombillas por luminaria				
Número de luminarias				
Número de filas				
Luminarias por fila				
Altura del montaje				
Espacios entre luminarias				
Condición de las luminarias	Limpio	Medio		

Descripción de la iluminación local o complementaria.

---

Estudios realizados anteriormente: Si \_\_\_ No \_\_\_

Resultados obtenidos: \_\_\_\_\_

**Tabla 4. Formato 2. Medición de la iluminancia promedio general de un salón.**

**MEDIDAS DE ILUMINANCIA GENERAL**

EMPRESA: \_\_\_\_\_ SECCIÓN: \_\_\_\_\_

Dimensiones del Salón: Largo: \_\_\_\_\_ Ancho: \_\_\_\_\_ Altura: \_\_\_\_\_

Disposición de las luminarias en el local: \_\_\_\_\_

(La identificación de puntos de medición depende del local y la distribución de las luminarias. Consultar el Numeral 490-1 del Capítulo 4 del RETILAP y fórmulas para el cálculo de Eprom)

EQUIPO DE MEDIDA: \_\_\_\_\_

Tabla de datos

Identificación de los puntos	DIA			NOCHE	OBSERVACIONES
	Mañana (AM)	Medio día (M)	Tarde (PM)		
r-1					
r-2					
r-3					
r-4					
r-5					
r-6					
r-7					
r-8					
q-1					
q-2					
q-3					
q-4					
q-5					
q-6					
q-7					
q-8					
t-1					
t-2					
t-3					
t-4					
p-1					
p-2					
p-3					
p-4					
Eprom					

% UNIFORMIDAD: \_\_\_\_\_

Responsable \_\_\_\_\_

Matrícula profesional N° \_\_\_\_\_



**Tabla 6. Formato 4. Especificación de la instalación alumbrado**

**ESPECIFICACIONES DE LA INSTALACIÓN ALUMBRADO**

**EMPRESA:** \_\_\_\_\_

**Área:** \_\_\_\_\_

**OBJETIVOS:**

Nivel de iluminancia de diseño: \_\_\_\_\_ Lux

Coefficiente de uniformidad CU: \_\_\_\_\_

Otros: \_\_\_\_\_

**APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL:**

Iluminancia exterior producida por la luz natural. \_\_\_\_\_ Lux

Iluminancia interior producida por la luz natural. \_\_\_\_\_ Lux

Coefficiente de luz diurna (CLD): \_\_\_\_\_ %

Coefficiente mínimo promedio exigido de luz diurna: \_\_\_\_\_

(Para los valores mínimos del Coeficiente de Luz Diurna CLD que deben cumplir las edificaciones ver el Tabla 415-1.c) del Capítulo 4 del RETILAP)

**TIPO INSTALACIÓN ILUMINACIÓN NATURAL:**

Instalación luz día

Techo \_\_\_\_\_ ventanas \_\_\_\_\_ ambas \_\_\_\_\_

**ILUMINACIÓN ARTIFICIAL:**

Número de luminarias: \_\_\_\_\_

Área de trabajo: Largo: \_\_\_\_\_ Ancho \_\_\_\_\_

Altura del plano de trabajo sobre el nivel del piso: \_\_\_\_\_

Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo: \_\_\_\_\_

Altura de suspensión de las luminarias desde el techo: \_\_\_\_\_

Distancia entre centro de luminarias a lo Largo: \_\_\_\_\_

Distancia entre centro de luminarias a lo Ancho: \_\_\_\_\_

**BOMBILLAS o LÁMPARAS:**

Fabricante y referencia: \_\_\_\_\_

Tipo de bombilla: \_\_\_\_\_

Potencia de la bombilla: \_\_\_\_\_ W

Lúmenes iniciales (100 h): \_\_\_\_\_ lm

Período de reemplazo de las bombillas: \_\_\_\_\_ horas

Factor de depreciación de lúmenes de las bombillas: \_\_\_\_\_

**LUMINARIA:**

Fabricante y referencia. \_\_\_\_\_

Bombillas por luminaria: \_\_\_\_\_

Potencia total por luminaria. \_\_\_\_\_ W

**MANTENIMIENTO:**

Período limpieza de ventanas: \_\_\_\_\_ meses

Período de limpieza de techos: \_\_\_\_\_ meses

Período limpieza de luminarias: \_\_\_\_\_ meses

Período de reemplazo de las bombillas: \_\_\_\_\_ meses

Período de limpieza de manteniendo de techo, paredes y pisos: \_\_\_\_\_

Diseñador del sistema: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Responsable \_\_\_\_\_ Matrícula profesional N° \_\_\_\_\_

## 4. INSPECCIÓN DE ILUMINACIÓN

### 4.1 LÁMPARAS FLUORESCENTES TUBULARES

Durante la inspección se observaron lámparas fluorescentes tubulares tipo T8 instaladas en los salones, baños, y en los pasillos.

#### 4.1.1 EFICACIA LUMINOSA

De acuerdo con las políticas de Uso Racional de la Energía (URE) los tubos fluorescentes comercializados para su uso en el país deben tener eficacias iguales o superiores a las establecidas en la Tabla 3 del RETILAP

**Tabla 7 Valores mínimos de eficacia lumínica en lámparas fluorescentes T8**

Tipo	Potencia (W)	Eficacia luminosa (lm/W)
<b>T8 (26mm de diámetro)</b>	14 a 25	68
	26 a 30	72
	31 a 40	78
	41 a 50	79
	Mayor de 50	85

En cuanto a los valores mínimos exigidos de eficacia luminosa en la tabla anterior, las lámparas utilizadas de los diferentes fabricantes SYLVANIA y PHILIPS en las diferentes áreas cumplen, ya que cada una de estas lámparas consume una potencia de 32 W y entregan 2 500 lm y 2 750 lm respectivamente, dando esto como resultado una eficiencia luminosa de 78,125 lm/W y 85,938 lm/W y el valor mínimo exigido de eficacia lumínica por el RETILAP para una lámpara T8 de 32 W es de 78 lm/W.

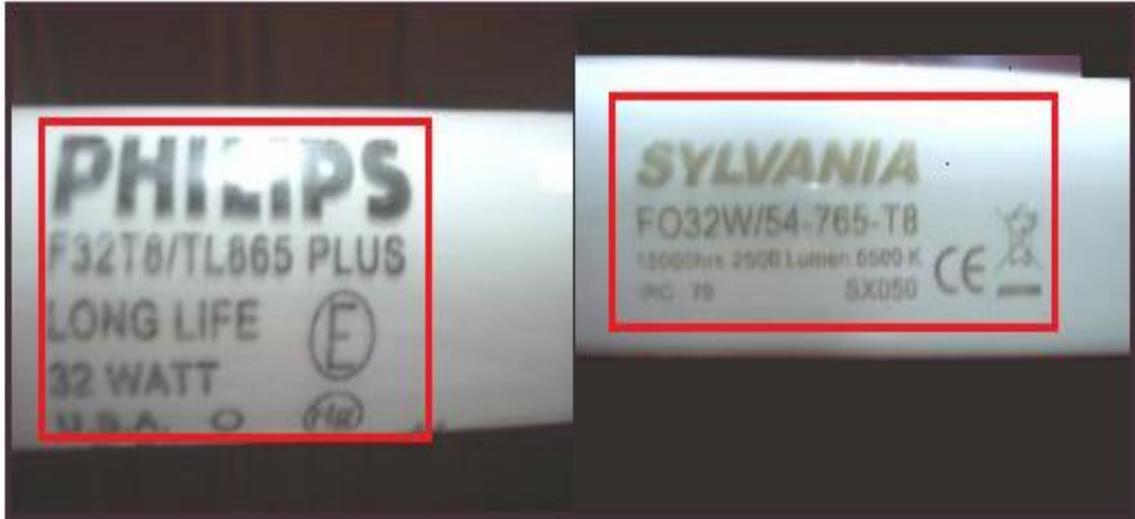
#### 4.1.2 VIDA ÚTIL

Las lámparas tipo T8 fluorescentes instaladas son de los fabricantes SYLVANIA de referencia FO32W/54-765-T8 la vida útil de estas lámparas, según su fabricante, es de aproximadamente 15 000 h y PHILIPS de referencia F32T8/TL865 la vida útil de estas lámparas, según su fabricante, es de aproximadamente 42 000 h, cumpliendo con el mínimo de horas exigido por el RETILAP, el cual para bombillas o tubos fluorescentes es de 10000h.

##### a) Marcación.

Sobre el bulbo de la bombilla deben aparecer marcadas, indelebles y perfectamente legibles, como mínimo las siguientes indicaciones:

- Marca registrada, logotipo o razón social del fabricante.
  - Apariencia o temperatura del color.
  - Índice de rendimiento del color (IRC).
  - Potencia nominal en vatios (W).
  - Flujo luminoso (lm).
- **Figura 8 Marcación lámpara PHILIPS y SYLVANIA**



Aunque en la Figura 8 aparece legiblemente la información allí consignada en estas lámparas, la SYLVANIA cumple con todos los requisitos exigidos por el RETILAP, mientras que la PHILIPS no cumple las indicaciones mínimas exigidas, ya que no especifica los siguientes datos:

- Apariencia o temperatura del color.
- Índice de rendimiento del color (IRC).
- Flujo luminoso (lm).

### 4.1.3 LUMINARIAS

#### 4.1.3.1 Requisitos del producto

Ninguno de los elementos o partes de la luminaria presentan rebabas, puntos o bordes cortantes, que puedan causar algún tipo de daño a los conductores o personas que las manipulen, ya sea para su instalación o mantenimiento, de acuerdo a lo exigido por el RETILAP.

**Figura 9 Luminarias salones, pasillos y baños**



#### **4.1.3.2 Requisitos eléctricos y mecánicos de las luminarias**

- a) El conjunto eléctrico de la luminaria tal como lo es el balasto y la bornera de conexiones esta acoplado en el interior del cuerpo de la luminaria tal como lo exige el RETILAP, además tiene un diseño sencillo el cual permite su fácil inspección, limpieza, mantenimiento y reemplazo de sus elementos.
- b) Las luminarias tienen espacio suficiente para albergar todas las partes del conjunto y realizar los empalmes y conexiones necesarias de la instalación.
- c) Las luminarias y lámparas instaladas no tienen partes energizadas expuestas normalmente al contacto, que puedan ser un riesgo para las personas.
- d) El RETILAP exige que las luminarias deben ir marcadas en forma directa sobre el cuerpo o en una placa metálica exterior de fácil visualización, en este caso esto no se cumple debido a que las luminarias no poseen ningún tipo de marcación.

#### **4.1.3.3 Requisitos de instalación**

- a) En la inspección se verifico que no existen luminarias tipo bala o embutidas que debido a su temperatura puedan llegar a generar un incendio, ya que las luminarias existentes en el plantel educativo son del tipo regleta o bombilla incandescente.
- b) Durante la inspección se verifico la inexistencia de materiales combustibles adyacentes al montaje de iluminación.
- c) Se comprobó que las cubiertas metálicas existentes no presentan ningún signo de oxidación, pero no cuenta con ningún tipo de información para verificar si están protegidas contra la corrosión.
- d) Las luminarias se encuentran instaladas de tal forma que los conductores no se encuentran sometidos a tensiones mecánicas, además de estar adecuadamente sujetos sin riesgo de que se presenten cortaduras en estos.

#### 4.1.4 BALASTOS

- a) El tipo de balastos con que cuentan las luminarias existentes en la institución cumplen con la norma, ya que estos son electrónicos y electromagnéticos tal como lo exige el RETILAP.
- b) Las luminarias fluorescentes instaladas cumplen con lo exigido en el RETILAP y el literal “a” de la parte “P” del Artículo 410-73 de la NTC 2050, el cual dice que las luminarias ubicadas en interiores deben tener balastos que cuenten con protección térmica integral.
- c) Los balastos cuentan con un rotulado legible y un diagrama de conexiones tal como lo exige el RETILAP (Ver Figura 10)

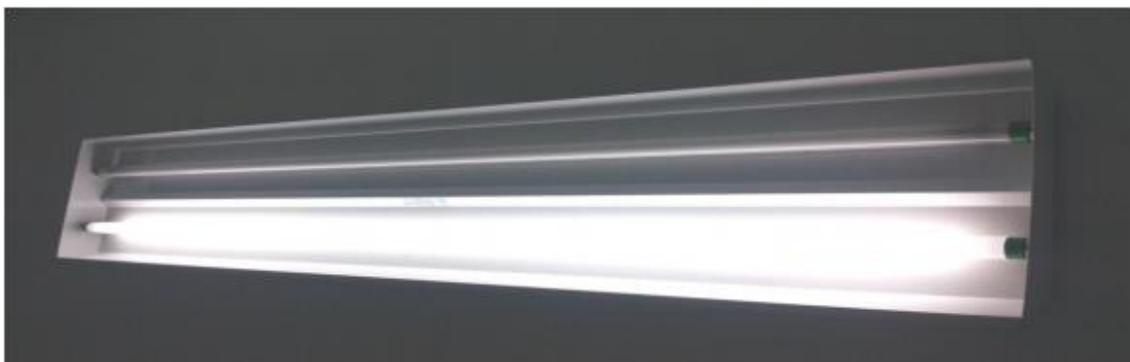
**Figura 10 Balastos**



#### 4.1.5 MANTENIMIENTO

Las operaciones de reposición de lámparas con la frecuencia de reemplazo que exige el RETILAP no se cumple en la edificación, ya que algunas de las lámparas fluorescentes se encuentran dañadas, con nivel bajo de iluminación o ausencia de uno de los tubos. Como se observa en la Figura 11

**Figura 11 Luminaria con tubo dañado**



Hay que tener en cuenta que para un excelente rendimiento de la iluminación seleccionada para cada espacio, se debe contar con un plan de mantenimiento que mantenga en buen estado tanto las luminarias como las superficies del local y los instrumentos que allí se utilicen, debido a que la suciedad depositada en cada espacio hace que no se tenga el mismo rendimiento energético con el que se contaba inicialmente.

#### **4.1.6 DATOS ESPECIFICOS DE CADA AREA INSPECCIONADA**

En los siguientes ítems, se darán a conocer los distintos datos relacionados con el UGR, VEEI y Eprom, medidos, simulados y requeridos, obtenidos durante la inspección a cada área así como también una imagen del aula simulada y una imagen de la distribución de la luminaria.

##### **4.1.6.1 Salón H-301**

En la Figura 12 se muestra la simulación en el DIALux del salón H-301.

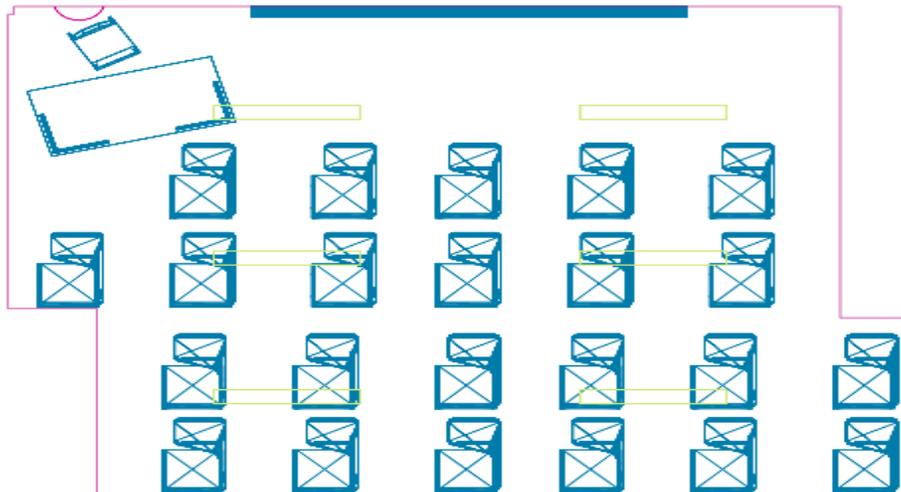
**Figura 12 Vista previa de del salón H-301**



En la

Figura 13, se muestra la imagen de la forma como está distribuida la luminaria del salón H-301.

**Figura 13 Distribución de las luminarias del salón H-301**



La Tabla 8 muestra los resultados medidos, simulados y requeridos del salón H-301.

**Tabla 8 Resultados del Salón H-301**

Aula H-301				
DATOS	MEDIDO	SIMULADO	REQUERIDO	
			MIN	MAX
Eprom (lx)	367,4	440	300	750
VEEI (W/m <sup>2</sup> )	2,6	2,2	0	4
UGR	-	19	0	19

#### 4.1.6.2 Salón H-302

En las **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la simulación en el DIALux del salón H-302.

**Figura 14 Vista previa de del salón H-302(1)**

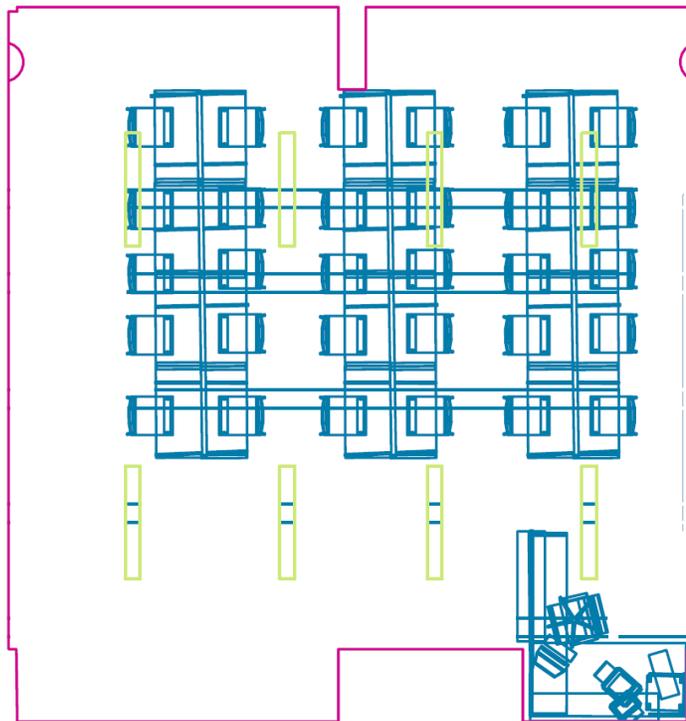


**Figura 15 Vista previa de del salón H-302(2)**



En la Figura 16 se muestra la imagen de la forma como está distribuida la luminaria del salón H-302.

**Figura 16 Distribución de las luminarias del salón H-302**



La Tabla 9 muestra los resultados medidos, simulados y requeridos del salón H-302.

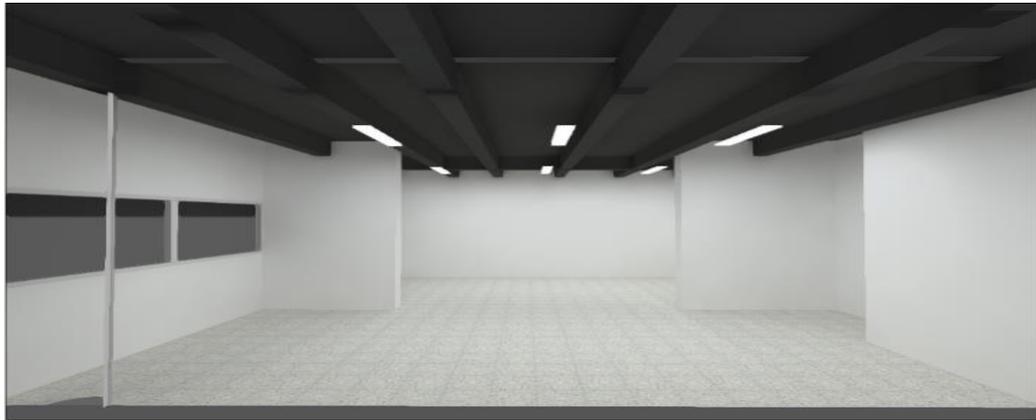
**Tabla 9 Resultados del Salón H-302**

Lab Ingles H-302				
DATOS	MEDIDO	SIMULADO	REQUERIDO	
			MIN	MAX
Eprom (lx)	314,1	390	300	750
VEEI (W/m <sup>2</sup> )	2,9	2,3	0	4
UGR	-	19	0	19

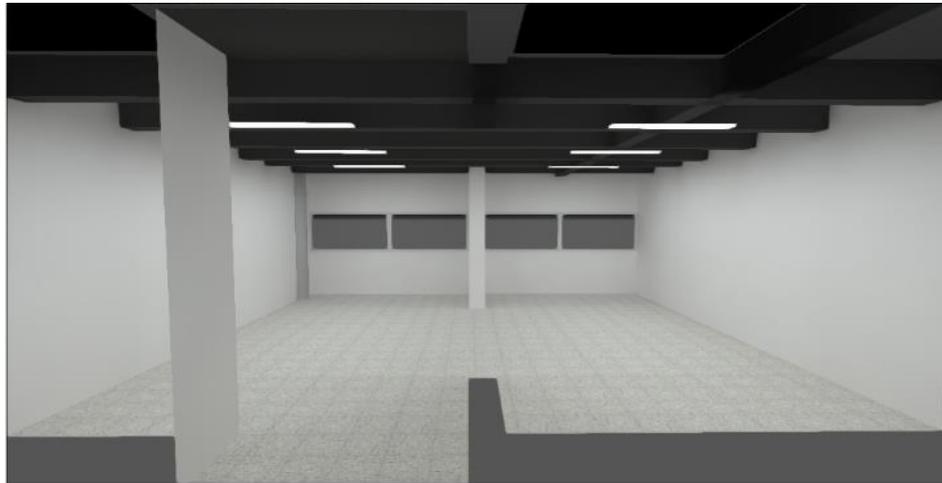
#### 4.1.6.3 Salón H-303

En las Figura 17 y Figura 18 se muestra la simulación en el DIALux del salón H-303.

**Figura 17 Vista previa de del salón H-303(1)**

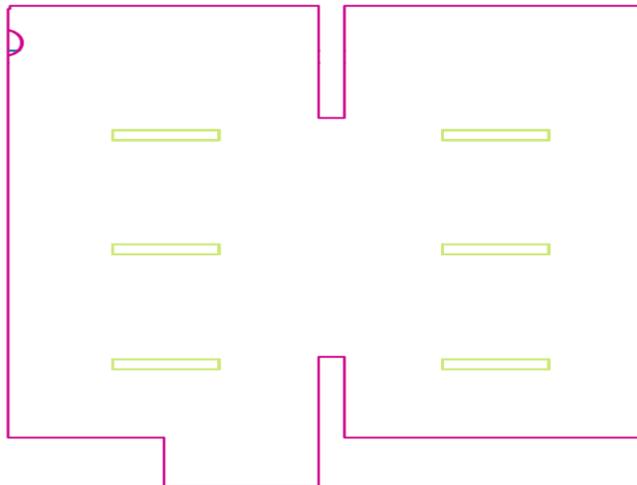


**Figura 18 Vista previa de del salón H-303(2)**



En la Figura 19 se muestra la imagen de la forma como está distribuida la luminaria del salón H-303.

**Figura 19 Distribución de las luminarias del salón H-303**



La Tabla 10 muestra los resultados medidos, simulados y requeridos del salón H-303.

**Tabla 10 Resultados del Salón H-303**

Lab de Arte H-303				
DATOS	MEDIDO	SIMULADO	REQUERIDO	
			MIN	MAX
Eprom (lx)	301,0	378	300	750
VEEI (W/m <sup>2</sup> )	2,5	2,0	0	4
UGR	-	19	0	19

#### 4.1.6.4 Baños H-304

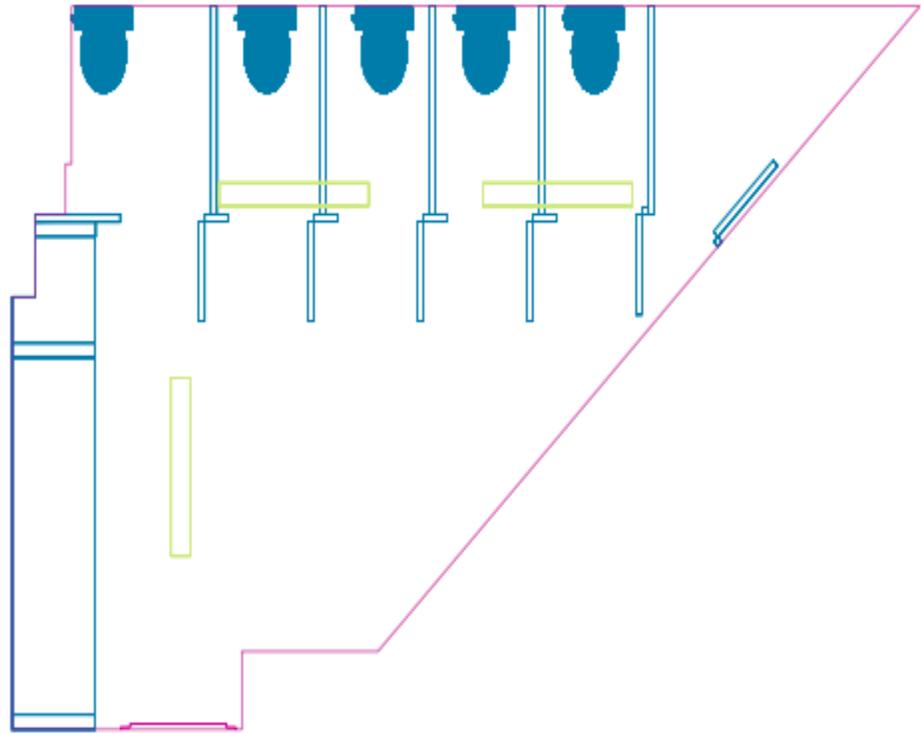
En la Figura 20 se muestra la simulación en el DIALux del baño H-304.

**Figura 20 Vista previa de del H-304 Baños**



En la Figura 21, se muestra la imagen de la forma como está distribuida la luminaria del baño H-304.

**Figura 21 Distribución de las luminarias del baño H-304**



La Tabla 11 muestra los resultados medidos, simulados y requeridos del baño H-304.

**Tabla 11 Resultados del baño H-304**

Baño H-304				
DATOS	MEDIDO	SIMULADO	REQUERIDO	
			MIN	MAX
Eprom (lx)	232,9	266	100	200
VEEI (W/m <sup>2</sup> )	3,5	3,1	0	4,5
UGR	-	19	0	25

#### 4.1.6.5 Salón H-305

En las Figura 22, Figura 23 y Figura 24 se muestra la simulación en el DIALux del salón H-305.

**Figura 22 Vista previa de del salón H-305(1)**



**Figura 23 Vista previa de del salón H-305(2)**

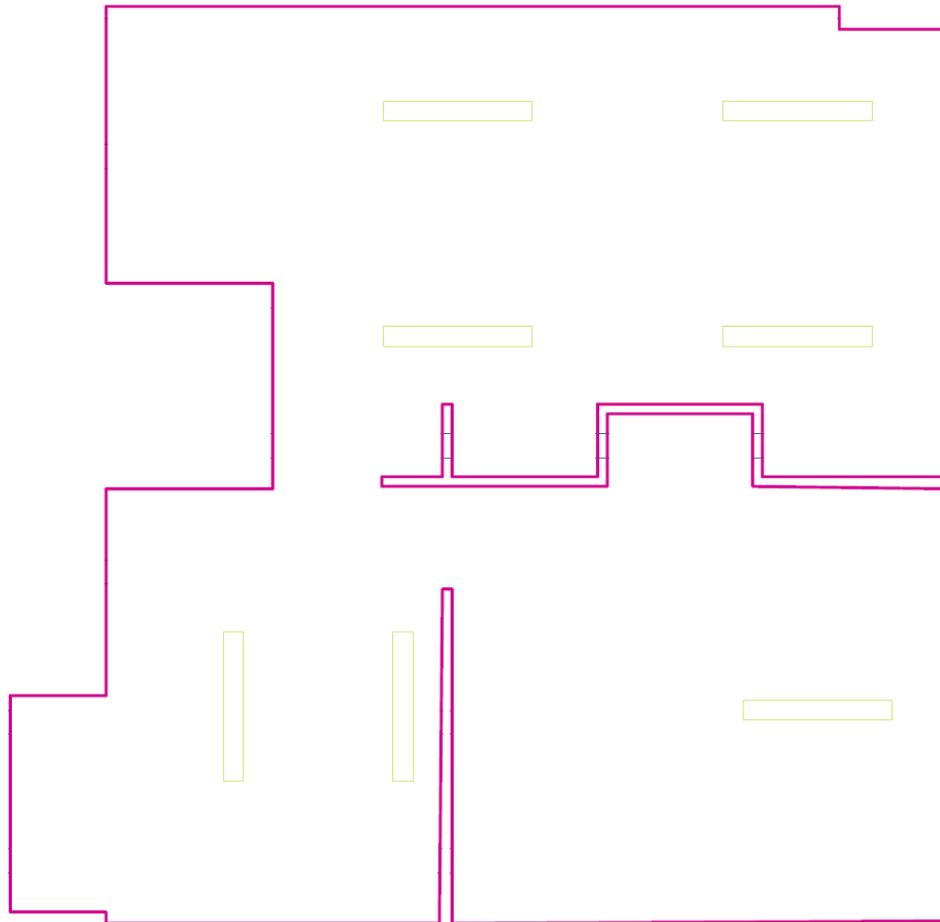


**Figura 24 Vista previa de del salón H-305(3)**



En la Figura 25, se muestra la imagen de la forma como está distribuida la luminaria del salón H-305.

**Figura 25 Distribución de las luminarias del salón H-305**



La Tabla 12 muestra los resultados medidos, simulados y requeridos del salón H-305.

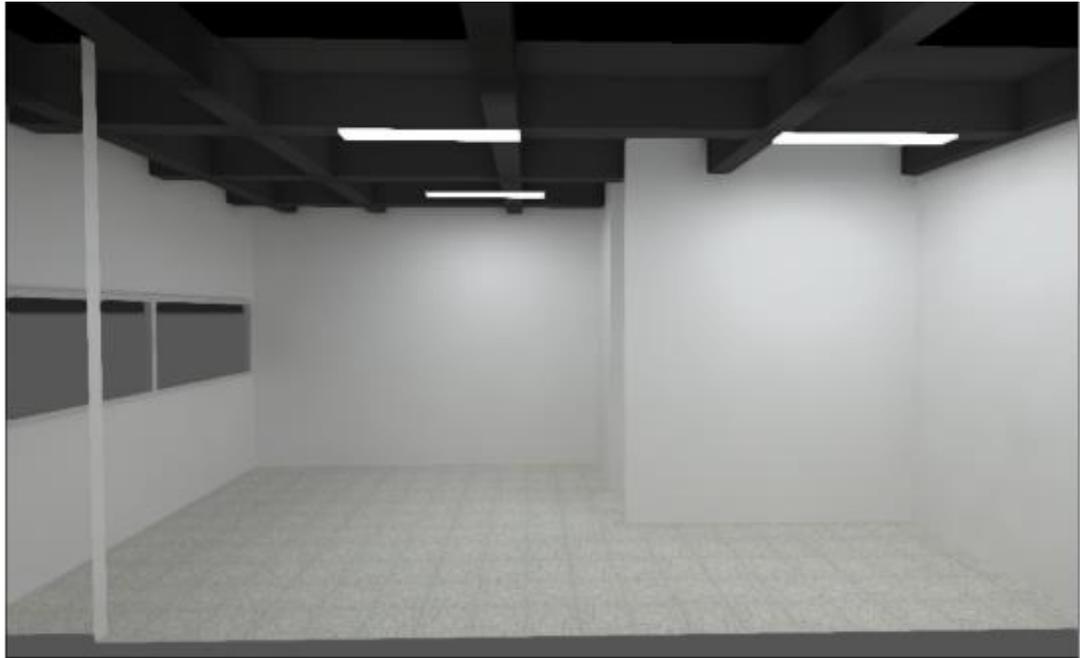
**Tabla 12 Resultados del Salón H-305**

Decanatura H-305				
DATOS	MEDIDO	SIMULADO	REQUERIDO	
			MIN	MAX
Eprom (lx)	309,8	407	300	750
VEEI (W/m <sup>2</sup> )	2,4	1,8	0	4
UGR	-	19	0	19

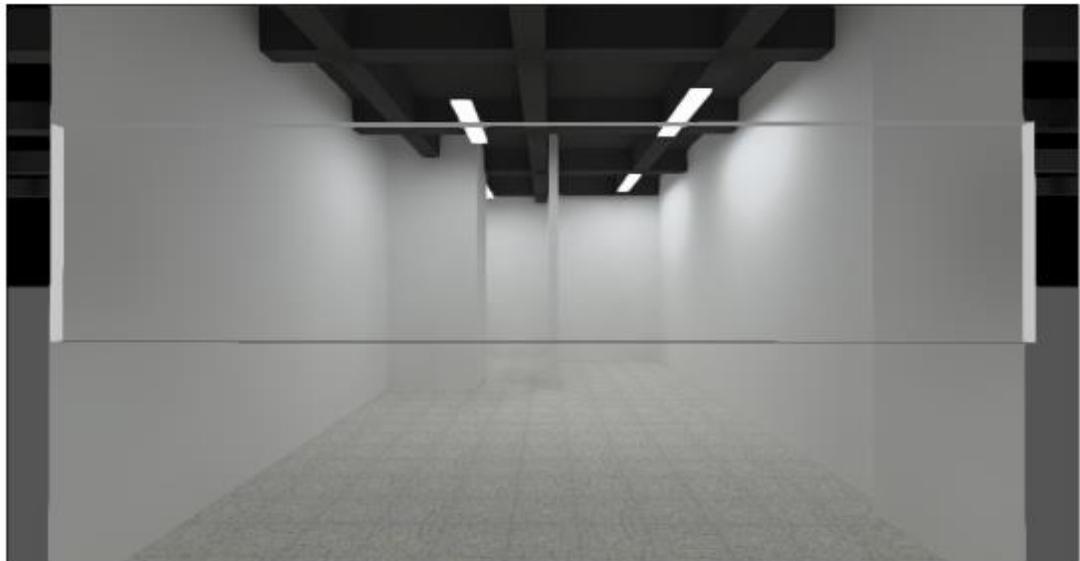
#### 4.1.6.6 Salón H-306

En las Figura 26 y Figura 27 se muestra la simulación en el DIALux del salón H-306.

**Figura 26 Vista previa de del salón H-306(1)**

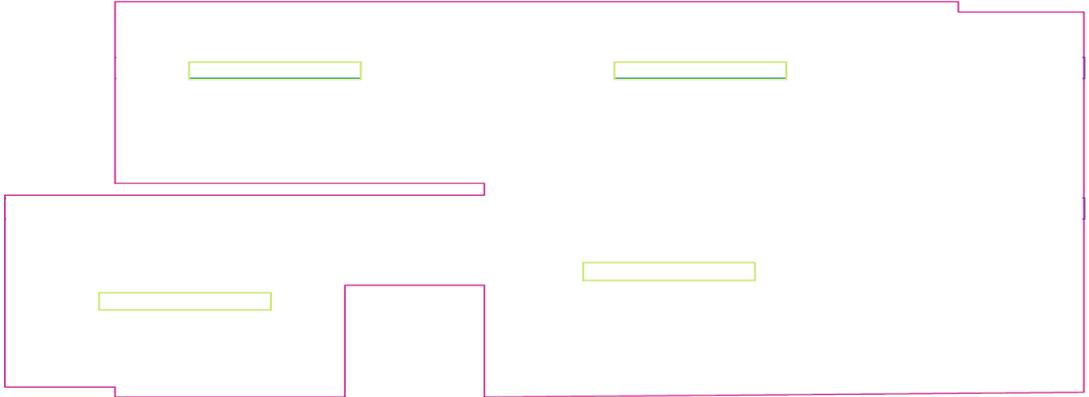


**Figura 27 Vista previa de del salón H-306(2)**



En la Figura 28 se muestra la imagen de la forma como está distribuida la luminaria del salón H-306.

**Figura 28 Distribución de las luminarias del salón H-306**



La Tabla 13 muestra los resultados medidos, simulados y requeridos del salón H-306.

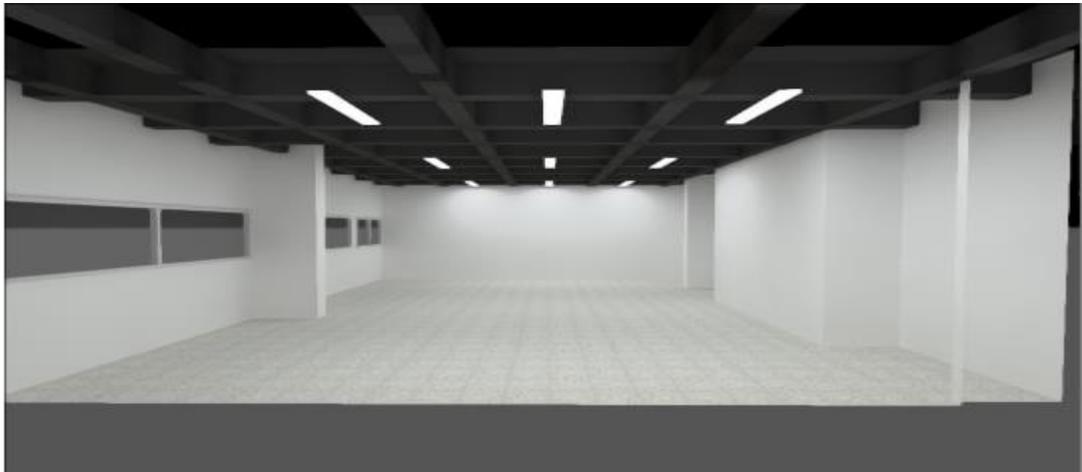
**Tabla 13 Resultados del Salón H-306**

Sala Edicion H-306				
DATOS	MEDIDO	SIMULADO	REQUERIDO	
			MIN	MAX
Eprom (lx)	300,4	432	300	750
VEEI (W/m <sup>2</sup> )	3,2	2,2	0	4
UGR	-	19	0	19

#### **4.1.6.7 Salón H-307**

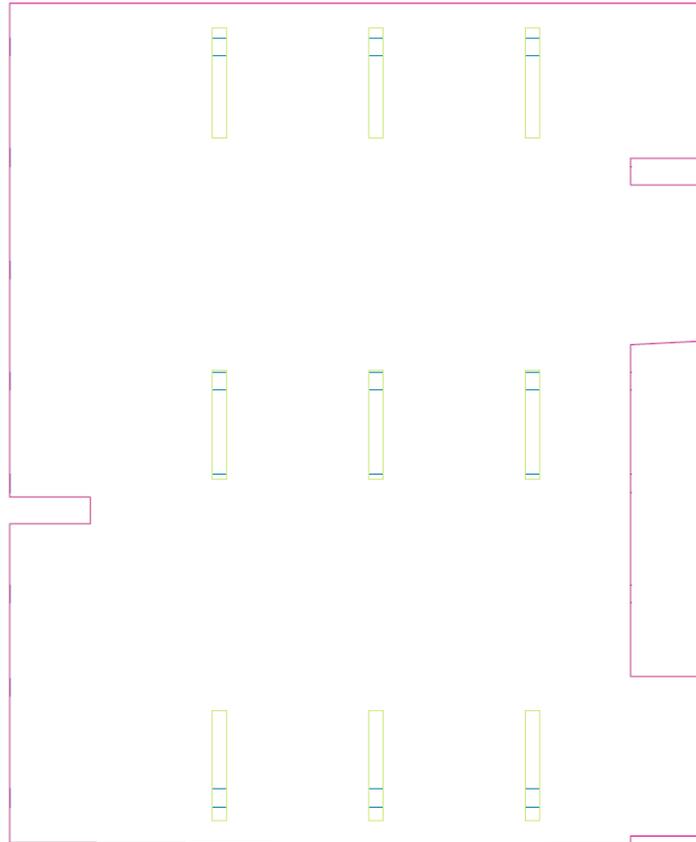
En las Figura 29 se muestra la simulación en el DIALux del salón H-307.

**Figura 29 Vista previa de del salón H-307**



En la Figura 30, se muestra la imagen de la forma como está distribuida la luminaria del salón H-307.

**Figura 30 Distribución de las luminarias del salón H-307**



La Tabla 14 muestra los resultados medidos, simulados y requeridos del salón H-307.

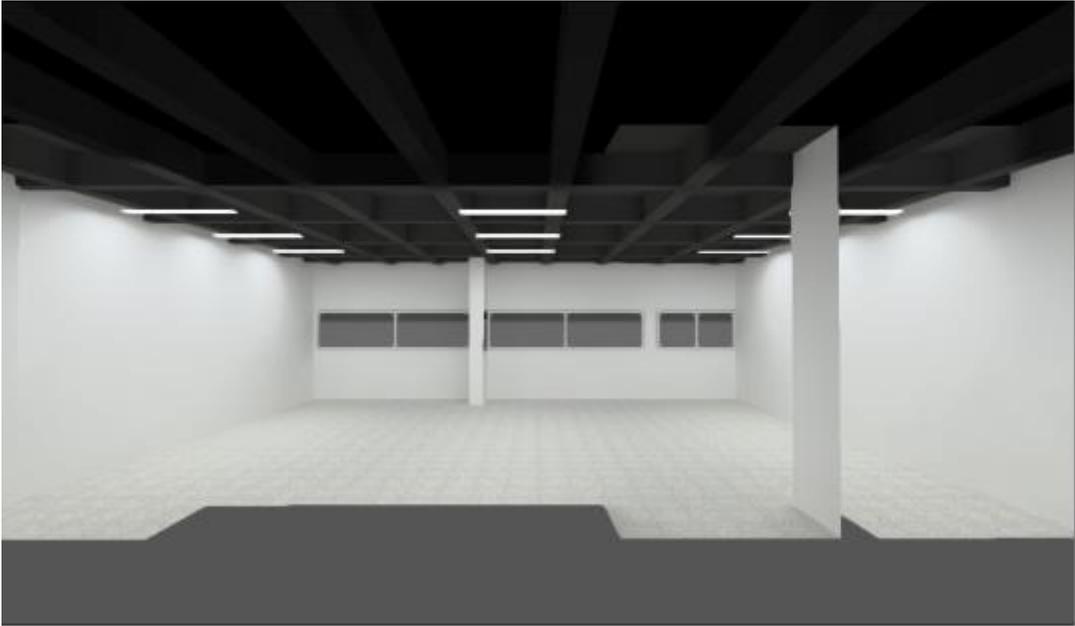
**Tabla 14 Resultados del Salón H-307**

Sala Micros H-307				
DATOS	MEDIDO	SIMULADO	REQUERIDO	
			MIN	MAX
Eprom (lx)	301,5	417	300	750
VEEI (W/m <sup>2</sup> )	2,8	2,0	0	4
UGR	-	19	0	19

#### 4.1.6.8 Salón H-308

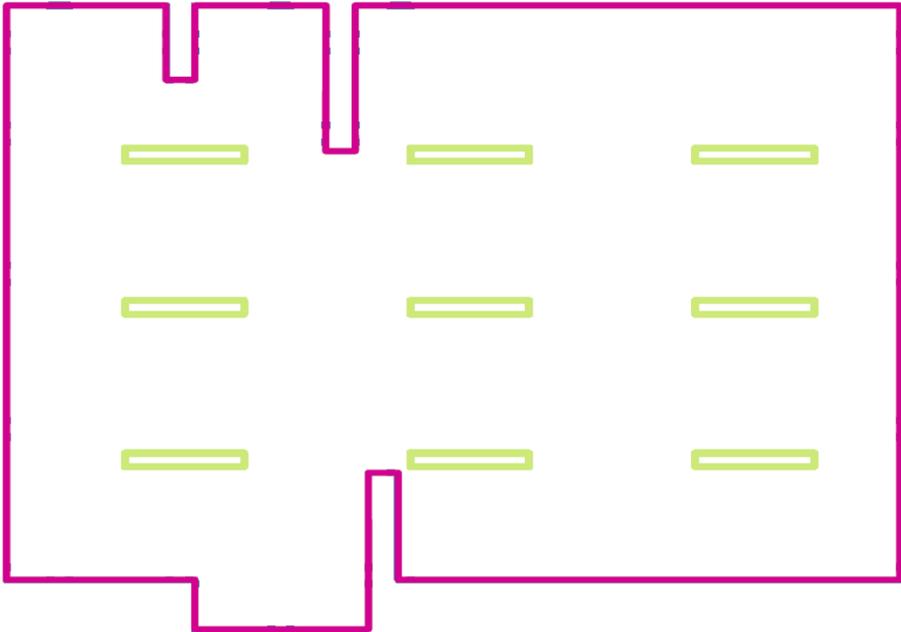
En las Figura 31 se muestra la simulación en el DIALux del salón H-308.

**Figura 31 Vista previa de del salón H-308**



En la Figura 32, se muestra la imagen de la forma como está distribuida la luminaria del salón H-308.

**Figura 32 Distribución de las luminarias del salón H-308**



La Tabla 15 muestra los resultados medidos, simulados y requeridos del salón H-308.

**Tabla 15 Resultados del Salón H-308**

Salón H-308				
DATOS	MEDIDO	SIMULADO	REQUERIDO	
			MIN	MAX
Eprom (lx)	325,6	444	300	750
VEEI (W/m <sup>2</sup> )	2,8	2,0	0	4
UGR	-	19	0	19

#### 4.1.6.9 Salón H-309

En las Figura 33, Figura 34 y

Figura 35 se muestra la simulación en el DIALux del salón H-309.

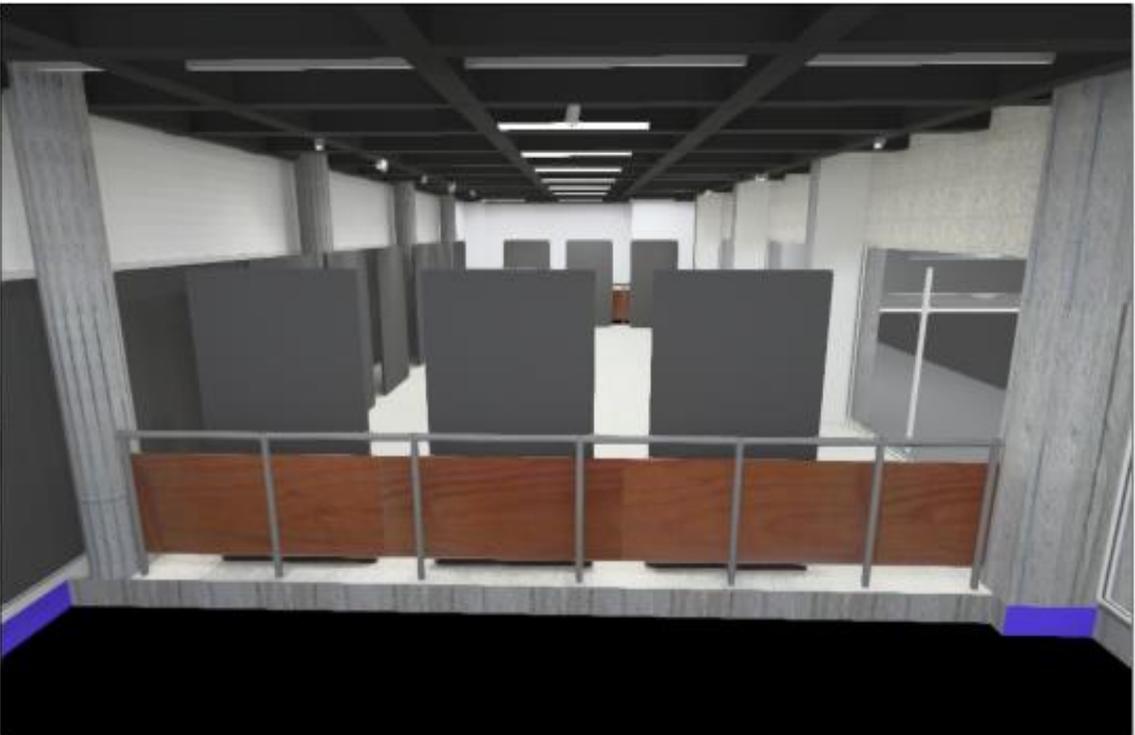
Figura 33 Vista previa de del salón H-309(1)



**Figura 34 Vista previa de del salón H-309(2)**

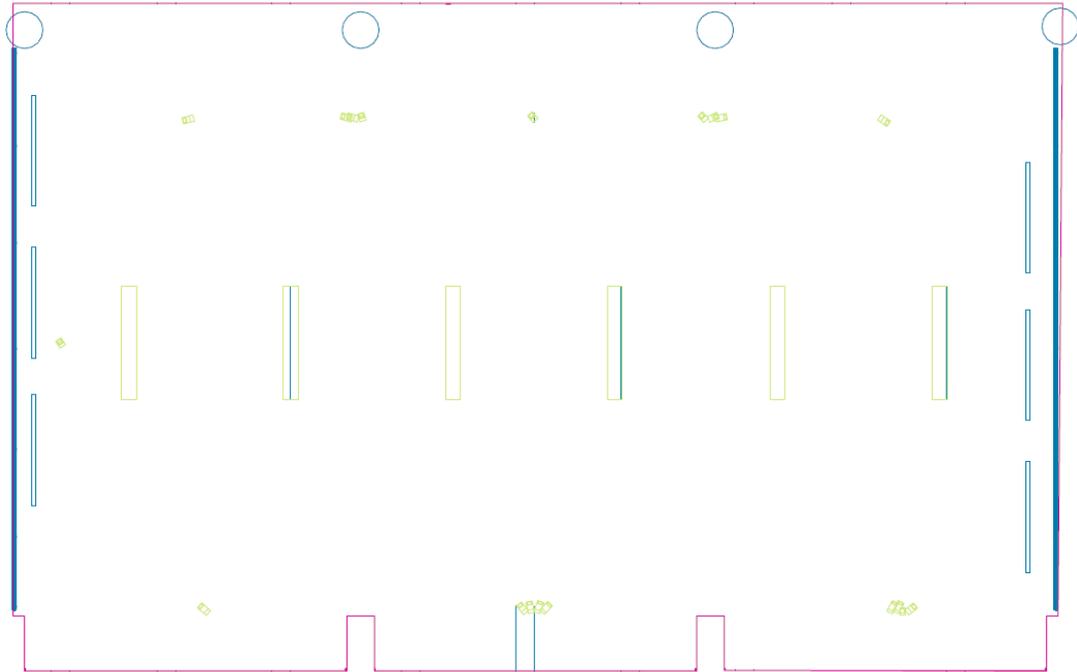


**Figura 35 Vista previa de del salón H-309(3)**



En la Figura 36, se muestra la imagen de la forma como está distribuida la luminaria del salón H-309.

**Figura 36 Distribución de las luminarias del salón H-309**



La Tabla 16 muestra los resultados medidos, simulados y requeridos del salón H-309.

**Tabla 16 Resultados del Salón H-309**

Sala expo H-309				
DATOS	MEDIDO	SIMULADO	REQUERIDO	
			MIN	MAX
Eprom (lx)	231,1	275	150	300
VEEI (W/m <sup>2</sup> )	2,0	1,7	0	4
UGR	-	19	0	19

#### 4.1.6.10 Baño H-310

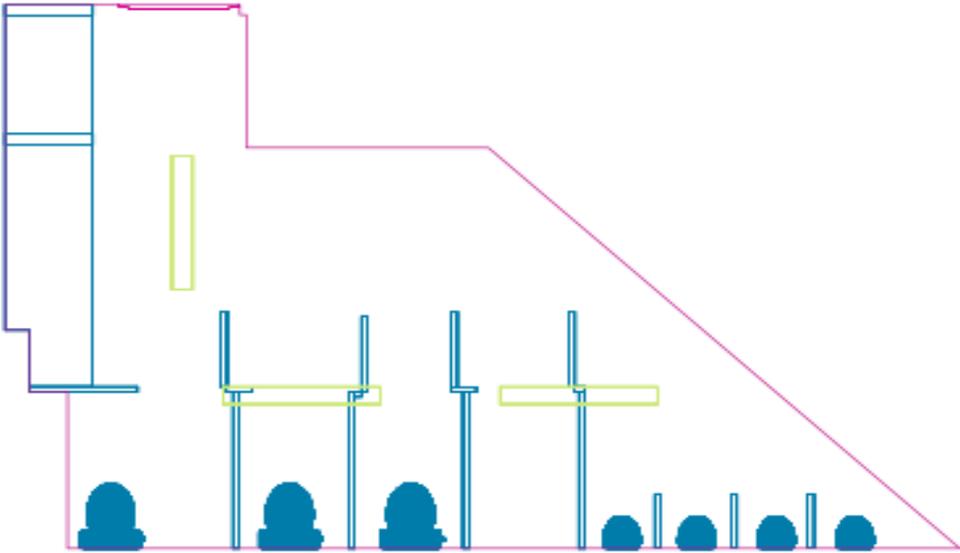
En las Figura 37 se muestra la simulación en el DIALux del Baño H-310.

**Figura 37 Vista previa de del Baño H-310**



En la Figura 38 se muestra la imagen de la forma como está distribuida la luminaria del Baño H-310.

**Figura 38 Distribución de las luminarias del salón H-310**



La Tabla 17 muestra los resultados medidos, simulados y requeridos del Baño H-310.

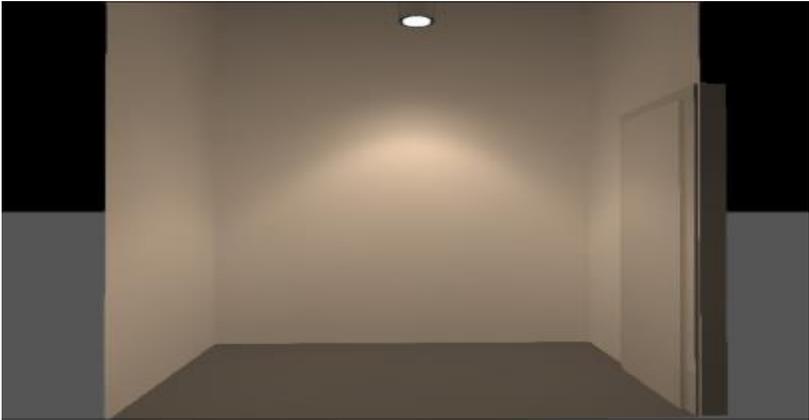
**Tabla 17 Resultados del Baño H-310**

Baño H-310				
DATOS	MEDIDO	SIMULADO	REQUERIDO	
			MIN	MAX
Eprom (lx)	224,3	252	100	200
VEEI (W/m <sup>2</sup> )	3,8	3,4	0	4,5
UGR	-	19	0	25

**4.1.6.11 Salón H-311**

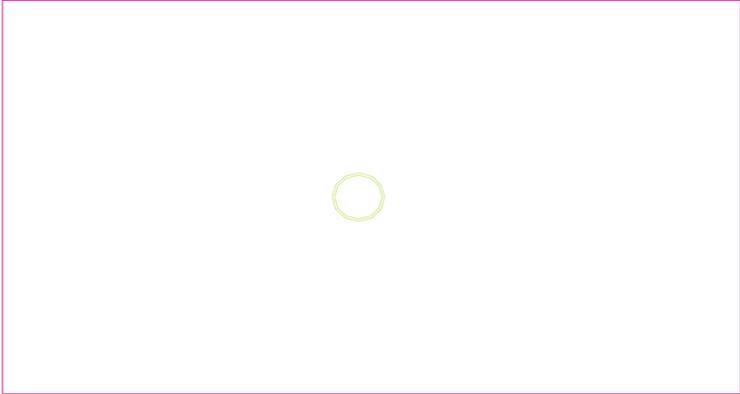
En las Figura 39 se muestra la simulación en el DIALux del Baño H-311.

**Figura 39 Vista previa de del Salón H-311**



En la Figura 40 se muestra la imagen de la forma como está distribuida la luminaria del Salón H-311.

**Figura 40 Distribución de las luminarias del salón H-311**



La Tabla 18 muestra los resultados medidos, simulados y requeridos del Salón H-311.

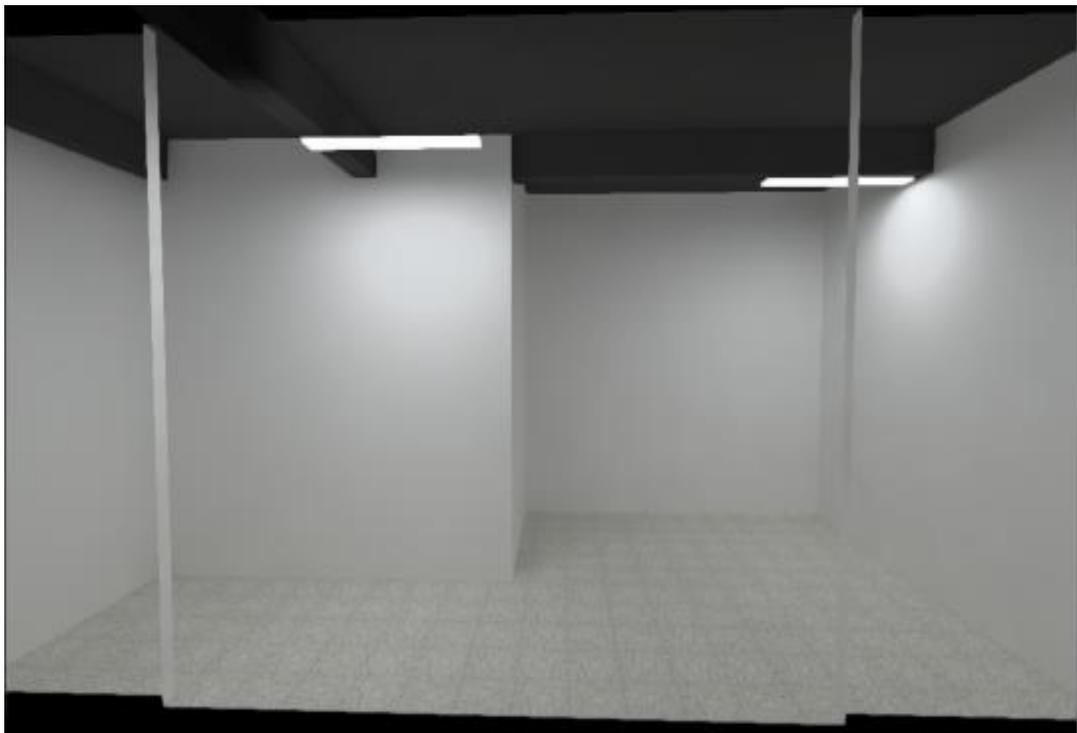
**Tabla 18 Resultados del Salón H-311**

Cocineta H-311				
DATOS	MEDIDO	SIMULADO	REQUERIDO	
			MIN	MAX
Eprom (lx)	186,8	215	100	200
VEEI (W/m <sup>2</sup> )	6,9	6,0	0	5
UGR	-	19	0	25

#### 4.1.6.12 Salón H-312

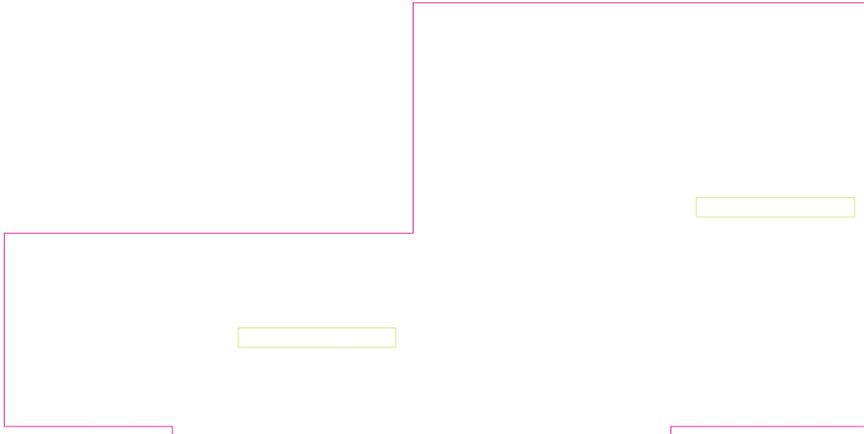
En las Figura 41 se muestra la simulación en el DIALux del Baño H-312.

**Figura 41 Vista previa de del Salón H-312**



En la Figura 42 se muestra la imagen de la forma como está distribuida la luminaria del Salón H-312.

**Figura 42 Distribución de las luminarias del salón H-312**



La Tabla 19 muestra los resultados medidos, simulados y requeridos del Salón H-312.

**Tabla 19 Resultados del Salón H-312**

Cafetín H-312				
DATOS	MEDIDO	SIMULADO	REQUERIDO	
			MIN	MAX
Eprom (lx)	196,0	330	100	200
VEEI (W/m <sup>2</sup> )	3,8	2,2	0	5
UGR	-	19	0	25

**4.1.6.13 Salón H-313**

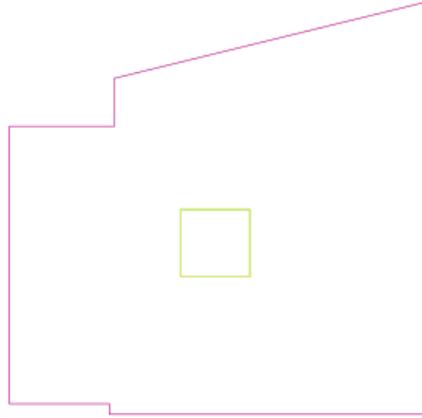
En las Figura 43 se muestra la simulación en el DIALux del salón H-313.

**Figura 43 Vista previa de del salón H-313**



En la Figura 44, se muestra la imagen de la forma como está distribuida la luminaria del salón H-313.

**Figura 44 Distribución de las luminarias del salón H-313**



La Tabla 20 muestra los resultados medidos, simulados y requeridos del salón H-313.

**Tabla 20 Resultados del Salón H-313**

Almacén H-313				
DATOS	MEDIDO	SIMULADO	REQUERIDO	
			MIN	MAX
Eprom (lx)	198,0	113	100	200
VEEI (W/m <sup>2</sup> )	4,0	7,1	0	5
UGR	-	19	0	25

#### 4.1.6.14 Salón H-314

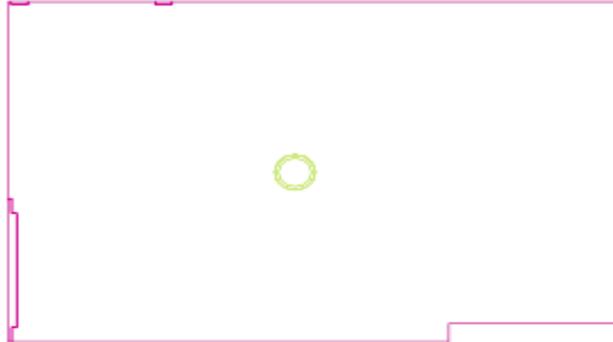
En las Figura 45 se muestra la simulación en el DIALux del salón H-314.

**Figura 45 Vista previa de del salón H-314**



En la Figura 46 se muestra la imagen de la forma como está distribuida la luminaria del salón H-314.

**Figura 46 Distribución de las luminarias del salón H-314**



La Tabla 21 muestra los resultados medidos, simulados y requeridos del salón H-314.

**Tabla 21 Resultados del Salón H-314**

Cuarto de aseo H-314				
DATOS	MEDIDO	SIMULADO	REQUERIDO	
			MIN	MAX
Eprom (lx)	184,8	269	100	200
VEEI (W/m <sup>2</sup> )	4,3	3,0	0	5
UGR	-	19	0	25

#### 4.1.6.15 Salón H-315

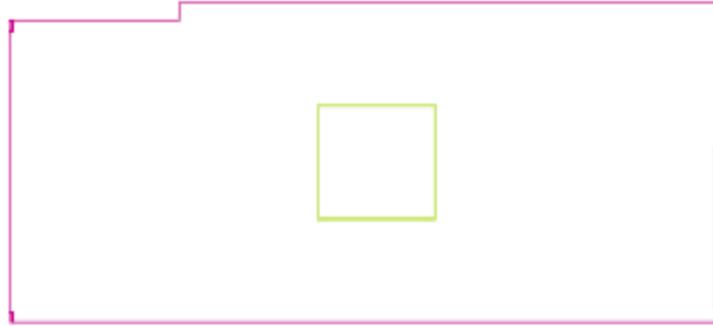
En las Figura 47 se muestra la simulación en el DIALux del salón H-315.

**Figura 47 Vista previa de del salón H-315**



En la Figura 48 se muestra la imagen de la forma como está distribuida la luminaria del salón H-315.

**Figura 48 Distribución de las luminarias del salón H-315**



La Tabla 22 muestra los resultados medidos, simulados y requeridos del salón H-315.

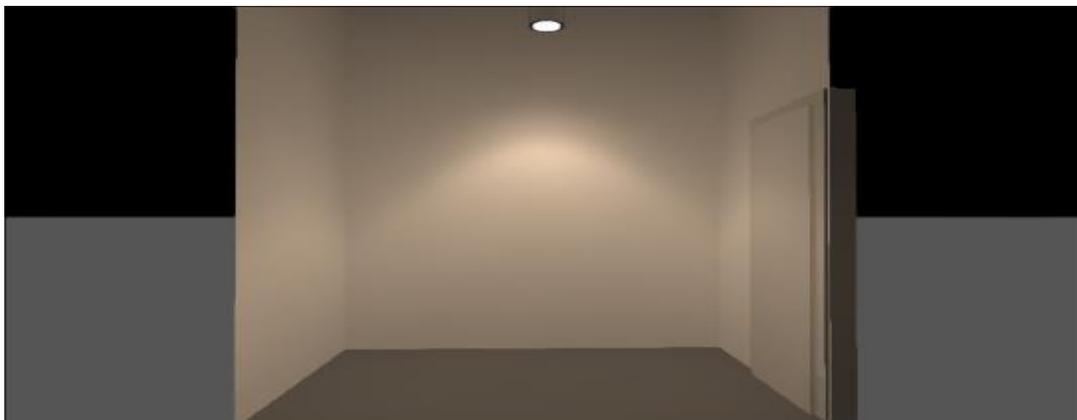
**Tabla 22 Resultados del Salón H-315**

Cuarto Rack H-315				
DATOS	MEDIDO	SIMULADO	REQUERIDO	
			MIN	MAX
Eprom (lx)	193,5	211	100	200
VEEI (W/m <sup>2</sup> )	5,5	5,1	0	5
UGR	-	19	0	25

#### 4.1.6.16 Vestier

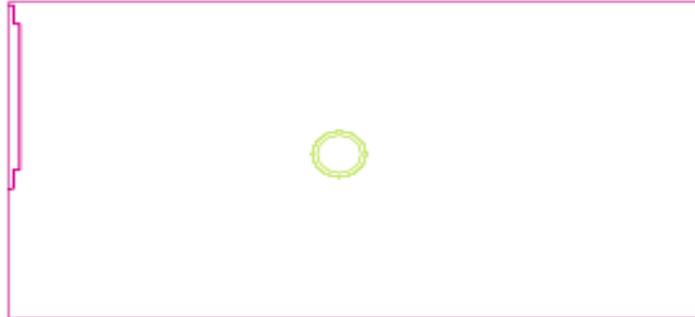
En las Figura 49 se muestra la simulación en el DIALux del Vestier.

**Figura 49 Figura 46 Vista previa de del salón Vestier**



En la Figura 50 se muestra la imagen de la forma como está distribuida la luminaria del Vestier.

**Figura 50 Distribución de las luminarias del Vestier**



La Tabla 23 muestra los resultados medidos, simulados y requeridos del Vestier.

**Tabla 23 Resultados del Vestier**

Vestier				
DATOS	MEDIDO	SIMULADO	REQUERIDO	
			MIN	MAX
Eprom (lx)	194,3	215	100	200
VEEI (W/m <sup>2</sup> )	4,1	3,7	0	4,5
UGR	-	19	0	25

#### 4.1.6.17 Pasillo principal

En las Figura 51, Figura 52, Figura 53, Figura 54 y Figura 55 se muestra la simulación en el DIALux del pasillo principal.

**Figura 51 Vista previa de del pasillo principal (1)**



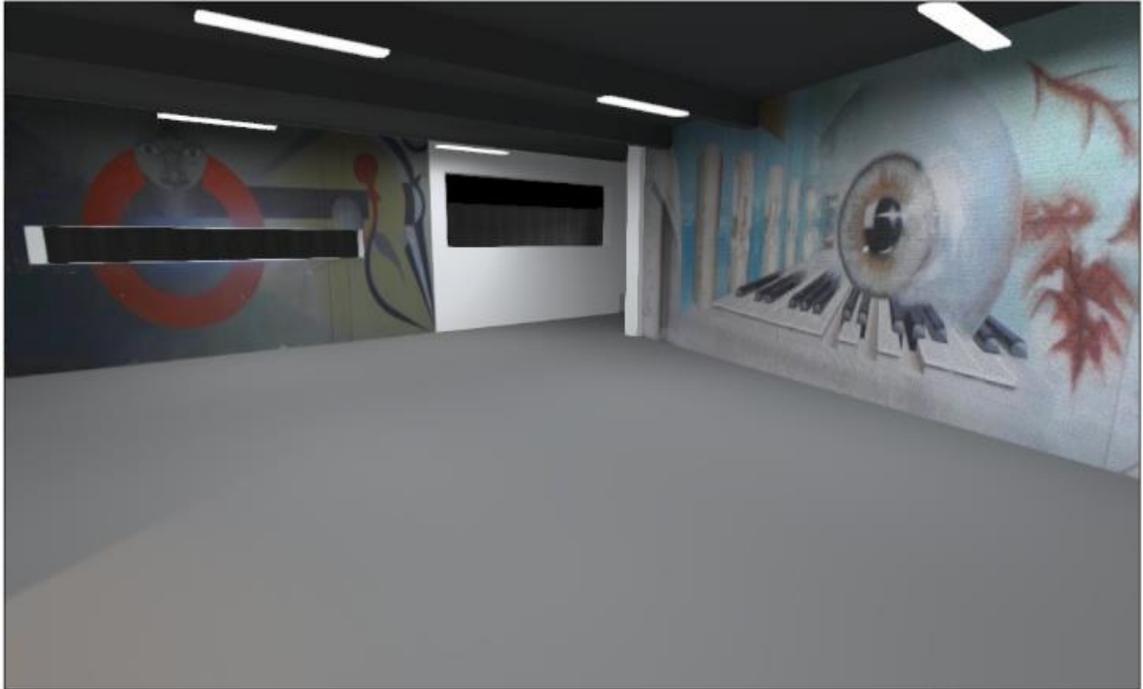
**Figura 52 Vista previa de del pasillo principal (2)**



**Figura 53 Vista previa de del pasillo principal (3)**



**Figura 54 Vista previa de del pasillo principal (4)**

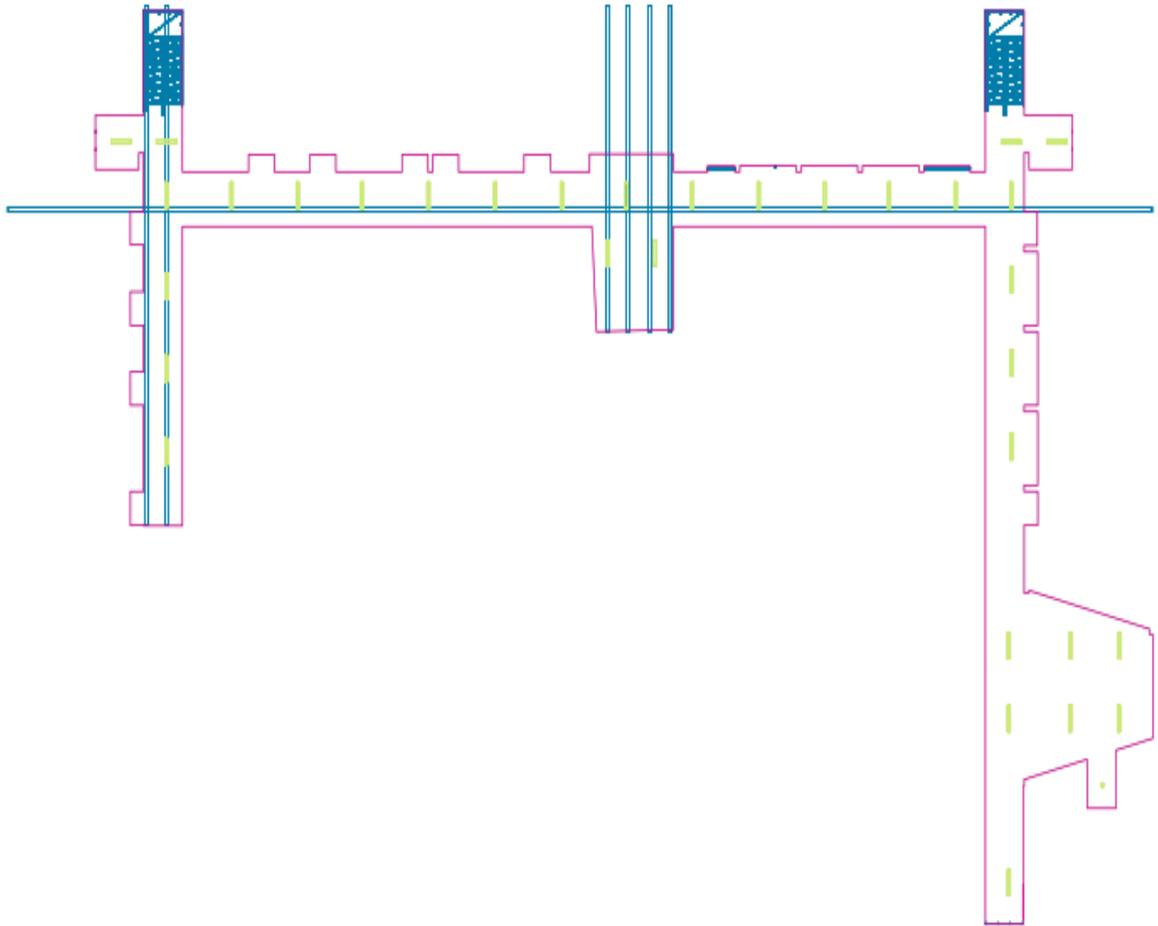


**Figura 55 Vista previa de del pasillo principal (5)**



En la Figura 56 se muestra la imagen de la forma como está distribuida la luminaria del salón H-302.

**Figura 56 Distribución de las luminarias del pasillo principal**



La Tabla 24 muestra los resultados medidos, simulados y requeridos del Pasillo principal.

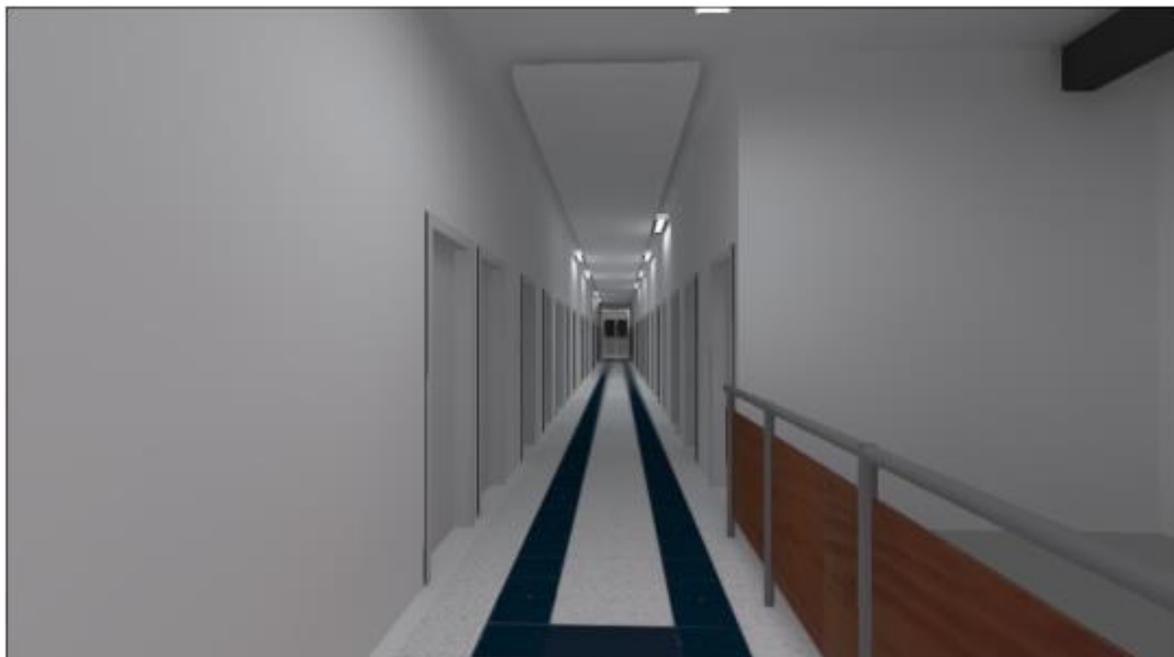
**Tabla 24 Resultados del pasillo principal**

DATOS	Pasillo Principal			
	MEDIDO	SIMULADO	REQUERIDO	
			MIN	MAX
Eprom (lx)	147,9	175	50	150
VEEI (W/m <sup>2</sup> )	4,9	4,2	0	4,5
UGR	-	19	0	28

#### 4.1.6.18 Pasillo Música

En las Figura 57 y Figura 58 se muestra la simulación en el DIALux del Pasillo Música.

**Figura 57 Vista previa de del Pasillo Música (1)**

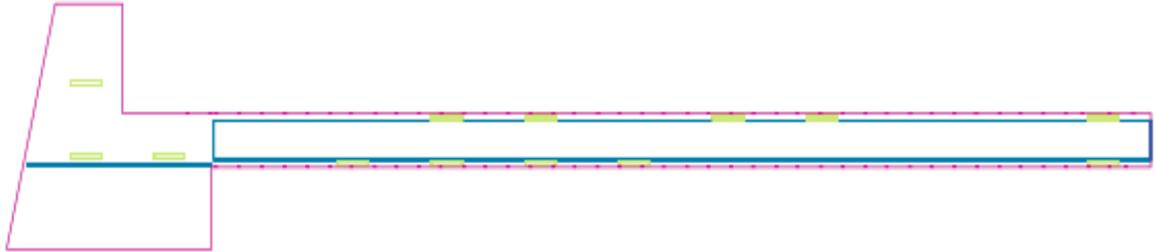


**Figura 58 Vista previa de del Pasillo Música (1)**



En la Figura 59 se muestra la imagen de la forma como está distribuida la luminaria del Pasillo Música.

**Figura 59 Distribución de las luminarias del Pasillo Música**



La Tabla 25 muestra los resultados medidos, simulados y requeridos del Pasillo Música.

**Tabla 25 Resultados del Pasillo Música**

Pasillo Música				
DATOS	MEDIDO	SIMULADO	REQUERIDO	
			MIN	MAX
Eprom (lx)	181,9	203	50	150
VEEI (W/m <sup>2</sup> )	4,1	3,7	0	4,5
UGR	-	19	0	28

#### **4.1.6.19 Salón H-339**

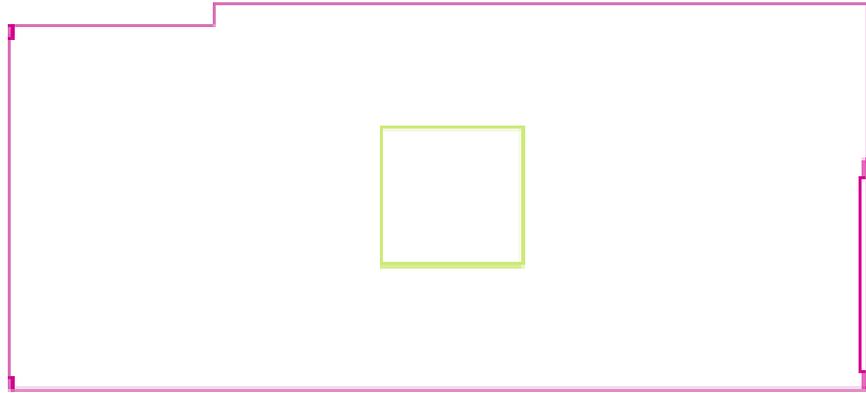
En las Figura 60 se muestra la simulación en el DIALux del salón H-339.

**Figura 60 Vista previa de del salón H-339**



En la Figura 61 se muestra la imagen de la forma como está distribuida la luminaria del salón H-339.

**Figura 61 Distribución de las luminarias del salón H-339**



La Tabla 26 muestra los resultados medidos, simulados y requeridos del salón H-339.

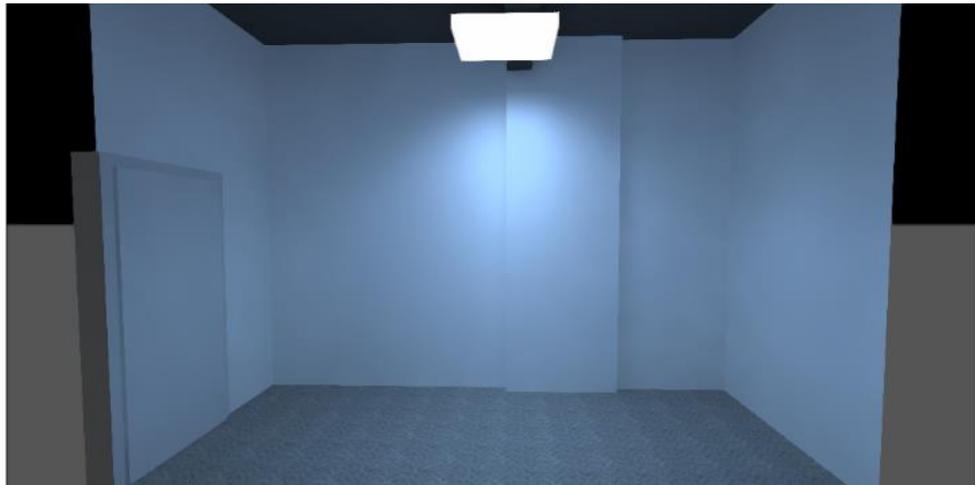
**Tabla 26 Resultados del Salón H-339**

Cubiculo Musica H-339				
DATOS	MEDIDO	SIMULADO	REQUERIDO	
			MIN	MAX
Eprom (lx)	195,8	198	100	200
VEEI (W/m <sup>2</sup> )	5,0	5,0	0	5
UGR	-	19	0	25

#### 4.1.6.20 Salón H-340

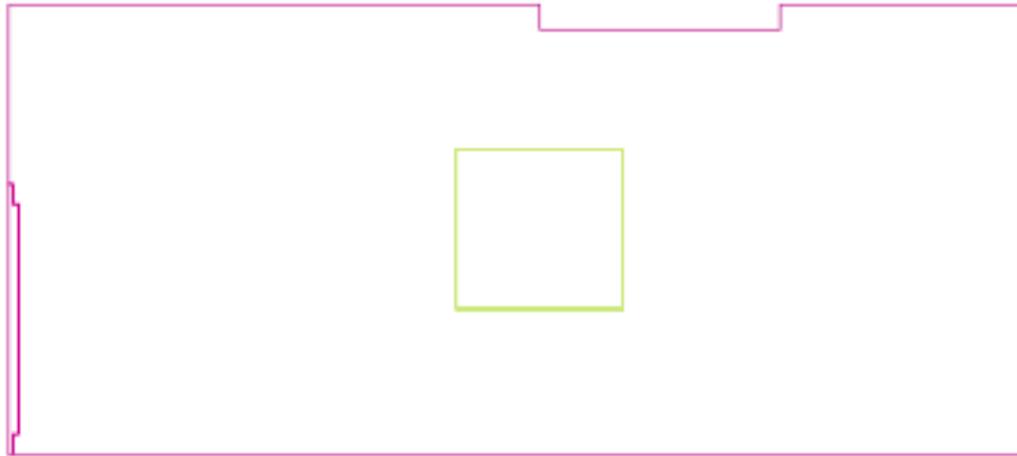
En las Figura 62 se muestra la simulación en el DIALux del salón H-340.

**Figura 62 Vista previa de del salón H-340**



En la Figura 63 se muestra la imagen de la forma como está distribuida la luminaria del salón H-340.

**Figura 63 Distribución de las luminarias del salón H-340**



La Tabla 27 muestra los resultados medidos, simulados y requeridos del salón H-340.

**Tabla 27 Resultados del Salón H-340**

Cubiculo Musica H-340				
DATOS	MEDIDO	SIMULADO	REQUERIDO	
			MIN	MAX
Eprom (lx)	199,3	256	100	200
VEEI (W/m <sup>2</sup> )	4,9	3,8	0	5
UGR	-	19	0	25

#### 4.1.7 ANALISIS DE RESULTADOS

En las siguientes tablas se muestran los resultados que se obtuvieron durante la inspección, donde se encuentran consignados los datos referentes a niveles de iluminancia, VEEI, y UGR para cada salón y a partir de esto llevar a cabo un análisis para realizar los diseños más óptimas para los salones que no cumplen con los límites establecidos por las normas.

##### 4.1.7.1 Datos del nivel de iluminancia promedio de cada área

En la Tabla 28, se encuentran las diferentes áreas del tercer piso del bloque H, con sus respectivos niveles de iluminancia promedio medidos, simulados y requeridos. Los resultados obtenidos en la columna estado actual (simulación) se realizaron en el software en el DIALux.

**Tabla 28 Niveles de iluminancia promedio**

LOCAL	Niveles de iluminancia promedio (lx)				observaciones
	Medido	Simulado	Min Permitido	Max Permitido	
<b>Aula H-301</b>	367,4	440	300	750	Cumple
<b>Lab Ingles H-302</b>	314,1	390	300	750	Cumple
<b>Lab de Arte H-303</b>	301,0	378	300	750	Cumple
<b>Baño H-304</b>	232,9	266	100	200	NO Cumple
<b>Decanatura H-305</b>	309,8	407	300	750	Cumple
<b>Sala Edicion H-306</b>	300,4	432	300	750	Cumple
<b>Sala Micros H-307</b>	301,5	417	300	750	Cumple
<b>Salón H-308</b>	325,6	444	300	750	Cumple
<b>Sala expo H-309</b>	231,1	275	150	300	Cumple
<b>Baño H-310</b>	224,3	252	100	200	NO Cumple
<b>Cocineta H-311</b>	186,8	215	100	200	Cumple
<b>Cafetin H-312</b>	196,0	330	100	200	Cumple
<b>Almacen H-313</b>	198,0	113	100	200	Cumple
<b>Cuarto de aseo H-314</b>	184,8	269	100	200	Cumple
<b>Cuarto Rack H-315</b>	193,5	211	100	200	Cumple
<b>Pasillo Principal</b>	147,9	175	50	150	Cumple
<b>Pasillo Música</b>	181,9	203	50	150	NO Cumple
<b>Vestier</b>	194,3	215	100	200	Cumple
<b>Cubiculo Musica H-339</b>	195,8	198	100	200	Cumple
<b>Cubiculo Musica H-340</b>	199,3	256	100	200	Cumple

En la Tabla 28 se dice que no cumple, cuando los niveles de iluminación no se encuentran en el rango requerido para la iluminancia en el local consignado en el RETILAP. La diferencia que se aprecia entre los niveles de iluminancia promedio medidos y los simulados radica en varios factores como son: la depreciación lumínica que tienen las lámparas existentes como causa del desgaste natural ya que tienen aproximadamente 9 años de uso, y factores como la suciedad que se encuentra acumulada en las lámparas y luminarias.

#### 4.1.7.2 Datos del índice de deslumbramiento unificado de cada área inspeccionada

En la Tabla 29, se encuentran las diferentes áreas del tercer piso del bloque H con sus respectivos niveles de UGR (Índice de Deslumbramiento Unificado). Esta se elaboró teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la simulación y los valores establecidos por el RETILAP.

**Tabla 29 Índice de deslumbramiento unificado UGR**

LOCAL	UGR		observaciones
	Simulado	Max Permitido	
Aula H-301	19	19	Cumple
Lab Ingles H-302	19	19	Cumple
Lab de Arte H-303	19	19	Cumple
Baño H-304	16	25	Cumple
Decanatura H-305	19	19	Cumple
Sala Edicion H-306	19	19	Cumple
Sala Micros H-307	20	19	No Cumle
Salón H-308	20	19	No Cumle
Sala expo H-309	19	19	Cumple
Baño H-310	19	25	Cumple
Cocineta H-311	18	25	Cumple
Cafetin H-312	18	25	Cumple
Almacen H-313	19	25	Cumple
Cuarto de aseo H-314	19	25	Cumple
Cuarto Rack H-315	19	25	Cumple
Pasillo Principal	19	28	Cumple
Pasillo Música	18	28	Cumple
Vestier	10	25	Cumple
Cubiculo Musica H-339	23	25	Cumple
Cubiculo Musica H-340	19	25	Cumple

En la Tabla 29 se dice que no cumple, cuando el nivel de UGR (Índice de Deslumbramiento Unificado) simulado supera el límite máximo de UGR para el local estipulado en el RETILAP.

#### 4.1.7.3 Datos del valor de eficiencia energética de cada área inspeccionada

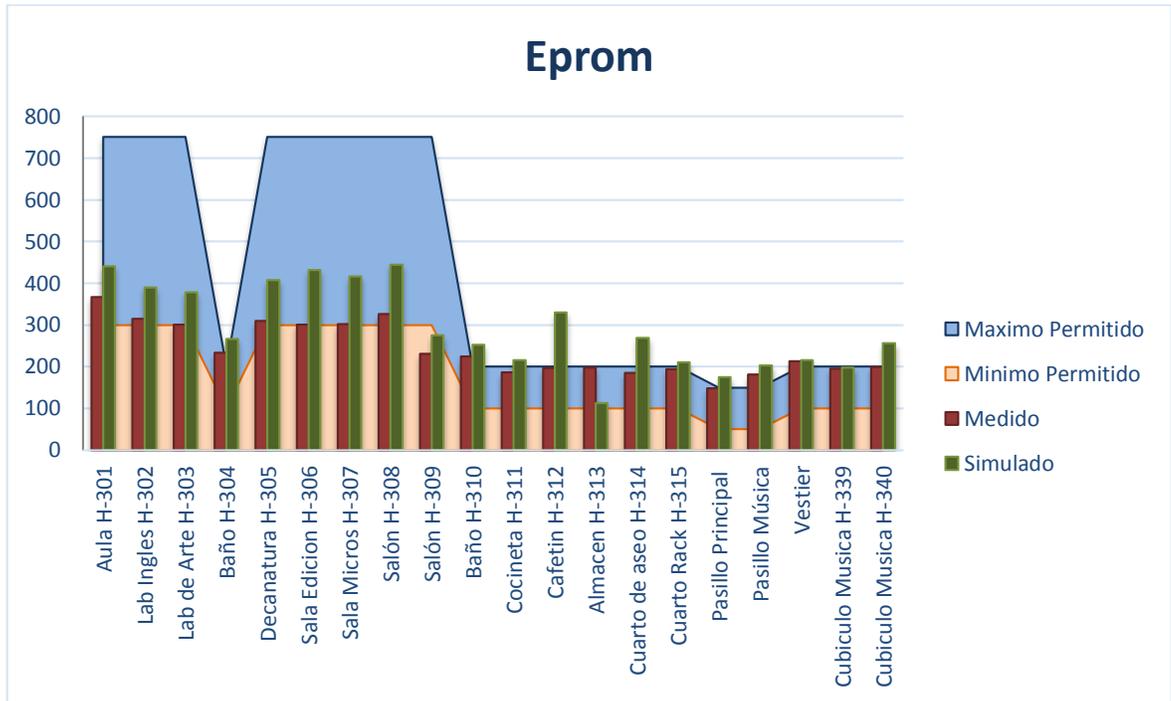
En la Tabla 30, se encuentran las diferentes áreas del tercer piso del bloque H, con sus respectivos datos de VEEI (Valor de Eficiencia Energética de la Instalación). Esta se elaboró teniendo en cuenta los resultados calculados de cada área y los valores establecidos por el RETILAP.

**Tabla 30 Valor de eficiencia energética de la instalación**

LOCAL	VEEI			observaciones
	Medido	Simulado	Maximo Permitido	
<b>Aula H-301</b>	2,6	2,2	4	Cumple
<b>Lab Ingles H-302</b>	2,9	2,3	4	Cumple
<b>Lab de Arte H-303</b>	2,5	2	4	Cumple
<b>Baño H-304</b>	3,5	3,1	4,5	Cumple
<b>Decanatura H-305</b>	2,4	1,8	4	Cumple
<b>Sala Edicion H-306</b>	3,2	2,2	4	Cumple
<b>Sala Micros H-307</b>	2,8	2	4	Cumple
<b>Salón H-308</b>	2,8	2	4	Cumple
<b>Sala expo H-309</b>	2,0	1,7	4	Cumple
<b>Baño H-310</b>	3,8	3,4	4,5	Cumple
<b>Cocineta H-311</b>	6,9	6	5	No Cumple
<b>Cafetin H-312</b>	3,8	2,2	5	Cumple
<b>Almacen H-313</b>	4,0	7,1	5	Cumple
<b>Cuarto de aseo H-314</b>	4,3	3	5	Cumple
<b>Cuarto Rack H-315</b>	5,5	5,1	5	No Cumple
<b>Pasillo Principal</b>	4,9	4,2	4,5	No Cumple
<b>Pasillo Música</b>	4,1	3,7	4,5	Cumple
<b>Vestier</b>	4,1	3,7	4,5	Cumple
<b>Cubiculo Musica H-339</b>	5,0	5	5	Cumple
<b>Cubiculo Musica H-340</b>	4,9	3,8	5	Cumple

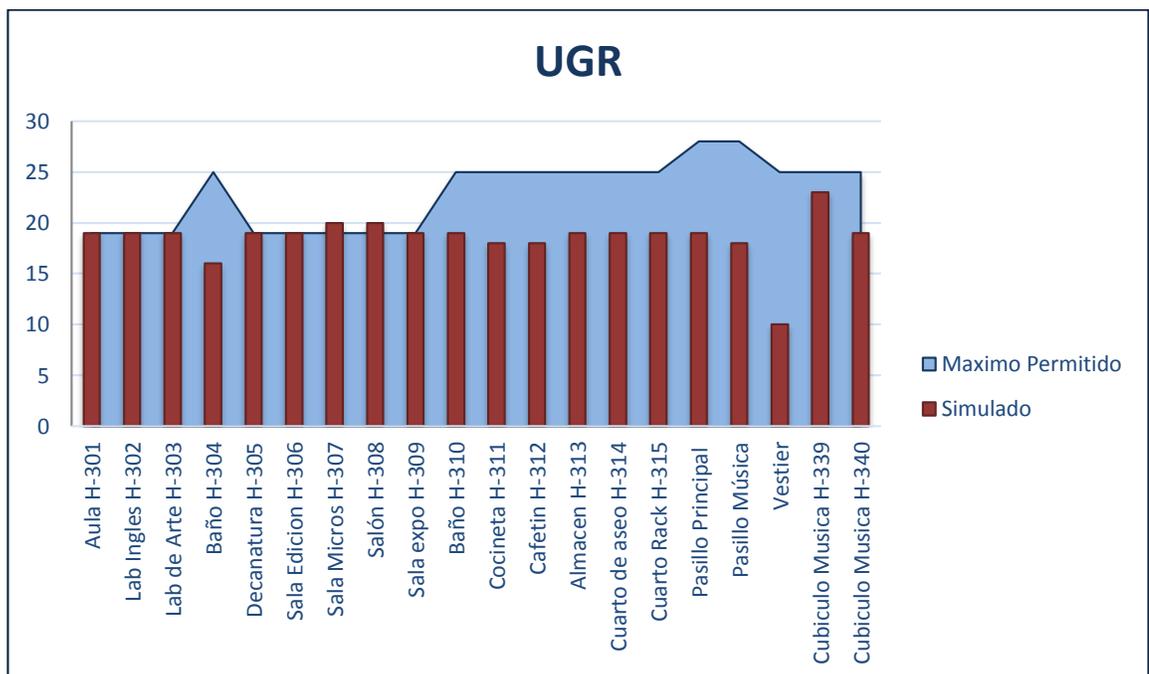
En la Figura 64 se realiza un análisis de los valores medidos, requeridos y simulados para los niveles de iluminancia promedio de los salones, para observar cuales son los puntos más críticos que no cumplen con los requisitos establecidos por el RETILAP y proceder a realizar una propuesta de mejoramiento.

**Figura 64 Iluminancia promedio de los salones**



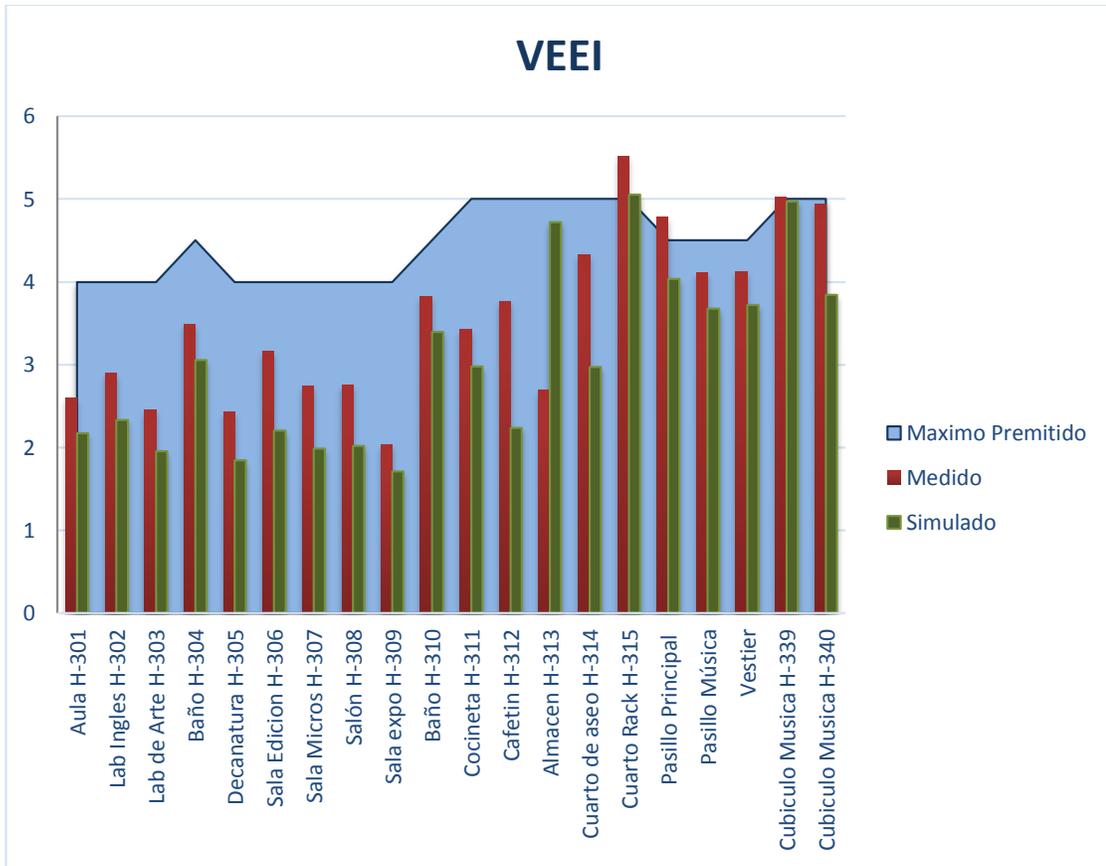
En la Figura 65 se realiza un análisis de los valores medidos, requeridos y simulados para los niveles de UGR (Índice de Deslumbramiento Unificado)

**Figura 65 UGR de la totalidad de los salones**



En la Figura 66, se realiza un análisis de los valores medidos, requeridos y simulados para los niveles de VEEI (Valor de Eficiencia Energética la Instalación).

**Figura 66 Valor de Eficiencia Energética de los salones**



## 5. CONCLUSIONES

Se observa que en la mayoría de los casos los niveles de iluminancia promedio (Eprom) simulados, son mayores a los medidos, esto se debe a que los valores entregados por el simulador son ideales, pero en la realidad las luminarias están expuestas a suciedad y sufren desgastes, a tal grado que se encontró una considerable cantidad de lámparas con luminarias totalmente deshabilitadas, como se observa en la figura 11.

En cuanto a la iluminación promedio (Eprom) el 85% de los espacios analizados se encuentran dentro de los límites establecido por la norma, pero los baños H-304, H-310 y el pasillo de música exceden los máximos permitidos para este tipo de espacios.

Los espacios pequeños en el edificio inspeccionado H-311, H-313, H-314, H-315, H-339, H-340, cuentan con áreas inferiores a 12 m<sup>2</sup>, cumplen con los niveles de iluminación promedio requeridos por la norma RETILAP para las actividades allí desarrolladas, pero se debe considerar que cuentan con una sola luminaria, esto puede producir sombras sobre el plano de trabajo, reduciendo los niveles de iluminación.

El índice de deslumbramiento unificado UGR está dentro de los límites establecidos por la norma en la mayoría de los espacios analizados, es de aclarar que los valores fueron obtenidos a partir de simulaciones puesto que el cálculo es bastante engorroso y requiere de información específica de las luminarias con las cuales muchas veces no se cuenta.

Para los valores de eficiencia energética VEEI calculados, se está cumpliendo con el 85% de los espacios analizados, además se debe resaltar que los espacios que no cumplen con la eficiencia energética no presentan problemas de Eprom ni de deslumbramiento.

El aporte generado consistió en establecer las diferentes medidas a través del luxómetro digital para garantizar la adecuada cantidad de flujo luminoso y por consiguiente cumplir con el RETILAP. Dichos valores se simularon en el software de diseño DIALux, donde luego se compararon los valores reales y con los requeridos por el RETILAP, determinando así si el espacio analizado debería ser rediseñado o la instalación requería de un plan de mantenimiento.

La inspección realizada, teniendo en cuenta los requerimientos del RETIE y el RETILAP, permitió verificar que el tercer piso del bloque H, aparentemente no cuenta con ningún tipo de plan de mantenimiento ni correctivo ni mucho menos preventivo, puesto que es evidente el deterioro en una considerable cantidad de luminarias llegando al punto de tener luminarias completamente inhabilitadas.

## **6. RECOMENDACIONES**

Para empezar se recomienda establecer un plan de mantenimiento, inicialmente correctivo, para que se realice el cambio de total las luminarias que se encuentran total o parcialmente deterioradas y posteriormente, preventivo, para evitar que la instalación muestre signos de deterioro con el paso del tiempo.

Para las luminarias según el RETILAP, se exige que deben ir marcadas de forma directa sobre la carcasa metálica, con una fácil visualización, pero ninguna luminaria de dicho bloque está marcada, solo cuentan con un adhesivo con la marca de la empresa certificadora.

Se encontró un índice de deslumbramiento un poco elevado en algunos lugares por lo cual se deben establecer estrategias para disminuirlo como son: situar las luminarias de tal forma que la luz no llegue directamente al área visual del usuario o el uso de difusores que ayuden a distribuir la luz.

## 7. REFERENCIA

- [1] Ministerio de minas y energía, *Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) Resolución 180195*. Colombia, Febrero 12 2009.
- [2] Ministerio de minas y energía, *reglamento Técnico de iluminación y alumbrado publico (RETILAP) resolución 182544*. Colombia, Diciembre 29 2010.
- [3] Ministerio de minas y energía. [Online]. [www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosSoporteForos/4201.pdf](http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosSoporteForos/4201.pdf)
- [4] Osvaldo y VALENCIA OSPINA, Edwin. CALERO MARIN, *Inspección Eléctrica del edificio de Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira..* Pereira, Colombia: Escuela Tecnología Eléctrica, 2008.
- [5] *MANUAL DEL INSTALADOR, Tabla 5. Características Técnicas de los Balastos Fluorescentes Electrónicos. F.*, Tabla 6. Características Técnicas de los Balastos de Alta Intensidad de Descarga-HID. PD.
- [6] Juan David y VELASQUEZ SALDARRIAGA, Juan Fernando. RIVERA HERRERA, *Diagnóstico de las Instalaciones Eléctricas en el edificio de Medio Ambiente de la Universidad Tecnológica de Pereira según los Reglamentos del RETIE y el RETILAP..* Pereira, Colombia: Escuela Tecnología Eléctrica, 2010.
- [7] Alexander y PINILLA MOSQUERA, Javier Fernando. VALENCIA MARIN, *Diagnóstico de las Instalaciones Eléctricas en la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Tecnológica de Pereira..*: Escuela Tecnología Eléctrica, 2010.
- [8] Ricardo Andrés y CAÑARTE BEDOYA, Giovanny Andrés VALENCIA MARIN, *Inspección Eléctrica en el edificio de Educación según el RETIE. Universidad Tecnológica de Pereira.*: Escuela Tecnología Eléctrica, 2008.